وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني/ الموصل

# الحقيبة التعليمية

**القسم العلمي: تقنيات البيئة والموارد المائية**

**اسم المقرر: مبادئ الري**

**المرحلة / المستوى: الاول**

**الفصل الدراسي: الاول**

**السنة الدراسية: 2024 - 2025**

# معلومات عامة

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **اسم المقرر:** | مبادئ الري | | | | | | | |
| **القسم:** | تقنيات البيئة والموارد المائية | | | | | | | |
| **الكلية:** | المعهد التقني الموصل | | | | | | | |
| **المرحلة / المستوى** | الاول | | | | | | | |
| **الفصل الدراسي:** | الاول | | | | | | | |
| **عدد الساعات الاسبوعية:** | نظري | 1 | عملي | 2 | | | | |
| **عدد الوحدات الدراسية:** | 2 | | | | | | | |
| **الرمز:** | WRTI135 | | | | | | | |
| **نوع المادة** | نظري | | عملي | | كلهما | ✓ | | |
| **هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى** | كلا | | | | | | | |
| **اسم المقرر النظير** | | | | | | | | |
| **القسم** | | | | | | | | |
| **رمز المقرر النظير** | | | | | | | | |

## معلومات تدريسي المادة

| | |
|---|---|
| **اسم مدرس (مدرسي) المقرر:** | رنا محمد عبد |
| **اللقب العلمي:** | **مدرس** |
| **سنة الحصول على اللقب** | |
| **الشهادة :** | **ماجستير** |
| **سنة الحصول على الشهادة** | |
| **عدد سنوات الخبرة ( تدريس)** | **1** |

## الوصف العام للمقرر

تعريف الطالب بطرق إيصال المياه والاستفادة منها لري الأراضي الزراعية واكتساب المهارات اللازمة لتنفيذ مشروع اورائي ونظم الري فيها وكيفية أجراءها

## الاهداف العامة

**تطبيق مفاهيم إدارة المياه:**

- ان يتعلم الطالب كيفية إدارة المياه بكفاءة لتقليل الفاقد وتحسين استخدام المياه في الزراعة.
- ان يطبق الطالب تقنيات إدارة المياه مثل التخزين، والتوزيع، والتحكم في تدفق المياه.

## الأهداف الخاصة

**فهم أساسيات الري:**

- ان يتعرف الطالب على مفاهيم الري الأساسية وأهمية الري في الزراعة.
- ان يفهم الطالب المبادئ العلمية التي تحكم حركة المياه في التربة وكيفية تأثيرها على نمو المحاصيل.

**معرفة تقنيات وأنظمة الري:**

- ان يدرس الطالب أنواع أنظمة الري المختلفة مثل الري بالتنقيط، والري بالرش، والري السطحي.
- ان يفهم الطالب كيفية تصميم وتطبيق أنظمة الري المناسبة لأنواع مختلفة من المحاصيل وظروف التربة.

## الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

1.
   - ان يتعلم الطالب كيفية تصميم أنظمة الري التي تلبي الاحتياجات الخاصة بالمزارع وتتناسب مع الظروف البيئية.
   - ان يستخدم الطالب البرامج والأدوات الهندسية لتخطيط وتصميم أنظمة الري.
2. **تقييم فعالية أنظمة الري:**
   - ان يقيم الطالب فعالية وكفاءة أنظمة الري المختلفة من خلال تحليل أداء النظام والنتائج المحصولية.
   - ان يتعرف الطالب على طرق تحسين وتحديث أنظمة الري بناءً على التقييمات والنتائج.
3. **التعامل مع قضايا التربة والمياه:**

- ان يفهم الطالب تأثير الري على خصائص التربة مثل التماسك، والتهوية، ونمو الجذور.
- ان يتعامل الطالب مع قضايا مثل التملح وتلوث المياه وكيفية معالجة هذه المشاكل.

4. **تعزيز الوعي البيئي:**
   - ان يفهم الطالب تأثيرات الري على البيئة وكيفية تقليل الأثر البيئي السلبي.
   - ان يطبق الطالب تقنيات الري المستدامة للحفاظ على الموارد المائية وحماية البيئة.
5. **تطوير مهارات البحث والتحليل:**
   - ان يطور الطالب مهارات البحث والتحليل للتعرف على أحدث الاتجاهات والتقنيات في مجال الري.
   - ان يحلل الطالب الدراسات والحالات العملية لتطبيق المعرفة المكتسبة على أرض الواقع.
6. **تطبيق المعرفة العملية:**
   - ان يطبق الطالب المبادئ النظرية والعملية في إعداد تقارير فنية وحل المشكلات المتعلقة بالري في البيئات الزراعية المختلفة.
   - ان يدرب الطالب على العمل الميداني وتجربة تصميم وتنفيذ مشاريع الري.

تساعد هذه الأهداف الطلاب على اكتساب المعرفة والمهارات اللازمة لفهم وتطبيق مبادئ الري بكفاءة، مما يعزز قدرتهم على إدارة المياه في الزراعة بشكل فعال ومستدام.

## المتطلبات السابقة

- **لا يوجد**

| الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية | | الية التقييم |
|---|---|---|
| ت | **•طبيق مفاهيم إدارة المياه:** | الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية |
| **1** | تعلم كيفية إدارة المياه بكفاءة لتقليل الفاقد وتحسين استخدام المياه في الزراعة. | الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | تطبيق تقنيات إدارة المياه مثل التخزين، والتوزيع، والتحكم في تدفق المياه. | الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية |
| 3 | **•تقدير متطلبات المحاصيل المائية:** | الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية |
| 4 | حساب احتياجات المحاصيل المختلفة من المياه بناءً على متغيرات مثل نوع المحصول، ومرحلة النمو، وظروف الطقس. | الامتحان النظري والعملي والتقارير الاسبوعية |

**أساليب التدريس** (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

| الاسلوب او الطريقة | مبررات الاختيار |
|---|---|
| 1. المحاضرات النظرية | المقرر نظري + عملي |
| 2. التطبيق العملي | |
| 3. | |
| 4. | |
| 5. | |
| 6. | |

# المحتوى العلمي

| اسم المادة | باللغة العربية | مبادئ الري | السنة الدراسية الاولى | عدد الساعات الاسبوعية | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | باللغة الانكليزية | Irrigation **(1)** | | نظري | عملي | المجموع | عدد الوحدات |
| لغة التدريس للمادة | | عربي | المستوى الاول الفصل الاول (الدروس الاجبارية) | 1 | 2 | 3 | 2 |

المفردات النظرية

| الأسبوع | تفاصيل المفردات |
|---|---|
| 1 | علم الري ، تعريفه ، فوائد الري ، فكرة عن أنواع الري |
| 3-2 | التربة ، الصـــفات الفيزياوية للتربة ، أنواع المياه في التربة ، قابلية التربة لحفظ المياه ، تصنيف التربة |
| 4 | السعة الحقلية ، نقطة الذبول ، الإشباع ، الماء المتوفر وغير المتوفر |
| 5 | رطوبة التربة وطرق قياسها |
| 7-6 | غيض الماء والتسرب ، علاقة التربة بالغيض ، تجهيز مياه الري |
| 9-8 | الاستهلاك المائي وطرق قياسه |
| 11-10 | المقنن المائي حساب العمق الاروائي ، تحديد عدد وفترات الري ، كفاءة الري |
| 13-12 | حساب المقاطع للقنوات المفتوحة والتصاريف باستخدام معادلات ( مانينك ، شيزي ، دارسي ، المقطع الهيدروليكي الأمثل ) |
| 15-14 | المسوح الحقلية لمشاريع الري والبزل ، التخطيط العام لشبكات الري والبزل |

**المفردات العملية**

| الأسبوع | تفاصيل المفردات |
|---|---|
| **1** | **عرض أفلام وشرائح عبد الري** |
| **2** | **تجربة لتحديد الكثافة الظاهرية والحقيقية للتربة** |
| **3** | **تجربة لتحديد مسامية التربة** |
| **4** | **حل مسائل عن صفات التربة الفيزياوية** |
| **5** | **حل مسائل عن السعة الحقلية ونقطة الذيول** |
| **6** | **تجربة لقياس المحتوى الرطوبي بالطريقة المختبرية** |
| **7** | **تجربة لقياس المحتوى الرطوبي بالطرق الحقلية** |

| | |
|---|---|
| 8 | تجربة لتقدير معدل غيض الماء بالتربة |
| 9 | حل مسائل حول الاستهلاك المائي |
| 11 - 10 | حل مسائل حول المقنن المائي وحساب عدد الريات |
| 13 -12 | حساب المقاطع للقنوات المفتوحة باستخدام المعادلات المختلفة |
| 15 -14 | تخطيط شبكات ري وبزل على خرائط كنتورية |


المصادر النظرية

1- هندسة الري والبزل / د0 شارل شكري ، كلية الهندسة – جامعة بغداد 1981

2- أساسيات الري الزراعي – د0 فتحي إبراهيم 1976 دار المطبوعات الجديدة

3- هندسة الري – د0نزيه اسعد يونان 1976 – دار الكتاب الجامعية بالإسكندرية

4- "Irrigation Principles and Practices" , O.W. Israelsen and V. E. Hansen, John Wiley and Sons Inc., 1976.

5- "Irrigation Engineering", Cimmerian, John Wiley sons, Inc 1966.

6- مجموعة إصدارات منظمة الغذاء والزراعة. (بالانكليزية )

المصادر العملية

1- علم المياه وتطبيقات – باقر كاشف الغطاء

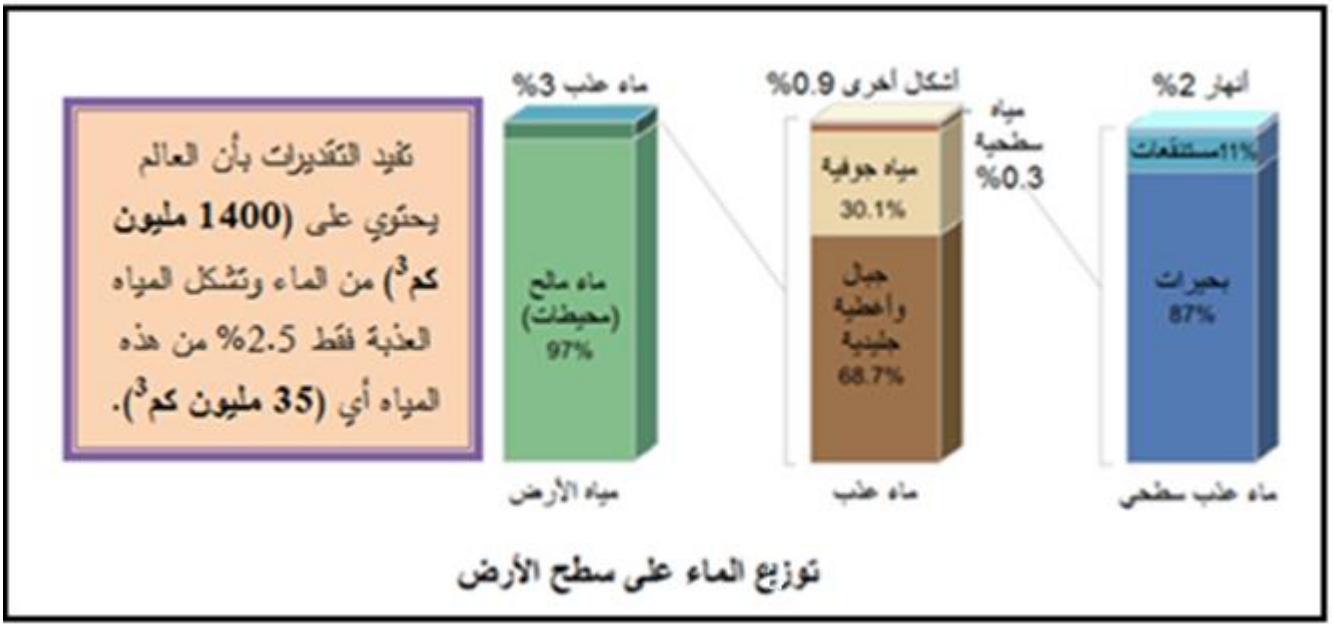
2- هندسة الري – نزيه اسعد – دار الكتب الجامعة الإسكندرية

# الري

**المقدمة**:

تشكل الموارد المائية أهم الثروات الطبيعية التي يعتمد عليها مستقبل و تطور الحضارة الإنسانية، و رقي و رفاه البشر، فزيادة الطلب على المياه بفعل النشاط البشري المتعدد الجوانب فضلاً عن توزيع تلك المياه غير المتجانس على سطح الكرة الأرضية[1] يحتمان إعادة النظر في استغلالها و توزيعها بصورة أمثل و أكفأ.

و لما **للري** من دور مهم في تطور الزراعة، فإن عملية الري لم تعد مجرد إحدى العمليات المرافقة للزراعة حيث يترك أمرها لتقدير المزارع و حكمه الشخصي و خبرته و فنه، فهو اليوم يمثّل مستقبل العالم أو التحدي الأكبر للإنسانية و بخاصة في المناطق الجافة و شبه الجافة، فالري كما أشار أحد العلماء "**هو فن قديم قدم الحضارة في بعض الأقطار و لكنه لكل العالم فهو علم حديث**




**– إنه علم البقاء".**

و من هنا يمكن القول إن المحافظة على مستوى مناسب للرطوبة في التربة يكفي لاستمرار نمو النبات يوجب الإعتماد على أنظمة ثابتة للري لتحقيق أعلى استفادة من عوامل الإنتاجية، فالأمطار وحدها لا تكفي للإعتماد عليها كمصدر لإمداد النبات باحتياجاته المائية لما لذلك من تأثير يترك الإنتاج الزراعي عرضة للعوامل البيئية التي يصعب التحكم بها من قبل الإنسان.

إن على المشتغلين بالري من مهندسي الري و الفنيين و الزراعيين الإلمام الكافي بالمعلومات الأساسية للأرض والماء و النبات و العوامل المؤثرة في الاستهلاك المائي و طرائق تقديره و كذلك طرائق الري المختلفة، هذا فضلاً عن كيفية تقييم نُظُم الري القائمة فعلاً و ما يستجد فيها و منها، إذ لا زال التكامل في هذه المعلومات مفقودًا بدليل أن **أكثر من نصف مياه الري تُفْقَدْ هدرًا في الحقول الزراعية.**

**نبذة عن الري في العراق**:

لقد ارتبط ظهور و تطور الحضارات القديمة ارتباطًا وثيقًا بتقدم الري، كما أن معظمها نشأ و ازدهر حول مجاري الأنهار الكبيرة، و بسبب قلة الأمطار لم يكن لهذه الحضارات أن تدوم من دون نظام دقيق لأنظمة الري و تجهيز المياه.

- مارس العراقيون القدماء الري منذ أكثر من 6000 سنة وكانت أولى المحاولات الناجحة للسيطرة على مجاري المياه قد بدأت في وادي دجلة والفرات.

[1] 1.1 % تبلغ مساحة العراق الكلية (**437072 كم²**)، لا تشغل المساحة المائية سوى (**4910 كم²**) أي ما يقرب من فقط.

- حضارة العراق ازدهرت في زمن البابليين و بلغت أوج عظمتها أيام حمورابي منذ نحو 37 قرنًا، فشهدت الأنظمة الدقيقة للري تطورًا كبيرًا حتى باتت أرض العراق مغطاة بشبكة من جداول الري المصممة و المسيطر عليها باتقان فاشتهرت بكونها اخصب بقاع العالم.
- شريعة حمورابي احتوت على قوانين تحتم على المزارعين تطهير الجداول و إصلاحها و لازال تأثير تلك القوانين حتى ايامنا هذه، و لولا المغول لم يدمروا تلك الجداول لبقت تعمل حتى وقت قريب.
- طرائق الري التي اتبعت في العراق كانت أفضل من تلك التي اتبعت في حوض النيل.
- اتخذ البابليون من منخفض الحبانية و أبي دبس خزانين لدرء أخطار الفيضانات، وللأستفادة من المياه المخزونة لأغراض الري، و كان من روائع منجزاتهم السد الذي أقاموه بين دجلة و الفرات محاذيًا لمنخفض عقرقوف و يبلغ طوله حوالي 60 كيلومترًا.
- مشروع قناة سنحاريب لايصال المياه إلى مدينة نينوى.
- ايصال المياه إلى الجنائن المعلقة أيام الملك نبوخذ نصر و الذي بقى سرًا مجهولا حتى يومنا هذا.
- سياسة سيدنا عمر بن الخطاب في الاهتمام بالري حيث تم تحوير سهول وادي الرافدين و العناية بالنهرين.
- أعمال الري الحديثة بدأت سنة 1908 على يد المهندس وليك ويلكوكس حيث السدود و الخزانات و المشاريع الكبرى.

**مفهوم الري**:

الري لغة هو السقي، و يعرّف الري بأنه "**إضافة الماء إلى التربة بقصد إمدادها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات**". و لقد عرّف الري من قبل ( Israelsen & Hansen) بأنه **إضافة الماء إلى التربة لتحقيق أي من الأغراض الآتية**:

1. تجهيز التربة بالرطوبة اللازمة لنمو النبات.
2. تأمين النبات ضد فترات الجفاف القصيرة المدى.
3. ترطيب التربة و الجو المحيط بها و تهيئة ظروف مناخية أكثر ملاءمة لنمو النبات.
4. غسل أو تخفيف تركيز الأملاح في المنطقة الجذرية.
5. تقليل خطورة تصلب القشرة السطحية للتربة.
6. تسهيل العمليات الزراعية المختلفة لخدمة النبات.

**مفهوم البزل**:

البزل هو عملية التخلص من مياه الري الزائدة عن الحاجة التي قد تتواجد فوق سطح الأرض أو تحتها حيث تمتد جذور النباتات، فوجود مثل هذه المياه الزائدة عن حد معين ينجم عنه أضرارًا جسيمة تلحق بالأرض و بالإنتاج الزراعي. في مناطق الري الديمي ما لم تقترن مشروعات الري بمشروعات أخرى خاصة بالبزل، فإن الأراضي الخصبة تتحول خلال سنوات قلائل إلى أراضٍ ملحية غير صالحة للزراعة، فكثيرًا ما يقال "**إن الري غير المنظم على أساس فني يصبح نقمة بدلاً من أن يكون نعمة**".

**مفهوم علم الري**:

علم الري يبحث في مصادر مياه الري و طرائق التحكم بها و استغلالها و إيصالها للحقول الزراعية، و يشتمل على تخطيط و تصميم و تنفيذ منشآت الري و نقل و توزيع مياه الري و دراسة سبل إضافتها و احتساب الاحتياجات المائية للنبات من خلال دراسة علاقة الماء و التربة و النبات و المناخ فضلًا عن دراسة المشاكل التي تتعلق بإضافة المياه كالملوحة و البزل و استصلاح التربة، و من هنا يمكن تحديد المهمات التي يضطلع بها علم الري بالآتي:

1. تخزين المياه بإنشاء السدود و الخزانات على مجاري الأنهار.
2. نقل وتوزيع المياه من مصادرها المختلفة إلى الحقول الزراعية.
3. إضافة المياه للحقول الزراعية بالطريقة المناسبة، حيث يتم تحديد عمق الماء والواجب إضافته للنبات وفترات الري المناسبة وقابلية التربة على مسك الماء ومعدل دخول الماء للتربة وذلك بعد دراسة المتغيرات التي ترتبط بالآتي:
   أ. نوع التربة والتضاريس الأرضية.
   ب. الظروف المناخية.
   ج. نوع النبات ومرحلة نموه وعمق المنطقة الجذرية.
4. استغلال الطاقة المائية في توليد الطاقة الكهربائية.

**أنواع الري**:

الري على نوعين بشكل عام:

1. الري الطبيعي (الري بالغمر): تهيئة الأمطار في مكان سقوطها أو يتم عن طريق فيضان النهر على جانبيه، حيث تنغمر الأراضي المجاورة بمياه الفيضان و في هذه الحالة يجب أختيار نوعية معينة من المحاصيل تتفق احتياجاتها المائية و مواعيد زراعتها مع كمية سقوط الأمطار أو الفيضانات و مواعيدها.
2. الري الصناعي: يحتاج إلى المجهود البشري، حيث يتجه التفكير أولاً إلى تخزين المياه وقت توفرها و ذلك بإنشاء السدود و الخزانات في المواقع المناسبة، و بعد ذلك يتم التحكم في إطلاقها عبر شبكة من القنوات لتصل المياه إلى حقول المزارعين بالكميات المطلوبة و في المواعيد المقررة. و لقد أصبح الري الصناعي من أهم المواضيع الهندسية التي تحظى باهتمام بلدان العالم بأسرها حتى في مناطق الري الطبيعي. و من أمثلة الري الصناعي (**الري السطحي** و هو الأكثر شيوعاً و أنتشاراً _الأحواض و المروز و الخطوط_ و **الري تحت السطحي** –حيث تجهز النباتات بماء الري من الأسفل عن طريق حركة الماء إلى الأعلى من سطح مائي حر و هي طريقة تجمع بن نظام الري و نظام البزل- و **الري بالتنقيط** –يستعمل في المناطق شحيحة المياه و التي تعاني من مشكلة الملوحة و هي شبكة من الأنابيب ترتبط بها منقطات و يمكن إضافة الأسمدة للنبات مع عملية الري- و **الري بالرش** و هو إضافة الماء على سطح التربة بشكل رذاذ يشبه إلى حد ما سقوط المطر عبر شبكة من المرشات الثابتة أو المتحركة و **الري التكميلي**[2]).

**مصادر مياه الري**:

ترجع أهمية دراسة مصادر الثروة المائية في العراق إلى **أنها العامل المحدد لإتساع الزراعة الإروائية**، و يمكن تقسيمها إلى الآتي:

1. ماء السقيط (المتساقطات Precipitations)، و تشمل الأمطار و الثلوج و الندى و البرد و الضباب و غيرها.
2. المياه السطحية (Surface irrigation)، و تشمل الأنهار و البحيرات و الجداول و العيون و غيرها.
3. المياه الجوفية (المياه تحت السطحية Underground water) و تشمل الآبار.

إن مصادر مياه الري كافة تكاد بأجمعها تعتمد على الأمطار، التي تسقط ثلجًا في شدة البرد و مطرًا في درجات الحرارة العادية، و تغذي بشكلها المطري أو بشكل الثلوج الذائبة أحواض الأنهار و خزانات المياه الجوفية و منها للأنهار و البحيرات و الآبار و الينابيع.

**و لإمكانية الاستفادة من الأمطار في الري، يجب أن تتوفر فيها الخصائص الآتية**:

أ. كفايتها لتعويض النقص الحاصل في المحتوى الرطوبي للتربة في المنطقة الجذرية.

ب. تقارب و انتظام فترات سقوطها قبل ظهور أعراض الذبول على النباتات.

ج. ألا تزيد معدلات سقوطها عن معدل غيض الماء في التربة (شدتها قليلة بحيث لا تحدث انجراف التربة).

خريطة معدل سقوط الامطار بالملم في العراق

**المتعلقة بالتربة والماء:** **بعض الأساسيات**

[2] الري التكميلي هو إضافة قمح والموالح) خلال أوقات لا يوفر فيها التساقط المطر صول واستقرارها.

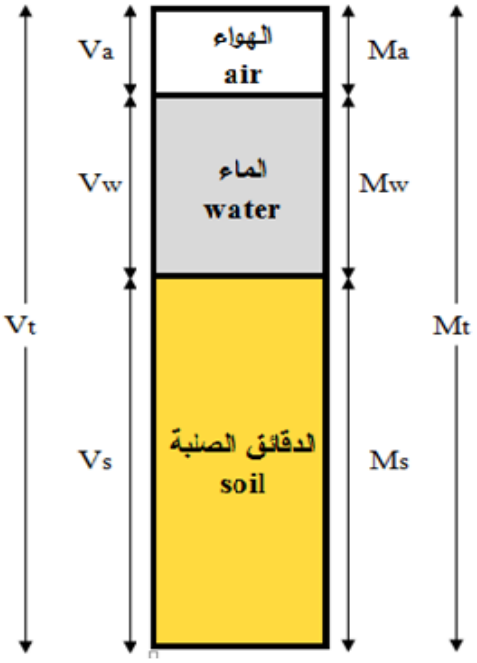
كلمة "**التربة**" لها مفاهيم متباينة و ذلك وفقًا للاختصاصات المختلفة لمستعمليها، فالمهندس الإنشائي يتعامل مع التربة من وجهة نظر معينة و هي مدى استيعابها لتحمل الأثقال و القوى المختلفة الواقعة عليها، و التربة في مجال هندسة الري و لدى الفلاح بصورة خاصة غالبا ما تعني التربة الزراعية و بالتالي زيادة أو قلة الإنتاج الزراعي.

إن خصائص التربة الزراعية (الفيزيائية) المرتبطة بالري لها أهمية كبيرة في الاستعمالات الزراعية و كذلك الهندسية، و لذلك نجد من الضروري الإحاطة ببعض الخواص المرتبطة ارتباطاً وثيقًا مباشرًا في الري.

- تعريف التربة: و المقصود هنا "**التربة الزراعية**" و هي تلك الطبقة السطحية من القشرة الأرضية الصالحة لنمو النبات، و يجب أن تكون بسُمُكٍ كافٍ بحدود (2-3 ملم) و ذلك حسب نوع النبات لتغطية جذوره و ألا تكون شديدة التماسك لتسهل خدمتها و مرور الماء و الهواء داخلها و في نفس الوقت تكون قادرة على الإحتفاظ بالرطوبة اللازمة لسد احتياجات النبات. وتتكون التربة أساسًا من الأجزاء الآتية:

1. الجزء المعدني: يشكل الهيكل الأساس للتربة ويتمثل في حبيبات الرمل والطين والسلت (الغرين أو الطمي).
2. المادة العضوية: و هي بقايا الكائنات الحية التي تتحلل بفعل البكتريا و الفطريات الأرضية و تتواجد بشكل غروي على سطح التربة و تلعب دوراً أساسيًا في خصوبة التربة لأنها تحسن الصفات و الخواص الفيزيائية و الكيميائية للتربة، و هذا الدور يختلف حسب طبيعة التربة، ففي الترب الخفيفة (التربة الرملية) تؤدي زيادة نسبة المادة العضوية إلى زيادة تماسك حبيبات التربة وتحسين قدرتها على الاحتفاظ بالماء، أما في الترب الثقيلة (التربة الطينية) فتؤدي زيادة المادة العضوية إلى خلخلتها وتهويتها وتحسين نفاذيتها للجذور و الهواء و الماء.
3. الماء الأرضي: يشغل جزءًا أو كل الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة.
4. الهواء الأرضي: و يشغل الجزء المتبقي من الفراغات البينية الذي لا يشغله الماء الأرضي.
5. الفراغات البينية: و هو ذلك الجزء الذي لا تشغله جوامد التربة و يمثل بصورة تقريبية نصف حجم التربة في الأراضي الزراعية.

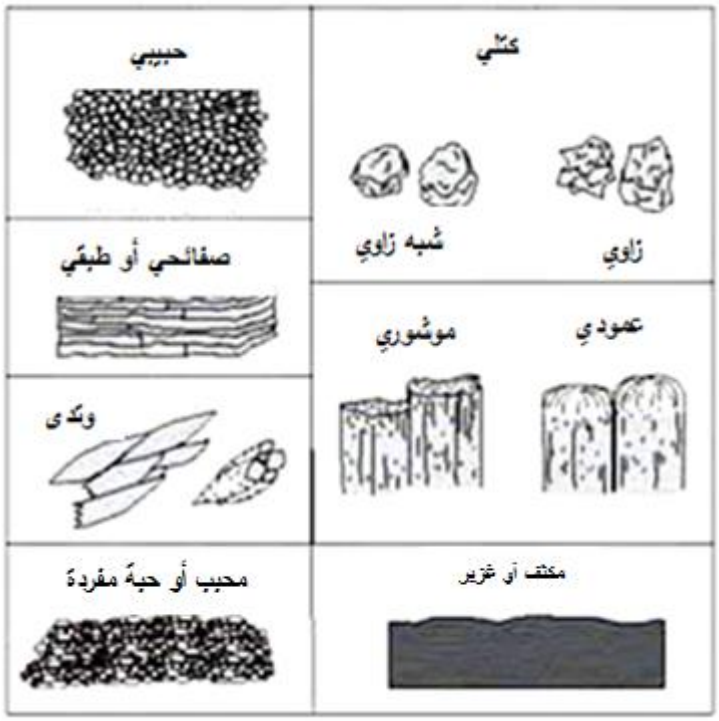
**مخطط توضيحي لنظام تربة ثلاثي الأطوار**




- **تركيب التربة (بناء التربة Soil structure)**: يقصد به انتظام مجاميعها في نظام الطبقي أو الصفائحي - حيث يؤدي الأختلاف المجاميع بين تربة و أشكال و انتظام بدوره في حركة الماء و تهوية التربة حرارتها و الدقيقة و مقاومة لحركة الآلات و الأعمال التي يقوم بها و تسميد و و ري و بزل للتربة ما هي إلا دقائق التربة أو حبيباتها الأولية و معين (الحبيبي او الفتاتي -جيد- و ردئ- و الكتلي و الموشوري)، في انتظام هذه الدقائق و أخرى إلى اختلاف في أحجام و المسامات البينية و الذي يؤثر قابلية التربة على مسك الماء و خصوبتها و فعالية الأحياء التربة لنمو الجذور و تحملها المعدات الزراعية، فجميع الفلاح من حراثة و عزق للأدغال فضلا عن إضافة المحسنات محاولات لتغيير تركيب التربة.

- **نسجة**

**نسجة (texture)**: للأحجام التربة و هي (الطمي) و التربة إلى **لتربة و خدمتها،** الطين مثلاً تكون كذلك تعني زيادة النوعية زيادة قدرة بالماء و الكيميائية العناصر




و من حبيبات التربة غير منتظمة الشكل، إلا أن عند إجراء الدراسات و لغرض تفسير بعض الظواهر المرتبطة بعلاقة الماء بالتربة يستلزم الأمر تحديد شكل حبيبات التربة من الوجهة الهندسية، **و نظرًا لتقارب شكل حبيبات التربة من الشكل الكروي فأصبح من المعتاد تمثيل حبيبات التربة بكرات منتظمة الشكل و متباينة الحجم.**

تقسّم مكونات التربة حسب أحجامها و بالنظامين الأمريكي و العالمي كما موضح في الجدول الآتي:

**جدول تصنيف مكونات التربة حسب أحجامها**

| مكونات التربة | القطر الفعّال لدقائق التربة بال (ملم) | |
|---|---|---|
| | النظام الأمريكي | النظام العالمي |
| رمل خشن | 2.00 – 0.25 | 2.00 – 0.20 |
| رمل ناعم | 0.25 – 0.05 | 0.20 – 0.02 |
| غرين | 0.05 – 0.002 | 0.02 – 0.002 |
| طين | أقل من 0.002 | أقل من 0.002 |

**التربة (قوام التربة أو التربة Soil**

و هي التوزيع النسبي المختلفة لمكونات الرمل و السلت الطين. و تشير نسجة **خشونة او نعومة سهولة أو صعوبة** فالتربة التي يسود فيها تكتسب قواما ناعما و خدمتها صعبة و زيادة نسبة الطين المساحة السطحية لدقائق التربة مما يعني التربة على الإحتفاظ زيادة فعاليتها و محتواها من الغذائية.

و لتحديد نسب الرمل و السلت (الطمي) و الطين مختبرياً، يتم التخلص من المادة العضوية، وغسل الأملاح والمواد اللاحمة، وتفريق الحبيبات، ثم فصل الحبيبات في حجم الرمل، باستخدام مناخل ذات فتحات، لا يقل قطرها عن 0.05 ملم، أما السلت (الطمي) و الطين، فيفصلان بوساطة الترسيب في الماء، باستخدام (طريقة الهيدروميتر و تطبيق قانون ستوكس Stoke's Law[3]) ومن نسب الرمل و السلت و الطين، يحدد قوام التربة، باستخدام مثلث القوام (انظر شكل مثلث قوام التربة)؛ وهو مثلث متساوي الأضلاع، يمثل كل ضلع فيه النسبة الوزنية لإحدى المجموعات الحجمية، كنسبة مئوية، ابتداءً من صفر حتى 100%. فالضلع الأول للمثلث، يمثل نسبة الطين (أقل من 0.002 ملم) في عينة التربة، والضلع الثاني يمثل نسبة السلت (الطمي) (0.002–0.05 ملم). والضلع الثالث، يمثل نسبة الرمل (0.05–2 ملم). ويقسِم مثلث قوام التربة الترب إلى اثني عشر قسماً، حسب النظام الأمريكي الحديث.

**شكل "مثلث القوام" لإيجاد مكونات التربة**

- **كثافة التربة**: للتربة كثافتان الأول حقيقية و الثانية ظاهرية و ذلك حسب مسامات التربة و كما يأتي:

أ. الكثافة الحقيقية للتربة (Real density): و يرمز لها بـ ($\rho_R$) و

[3] v

تعرّف بأنها كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة (يشمل الحجم هنا فقط المادة الصلبة دون المسامات)، و يعبر عنها رياضيًا بـ:

$$\rho_R = \frac{m_s}{v_s}$$

حيث أن $m_s$ هي كتلة التربة الصلبة و $v_s$ حجم التربة الصلبة. و تتراوح قيمتها لمعظم الترب المعدنية بين (2.55 – 2.75 غم/سم$^3$).

يتم حساب الكثافة الحقيقية للتربة مختبريًا و ذلك بأخذ عينة من التربة الجافة و وضعها على الميزان لأخذ كتلتها بالـ (غم) ثم توضع الكتلة في اسطوانة حجمية فيها حجم معلوم من الماء فسيرتفع منسوب الماء في القنينة و يسجل الحجم الجديد بالـ (سم$^3$)، فتكون قيمة الكثافة الحقيقية عبارة عن حاصل قسمة كتلة التربة الجافة على قيمة الفرق بين الحجمين في الإسطوانة الحجمية.

ب. الكثافة الظاهرية (Bulk density): و يرمز لها بـ ($\rho_b$) و تعرف بأنها كتلة وحدة الحجوم للتربة الجافة (و يشمل الحجم هنا المادة الصلبة و المسامات أو الفراغات البينية)، و يعبر عنها رياضيًا بـ:

$$\rho_b = \frac{m_s}{v_t}$$

$$\rho_b = \frac{m_s}{v_s + v_v}$$

حيث أن $m_s$ هي كتلة التربة الصلبة و $v_t$ هي حجم التربة الصلبة (= $v_s$ حجم الفراغات البينية + $v_v$). و ترتبط الكثافة الظاهرية أساسًا بنسجة التربة و تركيبها و تعكس مسامية التربة و سهولة حركة الماء فيها و تهويتها و انتشار الجذور فيها، و تكتسب دراسة الكثافة الظاهرية للتربة أهمية خاصة للمشتغلين في الري **في حساب كميات المياه الواجبة اضافتها للتربة لإيصال محتواها الرطوبي لحد معين**.

يتم حساب الكثافة الظاهرية للتربة مختبريًا بأخذ عينة من التربة بشكل كتلة و توضع على الميزان و تسجل كتلتها ($m_{s1}$) بالـ (غم)، و تشد كتلة التربة بخيط ثم تغمر في إناء يحوي مادة شمع البارافين (كثافتها 0.9 غم/سم$^3$) بشكل سائل كي تغطى مسامات التربة بهذه المادة ثم يسحب الخيط و تبرد الكتلة بتعرضها للجو قليلاً و توضع على الميزان و تسجل كتلتها و هي مشبعة بالبارافين ($m_{s2}$)، ثم تغمر الكتلة و هي مشبعة بالبارافين و بعد أخذ كتلتها مباشرة في اسطوانة حجمية فيها حجم معلوم من الماء فسيرتفع منسوب الماء في القنينة و يسجل الحجم الجديد بالـ (سم$^3$) و هو يمثل الفرق بين ($m_{s2}$ و $m_{s1}$) على كثافة البارافين ($m_{s2}$ و $m_{s1}$) لغرض حساب حجم الفراغات، و حجم التربة و يمكن قسمة الفرق بين الحجمين على كتلة التربة الجافة ($m_{s1}$) فتكون قيمة الكثافة الظاهرية عبارة عن حاصل قسمة كتلة التربة الجافة (غم/سم$^3$) في الإسطوانة الحجمية.

س1/: في تجربة إيجاد الكثافة الحقيقية للتربة، دونت البيانات الآتية:

1. كتلة مسحوق التربة الجافة = 50 غم.
2. حجم الماء في الأسطوانة الحجمية = 100 سم$^3$ أو مل.
3. حجم الماء بعد غمر مسحوق التربة الجافة = 120 سم$^3$ أو مل.

المطلوب إيجاد الكثافة الحقيقية للتربة؟ الجواب: (**2.50 غم/سم$^3$**).

$$\Theta\ \rho_R = \frac{m_s}{v_s}$$

$$v_s = 120 - 100 = 20cm^3$$

$$\therefore \rho_R = \frac{50}{20} = 2.5gm/cm^3$$

س2/: في تجربة إيجاد الكثافة الظاهرية للتربة، دونت البيانات الآتية:

1. كتلة التربة الجافة = 20 غم.
2. كتلة التربة الجافة بعد غمرها بشمع البارافين = 23.42 غم.
3. حجم الماء في الأسطوانة الحجمية = 100 سم$^3$ أو مل.
4. حجم الماء بعد غمر كتلة التربة الجافة المشبعة بالبارافين = 116.30 سم$^3$ أو مل.
5. كثافة شمع البارافين = 0.90 غم/سم$^3$.

المطلوب إيجاد الكثافة الظاهرية للتربة؟ الجواب: ( **1.60غم/سم$^3$**).

$$\Theta\ \rho_b = \frac{m_s}{v_t}$$

$$v_t = 116.3 - 100 - V_{Parafine}$$

$$V_{Parafine} = \frac{m_{Parafine}}{\rho_{Parafine}} = \frac{23.42 - 20}{0.9} = 3.8cm^3$$

$$\therefore v_t = 116.3 - 100 - 3.8 = 12.5cm^3$$

$$\therefore \rho_b = \frac{20}{12.5} = 1.6gm/cm^3$$

- **<u>مسامية التربة و التوزيع الحجمي للمسامات</u>**: يقصد بالمسامات البينية ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء و الهواء، و تعرّف "**المسامية** Porosity" بأنها النسبة المئوية للمسامات المملوءة بالماء و الهواء ($v_v$) في حجم معين من التربة (الحجم الكلي $v_t$)، و يعبر عنها رياضيًا بـ:

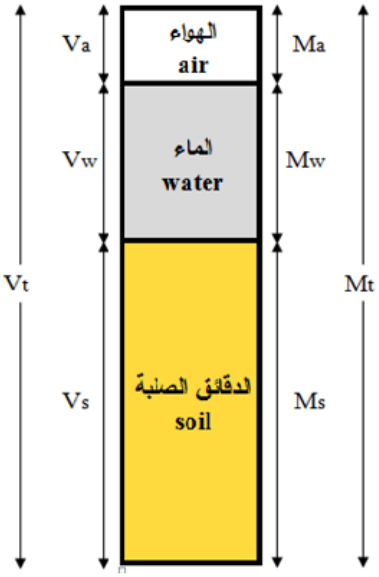
$$\%P = \frac{v_v}{v_t} \times 100$$

**<u>و ترتبط مسامية التربة ارتباطاً وثيقاً بتركيب التربة و نسجتها</u>**، و لها استعمالات مختلفة في المجالات الزراعية و الهندسية.

ما الفرق بين مسامية التربة و نفاذية التربة؟

المسامية هي الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة الصلبة سواءً كانت عضوية أو معدنية أو تجمعات تلك الحبيبات،
أما النفاذية فهي معدل تسرب الماء أو الهواء خلال التربة في وحدة الزمن.

- في الظروف الطبيعية تملأ المسامات بالهواء والماء والجذور.
- الرمل ذو مسامات كبيرة ومستمرة و أقل في مجموعها.
- الطين ذو مسامات صغيرة ومتقطعة و أكثر في مجموعها.
- المســامات الصــغيرة تمتلئ بالماء عند ابتلال التربة مما يحد من انتشــار الهواء بين تلك المسامات.
- حركة الماء تكون أسرع في الترب الرملية وذات التجمعات الكبيرة نسبياً.




ما هي العلاقة بين مسامية التربة و كثافتيها الحقيقية و الظاهرية؟

$$\Theta\ P = \frac{v_v}{v_t}$$

$$\Theta\ v_t = v_v + v_s$$

$$\therefore v_v = v_t - v_s$$

$$\therefore P = \frac{v_t - v_s}{v_t}$$

$$\therefore P = \left( \frac{\cancel{v_t}}{\cancel{v_t}} - \frac{v_s}{v_t} \right)$$

$$\therefore P = \left( 1 - \frac{v_s}{v_t} \right)$$

$$\Theta\ \rho_R = \frac{m_s}{v_s}$$

$$\therefore v_s = \frac{m_s}{\rho_R}$$

$$\Theta\ \rho_b = \frac{m_s}{v_t}$$

$$\therefore v_t = \frac{m_s}{\rho_b}$$

$$\therefore P = \left( 1 - \frac{\frac{m_s}{\rho_R}}{\frac{m_s}{\rho_b}} \right)$$

$$\therefore P = \left( 1 - \frac{\cancel{m_s}}{\rho_R} \times \frac{\rho_b}{\cancel{m_s}} \right)$$

$$\therefore P = \left( 1 - \frac{\rho_b}{\rho_R} \right)$$

)؟$^3$ غم/سم1.60) وكثافتها الظاهرية ($^3$ غم/سم2.5س1/: جد مسامية تربة كثافتها الحقيقية (

الجواب: ( **36 .(%**

$$\Theta\ P = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_R})$$

$$\therefore P = (1 - \frac{1.6}{2.5}) = (1 - o.64) = 0.36 or 36\%$$

%)؟35) ومساميتها ($^3$ غم/سم2.64س2/: جد الكثافة الظاهرية لتربة كثافتها الحقيقية (

الجواب: ( **1.716غم/سم$^3$ .(**

$$\Theta\ P = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_R})$$

$$\therefore \frac{\rho_b}{\rho_R} = 1 - P$$

$$\therefore \rho_b = \rho_R (1 - P) = 2.64(1 - 0.35) = 1.716 gm/cm^3$$

%)؟ 40) و مساميتها ($^3$ غم/سم1.5س3/: جد الكثافة الحقيقية لتربة كثافتها الظاهرية (

الجواب: ( **2.5غم/سم$^3$.(**

$$\Theta\ P = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_R})$$

$$\therefore \frac{\rho_b}{\rho_R} = 1 - P$$

$$\therefore \rho_R = \frac{\rho_b}{1 - P} = \frac{1.5}{1 - 0.4} = 2.5 gm/cm^3$$

- **<u>الهواء في التربة</u>**: من الضروريات الواجب توفرها لنمو النبات هو أن تحوي مسامات التربة على نسبة كافية من الهواء، و يجب أن تتصل تلك المسامات بالهواء الخارجي لتتم عملية التبادل الغازي بخاصية **"الإنتشار"**. إن الأوكسجين يعد ضروريًا لنمو الجذور و عمليات التنفس، فإذا ما تُرِكَ غاز ثاني أوكسيد الكربون (غاز $CO_2$ هو ناتج عرضي من عملية التركيب الضوئي) ليتراكم داخل المنطقة الجذرية فإن ذلك سوف يشكل ضررًا على النشاط الحيوي للنبات، **لذا يلزم الأمر الأحتفاظ دائمًا بـ "الإتزان الغازي" في التربة عن طريق التخلص من غاز ثاني أوكسيد الكربون و إحلال الأوكسجين محله**، و من الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الهواء الأرضي أعلى من الأوكسجين عكس ما عليه الحال في الهواء الخارجي. و تختلف النباتات من حيث درجة تحملها لسوء التهوية و تشبع التربة بالماء.

**<u>الصور المختلفة للماء داخل مسام التربة</u>**:

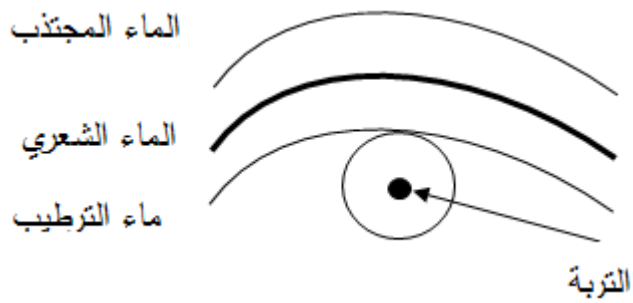
قسّم (Briggs, 1897) الماء الأرضي إلى الصور الآتية:

1. <u>ماء الترطيب أو (الماء الهيجروسكوبي Hygroscopic water)</u>: إن حبيبات التربة تتميز بخاصية اجتذاب جزيئات الماء من الهواء الرطب إلى سطحها، و نتيجة لتكاثف الهواء الرطب عند تماسه بسطوح الحبيبات الجافة ستتكون طبقة من جزيئات الماء على هيئة غشاء رقيق يحيط بكل حبيبة بقوى التصاق تتراوح شدتها بين (30-100 ضغط جوي)، و تزداد كمية مياه الترطيب في التربة مع ازدياد السطح النوعي الداخلي لها مع تزايد ضغط بخار الماء في الهواء المحيط بالتربة. هذه الصورة من المياه لا يستفيد منها النبات **و ذلك بسبب أن جذور النبات لا تقوى على امتصاصها**.
2. <u>المياه الشعرية (Capillary water)</u>: تتواجد هذه المياه بعد طبقة ماء الترطيب و تُعَدْ مكملة لها و تتواجد على شكل أغشية ذات سُمُكْ كبير نسبيًا، **و يعزى احتفاظ حبيبات التربة بالماء الشعري لقوتين (الأولى – هي قوة جذب سطح الحُبَيبة لجزيئات الماء و الثانية – هي قوة جذب جزيئات الماء بعضها لبعض)**. و لا يستفيد النبات إلا من الماء الشعري و كلما صغرت أقطار حبيبات التربة زادت مساحتها الشعرية ( $\mathbf{h = \frac{\sigma \cos\theta}{\gamma d}}$ ) و لكن يجب ألا تتناهى في الصغر **لأن في هذه الحالة سيملأ الماء الشعري كل مسامات التربة دون أن يدع مجالاً للهواء فيختنق النبات**.
3. <u>الماء المجتذَب (Gravitational water)</u>: و هي مياه زائدة عن السعة الشعرية و لا تستطيع حبيبات التربة من جذبها لذا تسمى أحيانا بـ "المياه الحرة أو غير الممسوكة بحبيبات التربة"، و تتحرك هذه المياه باتجاه الأسفل بفعل الجذب الأرضي إلى أن تقابل طبقة صماء (غير نفاذة للماء) تتجمع فوقها لتملأ كل مسام التربة ثم قد تجد هذه المياه منفذًا لمبزل أو لأي منخفض أو قد تظل راكدة فيرتفع منسوبها مع زيادة تراكمها.

**مخطط توضيحي لصور الماء الأرضي**

**<u>عبرة عن المحتوى الرطوبي للتربة</u>**:

1. <u>معامل الترطيب أو (المعا</u> ت التربة المجففة عند درجة حرارة (105 – 110) °م إذا ما تركت في هواء مشبع برطوبة محددة إلى كتلة التربة الجافة. و تتراوح قيمته بين (1 - 3)% للأراضي الرملية بينما تصل إلى (7 - 11)% للأراضي الطينية.
2. <u>نسبة الإشباع (Maximum water holding capacity)</u>: عندما تمتلئ كل مسامات التربة بالماء تكون قد وصلت إلى سعتها التشبعية أو إلى قابليتها العظمى على مسك الماء و يكون الشد الرطوبي عند هذا الحد تقريبًا مساويًا للصفر.
3. <u>السعة الحقلية ( Field capacity – F.C)</u>: يطلق هذا المصطلح على المحتوى الرطوبي الذي تحتفظ به التربة بعد إزالة ماء الجذب الأرضي و هذا



حبيبة التربة

يحصل بعد مرور (2 - 3) أيام من الري **عندئذٍ تكون معظم مسامات التربة الدقيقة مملوءة بالماء بينما تكون الكبيرة مملوءة بالهواء**. و ترجع أهمية السعة الحقلية إلى أنها تمثل الحد الأعلى للماء المتيسر للنبات، و يكون الشد الرطوبي عند هذه النقطة بين {( $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{10}$ ضغط جو[4]) أو (33 Kpa – 10 Kpa)} و حسب نسجة التربة.

4. نقطة الذبول الدائم (Permanent wilting point – P.W.P): يطلق على المحتوى الرطوبي للتربة عندما تذبل النباتات ذبولاً دائمًا حيث لا يستعيد النبات نموه حتى بعد وضعه في جو مشبع بالماء، و تمثل نقطة الذبول الدائم **الحد الأدنى من رطوبة التربة المتيسرة و تقدر طاقة الشد الرطوبي عندها بحوالي (1500 Kpa)**.
5. الماء المتيسر أو المتوفر (Available water)**:** أن الماء المتيسر للامتصاص من قبل النبات **هو المحتوى الرطوبي بين السعة الحقلية و نقطة الذبول الدائم**، و بصورة عامة فإن التربة ذات النسجة الناعمة (الطينية) تحتفظ بمديات واسعة من رطوبة التربة بين السعة الحقلية و نقطة الذبول الدائم و ذلك **لإحتوائها على نسبة كبيرة للمسامات الصغيرة الشعرية و بعكس ذلك للترب الخشنة (الرملية)**.
6. معامل التقييد: يطلق على نسبة الرطوبة المتبقية في التربة بعد أن يُفْقَدْ منها الماء الممسوك في المسامات الكبيرة و الصغيرة و يبقى فقط بعض الماء المحيط بالدقائق الصغيرة، و يمسك هذا الماء في التربة بشد عالٍ و تكون حركته على شكل بخار ماء فقط.

**التصنيف البيولوجي للماء الأرضي**:

يمكن تقسيم مياه الري بحسب **امكانية استفادة النبات منها على فترات معينة من مراحل نمو النبات**، و ذلك على النحو الآتي:

1. مياه فائضة: كمية الرطوبة التي تزيد عن السعة الحقلية و تترشح إلى باطن الأرض **و لا يستفاد منها النبات**.
2. المياه المتاحة الكلية: كمية الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بين السعة الحقلية و نقطة الذبول الدائم **و يستفيد النبات من جزء كبير منها**.
3. المياه المتاحة بيسر: هي (65 - 75)% من المياه المتاحة الكلية و التي يجب **أن تروى التربة عند استنفادها**، و لقد أثبتت التجارب أنه عندما تقترب الرطوبة الأرضية من نقطة الذبول الدائم فإن النبات يبذل طاقة كبيرة في امتصاص ما يحتاجه من رطوبة الأمر الذي ينعكس على معدل نمو النبات و ضعف إنتاجية الأرض.
4. المياه غير المتاحة: كمية الرطوبة عند درجة الذبول الدائم، **و لا يستفاد منها النبات و تشمل ماء الترطيب و جزء من الماء الشعري**.

**قابلية التربة لحفظ المياه (Soil Conservation):**

تتكون التربة من جزيئات مختلفة الخشونة و المواد العضوية المتحللة، و بالرغم من وجود العديد من أنواع التربة لكن فالتربة الرملية تحتوي على جزيئات خشنة جدا لذلك تصعب .أهم وأشهر أنواع التربة المستخدمة هي الرمل والسلت والطين عليها الاحتفاظ بالماء وبذلك تكون التربة الرملية جافة و خفيفة جدا لذلك النباتات المزروعة في التربة الرملية ستحتاج إلى الكثير أما التربة الطينية تحتوي على جزيئات ناعمة جدا ويمكنها الاحتفاظ بالماء بكل سهولة، هذه الخاصية تجعل من التربة .من الماء الطينية أفضل تربة للزراعة في الفصول الجافة والحارة.

يمكن أن يعزى فقدان خصوبة التربة إلى عدد من الأسباب بما في ذلك الإفراط في الاستخدام و التعرية و التملح و التلوث الكيميائي، و يمكن أن تؤدي زراعة الكفاف غير المستدامة و طرق الحرق المستخدمة في بعض المناطق الأقل نموا إلى إزالة الغابات، وفقدان المغذيات في التربة على نطاق واسع، بل وحتى التصحر الكامل في بعض الأحيان. كل ما تقدم يؤدي إلى إضعاف الوظيفة الطبيعية للتربة ويؤثر على العديد من النظم البيئية الضرورية للبقاء.

لذا فالحفاظ على التربة مهم جدا، **فكل عملية أو نشاط يمكننا القيام به أو تطبيقه على استخدامنا للتربة والأراضي لضمان صحتها ونوعيتها يهدف إلى الحفاظ على التربة.**

و يمكن القول أيضًا أن الحفاظ على التربة هو منع فقدان التربة من التعرية أو انخفاض الخصوبة الناجمة عن الاستخدام، التحمض، الملوحة أو غيرها من تلوث التربة الكيميائية، و تشمل تقنيات تحسين حفظ التربة دوران المحاصيل،

[4] 1 ضغط جو = 100 كيلوباسكال أو $100Kn/m^2$.

ومحاصيل التغطية، و حراثة الحفظ[5]، ومصدات الرياح المزروعة، و تؤثر على كل من التآكل والخصوبة و عندما تموت النباتات، و خاصة الأشجار، فإنها تتحلل وتصبح جزءا من التربة.

**طرائق قياس المحتوى الرطوبي للتربة:**

1. الطريقة الوزنية (Gravimetric method): و هي طريقة قياس مباشرة لرطوبة التربة، و تتضمن تجفيف عينات التربة في فرن كهربائي على درجة حرارة 105 °م و حتى ثبوت كتلتها (بعد 24 ساعة)، ثم تحسب النسبة المئوية للرطوبة و يمكن تمثيلها كالآتي:
   أ. التمثيل على أساس الكتلة الجافة للتربة ($P_w$)، أي أن:

$$\%P_w = \frac{m_w}{m_s} \times 100$$

   حيث أن $m_w$ هي كتلة الماء المفقود، $m_s$ هي كتلة التربة الجافة.

   ب. التمثيل على أساس الكتلة الرطبة للتربة ($P_{ww}$)، أي أن:

$$\%P_{ww} = \frac{m_w}{m_s + m_w} \times 100$$

   ج. التمثيل على أساس الحجم ($P_v$)، أي أن:

$$\%P_v = \frac{v_w}{v_s + v_v} \times 100$$

   حيث أن $v_w$ هو حجم الماء المفقود، $v_s$ هو حجم التربة، $v_v$ هو حجم الفراغات أو المسامات.

- يمكن التعبير عن نسبة الرطوبة الحجمية بدلالة نسبة الرطوبة الوزنية و الكثافة الظاهرية للتربة:

[5] عرفت جمعية علوم التربة الأمريكية في 2007 "حراثة الحفظ" **أنها المعالجة الميكانيكية لأغراض إدارة التربة المختلفة**" ، فهي مهمة لتهيئة مهاد البذور و القضاء على الأدغال و تحسن من كفاءة توزيع الأسمدة و المصلحات بصورة متجانسة و غير ضارة للبيئة و مفيدة لنمو النباتات المزروعة ، و يمكن إجمال فوائد حراثة التربة.أنها تخفف تأثير رص التربة و خاصة في الترب الطينية، و تخلط بقايا النباتات من المحصول السابق مع التربة السطحية مما يشجع بزوغ بادرات المحصول الجديد دون إعاقة و إن خلط بقايا المحصول السابق و بعض الأسمدة و المصلحات يزيد من فرص تحللها بما يخدم حاجة النبات النامي دون إضرار بالبيئة المحيطة.

$$\Theta\ P_v = \frac{v_w}{v_t}$$

$$\Theta\ P_w = \frac{m_w}{m_s}$$

$$\therefore \frac{P_v}{P_w} = \frac{\frac{v_w}{v_t}}{\frac{m_w}{m_s}} = \frac{v_w}{v_t} \times \frac{m_s}{m_w} = \frac{v_w}{m_w} \times \frac{m_s}{v_t}$$

$$\Theta\ \rho_w = \frac{m_w}{v_w}, \rho_b = \frac{m_s}{v_t}$$

$$\therefore \frac{P_v}{P_w} = \frac{1}{\rho_w} \times \rho_b$$

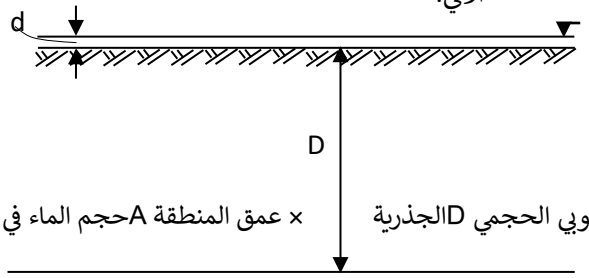
$$\therefore P_v = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b$$

د. التمثيل بدلالة العمق (d): حيث يمكن حساب عمق الماء الواجب إضافته للتربة بدلالة عمق معين من التربة (**يتحدد بعمق المنطقة الجذرية للنبات**):

$$d = \frac{P_v}{100} \times D$$

حيث أن D هو عمق التربة أو عمق المنطقة الجذرية.

إذا أفترضنا أننا نتعامل مع عمق من التربة مقداره D من الأرض مقدارها A لمساحة موضّح في الشكل الآتي:




مساحة الأرض = عمق المنطقة الجذرية D × المحتوى الرطوبي الحجمي $P_v$ ، × حجم الماء في التربة A

أي أن:

$$(v_w)_1 = A \times D \times \frac{P_v}{100}$$

مساحة الأرض = عمق الماء المضاف d × حجم الماء الواجب إضافته A

$$(v_w)_2 = A \times d$$

و لتحقيق عملية الري يجب أن تتساوى $(v_w)_1$ مع $(v_w)_2$ ، و بمعنى آخر:

$$\not{A} \times D \times \frac{P_v}{100} \neq A \times d$$

$$\therefore d = \frac{P_v \times D}{100}$$

$$\Theta\ P_v = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b$$

$$\therefore d = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b \times D$$

**°م)** و عند **105 غم)**، و بعد وضعها في فرن على درجة حرارة (**200**س1/: أخذت عينة من تربة فكانت كتلتها بحالتها الطبيعية ( ثبوت كتلتها أصبحت (**182 غم**). جد المحتوى الرطوبي لتربة على أساس الكتلة الجافة و محتواها الرطوبي على أساس الكتلة الرطبة؟

$$\Theta\ P_w = \frac{m_w}{m_s} = \frac{200-182}{182} = \frac{18}{182} \cong 0.1 or 10\%$$

$$\Theta\ P_{ww} = \frac{m_w}{m_t} = \frac{200-182}{200} = \frac{18}{200} \cong 0.09 or 9\%$$

**or :**

$$\Theta\ \frac{1}{P_{ww}} = \frac{1}{P_w} + 1 = \frac{1}{0.1} + 1 = 11$$

$$\therefore P_w = \frac{1}{11} \cong 0.1$$

س2/: أخذت عينة من تربة حقل زراعي فكانت كتلتها بحالتها الطبيعية (100غم)، ووضعت في فرن على درجة حرارة (105°م) وعند ثبوت كتلتها أصبحت (80 غم) بعد التجفيف. ما هو عمق الماء الواجب إضافته لتربة الحقل إذا علمت أن عمق تربة الحقل أو عمق المنطقة الجذرية فيه (140 سم) وكثافة تربته الظاهرية (1.40 غم/سم$^3$)؟

$$\Theta\, d = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b \times D$$

$$\Theta\, P_w = \frac{m_w}{m_s} = \frac{100-80}{80} = \frac{20}{80} = 0.25$$

$$\therefore d = \frac{1}{1} \times 0.25 \times 1.4 \times 140 = 49cm.$$

س3/: أخذت عينة من تربة حقل زراعي قبل الري فوجد أن محتواها الرطوبي كان (10%)، ما هو عمق الماء الواجب إضافته لتربة الحقل للوصول إلى السعة الحقلية لتربة الحقل البالغة (30%) إذا علمت أن عمق تربة الحقل أو عمق المنطقة الجذرية فيه (2 م) = 60 سم).d وكثافة تربته الظاهرية (1.50غم/سم$^3$)؟ **الجواب: (**

$$\Theta\, d = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b \times D$$

$$\Theta\, P_w = (30\% - 10\%) = 20\% = 0.2$$

$$\therefore d = \frac{1}{1} \times 0.2 \times 1.5 \times 200 = 60cm.$$

س4/: أخذت عينة من تربة بشكل اسطوانة قطرها (150 ملم) و طولها (198 ملم) فكانت كتلتها بحالتها الطبيعية (5 كغم)، و كغم) بعد التجفيف. جد النسبة المئوية للرطوبة 4.901وضعت في فرن على درجة حرارة (105)°م و عند ثبوت كتلتها أصبحت ( الحجمية للتربة؟ **الجواب: (** $P_v = 2.8\%$ **)**.

$$\Theta\, P_v = \frac{v_w}{v_t}$$

$$v_t = \frac{\pi}{4} d^2 h = \frac{\pi}{4} \left(\frac{150}{10}\right)^2 \left(\frac{198}{10}\right) \cong 3500.357cm^3$$

$$\Theta\, \rho_w = 1g/cm^3 = \frac{m_w}{v_w}$$

$$\therefore m_w = v_w$$

$$m_w = 5000 - 4901 = 99gm.$$

$$\therefore v_w = 99cm^3$$

$$\therefore P_v = \frac{99}{3500.357} = 0.028 or 2.8\%$$

كغم)، و وضعت في 1.680س5/: عينة من تربة بشكل مكعب (10 سم × 10 سم × 10 سم) فكانت كتلتها بحالتها الطبيعية ( كغم) بعد التجفيف. جد النسبة المئوية للرطوبة الحجمية 1.60فرن على درجة حرارة (105)°م و عند ثبوت كتلتها أصبحت ( للتربة؟ **الجواب: ( $P_v = 8\%$ )**.

$$\Theta\ P_v = \frac{v_w}{v_t}$$

$$v_t = L^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000cm^3$$

$$\Theta\ \rho_w = 1g/cm^3 = \frac{m_w}{v_w}$$

$$\therefore m_w = v_w$$

$$m_w = 1680 - 1600 = 80gm.$$

$$\therefore v_w = 80cm^3$$

$$\therefore P_v = \frac{80}{1000} = 0.08or8\%$$

غم) و محتواها 100س6/: جد المحتوى الرطوبي لتربة على أساس الوزن الجاف إذا علمت أن كتلتها بحالتها الطبيعية كانت ( °م) و عند ثبوت كتلتها 105الرطوبي على أساس الوزن الرطب بعد وضعها في فرن على درجة حرارة ( **%25.(%**؟ **الجواب: (**20(

$$\Theta\ P_{ww} = \frac{m_w}{m_t}$$

$$\therefore m_w = P_{ww} \times m_t = 0.2 \times 100 = 20gm.$$

$$\Theta\ m_t = m_s + m_w$$

$$\therefore m_s = m_t - m_w = 100 - 20 = 80gm.$$

$$\Theta\ P_w = \frac{m_w}{m_s}$$

$$\therefore P_w = \frac{20}{80} = 0.25 or 25\%$$

**or :**

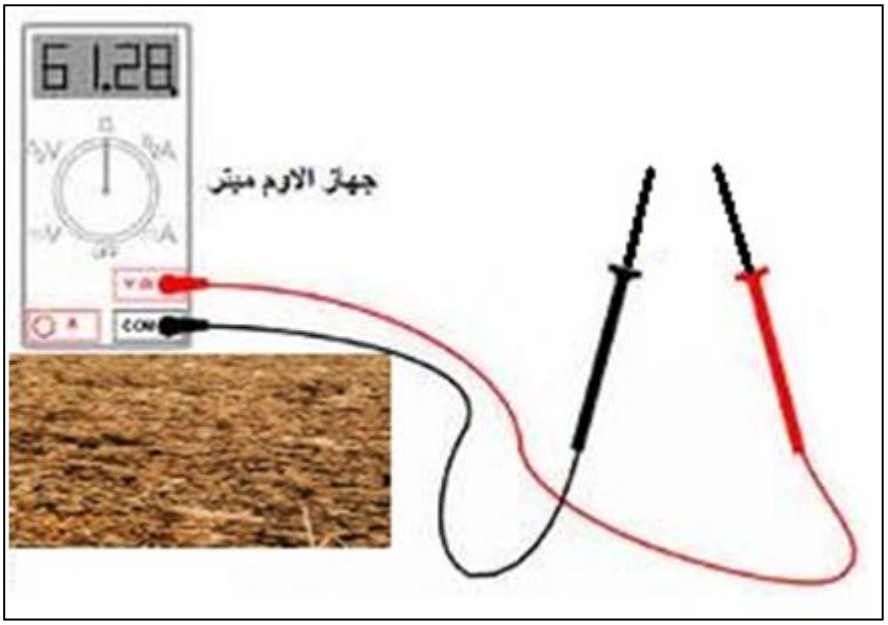
$$\Theta\ \frac{1}{P_w} = \frac{1}{P_{ww}} - 1 = \frac{1}{0.2} - 1 = 4$$

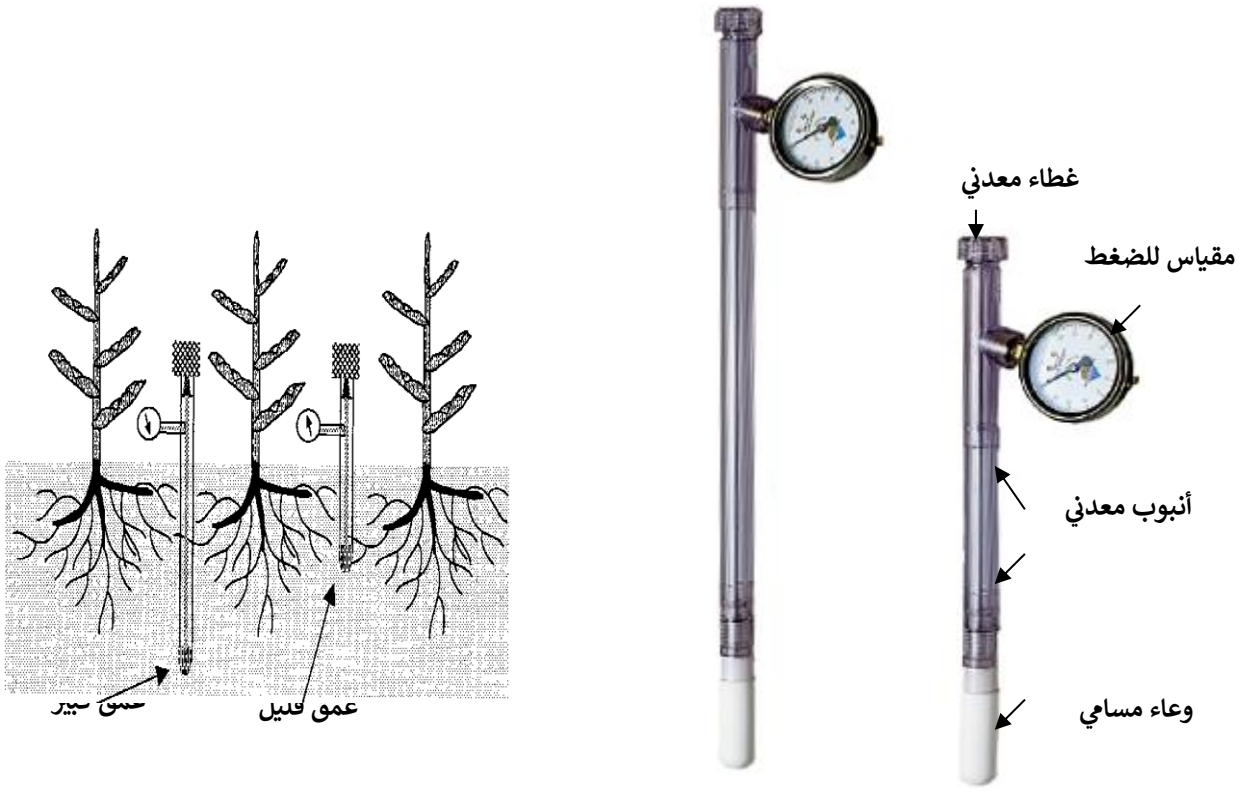
$$\therefore P_w = \frac{1}{4} = 0.25 or 25\%$$

**طرائق قياس المحتوى الرطوبي للتربة**:

2. طريقة ألواح المقاومة الكهربائية: تستعمل هذه الطريقة للاستدلال على رطوبة التربة من خلال مقياس المقاومة للتوصيل الكهربائي بين قطبين. **يتوقف مبدأ عمل الألواح** على أن **التوصيل الكهربائي للتربة يقل بانخفاض محتواها الرطوبي و هذا يعني أن المقاومة التي تبديها التربة للتوصيل الكهربائي تزداد بانخفاض المحتوى الرطوبي،** لذلك يمكن قياس المقاومة التي تبديها التربة إذا ما وصلت بدائرة كهربائية باستعمال (الأوميتر) حيث يحصل إتزان بين ألواح المقاومة و التربة و عند ذلك يمكن قراءة المقاومة على الجهاز. إن ألواح المقاومة ذات أنواع و أشكال و أحجام مختلفة و لكن مبدأ عملها واحد و لكي يُعَبّرْ من خلالها بصورة دقيقة عن رطوبة التربة لابد من معايرتها و الحصول على منحنيات قياسية لهذا الغرض.

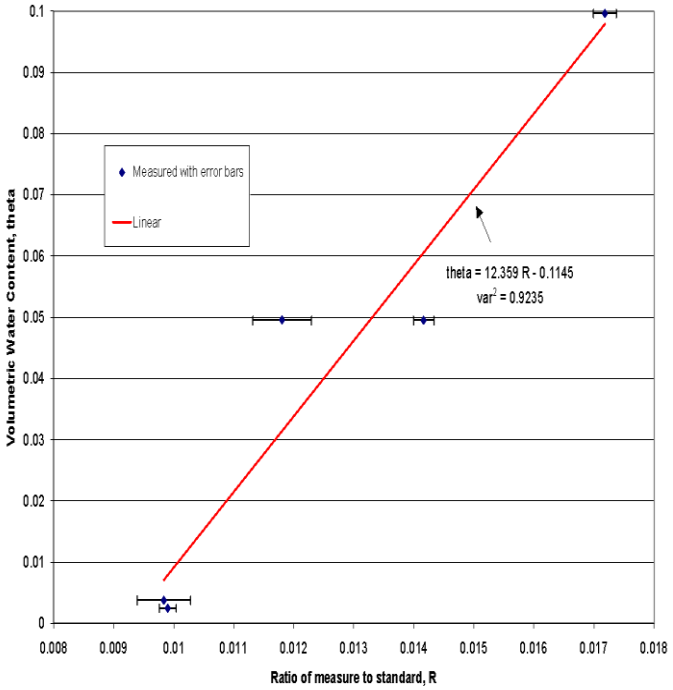
3. طريقة استعمال جهاز مقياس الشد الرطوبي (التنشوميتر-Tenshometer-): يمكن تقدير المحتوى الرطوبي للتربة باستعمال جهاز مقياس الشد الرطوبي (التنشوميتر)، و هو عبارة عن وعاء مسامي من السيراميك يرتبط بأنبوب يمثل جسم الجهاز يرتبط بهذا الأنبوب مقياس للضغط يقيس حتى (0.85 ضغط جو) و يوجد غطاء في نهاية الأنبوب. **تعتمد الفكرة الأساسية لعمل مقياس الشد الرطوبي (التنشوميتر) على حدوث إتزان بين جهد الماء داخل الجهاز مع الشد الرطوبي للتربة عند اتصالها مع الوعاء المسامي للجهاز، و عندما يوضع الجهاز على أعماق مختلفة من التربة يمكن قراءة الضغط المسجل.** فلو فرضنا بأن الجهاز وضع بعد الري مباشرة فإن فرق الضغط سيكون معدومًا تقريبًا، و لكن مع أستمرار استهلاك النبات للماء و الفقد بالتبخر و النتح و البزل سينشأ فرق في الضغط يمكن تسجيله. **يصلح هذا الجهاز للترب الرملية أكثر من الطينية و ذلك لأن الجزء الأكبر من الرطوبة المتيسرة فيها تكون ممسوكة بشد أقل من (100 Kpa). و توضع مقاييس الشد قرب منطقة النمو الفعالة للجذور و يتحدد عددها تبعًا لطبيعة التربة و تجانسها.**

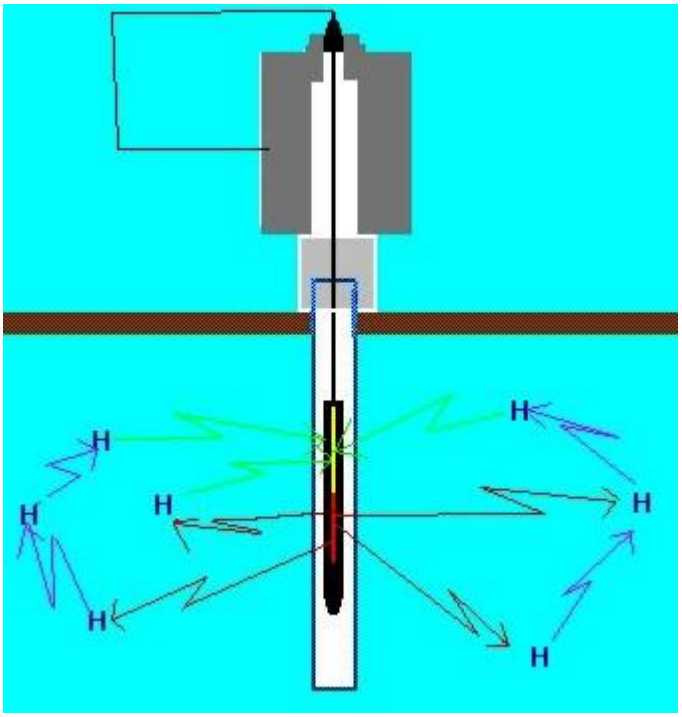





**-)Tenshometerجهاز مقياس الشد الرطوبي (التنشوميتر -**

4. <u>طريقة الإستطارة النيوترونية أو المجس النيوتروني (Neutron probe)</u>: تستعمل هذه الطريقة كطريقة دقيقة و سريعة لقياس المحتوى الرطوبي للتربة **في الحقل**. إن مبدأ عمل هذه الطريقة يستند على **قياس عدد ذرات الهيدروجين الموجودة في حجم معين من التربة و الذي يستدل منه على عدد جزيئات الماء في نفس وحدة الحجم من التربة**. و تختلف درجة أستطارة النيوترونات عندما توضع على اتصال مع ترب ذات محتوى رطوبي مختلف. يجرى القياس بهذه الطريقة بإنزال حامل المجس الإلكتروني الـ (probe) داخل التربة و إلى العمق المطلوب عن طريق سلك كهربائي فتنبعث النيوترونات من المصدر المشع إلى التربة على شكل دقائق غير مشحونة (لها تقريبًا نفس وزن ذرة الهيدروجين الموجودة في التربة) فتصطدم بذرات الهيدروجين و تتبعثر في كل أتجاه و بالتالي تفقد جزءًا من طاقتها الحركية و تمتص من قبل الكاشف (البورون المُشِعْ 10) فتتكون جزيئات ألفا و عند تأين هذه الجزيئات تتحول إلى نبضات تنتقل عن طريق السلك المثبت إلى العداد حيث تؤخذ النيوترونات المرتدة في وحدة الزمن التي يسجلها العداد كدليل على تركيز الهيدروجين في التربة. **تتميز هذه الطريقة بدقتها و سرعتها و عدم تأثرها بتركيز الأملاح في التربة و كذلك نسجة التربة.**




**المجس الإلكتروني مع مخطط الإستعمال**

- يمكن التعبير عن العلاقة بين المحتوى الرطوبي للتربة على أساس الكتلة الرطبة ومحتواها الرطوبي على أساس الكتلة الجافة أي بين ( $P_w$ و $P_{ww}$ ):

$$\Theta\ P_w = \frac{m_w}{m_s}$$

$$\therefore \frac{1}{P_w} = \frac{m_s}{m_w}$$

$$\Theta\ m_t = m_s + m_w$$

$$\therefore m_s = m_t - m_w$$

$$\therefore \frac{1}{P_w} = \frac{m_t - m_w}{m_w} = \frac{m_t}{m_w} - \frac{m_w}{m_w} = \frac{m_t}{m_w} - 1$$

$$\Theta\ P_{ww} = \frac{m_w}{m_t}$$

$$\therefore \frac{1}{P_{ww}} = \frac{m_t}{m_w}$$

$$\therefore \frac{1}{P_w} = \frac{1}{P_{ww}} - 1$$

$$\therefore \frac{1}{P_{ww}} = \frac{1}{P_w} + 1$$

**التصريف و زمن الري و المساحة المروية و عمق الماء المضاف ( Q , t , a , d):**

يعرّف التصريف بأنه "**كمية أو حجم الماء الذي يمر في أي مجرى مائي خلال وحدة الزمن و يقاس عادة بال م$^3$/ثا**"، و يعرّف الفرق بين السعة الحقلية و نقطة الذبول الدائم بـ "**الماء الجاهز أو المتيسر للامتصاص من قبل جذور النبات**"، و عندما يراد معرفة كمية الماء الموجود في التربة أو التي تراد إضافتها للتربة لإيصال رطوبتها إلى مستوى معين **لابد من تحديد كمية الرطوبة المتيسرة او المتبقية للتربة ( d , $P_v$ , $P_w$).**

" و كما سبق: $d = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b \times D$)، فإن عملية dبعد تعيين أو تحديد كمية الماء الواجب إضافتها للتربة ("

الري تحتاج لتحديد **زمن الري اللازم لإطلاق تصريف معين من خلال المجرى المائي.**

من المعروف أن:

$$Q = \frac{v}{t}$$

حيث أن Q التصريف و v هي حجم الماء خلال t الزمن.

$$\Theta\ v = a \times d$$

حيث أن a المساحة المروية و d عمق الماء المضاف و الحجم عبارة عن حاصل ضرب (عمق × d هي المساحة مساحة).

$$\therefore Q = \frac{a \times d}{t}$$

$$Q \times t = a \times d$$

**التصريف × زمن الري = المساحة المروية × عمق الماء المضاف**

- تعد هذه المعادلة ذات قيمة كبيرة في احتساب زمن الري اللازم لإيصال رطوبة التربة إلى حدود معينة و لعمق معين و هذا يرتبط بقابلية التربة على مسك الماء.

مثال1: حقل زراعي مساحته (**2400 م$^2$**) يجهز من مصدر مائي بمعدل (تصريف) (**2 م$^3$/دقيقة**) و سعة مسك التربة للماء (**10 سم ماء / 1 م تربة**) و عمق تربة الحقل أو عمق المنطقة الجذرية فيه (**1 م**).

الفرضيات:

- زمن الري (**2 ساعة** = 120 دقيقة):

$$Q = 2 \times 2 \times 60 = 240 m^3$$

$$\therefore d = \frac{240}{2400} = 0.1m.$$

$$Or: d = 10cm.$$

نلاحظ أن عمق ماء الري المضاف خلال ساعتين = سعة مسك التربة للماء، و هذا يعني عدم وجود فقدان لماء الري ضمن حدود المنطقة الجذرية و بالتالي عملية الري تكون كفوءة.

- زمن الري (**3 ساعة** = 180 دقيقة):

$$Q = 3 \times 2 \times 60 = 360 m^3$$

$$\therefore d = \frac{360}{2400} = 0.15m.$$

$$Or: d = 15cm.$$

نلاحظ أن عمق ماء الري المضاف خلال ثلاث ساعات > من سعة مسك التربة للماء، و هذا يعني وجود فقدان لماء الري بمقدار 5 سم ضمن حدود المنطقة الجذرية و بالتالي عملية الري هنا تكون غير كفوءة مما يوجب تغيير في المعادلة لضمان تحقيق كفاءة أعلى.

مثال2: جد عمق ماء الري الواجب إضافته لتربة حقل زراعي لتصل إلى سعتها الحقلية علمًا أن الرطوبة المتيسرة للنبات هي (**5%**) من السعة الحقلية وعمق المنطقة الجذرية (**2 م**) والكثافة الظاهرية لتربة الحقل (**1.40 غم/سم$^3$**)؟

- عمق الماء في التربة قبل الري ($d_1$) = نسبة الرطوبة المتيسرة × عمق التربة:

$$d_1 = 5\% \times 2 = 0.1m.$$

- عمق ماء الري بعد الري ($d_2$):

$$d_2 = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b \times D = \frac{1}{1} \times 100\% \times 1.4 \times 2 = 2.8m.$$

- عمق ماء الري الواجب إضافته (**d**):

$$\therefore d = d_2 - d_1 = 2.8 - 0.1 = 2.7m.$$

مثال3: حقل زراعي مساحته (**4 دونم**) يجهز بماء الري من مصدر بمعدل (**0.05 م$^3$/ثا**) وعمق المنطقة الجذرية فيه (**1 م**) وكثافة **1.35** غم/سم$^3$). جد الزمن اللازم لإرواء الحقل للوصول إلى السعة الحقلية لتربة الحقل البالغة (**28%**) حيث كانت رطوبة تربة الحقل قبل الري (**20%**)؟ **الجواب: (6 ساعة)**.

$$1donum = 2500m^2$$

$$Q = \frac{a \times d}{t}$$

$$\therefore t = \frac{a \times d}{Q}$$

$$d = \frac{1}{\rho_w} \times P_w \times \rho_b \times D = 1 \times (28\% - 20\%) \times 1.35 \times 1 = 0.108m.$$

$$\therefore t = \frac{4 \times 2500 \times 0.108}{0.05m^3/sec} = 21600sec.$$

$$\therefore t = \frac{21600}{60 \times 60} = 6hrs.$$

س2/: حقل بطاطا مساحته (**5 دونم**) يجهز بماء الري من مصدر بمعدل (**0.01 م$^3$/ثا**)، جد المعدل اليومي لتجهيز الحقل (عدد ساعات التجهيز) إذا علمت أن عمق ماء الري المطلوب إضافته هو (**69 سم**) خلال موسم نمو المحصول البالغ (**120 يومًا**)؟

**الجواب:(2 ساعة يوميًا).**

$$1donum = 2500m^2$$

$$Q = \frac{a \times d}{t}$$

$$\therefore t = \frac{a \times d}{Q}$$

$$d = \frac{0.69}{120} = 0.00575m$$

$$\therefore t = \frac{5 \times 2500 \times 0.69}{0.01m^3/sec} = 862500sec$$

$$\therefore t = \frac{862500}{60 \times 60} = 240hr$$

$$\therefore t = \frac{240}{120} = 2hrs.$$

س3/: حقل زراعي مساحته (**5 دونم**) يجهز بماء الري من مصدر بمعدل (**25 م$^3$/ساعة**)، يراد سقي الحقل على فترة (**10 يوم**) بحيث يكون عمق ماء الري الواجب إضافته خلال تلك الفترة (**4.8 سم**).المطلوب كم ساعة باليوم يمكن سقي الحقل إذا كانت كفاءة تجهيز المصدر (**80%**)؟

**الجواب: (3 ساعة يوميًا).**

$$1donum = 2500m^2$$

$$Q = 80\% \times 25 = 20m^3/hr$$

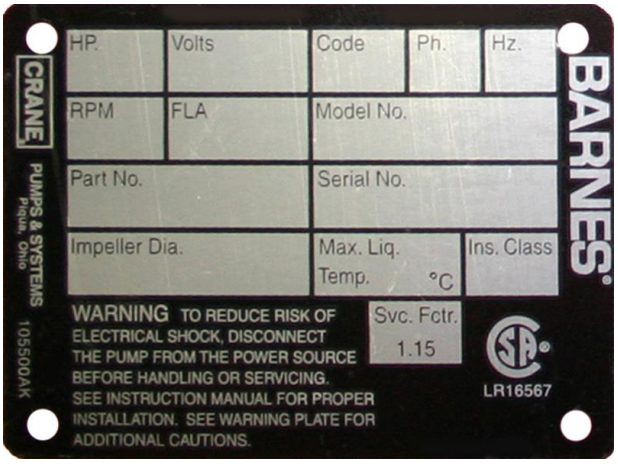
$$Q = \frac{a \times d}{t}$$

$$\therefore t = \frac{a \times d}{Q}$$

$$d = \frac{4.8/100}{10} = 0.0048m$$

$$\therefore t = \frac{5 \times 2500 \times 0.0048}{20m^3/hr} = 3hrs.$$

**المضخات**




المضخة: تعرف بأنها وحدة أو آلة ميكانيكية عملها ينحصر في نقل الطاقة الميكانيكية من مصدر خارجي إلى طاقة حركية للمائع (سحب الماء وضخه)، وتستمد قدرتها اللازمة من محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي.

ومبدأ عمل المضخة يعتمد على الضغط الجوي في رفع المياه، حيث أن مقدار الضغط الجوي يساوي (1 كغم/سم$^2$ أو 10 م من الماء/سم$^2$)، **لذا فأن عمود سحب الماء لا يمكن أن يزيد طوله عن 10 م نظرياً ولا والأنابيب. بسبب احتكاك الماء بجدران المضخة يزيد عن 7 م من الناحية العملية نتيجة لفقدان جزء من القدرة**

) و هي قطعة معدنية تثبت على بدن المضخة تدون فيها معلومات خاصة بالمضخة Name plate لكل مضخة هوية (

و الأمبيرية .... إلخ)..r.p.mكال (التصريف و القدرة الحصانية وعدد الدورات في الدقيقة

**)Name plateهوية المضخة (**

- القدرة الحصانية الفرملية (Brake Horse Power – BHP): القوة اللازمة لرفع كتلة معينة من الماء (75 كغم) لارتفاع (1 م) خلال (1 ثا) و يعادل هذا (746 واط بتعبير القدرة الكهربائية). و تعد القدرة الحصانية الفرملية **القدرة النظرية للمضخة و التي تثبت في هوية المضخة و التي بموجبها تدور المضخة.**

- القدرة الحصانية المائية (Water Horse Power – WHP): هي **القدرة الحقيقية للمضخة و يمكن استنتاجها من العلاقة الآتية:**

$$WHP = \frac{Q \times h}{75}$$

حيث أن: Q هي التصريف (لتر/ثا) و h.(م) هو ارتفاع الماء الذي تدفعه المضخة من الماء

- كفاءة المضخة ( $\xi$ ,E – Efficiency): هي النسبة بين القدرة الحقيقية و القدرة النظرية للمضخة و يمكن استنتاجها من العلاقة الآتية:

$$E, \xi = \frac{Output}{Input} = \frac{WHP}{BHP}$$

مثال: مضخة قدرتها الحصانية (10 حصان) و ذات كفاءة (80%). جد الارتفاع الذي تدفعه أو تضخه المضخة من الماء إذا علمت أنها تعطي تصريفًا من المياه قدره (0.060 م$^3$/ثا)؟

الحل:

$$\Theta\ E, \xi = \frac{WHP}{BHP}$$

$$\therefore 80\% = \frac{WHP}{10}$$

$$\therefore WHP = 0.8 \times 10 = 8H$$

$$Q = 0.06m^3/\sec = 0.06000000 \times 1000 = 60L/\sec$$

$$\Theta\ WHP = \frac{Q \times h}{75}$$

$$\therefore h = \frac{WHP \times 75}{Q} = \frac{8 \times 75}{0.06 \times 1000} = 10m.$$

سؤال: يراد اختيار مضخة واحدة من مضختين ذات قدرة حصانية (60 حصان) لسحب ماء الري من مصدر مائي إلى حقل زراعي لارتفاع (10 م)، فكانت الأولى بكفاءة (80%) و تعطي تصريفًا مقداره (300 لتر/ثا) و الثانية بكفاءة (85%) و تعطي تصريفًا مقداره (400 لتر/ثا)؟ **الجواب: (الأولى)**

$$\Theta\ E,\xi = \frac{WHP}{BHP}$$

$$pump1:$$

$$\therefore 80\% = \frac{WHP}{60}$$

$$\therefore WHP = 0.8 \times 60 = 48H$$

$$\Theta\ WHP = \frac{Q \times h}{75}$$

$$\therefore h = \frac{WHP \times 75}{Q} = \frac{48 \times 75}{300} = 12m.$$

$$pump2:$$

$$\therefore 85\% = \frac{WHP}{60}$$

$$\therefore WHP = 0.85 \times 60 = 51H$$

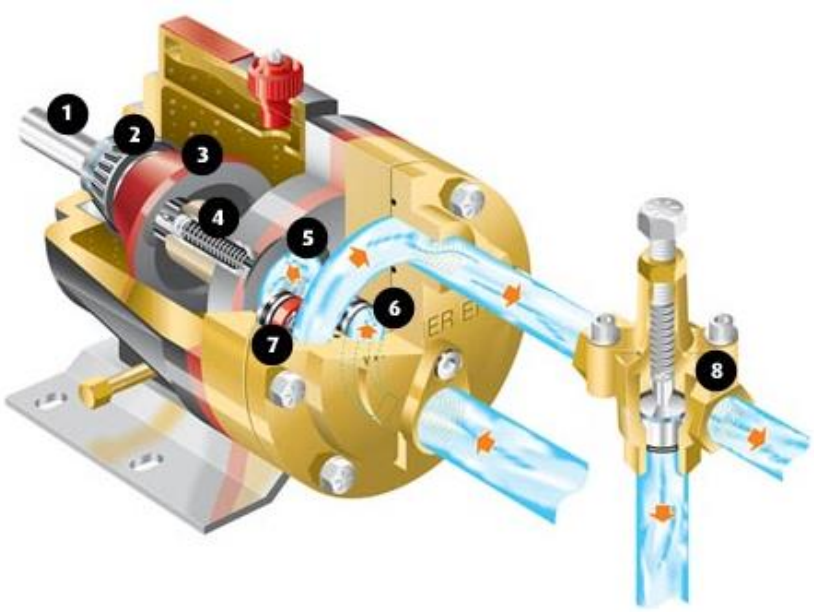
$$\Theta\ WHP = \frac{Q \times h}{75}$$

$$\therefore h = \frac{WHP \times 75}{Q} = \frac{51 \times 75}{400} = 9.56m.$$

**المضخة الطاردة المركزية[6]:**

[6] قوة الطرد المركزي: هي قوة فيزيائية تظهر خلال حركة الأجسام بشكل دائري أو منحني بسبب ميلان الأجسام للبقاء في حالة اتزان. وقد تكون من أهم القوى الكونية وذلك لتدخلها في أغلب المكونات المادية له, فتظهر هذه القوة جلية في الذرات من خلال حفاظها على الالكترونات في مداراتها حول النواة, كما تحافظ على القمر في مداره حول الأرض وتحول دون سقوطه فيها بسبب الجاذبية, كما أنها تساعد في الحفاظ على مكونات المجرة من نجوم ومنظومات منتشرة بشكل ثابت دون أن تتجمع في قلبها, والكثير الكثير من الظواهر الفيزيائية التي تلعب فيها دورا أساسيا. وكلنا نتعرض لتأثيرات قوة الطرد المركزية، فنواجهه على سبيل المثال عند ركوب السيارة وأخذ انحناء فإننا نشعر بالقوة التي تدفعنا إلى خارج المنحنى.

يكثر استعمال هذا النوع من المضخات في أعمال الري، حيث تتميز هذه المضخات ببساطة التصميم والكفاءة العالية و التصريف العالي فضلاً عن سهولة التركيب وقلة التكلفة. ويمكن فحصها وصيانتها بسهولة، و تلائم سرعات المحركات المختلفة، ويعيبها أن مقدار رفعها للمياه محدود نسبياً.




و من الشكل في أعلاه، يمكن تأشير أجزاء المضخة الطاردة المركزية كالآتي:

❶ محور الدوران (Drive shaft) و الذي يرتبط بالمحرك الكهربائي و حزام نقل الحركة (قايش) و البكرة (Pulley).

❷ بكرة تحميل (بولبرين) بمساند صلبة و تغمر أو يغمر بالممر المائي.

❸ حدبة أو كامة (cam) بزاوية ثابتة تقوم بتحويل حركة القلب الدوار (rotary) إلى حركة خطية داخل الحجيرات أو التجاويف الهيدروليكية.

❹ الحجيرات أو التجاويف الهيدروليكية و التي تعمل كحجاب حاجز بوساطة الماء المضغوط.

❺ الحجاب الحاجز و المتوازن هيدروليكيًا والذي يعمل على عدم حدوث إجهاد على المضخة.

❻ صمام التحكم الداخلي ذو تصميم بسيط يسمح بدخول الماء إلى تجويف المضخة.

❼ صمام التحكم الخارجي الذي يسمح بجريان الماء في مجرى التصريف.

❽ صمام تنظيم الضغط يقوم بالسيطرة على الضغط الخارج من المضخة بحيث يمنع حدوث حمل زائد على المضخة.

**و يستفاد من هذا النوع من المضخات في ضخ المخلفات المائية والمياه المحملة بالمواد الصلبة، فضلاً عن أنها تستعمل بنفس القدر في ضخ المياه النقية.** وتستعمل المضخات الطاردة

المركزية فقط لضـــخ الماء من الخزانات والبحيرات والجداول والآبار الضـــحلة التي لا يزيد فيها ضـــاغط السحب عن ستة أمتار.

ويتناســـب تصـــرف هذا النوع من المضـــخات طردياً مع كل من عدد ريش المروحة، ومربع قطر المروحة، ومربع سرعة الدوران ومربع عدد المراحل. وتعمل المضخات الطاردة المركزية عادة تعمل بكفاءة تشغيل عالية ضمن مدى ظروف تشغيلية متنوعة، خاصة عندما يكون الضاغط الهيدروليكي الكلي يزيد عن الأربعة أمتار تقريباً، فهي ترفع الماء من مصـــدره وتضـــخه إلى الخارج، وعليه فإن هذا النوع من المضخات محدد بظروف معينة يحدده عمق منسوب الماء، أي أن موقع المضخة يجب أن يكون ضمن حدود السحب أو بالقرب من سطح الماء في البئر أو الحوض.

**أنواع المضخات الطاردة المركزية:**

تُصَّـنع المضـخات الطاردة المركزية بنوعين، أما أن تكون أفقية أو رأسـية. فالمضـخات الأفقية تكون المروحة فيها رأســية ومتصــلة بعمود دوران أفقي، أما المضـــخة الطاردة المركزية الرأســية تكون المروحة فيها أفقية ومتصلة بعمود دوران رأسي. وفي كلا النوعين تسحب المضخة الماء إلى مروحتها، وعليه يجب أن توضع المضخة أعلى من سطح الماء بعدة أمتار.

وتمتاز المضخة الرأسية عن الأفقية بإمكانية إنزالها إلى العمق المناسب، وذلك من خلال إمكانية تمديد أو تطويل عمود الدوران بما يتناســب مع موقع مصـــدر الطاقة. وتمتاز المضـــخات الأفقية بأنها أرخص ثمناً، وتستعمل ضمن مدى واسع من ظروف الضخ المختلفة، بينما الرأسية يفضل استعمالها في ضخ الكميات الكبيرة من المياه ومن أعماق بسيطة.

والمضـخات الطاردة المركزية الرأسـية إما أن تكون غاطسـة في الماء أو مكشـوفة، وعادة توضـع المضـخة المكشـوفة في حوض أو حفرة بعمق يتلاءم مع عمود السـحب، بينما المضـخة الغاطسـة تثبت بحيث تكون المروحة ومدخل أنبوب الســحب تحت منســوب ســطح الماء في جميع الأوقات، وفي هذه الحالة لا تحتاج المضخة إلى تهيئة قبل التشغيل، ولكن تكاليف صيانتها تكون باهظة في الغالب.

أما بالنسبة للمضـخة الطاردة المركزية من النوع الأفقي فيمكن وضـعها في حفرة وذلك للحفاظ على ضاغط سحب معين ضمن حد التشغيل اللازم، وعادة تكون هذه الحفرة محددة بعمق لا يزيد عن 3 – 5 متر. وبشكل عام يمكن وضـع المضـخات التي تعمل بالطاقة الكهربائية في حفرة، لأنها تسـتغل أقل قدر ممكن من المساحة. وتعد عملية التهيئة أحد أهم عيوب المضخات الطاردة المركزية الأفقية.

**التشغيل:**

تعمل المضخات الطاردة المركزية على مبدأ فعل الطرد المركزي، حيث يقوم المحرك بتدوير المروحة المغمورة بالماء داخل حجرة المضخة، فيدخل الماء من فتحة أنبوب السحب ويصل مركز حجرة المضخة، ثم يرتطم بالمروحة التي تدور بسرعة، وهذا الدوران يسبب طرد الماء من مركز المروحة إلى أطرافها، وبالتالي يطرد الماء إلى خارج حجرة المضخة، ومن ثم ينتقل إلى الخارج من فتحة أنبوب الطرد. هذه المضخات لا يمكن أن تعمل إلا إذا كانت حجرة المضخة مليئة بالماء أو تم تهيئتها قبل التشغيل.

**خواص المضخات الطاردة المركزية**

يمكن تلخيص أهم خواص هذا النوع من المضخات بالنقاط التالية:

1- سهلة التشغيل، ولا يشكل الماء عبئاً على كل من المضخة والمحرك والأنابيب والأساسات المثبتة عليها المضخة.
2- هذه المضخات ملاءمة لمدى واسع من سرعات التشغيل.
3- يعتمد مقدار كل من التصريف والضاغط على سرعة دوران المروحة وقطرها وعرضها، فزيادة مقدار الضاغط يقلل من التصريف والعكس بالعكس.
4- تعتمد القدرة الحصانية لتشغيلها على كل من التصريف والضاغط وكفاءة المضخة.
5- يزداد الضاغط الهيدروليكي الكلي وتقل القدرة الحصانية كلما قل التصريف وذلك في حالة ثبوت السرعة والعكس صحيح، أي أنه عندما يقل الضاغط يزداد كل من التصريف والقدرة الحصانية.
6- يمكن أن يتأثر أداء المضخات بتغير المروحة أو المحرك أو كليهما معاً.

**منحنيات أداء المضخات:**

عادة العوامل التي تحدد طبيعة ونوع المضخات اللازمة لكل حالة ولكل حقل هي ظروف الضخ، فإذا ما أريد أن تستعمل المضخات بكفاءة عالية يجب أن يتم اختيارها بما يتناسب مع طبيعة مصدر الماء المجهز للحقل والغرض منها، وعليه يجب أن يتم الاختيار بشكل مناسب ودقيق لتحقيق النتائج المرجوة من هذه المضخات بأقل تكلفة تشغيل ممكنة.

إن الاختيار المناسب لمضخة ما للقيام بعمل معين تحت ظروف تشغيل محددة يعد أمراً مهماً للحصول على كفاءة عالية، بشكل عام تم تصنيع المضخات بحيث تعمل بأقصى كفاءة عند تصرف وضغط معينين فقط، ومن المستحيل تصنيع مضخة تلبي جميع ظروف التشغيل، وعليه تم تصنيع سلسلة من المضخات توافق متطلبات مختلفة كي يمكن اختيار الأفضل منها لتقوم بعمل محدد.

ففي حالة توفر معلومات كافية عن خواص المضخة يمكن اختيار المضخة التي تلائم ظروف التشغيل المعينة والحصول على كفاءة عالية بتكاليف تشغيل منخفضة، ولتحقيق هذه الغاية يمكن الاستعانة بالعلاقات المتبادلة بين السرعة والضاغط والتصريف والقوة الحصانية للمضخة المرسومة على هيئة منحنيات تعرف بمنحنيات الخصائص المميزة للمضخة أو منحنيات الأداء (شكل رقم 4)، وبمعرفة خصائص المضخة يمكن اختيار المضخة المناسبة لظروف تشغيل معينة بكفاءة عالية نسبياً وبتكاليف

تشغيل منخفضة، ومن هذه المنحنيات ومن البيانات المتوفرة عن البئر والتصريف يمكن الحصول أيضاً على ما يلي:

- تقدير كمية المياه التي يمكن أن تضخها المضخة عند تغير الضاغط الديناميكي الكلي من مقدار معين إلى مقدار آخر وذلك باستعمال منحني الضاغط–التصريف في حالة ثبوت سرعة المضخة.
- تقدير القدرة اللازمة لتشغيل المضخة وذلك من منحني القدرة الحصانية
- تقدير مقدار الشغل الذي يتم إنجازه من قبل المضخة كنسبة مئوية من القدرة المزودة إلى محور المضخة وذلك من منحني الكفاءة.
- تقدير كفاءة المضخة عند أي ضاغط أو سرعة أو تصرف وذلك من واقع منحنيات الأداء.

إن اختيار المضخة يجب أن لا يكون فقط على أساس التصريف والقدرة والرفع وقطر الأنابيب وقطر المروحة بل يجب أن يكون على أساس الكفاءة التي يجب أن تكون ضمن حدود أعلى كفاءة ممكنة، وبشكل عام يجب أن لا تقل عن 70%، ويمكن اختيار الكفاءة لأي مضخة من منحني أداء المضخة، بشكل عام يمكن ملاحظة العلاقات التالية من منحنيات الخصائص المميزة للمضخة (منحنيات الأداء):

- يقل التصريف كلما زاد مقدار الضاغط الديناميكي الكلي حتى يصل عمود الرفع إلى مقدار مساوي لعمود السحب، فيصبح بذلك التصريف يساوي صفر.
- تقل القدرة كلما قل التصريف، فتصبح القدرة أقل ما يمكن عندما يصبح التصريف يساوي صفر.
- تزداد الكفاءة تدريجياً مع زيادة الرفع حتى تصل إلى أقصاها، ثم تبدأ في النقصان إذا نقص عمود الرفع عن حد معين، وتصل الكفاءة إلى الصفر عندما يصبح مقدار الرفع صفراً، لأن المضخة في مثل هذه الحالة لا تؤدي عملاً.

لذا يجب عند اختيار المضخة الطاردة المركزية أن يحدد أولاً التصريف والضاغط الديناميكي الكلي (H)، فإذا وقع مكانهما في حدود الكفاءة المناسبة تكون هي المضخة المطلوبة.

**<u>البيانات اللازم توفرها لاختيار المضخة</u>:**

يفضل أن تتوفر البيانات التالية لغرض تجهيز المضخة المناسبة من حيث الحجم والنوع للقيام بعمل معين:

1- معلومات عن مصدر الماء.
2- ارتفاع عمود السحب.
3- طول أنبوب السحب.
4- مقدار عمود السحب الاستاتيكي.
5- مقدار عمود الطرد الاستاتيكي.
6- عدد الانحناءات في خط السحب.

7- نوع الشفاط والمصفاة.

8- تصريف المضخة.

9- موقع المضخة (متنقلة، ثابتة).

10- نوع المحرك، كهربائي، كم هي الفولتية؟ وأي معلومات أخرى.

11- وحدة القدرة، هل هي منفصلة عن المضخة أو ملتصقة معها؟

فضلاً عن ضرورة الأخذ بالاعتبار جميع العناصر التالية أثناء اختيار نوع المضخة لأداء عمل معين:

1- سعة المضخة وكمية المياه المراد ضخها.
2- أهمية مشروع تجهيز المياه.
3- التكلفة الأولية لإعداد محطة الضخ.
4- تكلفة الصيانة الدورية.
5- الحيز المتوفر لتركيب المضخة.
6- عدد وحدات الضخ اللازمة.
7- ارتفاع عمود رفع المياه.

**تثبيت المضخة والتهيئة لتشغيلها**

ينبغي تثبيت المضخة الطاردة المركزية بصورة سليمة إذا ما أُريدَ لها العمل بكامل طاقتها وكفاءتها المقررتين لها، وكذلك لديمومة عملها لفترة أطول، لذا يجب مراعاة الأمور التالية عند تثبيتها:

1- يجب أن يكون الموقع ملائماً للفحص الدوري والصيانة
2- ينبغي أن يكون موقعها قريب من مصدر الماء للحفاظ على مدى السحب المناسب بقدر الإمكان.
3- يجب أن تثبت على قاعدة خرسانية متينة بواسطة مسامير
4- تغطية المضخة للحفاظ عليها من المواد الغريبة كالغبار، لذا يمكن تهيئة مبنى أو مضلة للمضخة خاصة في حالة المواقع الدائمة مع إمكانية إجراء أعمال الصيانة لها في الموقع.
5- أخذ الاحتياطات اللازمة للحفاظ عليها من احتمالية تعرضها للفيضانات.
6- يجب مراعاة ضبط الاتجاه عند ربط المحرك مع المضخة
7- يفضل تغطية محور الدوران وأجزاءه المتحركة من أجل السلامة وتفادي المخاطر التي يمكن أن تنجم من جراء حركته
8- يجب أن تكون قاعدتها أفقية دائماً وذلك من أجل تشغيلها بصورة جيدة
9- يجب التحقق من أن حركة دوران المحرك في الاتجاه الصحيح بحيث تكون حركة الدوران مطابقة لاتجاه الإشارة المبينة على الغلاف
10- ينبغي عدم توصيل وربط الأنابيب قسراً، لأن مثل هذا العمل قد يساعد على تغير اتجاه المضخة
11- يجب أن لا ترتكز أنابيب السحب والطرد على المضخة لكي لا تضيف أي جهد إضافي عليها.

وقبل البدء بتشغيل المضخة يلزم التحقق من الأمور التالية:

1- التأكد من أن جميع الوصلات في أنابيب السحب مانعة لتسرب الهواء تماماً.
2- التأكد من أن جميع الأجزاء المتحركة للمضخة ووحدة الطاقة قد تم تشحيمها طبقاً لتوصيات المنتج.
3- التحقق من أن جميع أجهزة الآمان في الآلة ومحور الحركة في أماكنها.

4- التأكد من توفير قدر كافي من الوقود لتشغيل آلة الاحتراق الداخلي.

5- إتباع الخطوات التي أعدها المنتج لبدء تشغيل وحدة القدرة.

6- في حالة المضخات المتنقلة والمثبتة على جرارات.يجب التأكد من أنها مضبوطة الوضع والاتجاه.

أما في حالة المضخات المتنقلة المستخدمة مع نظم الري بالرش النقالة في مواقع متفرقة من الحقل تثبت المضخة فوق عربة ذات عجلات متصلة بجرار، ويتم تشغيلها إما بربطها مباشرة إلى آلة احتراق داخلي أو بواسطة مصدر الطاقة من الجرار، كما يجب أن تكون المضخة المثبتة على العجلات مستقرة فوق أرض صلبة ومستوية أثناء التشغيل، ومثبتة جيداً في مكانها.

يجب إعطاء عناية خاصة عند تركيب أنبوب السحب، ولتجنب دخول الهواء وتجمعه في الأنبوب ينبغي أن يكون اتجاه الأنبوب إلى الأعلى رأسياً من مصدر الماء إلى المضخة، وأن لا يكون فيه تعرجات ذات انحدارات شديدة ولا تقلصات متفاوتة، وينبغي أن يصل الماء إلى المصفى الموجودة في بداية أنبوب السحب من جميع الجهات، ويجب أن لا ترتكز المصفى على أرضية البئر، بل تكون على ارتفاع يتراوح ما بين 20 و 30 سم.

**تهيئة المضخة (تفريغها من الهواء)**

لكي تقوم المضخة الطاردة المركزية بسحب المياه لا بد من ملئ غلاف المضخة وأنبوب السحب بالماء لطرد جميع الهواء بداخلها، وهذه العملية تدعى بتهيئة المضخة، وهناك عدة طرق تستعمل لهذا الغرض، فإما أن تضاف المياه إلى المضخة يدوياً أو بواسطة إحدى الطرق المختلفة، كاستعمال مضخة التهيئة، ولكن معظم المضخات من النوع الحديث تكون عادة ذاتية التهيئة.

**ربط المضخات على التوالي والتوازي**

عادة تكون احتياجات الضخ ومقدار الضاغط معرضة للتذبذب مع الزمن في محطات الضخ، لذا فإنه من الضروري السيطرة على هذا التذبذب وذلك بنصب أكثر من مضخة في محطة الضخ وربطها سوية إما على التوازي أو على التوالي (الشكل رقم 5):

أ- عند الربط على التوالي لمضختين من نفس الحجم والتصريف، يكون الناتج هو مضاعفة الضغط ويبقى التصريف ثابت، أي أنه لا يطرأ أي تغير على التصريف (شكل 5أ).

ب- عند الربط على التوازي (شكل رقم 5ب) يتضاعف مقدار التصريف دون أن يتأثر الضغط الخارج (أي أن مقدار الضغط الناتج يساوي ضغط مضخة واحدة).

هذا ينطبق في حالة كون المضخات تصب في المحيط الجوي الخارجي، ولكنها إذا كانت تضخ في أنابيب مغلقة، فهذه الأنابيب تقاوم التدفق بسبب الاحتكاك، مما لا يجعل ناتج الربط على التوالي أو التوازي ينطبق في مثل هذه الحالة.

عند استعمال عدة مضخات في مشروع معين يفضل أن تكون المضخات من نوع واحد متشابهة وبنفس الحجم، فهذا أفضل من الناحية الهيدروليكية، بالإضافة لتوفر الأدوات الاحتياطية بسهولة.، كما

أنه من الواجب توفير مضـــخة أخرى احتياطية في المشـــاريع الأروائية الكبيرة للتقليل من وقت التصـــليح والصيانة، وأن تكون جاهزة دائماً للعمل عند الضرورة.

**المضخات التوربينية للآبار العميقة:**

تســـتعمل هذه المضـــخات لرفع المياه الجوفية من الأعماق البعيدة، وهي عبارة عن مجموعة من المضـخات الطاردة المركزية (مراحل أو مراوح المضـخة) متصـلة الواحدة بالأخرى بنظام يجعل كل منها تسحب المياه من المضخة التي قبلها وتضخه للمضخة التي تليها، ونتيجة لذلك يكون الماء مدفوعاً من مرحلة إلى مرحلة أخرى، وبالتالي يتدفق الماء إلى خارج المضخة بقوة دفع عالية.

وقد يصـل عمق السـحب في هذا النوع من المضـخات عدة مئات من الأمتار، وقد يكون مجموع المراحل (المراوح) فيها سبعة أو أكثر وذلك حسب مقدار الضاغط الديناميكي الكلي.

تدار المضـخة التوربينية بواسـطة محرك كهربائي أو أي مصـدر آخر للطاقة مثبت فوق سـطح الأرض من خلال محور قد يصـل طوله إلى 30 متر، وتكون المضـخة عند مسـتوى منسـوب الماء في البئر، ولهذا السـبب يواجه هذا النوع من المضـخات مشـاكل عند زيادة عمق الضـخ نظراً لصـعوبة نقل حركة المحرك إلى المضخة.

تتميز هذه المضـــخات بالتصـــريف العالي، وقدرتها على ضـــخ المياه من الأعماق البعيدة، وعدم حاجتها للتفريغ من الهواء عند بدء التشـغيل، لأنها تكون عادة مغمورة، فضـلاً عن ملاءمتها للاسـتعمال عند وجود تذبذب كبير في مستوى سطح الماء.

أما عيوبها فهي غالية الثمن، صـــعبة التركيب، وتعذر الوصـــول إلى بعض أجزاءها، وصـــعوبة فحصها ومعاينتها أو إصلاحها، وصيانتها مكلفة بشكل عام.

**المضخات التوربينية الغاطسة:**

أما النوع الآخر من المضـخات التوربينية فهي المضـخات الغاطسـة، في هذا النوع يشـكل المحرك والمضـــخة كتلة واحدة مغلقة تغطس في الماء في حين يبقى أنبوب التفريغ والســـلك الكهربائي خارج المضخة.

تتشابه خصائص هذه المضخة مع خصائص مضخة الأعماق الغاطسة التقليدية، وتزداد كفاءة هذا النوع بسبب ارتباطه المباشر وتبريده الفعال الناتج عن الغمر الكامل. وقد استعملت المضـخات الغاطسـة في الآبار العميقة مع محركات قد تصل قدرتها إلى 250 حصاناً.

الميزة الرئيسية لهذا النوع من المضـخات هي إمكانية استعمالها في الآبار العميقة جداً عندما تكون أعمدة الإدارة طويلة وغير عملية، وإمكانية اسـتعمالها بشـكل مناسـب في الآبار المائلة عند احتمالية عدم

توفر الظروف الملائمة لتشـــغيل النوع العادي من المضـــخات، فهي ملائمة في حالة احتمالية غمر التجهيزات أو صعوبة إنشاء غرفة خاصة بالمضخة فوق سطح الأرض.

**المضخات المروحية ومضخات التدفق المختلط:**

تستعمل المضخات المروحية ومضخات التدفق المختلط في ضخ التصريفات الكبيرة بضاغط منخفض، ومن ميزاتها بأنه يمكن تغير زاوية ميل ريش المروحة ودرجة انحنائها للتوصل إلى مدى واسع يفي باحتياجات التصريف والضاغط دون تغيير قطر المروحة، كما يمكن استعمال مراحل متعددة للحصول على ضاغط أعلى.

وحدة المضخة يجب أن تكون مغمورة بقدر كافٍ للإقلال من احتمالية حدوث تكهف، كما يجب أن تكون على عمق كافٍ تحت سطح الماء للإقلال من تكون البخار على الريش عند نقطة أقصى سرعة، حيث ينشأ عن ظاهرة تكون فقاعات البخار وانهيارها السريع عدة مرات في الثانية تذبذب في الضاغط المحلي، ينتج عنه حدوث إجهاد للمعدن وتنقر شديد على سطح الريش، وبالتالي انخفاض في الكفاءة. لذا يجب اتباع توصيات المنتج الخاصة بأعماق الغمر ومسافات التباعد بين الوحدات المتجاورة.

تعد تكاليف هذا النوع من المضـــخات منخفضـــة، وتحدد كل مرحلة للرفع بأقل من 3 أمتار، ولكنه يمكن إضـافة مراحل إضـافية أخرى لزيادة الضـاغط إلى 10 متر أو أكثر، أما بالنسـبة للضـواغط الأعلى فتســـتعمل مضـــخات التدفق المختلط، حيث أنه يمكن بالمرحلة المفردة الرفع لغاية 8 متر على نحو اقتصادي، ويمكن استعمال المراحل المتعددة لرفع المياه لغاية 40 متر.

**العناية والصيانة:**

الصيانة المنتظمة ضرورية للمضخة لكي تؤدي مهمتها بصورة سليمة وبكفاءة عالية، والصيانة تشمل الأعمال الدورية و اليومية مثل التشحيم و التزييت و استبدال الأجزاء المستهلكة في الأوقات المقررة و اتباع إرشادات و تعليمات المنتج لتحقيق هذه الأهداف.

**المشاكل المتوقع حدوثها في المضخات:**

عند تعذر تشغيل المضـخة أو عند تناقص قدرة المضـخة أو التصـريف أثناء التشـغيل يجب الشـروع فوراً في التقصـي عن السـبب الذي أدى إلى ذلك، والبدء بأخذ الخطوات الكفيلة بالتخلص من هذه المشـكلة، ولقد أشـارت معظم الدراسـات إلى أن أغلب المشـاكل في المضـخات الطاردة المركزية – ما عدا الفشـل الميكانيكي– ينتج عن دخول الهواء في أنابيب الســـحب من خلال الوصـــلات والأكواع والصـــمامات والملحقات الأخرى، و للحصول على أقصى سحب عند تركيب المضخة في موقع معين يجب منع دخول الهواء إلى داخل أنبوب السـحب، والقائمة المدرجة أدناه تسـاعد في تحديد أسـباب العطل في المضـخات بصورة عامة:

1- تعذر تهيئة المضـخة: يتعذر أحياناً تهيئة المضـخة على الرغم من اتباع الخطوات اللازمة، ويعود السبب في ذلك إلى عدة احتمالات، منها ما يلي:

تسرب الهواء إلى أنبوب السحب أو إلى المضخة، وهذا يرجع إلى:

- تسـرب من وصـلات أنبوب السـحب: ولتجنب هذه الحالة يجب وضـع مادة إسـمنتية لاصـقة في أماكن الوصلات، مع ربط الأنابيب معاً بشدة.

- وجود بقايا أخشاب داخل صمام الصرف مما يعيق عمل الصمام ويساعد على دخول الهواء في الأنابيب.
- تقلص وتمدد الفواصل أو العوازل يسمح بدخول الهواء في أنبوب السحب، ولحل هذه المشكلة يتم إحكام ربط الفواصل بشدة.
- تسرب الهواء داخل المضخة من خلال عوازل محور الدواران، وهذا يحدث عادة عند تشحيمه بصورة غير سليمة أو عند تآكله، وللتغلب على هذه المشكلة يجب ملء العازل بالشحم، ولكن إذا كانت الأجزاء تالفة فيجب عندئذ القيام بأعمال الإصلاح لهذه الأجزاء.

2- وجود خلل في نظام التهيئة نفسه، لذا لا بد أن يكون نظام التهيئة متصل بالمضخة بشكل محكم بحيث يمنع دخول الهواء إلى المضخة.

3- صمام الصرف غير محكم، في هذه الحالة يجب ربط جميع السدادات الملحقة بغلاف المضخة (جسم المضخة) والخاصة بالملء والصرف.

4- احتمال انسداد مدخل أنبوب السحب بالشوائب أو تلف خرطوم السحب، وهذه المشكلة تعد من المشاكل المتكررة التي تعيق عملية التهيئة.

ب- المضخة لا تحقق الضغط والتصريف اللازمين:

1- احتمالية تسرب الهواء داخل أنبوب السحب أو المضخة
2- احتمالية حدوث انسداد جزئي لمدخل أنبوب السحب بالشوائب
3- قد يكون عمود السحب أكبر مما ينبغي
4- ربما تكون سرعة المضخة اقل مما يجب
5- تآكل كرسي المضخة الذي يسبب تسرب المياه عكسياً إلى أنبوب السحب
6- انسداد الأنابيب أو المرشحات المحيطة بها

ج- المضخة تحتاج إلى قدرة أكبر مما يجب

1- زيادة سرعة دوران المضخة عما ينبغ

2- قد يكون الضاغط أقل من الحد المقرر بالنسبة للمضخة، لذا يحصل ضخ كميات كبيرة من الماء، وهذا يستهلك قدرة كبيرة

3- وجود خلل ميكانيكي في المضخة أو المحرك

4-احتمالية تسرب الماء من الخط الرئيسي مما يؤدي إلى انخفاض الضغط وزيادة التصريف

د- حدوث ضجيج في المضخة

1 - قد يكون هناك ضجيج هيدروليكي عالي بسبب وجود تجويف هوائي في عمود السحب، يمكن التأكد من ذلك بواسطة جهاز خاص لقياس الضجيج.

2- التأكد من احتمالية الأعطال الميكانيكية، مثل انحناء عمود الدوران أو ارتخاء في بعض الأجزاء الدوارة أو تلف أو انكسار في كراسي المحور أو عدم انتظام اتجاه المضخة مع اتجاه المحرك.

**القطر الاقتصادي لأنابيب المضخات**

يجب عمل موازنة ومفاضلة دقيقة عند اختيار القطر الاقتصادي لأنابيب المضخات قبل الشروع بتنفيذ المشروع، وهذا يتم بعد إجراء مفاضلة لاختيار القطر المناسب الذي يحقق أقل تكلفة سنوية مع مراعاة ما يلي:

1- إذا تم اختيار قطر أنبوب أقل من القطر الاقتصادي، ففي هذه الحالة تكون تكلفة الأنابيب قليلة، ولكن تكلفة الضخ تكون أكبر بكثير من التوفير في تكلفة الأنابيب، وذلك بسبب زيادة فاقد الاحتكاك في الأنبوب نتيجة لزيادة سرعة تدفق الماء بداخله، وهذا يتطلب زيادة القدرة الحصانية للمضخة مما يؤدي إلى زيادة تكلفة الضخ.

2- إذا تم اختيار قطر أكبر من القطر الاقتصادي ففي هذه الحالة تكون تكلفة الضخ أقل، ولكن تكلفة الأنابيب تكون أكبر بكثير من التوفير الذي قد نحصل عليه من عملية الضخ.

وبشكل عام توجد هناك علاقة تجريبية تقريبية تستعمل من الناحية التطبيقية لاختيار القطر الاقتصادي، وهذه العلاقة تحسب القطر الذي يساعد على تدفق الماء فيه بسرعة مثلى تتراوح ما بين 1.35 و 0.8م/ثا، وهي تجمع ما بين القطر (D متر) والتصريف (Q م$^3$/ثا)، كما يلي:

$$\mathbf{D = 0.97 \ to \ 1.22\sqrt{Q}}$$

وأيضاً يتم توصيف حجم المضخة غالباً بدلالة قطر وصلة أنبوب الطرد، وعليه يمكن الاسترشاد بالجدول التالي في اختيار حجم المضخة المناسب لضخ تصرف معين، وهذا الجدول تقريبي ولا يمكن الاعتماد عليه كلياً في تصميم محطات الضخ.

**-Infiltrationالغيض (الإرتشاح) -**

قال تعالى في سورة هود / الآية 44:

و قيل ي أرض ابلعي ماءك و يا سماء أقلعي و **غيض** الماء و قضي الأمر و استوت على الجودي و قيل بعدًا ﴿بسم الله الرحمن الرحيم: للقوم الظالمين﴾.

يعرّف الغيض (الإرتشاح) بأنه **دخول الماء في التربة من خلال سطحها و يكون بالاتجاهات كافة، إلا أن الغيض العمودي نحو الأسفل هو الأكثر شيوعًا.**

و يمكن تعريفه أيضًا بأنه **حركة أو مرور الماء من سطح التربة رأسيًا نحو الأسفل وخلال مسامات التربة، و يعبر عن معدل الغيض (الإرتشاح) من المياه المعطاة للأرض بوحدات عمق مكافئ من المياه المترشحة خلال زمن معين (وحدات سرعة ملم/دقيقة في الغالب).**

إن القوى المؤثرة في الغيض (الإرتشاح) و المسببة له هي **قوى الشد الشعري المتأتية من قوى التلاصق بين جزيئات الماء و حبيبات التربة (قوة الشد السطحي) و قوة الجذب الأرضي نحو الأسفل.**

- عند دراسة الغيض (الإرتشاح) لابد من التعرف على بعض المصطلحات الأخرى و القريبة من الغيض (الإرتشاح) و أوجه الإختلاف بينها و بين الغيض (الإرتشاح):

- **النفاذية** (Permeability): و تعني قابلية التربة المشبعة على انتقال أو حركة الماء بداخلها، و **تعد النفاذية صفة ثابتة من صفات التربة في حين أن الغيض (الإرتشاح) ليس صفة ثابتة للتربة و إنما يتأثر بكثير من العوامل** كما سيرد ذكره لاحقًا.

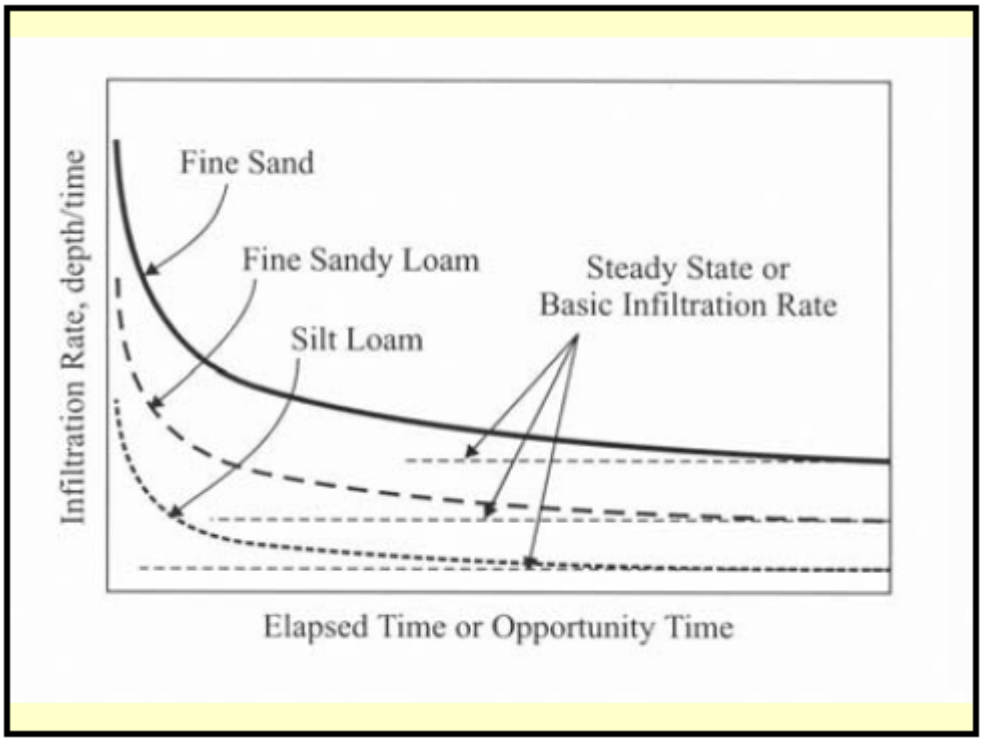
- **النزيز** (Sepage): ظاهرة حركة الماء داخل التربة أو خلالها و تكون التربة عادة مشبعة بالماء، مثل حالة النزيز من القنوات الإروائية أو النزيز خلال سد ترابي.
- **التخلل** (Percolation): حركة الماء في التربة و تكون عادة نحو الأسفل و ليس بالضرورة أن تكون التربة مشبعة، مثل تخلل ماء الري الزائد خلال المنطقة الجذرية نحو الأسفل.
- **التسرب** (Leakage): ظاهرة دخول الماء للتربة من خلال سطحها (و شكل هذا السطح غير بسيط كما هو الحال في المقطع العرضي للمروز)، إذ أن دخول الماء و حركته في التربة يكون باتجاهين أو أكثر **و ليس كما هو الحال في الغيض (الإرتشاح) حيث دخول الماء و حركته يكون باتجاه واحد نحو الأسفل عادة.**

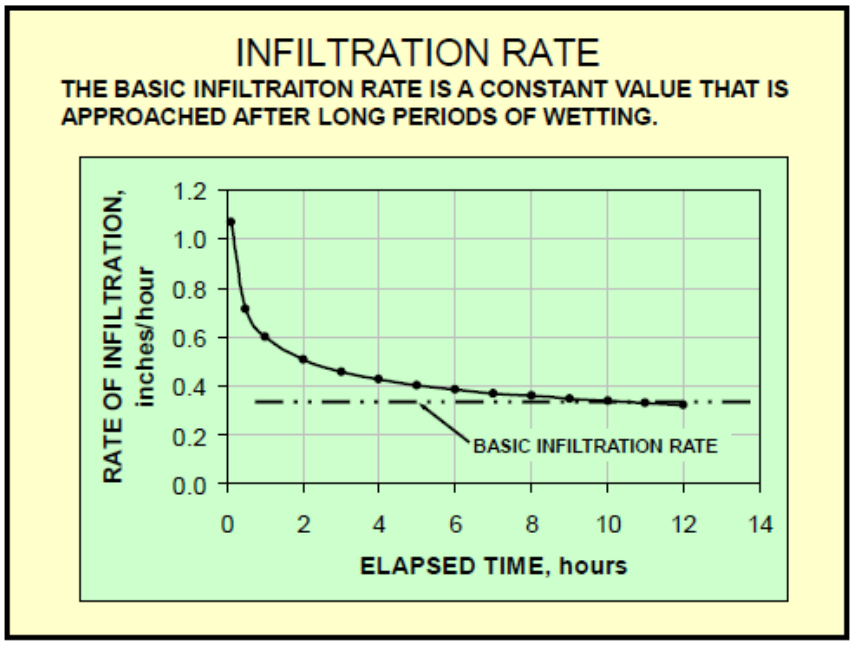
**أهمية الغيض (الإرتشاح) و العوامل المؤثرة فيه:**

إن للغيض (الإرتشاح) أهمية كبيرة من الناحية العملية **في تصميم نُظُمْ الري المختلفة**، فخصائص الغيض (الإرتشاح) هي التي تحدد معدل الإرواء الذي لا يؤدّي إلى حدوث سيح (جريان) سطحي تحت أنظمة الري بالرش، و يعتمد تحديد أفضل طول للمرز (Furrow) و للشريط (Border) في الري السطحي على خصائص ارتشاح الماء في التربة.

إن كثيرًا من العوامل المسيطرة على الغيض (الإرتشاح) هي نفسها التي تؤثر في حركة الماء و توزيعه في التربة أثناء و بعد عملية الغيض (الإرتشاح)، و لعل من أهم العوامل المؤثرة في الغيض (الإرتشاح) هي:

1. **خصائص التربة**: القِوام و بناء التربة، و الشكل في أدناه يوضّح اختلاف منحني معدّل الغيض (الإرتشاح) لترب مختلفة القوام. **كمية المواد الناعمة علي سطحها**: تنتفخ الـ Colliods الموجودة علي سطح التربة وتعمل على تقليل الترشيح .ومن ناحية أخرى تتحرك المواد الناعمة لملئ الفراغات البينية ومن ثم تقلل الترشيح وكلما كان نسيج التربة ناعما مثل الطمي( Fine texture) كلما قل معدل الترشيح .






2. **<u>المحتوى الرطوبي الإبتدائي للتربة</u>**: بغض النظر عن المحتوى الرطوبي الإبتدائي للتربة **فإن معدل الغيض (الإرتشاح) بعد زمن كافٍ يقترب من نفس القيمة التي تساوي تقريبًا الإيصالية المائية المشبعة للتربة (النفاذية P). محتواها من الرطوبة**: كلما زادت الرطوبة الموجودة في التربة قل معدل الترشيح نظراً لقلة قوة الشد.

| | | Saturated infiltration rate | |
|---|---|---|---|
| **Soil group** | **Soil texture** | **Mm/hr** | **In/hr** |
| A | Sand | 200 | 8.0 |
| A | Loamy sand | 50 | 2.0 |
| B | Sandy loam | 25 | 1.0 |
| B | Loam | 12.7 | 0.5 |
| C | Silt loam | 6.3 | 0.25 |
| C | Sandy clay loam | 3.8 | 0.15 |
| D | Clay loam and silty clay loam | 2.3 | 0.09 |
| D | Clay | 1.3 | 0.05 |

**المحتوى الرطوبي الإبتدائي للتربة**

3. **<u>معدّل الإرواء المعتمد على طريقة الري</u>**: تؤثر طريقة الإرواء أو تجهيز ماء الري إلى سطح التربة في معدّل الغيض (الإرتشاح)، و بشكل عام يمكن تقسيم طرائق تجهيز الماء إلى سطح التربة إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي (الغمر و الرش و التنقيط). ففي ظروف الغمر تمتص التربة الماء إلى أقصى معدّلات ممكنة أو ما يسمى بـ **"طاقة الإرتشاح"**، أما في حالة الري بالرش فإن التربة تمتص بمعدلات تساوي معدّلات رش الماء الواصل إلى سطح التربة، و لا توجد مشكلة في حالة الري بالتنقيط لأن امتصاص الماء فيها بطئ، إلا أن في حالتي الغمر و الري بالرش و بعد فترة زمنية تعتمد على نوعية التربة و شدة الرش فإن **طاقة الإرتشاح قد تصبح أقل من قابلية التربة على امتصاص الماء مما يؤدي إلى تجمع الماء على السطح فيحدث السيح أو الجريان السطحي**.
4. **<u>عوامل أخرى</u>**: مثل طبيعة الغطاء النباتي و فترات الري و سقوط المطر و درجة حرارة و لزوجة الماء و طبيعة عمليات خدمة التربة من (حراثة و عزق و استزراع) و عمق الماء على سطح التربة ..... إلخ.

**<u>صيغ التعبير عن غيض (إرتشاح) الماء في التربة</u>**:

هنالك صيغ مختلفة للتعبير عن الغيض (الإرتشاح)، منها (Kostiakov, 1932) و (Phillip, 1951) و (Christiansen & et al., 1956) و (Haise & et al., 1956) و (Kostiakov, 1932)، إلا أن **(معادلة كوستاكوف)** هي الأكثر شيوعًا و استعمالا ( $D = ct^m$ )، حيث D هي معادلة تجريبية بسيطة و صيغتها العامة و هو العمق التراكمي (المتجمع) بالـ (ملم أو سم) و t هو الزمن المتراكم بالـ (دقيقة) و c و m ثابتان يتعلقان بنوع التربة.

و رمزه Infiltration Rate معدّل الغيض (الإرتشاح) ( $I = \frac{dD}{dt} = mct^{m-1}$ ) و وحدته (ملم/دقيقة) و هو أشتقاق المعادلة ( $D = ct^m$ ) و كما يأتي:

$$D = ct^m$$

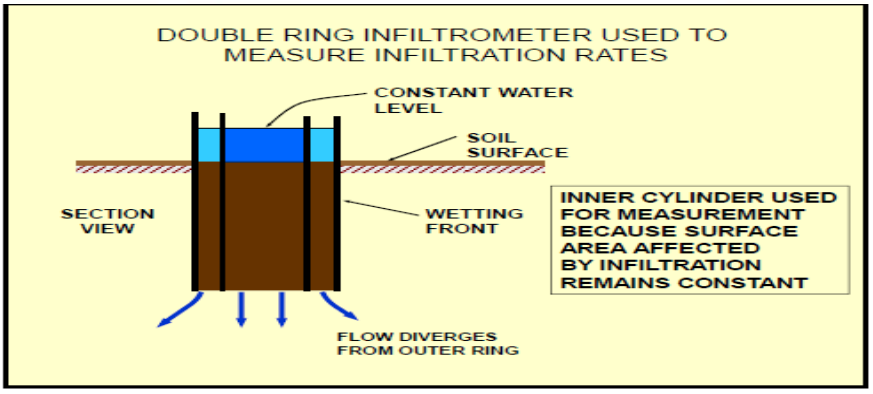
$$I = \frac{dD}{dt} = mct^{m-1}$$

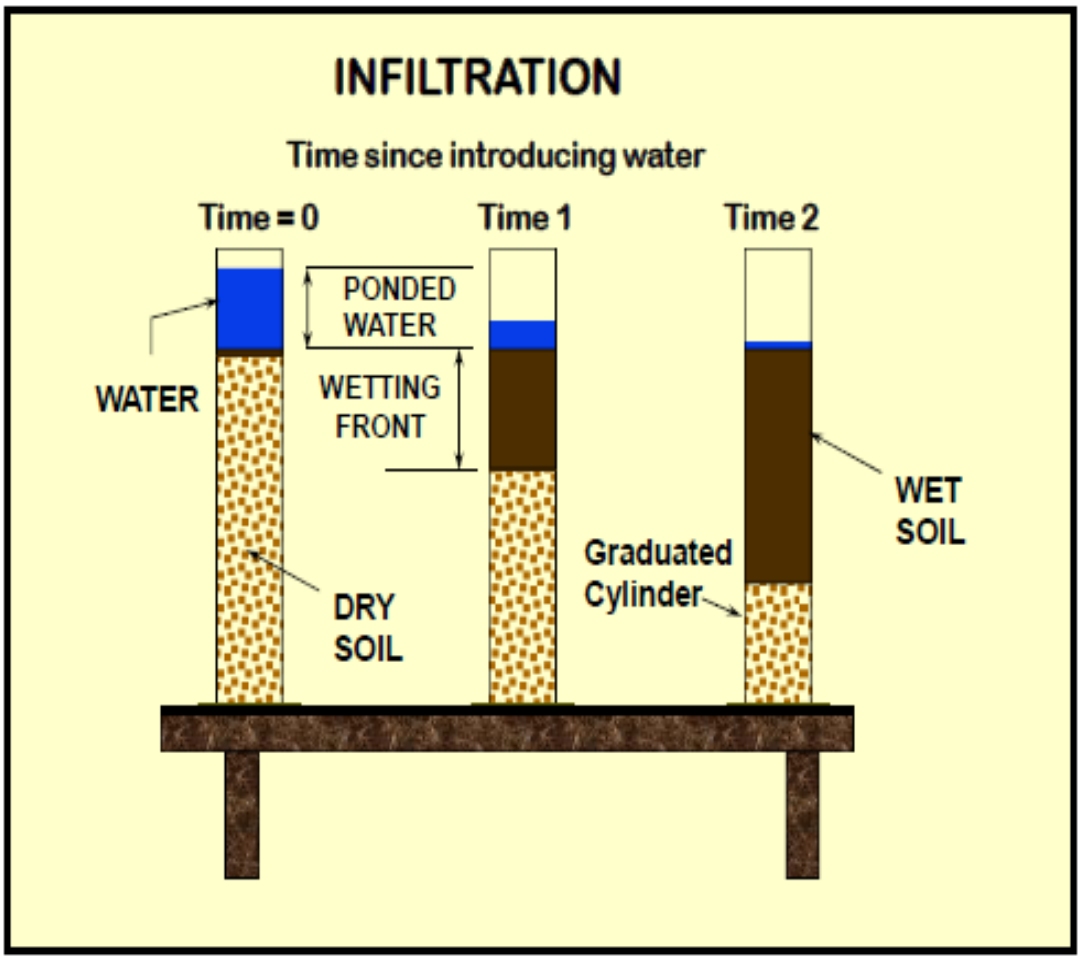
**<u>طرائق قياس غيض (إرتشاح) الماء في التربة</u>**: **(**لمزيد من المعلومات راجع ص74-85 في كتاب **"الري أساسياته و تطبيقاته").**

من الناحية المنطقية و العملية فإن قياسات غيض (إرتشاح) الماء في التربة **ينبغي أن تجري تحت نفس الظروف التي يضاف فيها الماء للتربة لتعبر عن الواقع الحقلي** الفعلي، و لكن في الغالب من الصعب تطبيق ذلك و عليه هنالك طرائق عدة لتقدير الغيض (الإرتشاح) لكل منها محاسن و محددات، و منها:

1. طريقة الأحواض المغمورة.
2. طريقة المرشات.
3. طريقة المروز.
4. من بيانات تقدم الماء على سطح التربة.
5. **طريقة الإسطوانات أو الحلقات المزدوجة**: حيث تعد هذه الطريقة من أبسط الطرائق و أكثرها شيوعًا في التطبيق **إلا أن من محدداتها أنها تجري على مساحات صغيرة من الأرض و هذا يتطلب إجراء عدد كبير من الإختبارات و أستخراج معدلاتها**. في هذه الطريقة يمكن استعمال اسطوانة واحدة أو اسطوانتين و يفضل اسطوانتين **لأن استعمال اسطوانة واحدة يسبب تغييرات كبيرة في قياسات الغيض (الإرتشاح) بسبب عدم السيطرة على الحركة الجانبية للماء فضلاً عن عدم ضمان الدخول العمودي للماء في التربة**. و لإجراء التجربة نتبع الخطوات الآتية:
   أ. تدون المعلومات حول سطح التربة عند إجراء القياس مثل وجود بقايا نباتات و ظروف سطح التربة (مزروع... متقشر... متشقق...إلخ) و أية ظروف أخرى تؤثر في القياس.
   ب. تغرس اسطوانتين (مصنوعتين من المعدن بسمك 2 ملم و بارتفاع 25 سم و بقطر 3 سم للاسطوانة الداخلية و 60 سم للاسطوانة الخارجية – و يمكن استعمال اسطوانة واحدة فقط) و ذلك بعمق (10 سم) في التربة باستعمال مطرقة.

ج. توضع كمية مناسبة من الماء في كل اسطوانة بمستوى ثابت و معلوم من بداية التجربة (تغمر التربة بالماء) ثم تؤخذ القراءات و يسجل الوقت باستعمال ساعة التوقيت و كذلك مقدار الماء المترشح بوساطة مسطرة قياس جانبية:






| ت | الوقت | قراءة المسطرة (سم) |
|---|---|---|
| 1 | 9:00 | 50.00 |
| 2 | 9:05 | 48.48 |
| 3 | 9:10 | 47.85 |
| 4 | 9:20 | 46.96 |
| 5 | 9:30 | 46.28 |
| 6 | 10:00 | 44.74 |
| 7 | 11:00 | 42.55 |
| 8 | 12:00 | 40.88 |
| 9 | 13:00 | 39.47 |
| 10 | 14:00 | 38.23 |
| 11 | 15:00 | 37.10 |
| 12 | 16:00 | 36.07 |
| 13 | 18:00 | 35.11 |

د. يتم إيجاد دالة الغيض (الإرتشاح) وكما يأتي:

| ت | الوقت | قراءة المسطرة (سم) | الزمن المتراكم t(دقيقة) | العمق المتراكم D(سم) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 9:00 | 50.00 | 0 | 0 |
| 2 | 9:05 | 48.48 | (9:05−9:00)=5 | (50−48.48)=1.52 |
| 3 | 9:10 | 47.85 | (9:10−9:00)=10 | (50−47.85)=2.15 |
| 4 | 9:20 | 46.96 | 20 | 3.04 |
| 5 | 9:30 | 46.28 | 30 | 3.72 |
| 6 | 10:00 | 44.74 | 60 | 5.26 |
| 7 | 11:00 | 42.55 | 120 | 7.45 |
| 8 | 12:00 | 40.88 | 180 | 9.12 |
| 9 | 13:00 | 39.47 | 240 | 10.53 |
| 10 | 14:00 | 38.23 | 300 | 11.77 |
| 11 | 15:00 | 37.10 | 360 | 12.9 |
| 12 | 16:00 | 36.07 | 420 | 13.93 |
| 13 | 18:00 | 35.11 | 540 | 14.89 |

و بعد ايجاد الزمن المتراكم و العمق المتراكم يمكن ايجاد دالة الغيض (الإرتشاح) بالطريقة الرياضية أو طريقة الرسم البياني،
ففي الطريقة الرياضية نختار قراءتين من الجدول في أعلاه (**يكون عندهما العمق المتراكم قد بدأ بالاستقرار تقريبًا** – لاحظ القراءتين 9 و 10) و من ثم نتبع الآتي:

$$\Theta\ D = ct^m$$

$$10.53 = c \times 240^m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

$$11.77 = c \times 300^m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

و بقسمة المعادلة (1) على (2) ينتج:

$$\frac{11.77}{10.53} = \frac{\cancel{c} \times 300^m}{\cancel{c} \times 240^m} = \left(\frac{300}{240}\right)^m$$

$$1.118 = 1.25^m$$

بأخذ لوغارتم الطرفين ينتج:

$$\log 1.118 = \log 1.25^{m} = m \log 1.25$$

$$\therefore m = \frac{\log 1.118}{\log 1.25} = \frac{0.048}{0.097} \cong 0.495$$

$$\Theta\ 10.53 = c \times 240^{m} = c \times 240^{0.495}$$

$$\therefore c = \frac{10.53}{240^{0495}} \cong 0.70$$

$$\therefore D = 0.7t^{0.495}\ \Lambda\ cm/min.$$

$$\therefore D = 60 \times 0.7 \times t^{0.495} = 42t^{0.495}\ \Lambda\ cm/hr.$$

$$\Theta\ I = \frac{dD}{dt} = mct^{m-1} = 42 \times 0.495 \times t^{0.495-1}$$

$$\therefore I \cong 21t^{-0.505}\ \Lambda\ cm/hr.$$

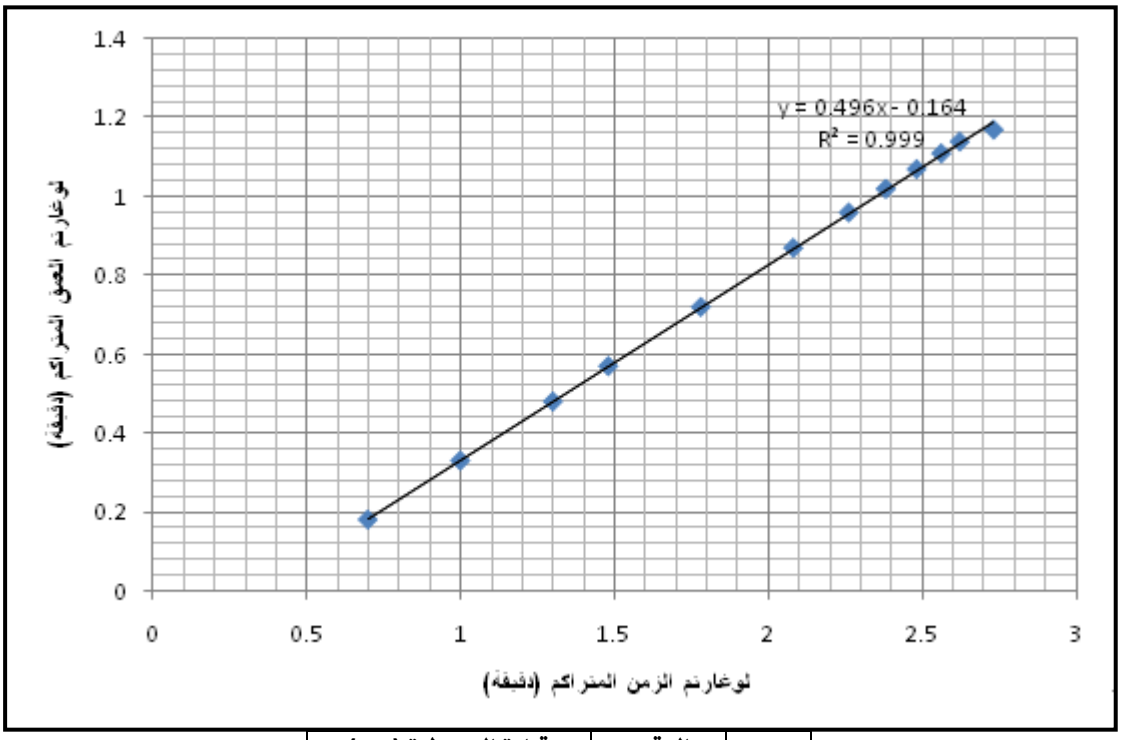
أما في طريقة الرسم البياني (استعمال الورق الإعتيادي "الورق البياني")، نوجد لوغارتم الزمن المتراكم و لوغارتم العمق التراكم في الجدول السابق (ما عدا القراءة الأولى، لماذا؟) و كالآتي:

| ت | الزمن المتراكم t(دقيقة) | العمق المتراكم D(سم) | لوغارتم الزمن المتراكم log t(دقيقة) | لوغارتم العمق المتراكم log D(سم) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | – | – |
| 2 | 5 | 1.52 | 0.70 | 0.18 |
| 3 | 10 | 2.15 | 1.00 | 0.33 |
| 4 | 20 | 3.04 | 1.30 | 0.48 |
| 5 | 30 | 3.72 | 1.48 | 0.57 |
| 6 | 60 | 5.26 | 1.78 | 0.72 |
| 7 | 120 | 7.45 | 2.08 | 0.87 |
| 8 | 180 | 9.12 | 2.26 | 0.96 |
| 9 | 240 | 10.53 | 2.38 | 1.02 |
| 10 | 300 | 11.77 | 2.48 | 1.07 |
| 11 | 360 | 12.9 | 2.56 | 1.11 |
| 12 | 420 | 13.93 | 2.62 | 1.14 |
| 13 | 540 | 14.89 | 2.73 | 1.17 |

و بعد ذلك نستعمل الورق البياني الإعتيادي لرسم العلاقة بين لوغارتم الزمن المتراكم (المحور السيني) و لوغارتم العمق المتراكم على (المحور الصادي).

س/ (واجب بيتي بشكل تقرير - عملي): البيانات الموضّحة في الجدول في أدناه مأخوذة من تجربة الغيض (الإرتشاح) لتربة، المطلوب إيجاد دالة الغيض (الإرتشاح) و بالطريقتين الرياضية و طريقة الورق البياني:

الجواب: ( $D \cong 2.8t^{0.38} \Lambda \ cm/min.$ )




| ت | الوقت | قراءة المسطرة (سم) |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| 30.00 | 12:00 | 1 |
| 25.5 | 12:05 | 2 |
| 23.70 | 12:10 | 3 |
| 22.30 | 12:15 | 4 |
| 19.00 | 12:30 | 5 |
| 16.60 | 12:45 | 6 |
| (30,14.5) | 13:00 | 7 |
| 27.90 | 13:30 | 8 |
| 26.90 | 14:00 | 9 |
| 26.40 | 15:00 | 10 |
| 26.40 | 16:00 | 11 |

مثال (1): البيانات الآتية مأخوذة من أختبار حقلي لغيض (إرتشاح) الماء في تربة، المطلوب إيجاد معدل الغيض (الإرتشاح) بعد ساعتين من إجراء الإختبار بال (سم/ساعة)؟:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **الزمن التراكمي t(دقيقة)** | 2 | 7 | 30 | 60 | 80 |
| **العمق التراكمي D(سم)** | 4.5 | 9.0 | 20.0 | 30.0 | 35.0 |

الحل:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **الزمن التراكمي t(دقيقة)** | 2 | 7 | 30 | 60 | 80 |
| **العمق التراكمي D(سم)** | 4.5 | 9.0 | 20.0 | 30.0 | 35.0 |

$$D = ct^m$$

$$30 = c \times 60^m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$20 = c \times 30^m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

و بقسمة المعادلة (1) على (2) ينتج:

$$\frac{30}{20} = \frac{c \times 60^m}{c \times 30^m} = \left(\frac{60}{30}\right)^m$$

$$1.5 = 2^m$$

بأخذ لوغارتم الطرفين ينتج:

$$\log 1.5 = \log 2^{m} = m \log 2$$

$$\therefore m = \frac{\log 1.5}{\log 2} = \frac{0.1761}{0.301} \cong 0.58$$

$$\Theta\ 30 = c \times 60^{m} = c \times 60^{0.58}$$

$$\therefore c = \frac{30}{60^{0.58}} \cong 2.8$$

$$\therefore D = 2.8t^{0.58}\ \Lambda\ cm/min.$$

$$\therefore D = 60 \times 2.8t^{0.58} = 168t^{0.58}\ \Lambda\ cm/hr.$$

$$\Theta\ I = \frac{dD}{dt} = mct^{m-1} = 0.58 \times 168 \times t^{0.58-1}$$

$$\therefore I \cong 98t^{-0.42}\ \Lambda\ cm/hr.$$

$$\therefore I = 98 \times 120^{-0.42} \cong 13\Lambda\ cm/hr.$$

س1/: البيانات الآتية مأخوذة من أختبار حقلي لغيض (إرتشاح) الماء في تربة، المطلوب إيجاد معدل الغيض (الإرتشاح) بعد ساعتين من إجراء الإختبار بال (سم/ساعة)؟: الجواب: ($I \cong 13\Lambda\ cm/hr.$)

| الزمن التراكمي t(دقيقة) | 25 | 100 |
|---|---|---|
| العمق التراكمي D(سم) | 17.50 | 40.00 |

س2/: أحسب معدّل الإرتشاح لتربة تمتص **(2.5 سم)** من الماء خلال الساعة الأولى من بداية عملية الغيض (الإرتشاح) و **(4.5 سم)** خلال الساعات الثلاث الأولى من بداية العملية؟ الجواب: $I \cong 9t^{-0.46}\ \Lambda\ cm/hr.$

س3/: غمرت تربة بالماء على عمق **(8 سم)** في تمام الساعة **10:00 صباحًا)** و في الساعة **12:00 ظهرًا)** أصبح عمق الماء فوق التربة **(5 سم)**. المطلوب متى يختفي الماء كليًا عن سطح التربة؟ الجواب: **(تقريبًا الساعة 5:35)**.

س4/:غمرت تربة بالماء لغرض إجراء فحص الغيض (الإرتشاح) لها، فامتصت بعد ساعتين و أربعة عشرين دقيقة من بدء التجربة **(12 سم)** و بعد ثلاث ساعات خمسة و أربعين دقيقة من بدء التجربة أمتصت **(15 سم)** و بعد خمس ساعات و أربعة و عشرين دقيقة أختفى الماء كليًا عن سطح التربة. جد عمق الماء الكلي في بداية التجربة؟

الجواب:**(18 سم)**

**سم)** و **2.5**س5/: من بيانات فحص الغيض (الإرتشاح) إذا علمت أن عمق الغيض (الإرتشاح) التراكمي عند **(15 دقيقة)** يساوي ( **دقيقة)** يساوي **(8 سم)**. المطلوب إيجاد معدّل الإرتشاح عند زمن **(2 ساعة)** من بداية الغيض (الإرتشاح) و معدّل **100**عند ( الغيض (الإرتشاح) الأساس[7] لهذه التربة؟

الجواب: ( $\mathbf{I \cong 2.34\Lambda\ cm/hr}$ ) و ( $\mathbf{I_B \cong 2.12\Lambda\ cm/hr}$ ).

**)Permeability النفاذية (**

النفاذية هي الصفة الثابتة التي تمتلكها التربة المشبعة و التي تسمح بمرور الماء من خلال الفجوات بين حبيبات التربة.
إن مقاومة جريان الماء في التربة تعتمد على العوامل الآتية:

1. نوعية التربة (نسجة التربة – طينية ... رملية .... إلخ).
2. حجم حبيبات التربة و شكلها (كروية ... حادة ... قشرية ... إلخ).
3. كثافة التربة.
4. حجم و شكل الفجوات الموجودة بين الحبيبات.
5. درجة حرارة الماء.

**جريان الماء خلال التربة**:

)، حيث Darcy's lawإن جريان الماء خلال التربة المشبعة يعتمد على قانون العالم الفرنسي هنري دارسي عام 1856 م (
بيّن عمليًا بأن معدّل جريان الماء يتناسب مع انحدار الماء وكما يأتي:

---

[7] هو معدّل الغيض (الإرتشاح) النهائي و الذي يحدث عند زمن غيض (ارتشاح) أساس مقداره $\mathbf{|600n|}$ بالدقيقة، حيث **n** هي "**أس الزمن في معادلة معدّل الغيض (الإرتشاح)**".

$$V \propto I$$

$$V = K \times I$$

$$A \times V = K \times I \times A$$

$$Q = K \times I \times A$$

$$\Theta\, I = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

$$\therefore K = \frac{Q \times \Delta L}{A \times \Delta H}$$

هي حجم الماء المار بالتربة خلال زمن Q هو معامل النفاذية و وحداته وحدات سرعة و في الغالب (سم/ثا) و Kحيث

مساحة مقطع التربة الذي يمر من خلالها الماء.A الإنحدار المائي و امعين و

**درجة النفاذية**:

Kالنفاذية هي مقياس لمقدار السهولة التي يمكن للماء أن يجري خلال التربة، والجدول في أدناه يبين قيم معامل النفاذية لمختلف أنواع الترب **(حيث تختلف قيم معامل النفاذية باختلاف نوع التربة حيث تكون بقيم كبيرة للتربة الرملية و بقيم صغيرة جدا للتربة الطينية)**:

**جدول تصنيف مكونات التربة حسب درجة نفاذيتها**

| نوع التربة | K(سم/ثا) | درجة النفاذية |
|---|---|---|
| حصى و رمل خشن | $10^{-1}$ و أكثر | **عالية** |
| رمل متوسط و ناعم | $10^{-3} - 10^{-1}$ | **متوسطة** |
| رمل ناعم جدًا | $10^{-5} - 10^{-3}$ | **قليلة** |
| غرين | $10^{-7} - 10^{-5}$ | **قليلة جدًا** |
| طين | $10^{-7}$ و أقل | **غير نفاذة** |

**قياس النفاذية في المختبر**:

إن معرفة معامل النفاذية مهم في كثير من الأعمال الهندسية كإنشاء السدود **(تحديد معدل تدفق المياه أسفل السدود وبالتالي يمكن حساب قوة دفع المياه على السدود)** و إيجاد التصريف المناسب لقنوات الري و ما إلى ذلك، و وحداته هي وحدات سرعة (سم/ثا – ملم/ساعة ... إلخ).

هناك طريقتان لقياس النفاذية مختبريًا، كل طريقة تناسب ظروفاً معينة و نوعيات ترب معينة وكما يأتي:

1. **المقياس ذو الشحنة الثابتة**: و يستعمل في قياس معامل النفاذية k للترب الخشنة الحبيبيات أي الترب الرملية و تحت ضغوط منخفضة و لغاية ($10^{-2}$ سم/ثا)، و الشكل في أدناه يبين طريقة عمل هذا المقياس، حيث توضع اسطوانة أخذ العينات و بداخلها التربة بحالتها الطبيعية (و عادة يراعى عند أخذ عينات التربة من الحقل بأن تكون ممثلة للوضع العام للحقل – الحد الأدنى لحجم هذه العينات يؤخذ باسطوانة قطرها (50 ملم و بطول 51 ملم) على قرص مسامي، و تضاف المياه من أعلى العينة مع تثبيت منسوب المياه فوق اسطوانة الجهاز كما هو مبين في الشكل فتتسرب المياه من العينة خلال المسافات البينية بين جزيئاتها و تتجمع في وعاء معلوم

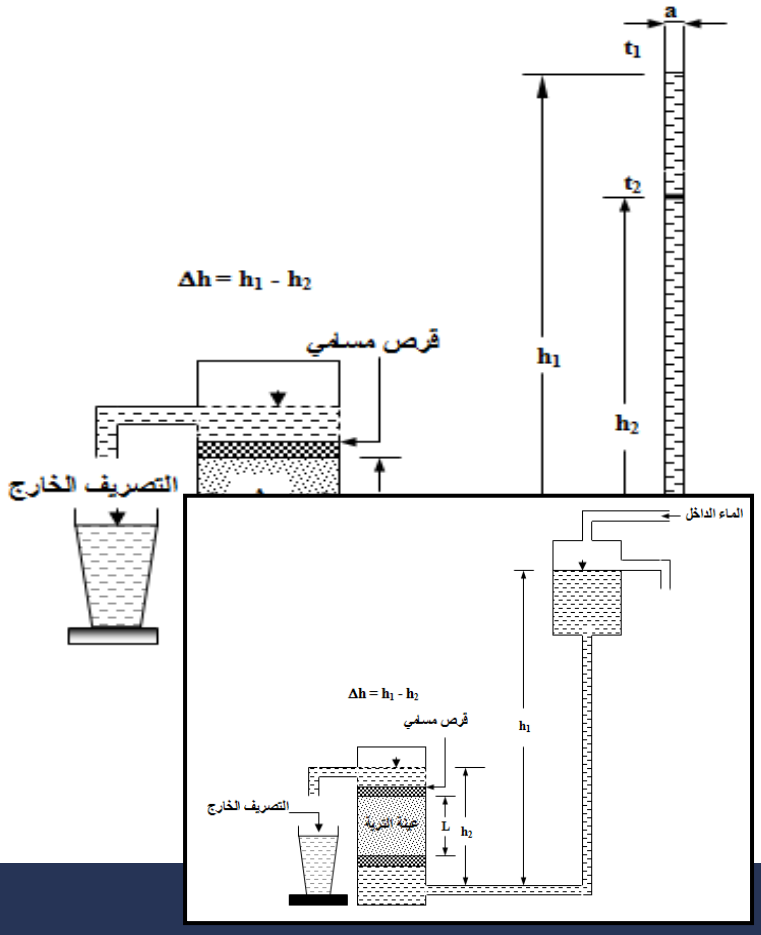
الحجم بفترة زمنية محددة فيحسب التصريف ثم تطبق معادلة دارسي ( $K = \frac{Q \times \Delta L}{A \times \Delta H}$ ) لإيجاد معامل النفاذية.

**شكل يوضّح المقياس ذو الشحنة الثابتة**

2. **المقياس ذو الشحنة المتغيرة**: و يستعمل في قياس معامل النفاذية k للترب الناعمة الحبيبيات أي الترب الطينية و توجد عدة أنواع من هذا المقياس و أبسط هذه الأنواع هو المبين في الشكل في أدناه، و طريقة عمل هذا المقياس تتلخص بوضع عينة التربة بحالتها الطبيعية فوق قرص مسامي داخل اسطوانة و متصلة من الأعلى بأنبوب رأسي، يضاف الماء في الأنبوب عند بداية التجربة بارتفاع يساوي ($h_1$) عند زمن ($t_1$) فبعد أن تتشبع عينة التربة تترشح المياه منها إلى إناء معلوم الحجم و يسجل مقدار انخفاض سطح المياه داخل الأنبوب الرأسي من ($h_1$) إلى ($h_2$) خلال الفترة الزمنية ($t_2 - t_1$)، و يمكن حساب معامل النفاذية من المعادلة:

$$K = \frac{a}{A} \times \frac{L}{(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{h_1}{h_2}$$

حيث a طول نموذج التربة و A هي مساحة مقطع الأنبوب الرأسي (أنبوب دخول الماء) و L هي مساحة مقطع نموذج التربة.




**شكل يوضّح المقياس ذو الشحنة المتغيرة**

المقاس kالنفاذية

الحرارة:

تصحيح قيمة المقاس في المختبر

تصحيح قيمة معامل في المختبر لدرجات الحرارة لغرض kمعامل النفاذية نطبق المعادلة الآتية:

$$K_{20^\circ C} = K_{T^\circ C} \times \frac{\eta_{T^\circ C}}{\eta_{20^\circ C}}$$

حيث $K_{T^\circ C}$ معامل النفاذية المقاس عند درجة حرارة الماء في المختبر و $K_{20^\circ C}$ معامل النفاذية القياسي عند درجة حرارة 20º م.

و الجدول في أدناه يبين قيمة معامل التصحيح لدرجة حرارة الماء ($\frac{\eta_{T^\circ C}}{\eta_{20^\circ C}}$):

| درجة حرارة الماء في المختبر ( $T^{oc}$ ) | معامل التصحيح ( $\frac{\eta_{T^\circ C}}{\eta_{20^\circ C}}$ ) |
|---|---|
| 15 | **1.135** |
| 16 | **1.106** |
| 17 | **1.077** |
| 18 | **1.051** |
| 19 | **1.025** |
| 20 | **1.000** |
| 21 | **0.976** |
| 22 | **0.953** |
| 23 | **0.931** |
| 24 | **0.910** |
| 25 | **0.889** |
| 26 | **0.869** |
| 27 | **0.850** |
| 28 | **0.832** |
| 29 | **0.814** |

مثال (1): أخذت عينة من تربة بمساحة مقطع (**1000 سم**$^2$) و طول (**25 سم**) و أجري لها فحص النفاذية باستعمال المقياس ذي الشحنة الثابتة فكان مقدار التغير بالضغط الهيدروليكي (**10 سم**) و حجم الماء المار من نهاية العينة يساوي (**800 سم**$^3$) خلال ساعة واحدة. أوجد معامل النفاذية؟

$$K = \frac{Q \times \Delta L}{A \times \Delta H}$$

$$K = \frac{800 \times 25}{1000 \times 10} = 2\Lambda \ cm/hr.$$

مثال (2): أخذت عينة من تربة بقطر (**10 سم**) و طول (**20 سم**) و أجري لها فحص النفاذية باستعمال المقياس ذي الشحنة المتغيرة {(الأنبوب الرأسي فيه بقطر (**2 سم**)}، فكان مقدار منسوب الماء عند بداية التجربة في الأنبوب الرأسي (**60 سم**) و أصبح (**30 سم**) عند نهاية التجربة بعد (**30 دقيقة**). أوجد معامل النفاذية؟

نلاحظ أن الأنبوب الرأسي و كذلك نموذج التربة بشكل اسطواني و نستنتج من ذلك:

$$\frac{a}{A}=\frac{\tau/4\times(d_1)^2}{\tau/4\times(d_2)^2}=\frac{(d_1)^2}{(d_2)^2}=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

$$\Theta\ K=\frac{a}{A}\times\frac{L}{(t_2-t_1)}\times\ln\frac{h_1}{h_2}$$

$$\therefore K=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\times\frac{L}{(t_2-t_1)}\times\ln\frac{h_1}{h_2}$$

$$K=\left(\frac{2}{10}\right)^2\times\frac{20}{(30\times60-0)}\times\ln\frac{60}{30}=3\times10^{-4}\ \Lambda\ cm/sec.$$

**أسئلة متنوعة**

س1/: أخذت عينة من تربة بشكل مكعب بأبعاد (**10 سم×10 سم×10 سم**) و أجري لها فحص النفاذية باستعمال المقياس ذي الشحنة الثابتة فكان مقدار شحنة الضغط عند مصدر دخول الماء (**700 سم**) عند مصدر خروجه (**300 سم**) و كمية المياه المتجمعة في الوعاء خلال ساعتين من بدء التجربة (**72 سم$^3$**). أوجد معامل النفاذية؟

الجواب: ($2.5\times10^{-6}\ \Lambda\ cm/sec.$)

س2/: أخذت عينة من تربة بقطر (**10 سم**) و طول (**20 سم**) و أجري لها فحص النفاذية باستعمال المقياس ذي الشحنة الثابتة فكان مقدار ارتفاع عمود الماء من مصدر دخوله حتى مصدر خروجه (**300 سم**) و كمية المياه المتجمعة في الوعاء خلال ساعتين من بدء التجربة (**8500 سم$^3$**). أوجد معامل النفاذية؟ الجواب: ($0.001\Lambda\ cm/sec.$)

س3/: أخذت عينة من تربة بشكل مكعب بأبعاد (**10 سم×10 سم×10 سم**) و أجري لها فحص النفاذية باستعمال المقياس ذي الشحنة المتغيرة {(الأنبوب الرأسي فيه بقطر (**2 سم**)}، فكان مقدار منسوب الماء عند بداية التجربة في الأنبوب الرأسي (**60 سم**) و أصبح (**24 سم**) عند نهاية التجربة بعد (**ساعة**). أوجد معامل النفاذية؟

الجواب: ($8\times10^{-5}\ \Lambda\ cm/sec.$)

**<u>قياس النفاذية في الحقل</u>**:

تعد قياسات نفاذية التربة في الحقل مهمة للغاية لأغراض وضع التصاميم لشبكة البزل، و بهذه الطريقة تقاس نفاذية التربة في الحقل أو الموقع دون التأثير في طبيعة التربة، أما بالنسبة للتجارب المختبرية فإنها لا تمثل القياسات الفعلية بسبب صغر حجم العينة التي تجري عليها تجارب قياس النفاذية و لأنها أيضًا لا تمثل التربة في وضعها الطبيعي.

) فإن d وكل طبقة بسمك معين (Stratified Soil) فأنها تسمى تربة طبقية layersو عندما تتكون التربة من طبقات (

سيختلف من طبقة إلى أخرى ولهذا يمكن حساب معدل معامل النفاذية للتربة الطبقية، وأن هذا العامل يختلف kمعامل النفاذية حينما يكون الجريان أفقيا أو عموديا خلال التربة الطبقية.

وقد استعمل اصطلاح soil permeability كثيراً ما يختلط مفهوم التوصيل الهيدروليكي مع أصطلاح نفاذية التربة النفاذية سابقا كبديل عن التوصيل الهيدروليكي وما زال على الرغم من أنه يستخدم في مفهوم مغاير، فقد يستعمل للتعبير عن دخول الماء للتربة وهذا غير صحيح لان هذه العملية تسمى معدل التسرب في التربة infiltration rate.

إن كثافة التدفق تأخذ وحدات سرعة إلا أنه يفضل استعمالها في وصف حركة الماء في التربة عن اصطلاح السرعة، ويرجع ذلك إلى أن مسام التربة لها أشكال و أحجام مختلفة ولذا فان السرعة الخاصة بحركة الماء في التربة تكون متغيرة وتعتمد على نسبة الرطوبة في التربة – كما أن حركة الماء في التربة تتم من خلال المساحة المشغولة بالمسام فقط ولذا فان المساحة الفعلية التي يمر منها الماء تكون اقل من مساحة مقطع التربة – على هذا فان السرعة الفعلية للماء تكون اكبر من كثافة التدفق ويطلق عليها سرعة حركة الماء في مسام التربة.

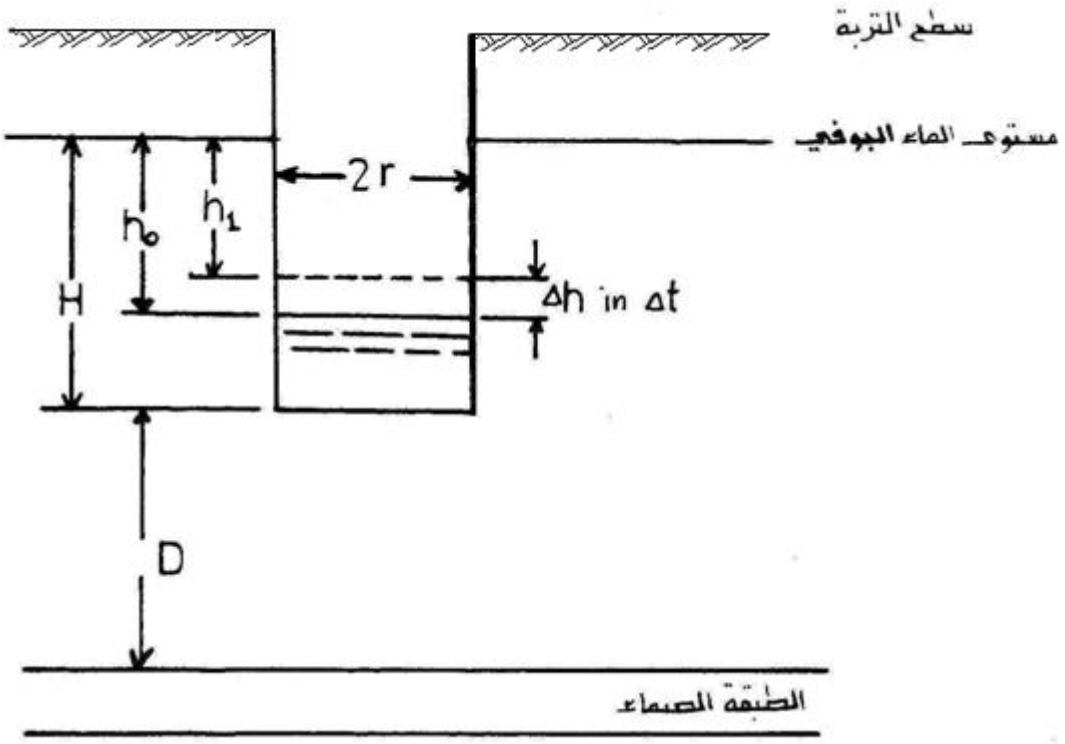
هناك طرائق عدة لقياس النفاذية في الحقل، كل طريقة تناسب ظروف معينة، و من أهم هذه الطرائق ما يأتي:

1. **طريقة الحفرة الإسطوانية (Auger Hole Method)**: و هي طريقة بسيطة جدًا و لا تحتاج إلى أجهزة كبيرة، و تستعمل في قياس معامل النفاذية k للتربة تحت منسوب الماء الأرضي. و تتلخص في حفر حفرة أسطوانية الشكل بقطر (2r سم) إلى مستوى تحت منسوب الماء الأرضي و إلى عمق معلوم (H سم)، و يترك المجال للماء للتجمع بالحفرة حتى يستقر فيها و يصل إلى حالة التوازن ثم يُضَخُ الماء من الحفرة مرتين أو ثلاث و بعدها يقاس معدل ارتفاع الماء في الحفرة خلال الزمن المحدد. و لإيجاد معامل النفاذية k (سم/ثا) نطبق المعادلة الآتية:

$$K = \frac{rS}{(2H + r)t} \operatorname{Ln} \frac{h_0}{h_1}$$

ثابت و يساوي S عمق نهاية الحفرة عن منسوب الماء الأرضي (سم)، H نصف قطر الحفرة (سم)، r حيث

$\frac{rH}{0.19}$ ، $H_0$ عمق الماء في الحفرة عن منسوب الماء الأرضي $H_1$، $t_0$ عمق الماء في الحفرة عن منسوب الماء الأرضي عند الزمن t عند الزمن.



2. **طريقة الضخ في الحفر الأسطوانية الضحلة (Shallow Well pump–in Method)**: و

تستعمل في قياس معامل النفاذية k للتربة فوق منسوب الماء الأرضي، و تعتمد هذه الطريقة على مقدار حجم الماء الذي يدخل التربة من السطح الداخلي للحفرة بعد تثبيت ارتفاع الماء فيها، حيث تحفر الحفرة بوساطة البريمة (أوكر-Auger) بقطر 10 سم إلى العمق المطلوب ثم يخدش السطح الداخلي للحفرة لإزالة تأثير عملية الحفر في حالة التربة التي يدخل منها الماء إلى التربة ثم يُحافَظ على مستوى ثابت للماء في الحفرة باستعمال طوّاف صغير مُعَدْ لهذا الغرض و عادة ما يتم ربط الطوّاف بمصدر مائي نظيف من وعاء موضوع فوق سطح التربة. و تستعمل المعادلتان الآتيتان لغرض إيجاد معامل النفاذية k (م/يوم) تحت ظرفين مختلفين:

أ) عندما يكون منسوب الماء في الحفرة يبعد عن الطبقة الصماء أو عن منسوب الماء الأرضي بمسافة تساوي **ثلاثة أضعاف ارتفاع الماء في الحفرة h أو أكثر من هذا المقدار**:

$$K = 1440\left(\frac{\ln\left(\frac{h}{r}+\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2+1}\right)-1}{2\tau h^2}\right)Q$$

معدّل ضخ الماء إلى الحفرة للحفاظ على مستوى أو Q نصف قطر الحفرة (م)، r ارتفاع الماء في الحفرة (م)، hحيث منسوب ثابت للماء فيها (م$^3$/دقيقة).

ب) عندما يكون منسوب الماء في الحفرة يبعد عن الطبقة الصماء أو عن منسوب الماء الأرضي بمسافة **بين عمق الماء في الحفرة h أو أكثر (أي أن تكون نهاية الحفرة على الطبقة الصماء) و بين ثلاثة أضعاف عمق الماء في الحفرة**:

$$K = 1440\left(\frac{3\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\tau h(h+2T_u)}\right)Q$$

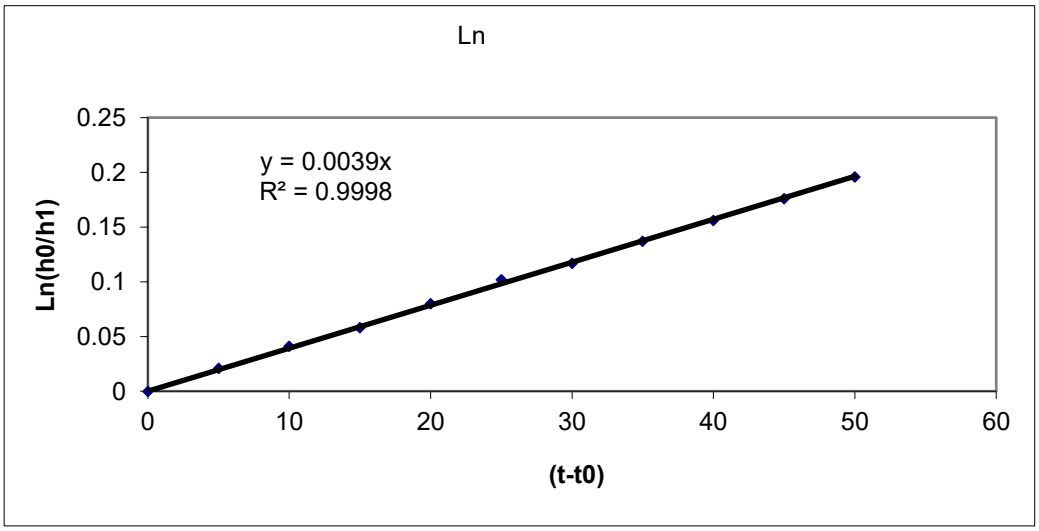
ارتفاع منسوب الماء في الحفرة عن الطبقة الصماء أو Tu نصف قطر الحفرة (م)، r ارتفاع الماء في الحفرة (م)، hحيث معدّل ضخ الماء إلى الحفرة للحفاظ على مستوى أو منسوب ثابت للماء فيها (م$^3$/دقيقة).Qمنسوب الماء الأرضي (م)،

| Time<br>min | Water level (h)<br>Cm | h+33<br>cm | $h_o$ | $h_1$ | $h_0/h_1$ | $Ln(h_0/h_1)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 90.0 | 123.0 | 123.0 | | | |
| 5 | 87.5 | 120.5 | 123.0 | 120.5 | 1.021 | 0.021 |
| 10 | 85.1 | 118.1 | 123.0 | 118.1 | 1.041 | 0.041 |
| 15 | 83.1 | 116.1 | 123.0 | 116.1 | 1.059 | 0.058 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 80.6 | 113.6 | 123.0 | 113.6 | 1.083 | 0.080 |
| 25 | 78.1 | 111.1 | 123.0 | 111.1 | 1.107 | 0.102 |
| 30 | 76.4 | 109.4 | 123.0 | 109.4 | 1.124 | 0.117 |
| 35 | 74.2 | 107.2 | 123.0 | 107.2 | 1.147 | 0.137 |
| 40 | 72.2 | 105.2 | 123.0 | 105.2 | 1.169 | 0.156 |
| 45 | 70.1 | 103.1 | 123.0 | 103.1 | 1.193 | 0.176 |
| 50 | 68.1 | 101.1 | 123.0 | 101.1 | 1.217 | 0.196 |

نطبق العلاقة التالية: $\ln\left(\frac{h_0}{h_1}\right)=\frac{AK}{aL}\times\left(t-t_0\right)$

ونحسب منها الميل الذى يساوى $\frac{AK}{aL}$ نرسم العلاقة بين $Ln(h_0/h_1)$ مقابل $(t-t_0)$




slope=0.0039 $min^{-1}$

$0.0039=\frac{AK}{aL}$

$A=77.91 cm^2$

$a=2.84 cm^2$

$0.0039=\frac{77.91\times K}{2.84\times 15}$

$K=2.13\times10^{-3}$ cm/min

**) و طرائق قياسهConsumptive useالإستهلاك المائي (**

إن تعيين الإستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة **هو المرحلة الأولى و المهمة في تخطيط الإدارة المثلى لتوفير المياه و من أكثر العوامل أهمية في دراسة الحاجة الفعلية للنبات لمياه الري و ذلك بغية الحصول على أفضل إنتاج ممكن من المحصول باستهلاك أقل كمية من المياه**. فالري الناجح يجب أن يبدأ بتحديد كمية المياه التي يحتاجها النبات ثم تجهيز الكمية للحقول الزراعية عبر قنوات الري المصممة تصميمًا ملائمًا و ناجحًا و بخاصة في ظروف المُناخ في المناطق الجافة و شبه الجافة (مُناخ العراق) التي تتسم عادة بشحة الأمطار و قلة مياه الري **فالضرورة تتطلب استغلال المياه المتوفرة استغلالاً فعّالاً و كفؤًا**.

" **بأنه كمية الماء التي تستهلك بعملية النتح (و هي العملية التي ينتقل بها بخار** (Cu) – ETيعرّف "الإستهلاك المائي **الماء من النباتات الحية إلى الجو) من النبات و كمية الماء المفقود بالتبخر من سطح التربة و كمية الماء المستعملة في بناء أنسجة النبات نفسه (عملية التركيب الضوئي أو عملية صنع الغذاء).**

**)"**، و ذلك **ET (Evapo Transpiration)** يساوي ما يسمى بال **"تبخر-نتح** - Cuو يمكن القول أن الإستهلاك المائي (

**إذا ما علمنا أن كمية الماء الموجودة في أنسجة النبات في نهاية الموسم الزراعي لا تتعدى في الواقع (1%) من مجموع الفقد المائي بالنتح و التبخر معًا على مدار الموسم.**

**طرائق التعبير عن "الإستهلاك المائي"**:

يعبر عنه بعدد من الوحدات المختلفة تبعًا للغرض المطلوب وكما يأتي:

1. **وحدات تصريف**: وهي في الغالب (م$^3$/دونم/الموسم).
2. **وحدات عمق**: وهي في الغالب (سم/موسم) وتستخرج بقسمة وحدات التصريف على المساحة.
3. **وحدات معدّل**: مثل (سم/يوم) وتستخرج بقسمة وحدات العمق على موسم النمو.
4. **وحدات الطاقة الحرارية**: و أساسها أن الطاقة الحرارية الشمسية هي مصدر فقد الماء و هذه الوحدات **ما هي إلا وحدات إستهلاك مائي مضروبة في قيمة الحرارة الكامنة للتبخر (Hv) – و هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل غرام واحد من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة حرارة معينة و وحداتها (سعرة حرارية/غم) - و إن قيمة Hv في درجة حرارة 20º م = 585 (سعرة/غم) و وحدة الإستهلاك المائي (سعرة/سم$^2$.يوم).**

**التبخر و النتح**:

ذكرنا سابقًا أن الإستهلاك المائي يعود في الأصل إلى مقدار ما يفقده النبات من الماء بال **(التبخر و النتح)**، و لقد بُذِلَتْ محاولات كثيرة لقياس كميات المياه الضائعة بالتبخر و النتح كلٌّ على حدا، غير أن الصعوبة في فصل أحدهما عن الآخر في الحقل بسبب ارتباطهما الوثيق الأمر الذي حوّل الإتجاه إلى دراسة مجموع هاتين الكميتين (التبخر و النتح) كظاهرة واحدة أُطلق عليها ). ET(التبخر-نتح

يتأثر التبخر بالعوامل الآتية:

1. الإشعاع الشمسي كمصدر رئيس للحرارة على سطح الأرض.
2. اختلاف الضغط البخاري.
3. درجة الحرارة.
4. شدة الرياح السائدة في المنطقة.

5. الضغط الجوي.
6. نوعية المياه.
7. طبيعة السطح المبخر.

أما النتح فيتأثر بالعوامل المناخية التي تؤثر في التبخر فضلاً عن:

1. الرطوبة المتيسرة للنبات.
2. الليل و النهار (النهار 95% من إجمالي النتح في اليوم).
3. نوعية التربة و كثافة الغطاء النباتي.
4. نوعية النبات و طبيعة أوراقه.
5. ازدياد مرحلة نمو النبات الواحد.
6. الإصابة بالآفات الزراعية (حيث يقل النتح عندما يصاب النبات بها).

**طرائق قياس "الإستهلاك المائي"**: و تقسم إلى:

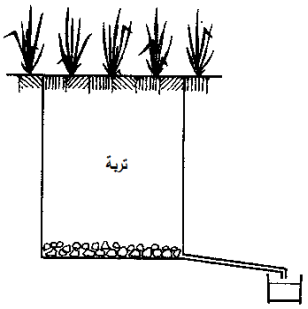
1. الطرائق المباشرة: تتضمن **قياس مقدار فقد المياه من النبات في زمن محدد بصورة مباشرة، حيث أن أساس جميع هذه الطرائق يعتمد على الحصول على قياسات دورية لفقد الماء بوساطة قياسات رطوبة التربة بصورة مباشرة أو غير مباشرة أو بحساب الفقد بالوزن من مساريب خاصة (ليسيمترات - Lysimeters) و من جمع الفروقات لفترات معينة مع بعضها يحتسب الإستهلاك المائي لفترات أطول كالموسم أو السنة.** و تشمل:

أ. المساريب (Lysimeter) (ص 215- ص 217 من كتاب الري أساسياته و تطبيقاته): و هي عبارة عن أجهزة لتقدير التبخر و النتح للمحاصيل المختلفة، و فيها تعزل كتلة من التربة التي تمثل تربة الحقل و توضع في وعاء يسمى (مسراب أو ليسيمتر)، و يزرع هذا الآخر بمحصول معين بقصد تقدير الإستهلاك المائي له عن طريق **دراسة التغير في رطوبة التربة و أحتساب كميات المياه المضافة و كميات المياه المبزولة**. يعتمد تقارب قيم الإستهلاك المائي المقدّرة بهذه الطريقة مع الإستهلاك المائي الفعلي على **تقارب ظروف الليسيمتر مع الظروف الطبيعية للحقل** و وفق المعادلة:

$$ET = W_i + P + W_d \pm \Delta W$$

حيث **ET** الإستهلاك المائي و $W_i$ عمق الماء المضاف خلال فترة زمنية محددة و **P** الأمطار التي تسقط خلال نفس الفترة الزمنية و $W_d$ كمية المياه المتسربة من المسراب خلال نفس الفترة الزمنية و $\Delta W$ التغير في المحتوى الرطوبي (عادة ما يهمل لصغر قيمته).

و من أنواع الليسيمترات (الوزنية و الفيرووزنية و الطواف).




ب. دراسات رطوبة التربة: هي طريقة تعطي نتائج واقعية **حينما تكون التربة متجانسة مع العمق و عندما تكون المياه الأرضية عميقة بحيث لا تسهم في إمداد التربة في المنطقة الجذرية بأي جزء من الرطوبة**. تقدر رطوبة التربة في المنطقة الجذرية قبل و بعد كل ريّة و من خلال هذه القياسات تحتسب أعماق الماء المستهلك يوميًا و منها يمكن احتساب الإستهلاك المائي الشهري أو السنوي و تتحدد الأعماق التي تقدر فيها رطوبة التربة بنوع المحصول، و وفق المعادلة:

$$ET = P + \sum_{0}^{D} \Delta P_v . \Delta D$$

عمق **D** كمية الأمطار التي تسقط خلال فترة زمنية محددة و **P** الإستهلاك المائي و **ET**حيث المنطقة الجذرية التي يتم فيها قياس المحتوى الرطوبي و $\Delta P_v$ التغير في المحتوى الرطوبي الحجمي خلال الفترة الزمنية نفسها.

ج. طريقة الألواح التجريبية (التجارب الحقلية): هذه الطريقة معتمدة أكثر من طريقة المساريب، و فيها تضاف مياه الري لألواح تجريبية محددة الأبعاد و على مدار موسم نمو المحصول ثم ترسم العلاقة بين إنتاج المحصول لحقول مختلفة مع الكمية الكلية المستعملة من الماء.

د. طريقة التكامل: تستعمل هذه الطريقة للمساحات الكبيرة و نجاحها مرتبط بدقة تقدير وحدات الإستهلاك المائي للمساحات المختلفة، حيث أنها تمثل مجموع وحدات الإستهلاك المائي و تستخرج بوساطة جمع {(الإستهلاك المائي لكل محصول × المساحة المزروعة بالمحصول) + (الإستهلاك المائي للنباتات الطبيعية × مساحتها) + (التبخر من السطوح المائية × مساحتها) + (التبخر من الأراضي البور × مساحتها)}.

هـ. طريقة التوازن المائي: تستعمل هذه الطريقة أيضًا للمساحات الكبيرة كوديان الأنهار و يحتسب الإستهلاك المائي ($C_u$) لمساحة معينة وفق المعادلة الآتية:

$$C_u = (I + P) + (G_s - G_e) - R$$

كمية السقيط (الأمطار **P** كمية المياه الداخلة للمساحة المعينة في السنة الإستهلاك المائي و **I**حيث كمية المياه المخزونة $G_e$ كمية المياه المخزونة في التربة عند بداية السنة و $G_s$و غيرها) في السنة و كمية المياه الخارجة في السنة. **R**في التربة عند نهاية السنة و

2. <u>الطرائق غير المباشرة أو التقديرية</u>: و هي الطرائق التي تتضمن قياسات عوامل المُناخ التي لها علاقة أو تسبب التبخر و النتح (ET) مثل الإشعاع الشمسي و الحرارة و طول النهار و الرطوبة و سرعة الرياح ..... إلخ. و تشمل الآتي:

أ. تقدير التبخر-نتح من بيانات التبخر (أحواض التبخر): إن من محاسن هذه الطريقة **هو سهولة استعمالها و سهولة صيانتها و رخص ثمنها**، و يمكن حساب التبخر بهذه الطريقة **متأثرًا بمقدار الإشعاع الشمسي و الرياح و درجة الحرارة من سطح مائي متمثل بحوض التبخر**.

) يتكون من وعاء حديدي مغلون مستدير الشكل قطره USWBإن حوض التبخر الأكثر شيوعًا (نوع 120 سم و عمقه 25 سم يوضع على مشبك خشبي **للسمح للهواء بالحركة**. يملأ الحوض بالماء إلى عمق 20 سم و يقاس مستوى الماء فيه **بوساطة مقياس موضوع في بئر تهدئة مرتبط به**، و يحسب التبخر من فرق المناسيب بعد أخذ كمية الأمطار التي تسقط بنظر الإعتبار، و يمكن اعتماد قيم التبخر التي قيست على أنها تمثل الإستهلاك المائي إلا أن كمية المياه المستهلكة في الغالب من قبل النبات هي أقل من الكمية المتبخرة من أحواض التبخر **و بعبارة أُخرى <u>فإن مقدار التبخر المقاس من الحوض لا يمثل القيمة الحقيقية لمقدار التبخر-نتح، لذا يجب تعديله ليمثل القيمة الحقيقية</u>** **<u>) يختلف تبعًا لنوع الحوض و الغطاء النباتي $K_p$و ذلك باستعمال معامل خاص بحوض التبخر (</u>** **<u>المحيط بالحوض و طبيعة سطح التربة</u>** و كما يأتي:

$$ETP = E_{pan} \times K_p$$

التبخر من الحوض، $E_{pan}$ قيمة التبخر-نتح من الحوض المعدّلة بال (ملم/يوم) و **ETP**حيث

ب. الطرائق النظرية (المعادلات التجريبية): استنتجت هذه المعادلات بالاعتماد على تجارب ارتكزت على عامل أو أكثر من العوامل المُناخية كدرجة الحرارة أو شدة الإشعاع الشمسي أو الرطوبة النسبية وسرعة الرياح، فضلاً على إعتمادها على عامل خاص بالمحصول، ومن هذه الطرائق:

1) طريقة بلاني-كريدل: تعتمد هذه المعادلة في تقدير الاستهلاك المائي على العلاقة الثنائية بين متوسط درجة حرارة الهواء والنسبة المئوية لعدد ساعات النهار، وتستعمل في تقدير الاستهلاك المائي لفترة شهر واحد أو خلال موسم النمو للمحصول. وصيغة المعادلة كما يأتي:

$$ET = 4.57 \times K \times P(t + 17.8)$$

معامل **K** الاستهلاك المائي الشهري خلال فترة نمو المحصول (سم/شهر) و **ET**حيث أن النسبة المئوية لعدد ساعات **P**المحصول يتوقف على نوع المحصول (جدول 1-1) و النهار من السنة الحاصلة خلال فترة النمو (جدول1-2) و = (عدد الساعات المضيئة خلال متوسط درجة حرارة الهواء **t**و الشهر المحدد ÷ عدد الساعات المضيئة خلال العام**)** خلال الشهر المحدد (درجة مئوية**).**

**) خلال فترة نمو المحصول Kجدول 1-1: قيم لمعامل بلاني (**
**(القيم الصغرى للمناطق الرطبة والكبرى للمناطق الجافة).**

| المحصول | Kقيمة المعامل |
|---|---|
| البرسيم | 0.90 – 0.80 |
| البقول | 0.70 – 0.60 |
| الذرة | 0.85 – 0.75 |
| القطن | 0.70 – 0.60 |
| الكتان | 0.80 – 0.70 |
| حبوب صغيرة | 0.85 – 0.75 |
| حبوب زيتية | 0.75 – 0.65 |

| | |
|---|---|
| الأرز | 1.10 – 1.00 |
| البنجر السكري | 0.75 – 0.65 |
| القصب السكري | 0.90 – 0.80 |
| التبغ | 0.80 – 0.70 |
| الطماطم | 0.70 – 0.65 |

**جدول 1-2: النسبة المئوية لساعات النهار في الشهر بالنسبة للسنة للمواقع المختلفة (P)**
**حسب خطوط العرض.**

| درجة الخط | الشهر | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| شمال | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 8.50 | 7.66 | 8.40 | 8.21 | 8.50 | 8.22 | 8.50 | 8.49 | 8.21 | 8.50 | 8.22 | 8.50 |
| 10 | 8.13 | 7.46 | 8.45 | 8.37 | 8.81 | 8.60 | 8.80 | 8.71 | 8.25 | 8.34 | 7.91 | 8.10 |
| 15 | 7.94 | 7.36 | 8.43 | 8.44 | 8.98 | 8.80 | 9.05 | 8.83 | 8.28 | 8.26 | 7.75 | 7.88 |
| 20 | 7.74 | 7.25 | 8.41 | 8.52 | 9.15 | 9.00 | 9.25 | 8.96 | 8.30 | 8.18 | 7.58 | 7.66 |
| 25 | 7.53 | 7.14 | 8.39 | 8.61 | 9.33 | 9.23 | 9.45 | 9.09 | 8.32 | 8.09 | 7.40 | 7.42 |
| 30 | 7.30 | 7.03 | 8.38 | 8.72 | 9.53 | 9.49 | 9.67 | 9.22 | 8.33 | 7.99 | 7.19 | 7.15 |
| 35 | 7.05 | 6.88 | 8.35 | 8.83 | 9.76 | 9.77 | 9.93 | 9.37 | 8.36 | 7.87 | 6.97 | 6.86 |
| 40 | 6.76 | 6.72 | 8.33 | 8.95 | 10.02 | 10.08 | 10.22 | 9.54 | 8.39 | 7.75 | 6.72 | 6.52 |
| 50 | 5.98 | 6.30 | 8.24 | 9.24 | 10.68 | 10.91 | 10.99 | 10.00 | 8.46 | 7.45 | 6.10 | 5.65 |
| 60 | 4.67 | 5.05 | 8.08 | 9.65 | 11.74 | 12.39 | 12.31 | 10.70 | 8.57 | 6.98 | 5.04 | 4.22 |
| جنوب | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 8.86 | 7.87 | 8.53 | 8.09 | 8.18 | 7.86 | 8.14 | 8.27 | 8.17 | 8.62 | 8.53 | 8.88 |
| 20 | 9.24 | 8.09 | 8.57 | 7.94 | 7.85 | 7.43 | 7.76 | 8.03 | 8.13 | 8.76 | 8.87 | 9.33 |
| 30 | 9.70 | 8.33 | 8.62 | 7.73 | 7.45 | 6.96 | 7.31 | 7.76 | 8.07 | 8.97 | 9.24 | 9.85 |
| 40 | 10.2 | 8.03 | 8.67 | 7.49 | 6.97 | 6.37 | 6.76 | 7.41 | 8.02 | 9.21 | 9.71 | 10.50 |

و في عام 1967 تم تعديل هذه المعادلة (بلاني-كريدل) من قبل القسم الهندسي لمكتب المحافظة على التربة بالولايات المتحدة **كي تستعمل المعادلة لتقدير الاستهلاك المائي في المناطق الجافة والشبه جافة ولفترات قصيرة من مرحلة نمو أي محصول**. و يتلخص التعديل في تجزئة المعامل ( K) في المعادلة إلى جزئين و كما يأتي:

$$K = K_t \cdot K_c$$

حيث أن $K_c$ معامل يعكس تأثير مرحلة نمو النبات (لكل محصول منحنى خاص به) (جدول 1-3)

$K_t$ معامل يعكس تأثير درجة حرارة الهواء في الاستهلاك المائي لفترة قصيرة، على شرط أن يكون مقداره أكبر أو يساوي 0.3 من المعادلة ( $K_t = 0.24 + 0.03\ t$).

**جدول 1-3: معامل المحصول ($K_c$) لبعض المحاصيل المتنوعة خلال مراحل النمو المختلفة**

| نوع المحصول | مراحل النمو | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| **1 – محاصيل الحبوب** | | | | |
| قمح | 0.55 | 0.65 | 1.15 | 0.30 |
| شعير | 0.55 | 0.65 | 1.15 | 0.30 |
| ذرة صفراء | 0.55 | 0.65 | 1.10 | 0.60 |
| ذرة رفيعة | 0.55 | 0.65 | 1.10 | 0.45 |
| **2 – الخضراوات** | | | | |
| طماطم (تزرع في اكتوبر) | 0.70 | 0.85 | 1.05 | 0.80 |
| بصل | 0.70 | 0.95 | 1.15 | 0.75 |
| بطيخ | 0.60 | 0.70 | 1.00 | 0.75 |
| باذنجان | 0.75 | 0.85 | 1.05 | 1.05 |
| باميا | 0.60 | 0.75 | 1.00 | 0.80 |
| خيار | 0.60 | 0.70 | 1.00 | 0.80 |
| **3 – أعلاف** | | | | |
| برسيم | 0.80 | 0.95 | 1.10 | 1.15 |
| ذرة رفيعة | 0.55 | 0.75 | 1.10 | 1.00 |
| عشبة رودس | 0.55 | 0.75 | 1.05 | 1.00 |
| **4 – اشجار مثمرة** | | | | |
| نخيل | 0.55 | 0.70 | 0.75 | 0.55 |
| حمضيات | 0.75 | 0.85 | 0.90 | 0.80 |
| عنب | 0.30 | 0.65 | 0.80 | 0.30 |

مثال: احسب الإستهلاك المائي اليومي لنبات الحنطة المزروع في مدينة الموصل عام (2000) بطريقة بلاني-كريدل و بلاني كريدل المعدّلة (علمًا أن K=$K_c$) وفق البيانات الآتية:

| الأشهر | %P | tمº | K |
|---|---|---|---|
| تشرين الاول | 7.89 | 31.2 | 0.85 |
| تشرين الثاني | 6.94 | 22.4 | |
| كانون الأول | 6.78 | 15 | |
| كانون الثاني | 7.02 | 12.8 | |
| شباط | 6.87 | 15.3 | |
| آذار | 8.36 | 19 | |
| نيسان | 8.95 | 25.4 | |
| مايس | 9.83 | 32.9 | |

- الحل بطريقة (بلاني-كريدل):

| الأشهر | عدد أيام الشهر | P% | tºم | K | ET |
|---|---|---|---|---|---|
| تشرين الأول | 31 | 7.89 | 31.2 | 0.85 | **15.018** |
| تشرين الثاني | 30 | 6.94 | 22.4 | 0.85 | **10.837** |
| كانون الأول | 31 | 6.78 | 15 | 0.85 | **8.639** |
| كانون الثاني | 31 | 7.02 | 12.8 | 0.85 | **8.344** |
| شباط | 29 | 6.87 | 15.3 | 0.85 | **8.833** |
| آذار | 31 | 8.36 | 19 | 0.85 | **11.951** |
| نيسان | 30 | 8.95 | 25.4 | 0.85 | **15.019** |
| مايس | 31 | 9.83 | 32.9 | 0.85 | **19.360** |
| المجموع: | 244 | - | - | - | **98.000** |

الإستهلاك اليومي = **0.402** سم

- الحل بطريقة (بلاني-كريدل المعدّلة):

| الأشهر | عدد أيام الشهر | %P | tºم | $K_c$ | $K_t$ | K | ET |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تشرين الأول | 31 | 7.89 | 31.2 | 0.85 | 1.176 | 1.000 | **17.661** |
| تشرين الثاني | 30 | 6.94 | 22.4 | 0.85 | 0.912 | 0.775 | **9.884** |
| كانون الأول | 31 | 6.78 | 15 | 0.85 | 0.69 | 0.587 | **5.961** |
| كانون الثاني | 31 | 7.02 | 12.8 | 0.85 | 0.624 | 0.530 | **5.207** |
| شباط | 29 | 6.87 | 15.3 | 0.85 | 0.699 | 0.594 | **6.174** |
| آذار | 31 | 8.36 | 19 | 0.85 | 0.81 | 0.689 | **9.680** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نيسان | 30 | 8.95 | 25.4 | 0.85 | 1.002 | 0.852 | **15.049** |
| مايس | 31 | 9.83 | 32.9 | 0.85 | 1.227 | 1.043 | **23.754** |
| **المجموع:** | 244 | - | - | - | - | - | **93.370** |

الإستهلاك اليومي = **0.383** **سم**

**أسئلة عامة**

س1/: احسب الاستهلاك المائي خلال فترة عشرة أيام من 10 – 20 أغسطس لمنطقة مزروعة بمحصول الجت مستخدماً معادلة بلاني-كريدل إذا كان متوسط درجة الحرارة 22.13°م خلال الفترة المذكورة، وعدد ساعات الفترة المضيئة 9.1% خلال الشهر المذكور، وأن متوسط معامل بلاني 1.12؟ **الجواب: (6 سم)**

س2/: أوجد مقدار الاستهلاك المائي لمحصول مزروع بمنطقة تقع على خط عرض 35 شمال خط الاستواء ولشهر آب علماً بأن معامل المحصول ($K_c$ الصغرى والعظمى 43.5°م وكانت درجة الحرارة 0.85 يساوي 28.8 °م؟) **الجواب: (26.00 سم)**

س3/: أحسب الإستهلاك المائي للفترة من العاشر و لغاية نهاية شهر شباط من عام 2012 لمنطقة مزروعة بالقطن علمًا بأن متوسط درجة الحرارة في ذلك الشهر 14.85 ºم و نسبة عدد الساعات المضيئة في شهر شباط لعام 2012 كانت 7% مستعملاً معادلة بلاني-كريدل؟ معامل المحصول أو معامل بليني (K يساوي 0.7) **الجواب: (5 سم)**

س4/: باستعمال معادلة بلاني-كريدل لحساب الاستهلاك المائي أحسب أقصى فترة[8] بين ريتين متتاليتين لمحصول معين أثناء فترة معينة (الري يبدأ بعد استنزاف 50%) وفقاً للبيانات الآتية: **الجواب: (5 يوم)**

| | |
|---|---|
| العمق الفعال من التربة (عمق منطقة الجذور) | 60 سم |
| متوسط درجة الحرارة | 47.80ºم |
| نسبة عدد الساعات المضيئة | 1 2% |
| القيمة المتوسطة لمعامل بلاني-كريدل خلال الفترة | 0.75 |
| الكثافة الظاهرية لتربة الحقل | 1.50غم/سم$^3$ |
| المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية على أساس الوزن | 20% |
| المحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول الدائم على أساس الوزن | 10 % |

[8] فترة الري = عمق ماء الري الصافي (NDI) مقسوم على (ET) مضروب في نسبة الإستنزاف (%DEP)، ( $I.I = \frac{NDI}{ET} \times \%DEP$ ).

س5/: احسب الإستهلاك المائي اليومي لنبات الذرة لمزروع في شمال العراق بطريقة بلاني-كريدل و بلاني كريدل المعدّلة (علمًا أن K= $K_c$ وفق البيانات الآتية:

| الأشهر | %P | tºم | K |
|---|---|---|---|
| تموز | 11.3 | 46.3 | 0.8 |
| آب | 10.2 | 44.3 | 0.8 |
| أيلول | 8.8 | 40.4 | 0.8 |
| تشرين الأول | 7.3 | 37.8 | 0.8 |
| تشرين الثاني | 6.9 | 30.3 | 0.8 |

**الجواب: (بلاني-كريدل: 95.337 سم و طريقة بلاني-كريدل المعدّلة: 141 سم)**

2) معادلة جينسن وهيس:

توصل العالمان جينسن و هيس عام 1963 إلى معادلة لأحتساب التبخر-نتح (ET) تعتمد على مبدأ توازن الطاقة و يعبر عنها رياضيا على النحو الأتي:

$$ET = K_C \times R_S \times (0.025\ t + 0.08)$$

حيث أن **ET** التبخر- نتح (سم/يوم) و **$R_s$** معدّل الإشعاع الشمسي الساقط قصير الموجة {(سعرة/سم$^2$/يوم) و يقسم على 585 لتحويلها إلى (سم/يوم)} و **t** درجة حرارة الهواء (ºم).

مثال: احسب الإستهلاك المائي لمحصول باستعمال معادلة جينسن-هيس و مستعينًا ببيانات تم الحصول عليها من محطة للأنواء الجوية على مدى 10 أيام، حيث كانت درجة الحرارة العظمى 45ºم و الصغرى 25ºم و معدّل الإشعاع الشمسي الساقط قصير الموجة 720 سعرة/سم$^2$/يوم و معامل المحصول 0.85؟

الحل:

$$R_S = \frac{720}{585} = 1.231....cm/day$$

$$t = \frac{45+25}{2} = \frac{70}{2} = 35^{\circ}c$$

$$\Theta\ ET = K_C \times R_S \times (0.025\ t + 0.08)$$

$$\therefore ET = 0.85 \times 1.231 \times (0.025 \times 35 + 0.08) = 1...cm./day$$

$$\therefore ET...for_{10}days = 1 \times 10 = 10...cm.$$

س/: احسب الاستهلاك المائي خلال فترة عشرة أيام من 10 – 20 أغسطس لمنطقة مزروعة بمحصول الجت مستخدماً معادلة جينسن-هيس إذا كان متوسط درجة الحرارة 22.13°م خلال الفترة المذكورة و معدّل الإشعاع الشمسي الساقط قصير الموجة 495 سعرة/سم$^2$/يوم و أن متوسط معامل بلاني 1.12؟

**الجواب: (6 سم)**