

# الري والبزل

## الجزء العملي

اعداد

د. أحمد خيرالدين عبدالسلام

د. خالد اخليف نزال الحديدي

كلية الزراعة والغابات / قسم علوم التربة والموارد المائية



## المحتويات

الصفحة	العنوان	الموضوع
1	تعريف ومفهوم الري	المحاضرة الاولى
10	تقدير المحتوى الرطوبي للتربة	المحاضرة الثانية
19	تقدير منحني الشد (الوصف) الرطوبي للتربة	المحاضرة الثالثة
24	قياس معدل الغييض	المحاضرة الرابعة
28	قياس معدل تصريف الماء	المحاضرة الخامسة
34	طريقة استخدام الهدارة	المحاضرة السادسة
40	الاستهلاك المائي	المحاضرة السابعة
46	البزل	المحاضرة الثامنة
51	صيانة المبال	المحاضرة التاسعة

## تعريف الري

يعرف الري عموماً بأنه الاضافة الاصطناعية للماء إلى التربة لغرض تجهيز الرطوبة الضرورية لنمو النبات ، وهناك تعريف أوسع وأكثر شمولاً وهو الاضافة الاصطناعية للماء إلى التربة للتحقيق أي عدد من الاعراض الاتية:

- 1- تجهيز الرطوبة الضرورية لنمو النبات.
- 2- ضمان انتاج المحصول في فترات الجفاف القصيرة التي تتخلل سقوط الأمطار .
- 3- تبريد التربة والجو وبذلك جعل المحيط اكثر ملائمة لنمو المحصول .
- 4- تقليل مخاطر الانجماد.
- 5- غسل أو تخفيف تركيز الأملاح في التربة .
- 6- تقليل مخاطر حدوث التشققات في التربة .

## الزراعة والري

تنقسم طرق الزراعة الى ثلاثة أقسام من ناحية تزويد المحاصيل بالرطوبة وهي :

- 1- **الزراعة المطرية** : وهي الزراعة التي تعتمد كلياً على الأمطار والتي تكون كافية لإنتاج أغلب المحاصيل الزراعية . كما هو الحال في المناطق الرطبة من العالم مثل شمال اوربا .
- 2- **الزراعة الجافة (الديمية) Dry farming** : وهي الزراعة التي يحصل فيها النبات على جميع احتياجاته من الرطوبة عن طريق الأمطار ، والتي قد لا تكون كافية لإنتاج المحاصيل في جميع الأوقات ، ويشمل هذا التعريف المناطق شبه الجافة وشبه الرطبة من العالم التي تعتمد في زراعتها على الأمطار مثل شمال العراق واجزاء عديدة من الوطن العربي .
- 3- **الزراعة الأروائية Irrigation Agriculture**: وهي الزراعة التي يحصل فيها النبات على جميع احتياجاته من الرطوبة الضرورية لنموه عن طريق الري .

## أنواع الري

1. الري الكلي Total Irrigation
2. الري التكميلي Supplemental Irrigation

**الري الكلي:** الري الكلي يعني توفير جميع الاحتياجات المائية للمحصول عن طريق الري ، وينتشر عادة في المناطق الجافة من العالم التي لا يمكن للأمطار الساقطة لوحدها تجهيز جميع الاحتياجات المائية الضرورية خلال نمو المحصول ، كما هو عليه الحال في جنوب العراق .

**الري التكميلي:** هو اعطاء المحاصيل التي تعتمد في نموها بالدرجة الأولى على الأمطار الساقطة . بعض الريات الاضافية في الفترات الجافة القصيرة التي قد تحدث بين سقوط المطر لضمان الانتاج الأمثل والنوعية الجيدة . ان هذا النوع من الري يتصاحب بصورة رئيسة مع الفلاحة المتطورة والمعقدة . ويمثل تحسناً في تقنية الأساليب الفلاحية الموجودة . ان الري وعدمه في هذه الحالة يعتمد بصورة رئيسية على الفائدة المادية التي تأتي من الري وهو يكثر في المناطق شبه الرطبة من العالم مثل جنوب ووسط اوربا ومن المشاريع الاروائية الحديثة في شمال العراق مثل مشروع ري الجزيرة الشمالي .

### المصادر المائية لنمو النبات

أن الماء اللازم لتجهيز الرطوبة الضرورية لنمو النبات قد يأتي من خمسة مصادر ولا ينبغي اهمال أي منها عند تقدير احتياجات ماء الري .

1- السقيط (الامطار) .

2- الماء الجوي عدا السواقي Atmospheric water

3- ماء الفيضان Flood Water

4- الماء الجوفي Ground water

5- ماء الري Irrigation water

ان اهمال هذه المصادر أو الخطأ في حساب نسبة الماء التي توفر من كل منها السد احتياجات النبات الكلية ربما ينتج عنها خطأ في تصميم نظام الري . في بعض المناطق ربما يجهز احد هذه المصادر الخمسة الحصة الرئيسية من احتياجات النبات ، في مناطق اخرى تساهم اثنتان أو اكثر من هذه المصادر بكميات يمكن تقديرها لنمو النبات.

### أهداف الري:

1. توفير الرطوبة اللازمة لنمو النبات.

2. غسل الأملاح من التربة والتخفيف من تراكيزها.

3. التقليل من خطورة حدوث التشققات والقشرة السطحية.

4. التقليل من مخاطر الانجماد.

5. تسهيل عمليات الحراثة.

### العلاقات الرياضية

Volume			Mass	
$V_t$	$V_f$	$V_a$	Air	$M_a = 0$
		$V_w$	Water	$M_w$
	$V_s$		Solid	$M_s$

**الكثافة الظاهرية** ( $\rho_b$ ) (Bulk density): النسبة بين كتلة الجزء الصلب إلى الحجم الكلي للتربة أو تعرف الكثافة الظاهرية للتربة بأنها وزن حجم معين من التربة الجافة بالفرن بحجمها الظاهري ، والحجم الظاهري يتضمن حجم الدقائق وحجم الفراغات البينية ، ويعبر عنها (غم. سم<sup>-3</sup>) أو (ميكاجرام. م<sup>3</sup>)، وتعتمد قيم الكثافة الظاهرية على حجم الفراغات البينية لذا فهي تتأثر بعوامل كثيرة مثل النسجة والتركيب ومحتوى التربة من المادة العضوية وحالة الكبس ، ففي الترب ذات النسجة الناعمة تكون قيم الكثافة الظاهرية اقل من تلك ذات النسجة الخشنة (بسبب المسامية العالية) إذ تتراوح قيمها في الترب الطينية بين 1.1 – 5.1 غم.سم<sup>-3</sup> بينما في الترب الرملية تتراوح بين 1.4 – 1.8 (غم.سم<sup>-3</sup>) ، أما في الترب العضوية فأن قيم الكثافة الظاهرية اقل من 0.5 (غم.سم<sup>-3</sup>)، وتزداد قيم الكثافة مع العمق في المقدم نتيجة لانخفاض محتوى التربة من المادة العضوية وقلة الاستنارة .

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_w + V_a}$$

تتأثر الكثافة الظاهرية بعدة عوامل منها:

- ① عملية الرص. ② درجة الابتلال. ③ تعاقب الابتلال والجفاف. ④ نوع بناء التربة والتجمعات.

**الكثافة الحقيقية (Particle density):** النسبة بين كتلة الجزء الصلب إلى حجم الجزء الصلب ووحدتها (غم/سم<sup>3</sup>) أو (ميكراغرام/م<sup>3</sup>). أو هي وزن حجم معين من التربة الجافة بالفرن. تتراوح قيمتها بين (2.6 – 2.75) غم.سم<sup>-3</sup> وبمعدل 2,65 غم/سم<sup>-3</sup>. وتصل قيمة الكثافة الحقيقية للترب العضوية (Muck soil و Peat soil) إلى 1.9 غم/سم<sup>3</sup> وتصل قيمها في بعض الترب التي تحتوي على معادن ثقيلة والحاوية على أكاسيد الألمنيوم والحديد السداسية إلى 3.9 غم/سم<sup>3</sup>.

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

**المسامية f (Porosity):**

النسبة بين حجم المسامات المشغولة بالماء والهواء إلى الحجم الكلي للتربة. المسامية هي مجموع الفراغات البينية الموجودة في حجم معين من التربة المحنقطة بتركيبها الطبيعي سواءً كانت مشغولة بالماء أو الهواء ويعبر عنها بنسبة مئوية (%). وتعتمد المسامية على نسجة التربة وتركيبها ، وتكون عادة مسامية الترب الطينية أكبر منها في الترب الرملية . هنالك نوعين من المسامات هما المسامات البينية الصغيرة وتسمى أيضا المسامات الشعرية وهي تحدد قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء والتي تكون حركة الماء فيها بالخاصية الشعرية . أما النوع الثاني هي المسامات البينية الكبيرة (غير الفعالة) وهذه غالبا ما تكون مملوءة بالهواء في الترب جيدة الصرف وتكون حركة الماء فيها بطيئة جداً . وتتراوح قيم المسامية من 30% في الترب الرملية إلى 60% في الترب الطينية.

$$f = \frac{V_f}{V_t} = \frac{V_f}{V_s + V_w + V_a}$$

**رطوبة التربة (Soil wetness):**

1. **المحتوى الرطوبي الوزني (Gravimetric water content OR Mass wetness):** النسبة بين كتلة الماء إلى كتلة الجزء الصلب (%).

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

**2. المحتوى الرطوبي الحجمي (Volumetric water content OR Volume wetness):**

النسبة بين حجم الماء إلى الحجم الكلي للتربة (%).

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t}$$

المحتوى الرطوبي الحجمي أكثر استخداماً من الوزني حيث يدخل الأول في حساب كمية المياه الداخلة في التربة والخارجة منها كما يدخل في حساب تدفق الماء ومعدلات التصريف.

**3. درجة التشبع (Degree of saturation):** النسبة بين حجم الماء إلى حجم المسامات (%).

$$\theta_s = \frac{V_w}{V_f}$$

**نسبة المسامات المشغولة بالهواء (Air-filled porosity):** النسبة بين حجم المسامات المشغولة بالهواء إلى الحجم الكلي (%).

$$f_a = \frac{V_a}{V_t}$$

**نسبة الفراغات e (Void ratio):** النسبة بين حجم المسامات إلى حجم الجزء الصلب (%).

$$e = \frac{V_f}{V_s}$$

$$1) f = \frac{e}{(1+e)}$$

$$2) e = \frac{f}{(1-f)}$$

$$3) \theta_s = \frac{\theta_v}{f}$$

$$4) \theta_v = \frac{\theta_m \cdot \rho_b}{\rho_w}$$

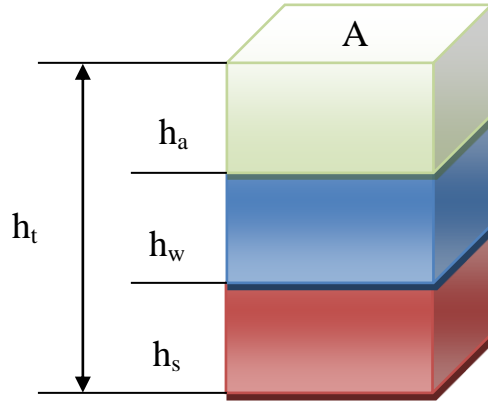
$$5) f = \frac{(\rho_s - \rho_b)}{\rho_s}$$

$$6) f = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

$$7) f_a = f(1 - \theta_s)$$

$$8) \theta_v = f - f_a$$

العمق المكافئ للماء (Equivalent depth of water): النسبة بين حجم الماء إلى وحدة المساحة (سم).



$$d = \frac{V_w}{A} \rightarrow \frac{h_w \cdot A}{A}$$

$$d = h_w$$

$$d = h_w \quad \theta_v = \frac{V_w}{V_t} \rightarrow \frac{h_w \cdot A}{h_t \cdot A} \rightarrow \theta_v = \frac{h_w}{h_t}$$

$$\theta_v = \frac{d}{h_t}$$

$$d = \theta_v \cdot h_t \rightarrow d = \frac{\theta_m \cdot \rho_b}{\rho_w} \cdot h_t$$

\*  $(h_t)$ : عمق التربة المراد ريتها أو عمق المجموعة الجذرية

وبالتعويض عن  $h_t$  بـ  $D$  تصبح المعادلة:

$$d = \frac{\theta_m \cdot \rho_b}{\rho_w} \cdot D \quad \text{OR} \quad d = \theta_v \cdot D$$

**مثال 1:** تربة وزنها الرطب 1000 غم وحجمها 640 سم<sup>3</sup> جففت في الفرن على درجة حرارة 105°م فكان وزنها 800 غم. احسب الكثافة الظاهرية والحقيقية، المسامية، نسبة الفراغات، الرطوبة الوزنية والحجمية، درجة التشبع ونسبة المسامات المشغولة بالهواء.

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t} = \frac{800}{640} = 1.25 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \rightarrow 2.65 = \frac{800}{V_s} \rightarrow V_s = 301.9 \text{ cm}^3$$



$$f = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} = 1 - \frac{1.25}{2.65} = 0.53$$

$$e = \frac{V_f}{V_s} = \frac{V_t - V_s}{V_s} = \frac{640 - 301.9}{301.9} \rightarrow e = 1.12$$

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s} \rightarrow \theta_m = \frac{1000 - 800}{800} = 0.25$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t} \rightarrow \frac{200}{640} = 0.31$$

$$\theta_s = \frac{V_w}{V_f} \rightarrow \frac{200}{338.1} = 0.59$$

$$f_a = f(1 - \theta_s) \rightarrow f_a = 0.53(1 - 0.59) = 0.22$$

**مثال 2:** حقل مساحته 5 دونم مزروع بمحصول الذرة عمق الجذور 30 سم والكثافة الظاهرية للتربة 1.3 غم/سم<sup>3</sup>، المحتوى الرطوبي قبل الري 14% وعند السعة الحقلية 26%. احسب حجم الماء الواجب إضافته للوصول إلى السعة الحقلية.

$$d = \frac{(\theta_{m(F.C)} - \theta_{m(im)}) \cdot \rho_b \cdot D}{\rho_w}$$

$$d = \frac{(0.26 - 0.14) \cdot 1.3 \cdot 30}{1} = 4.68 \text{ cm}$$

$$V_w = \frac{4.68 \text{ cm}}{100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}} \cdot 5 \text{ donum} \cdot 2500 \frac{\text{m}^2}{\text{donum}}$$

$$V_w = 585 \text{ m}^3$$

**مثال 3:** تربة عمقها 1 م المحتوى الرطوبي من السطح وإلى عمق 40 سم 15% والكثافة الظاهرية لها 1.2 غم/سم<sup>3</sup> والمحتوى الرطوبي للعمق 40-100 سم هو 25% والكثافة الظاهرية لها 1.4 غم/سم<sup>3</sup> ، احسب العمق المكافئ للماء من السطح وإلى عمق 100 سم.

$$d_1 = \frac{\theta_m \cdot \rho_b}{\rho_w} \cdot D = \frac{0.15 \cdot 1.2}{1} \cdot 40 \rightarrow d_1 = 7.2 \text{ cm}$$

$$d_2 = \frac{0.25 \cdot 1.4}{1} \cdot 60 \rightarrow d_2 = 21 \text{ cm}$$

$$d = d_1 + d_2$$

$$= 7.2 + 21 = 28.2 \text{ cm}$$

**مثال 4:** حقل مساحته 5 دونم مزروع بمحصول القطن، عمق الجذور 40 سم، المحتوى الرطوبي لتربة الحقل 12% قبل الري والمحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية 30% والكثافة الظاهرية لتربة الحقل 1.2 غم/سم<sup>3</sup> . احسب حجم الماء الواجب إضافته للحقل للوصول إلى السعة الحقلية ثم احسب زمن الإرواء إذا كان لديك مضخة معدل تصريفها 5.5 م<sup>3</sup>/ساعة.

$$d = \frac{(\theta_{m(F.C)} - \theta_{m(im)}) \cdot \rho_b}{\rho_w} \cdot D$$

$$d = \frac{(0.3 - 0.12) \cdot 1.2}{1} \cdot 40$$

$$d = 8.64 \text{ cm}$$

$$V_w = \frac{8.64 \text{ cm}}{100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}} \cdot 5 \text{ donum} \cdot 2500 \frac{\text{m}^2}{\text{donum}}$$

$$V_w = 1080 \text{ m}^3$$

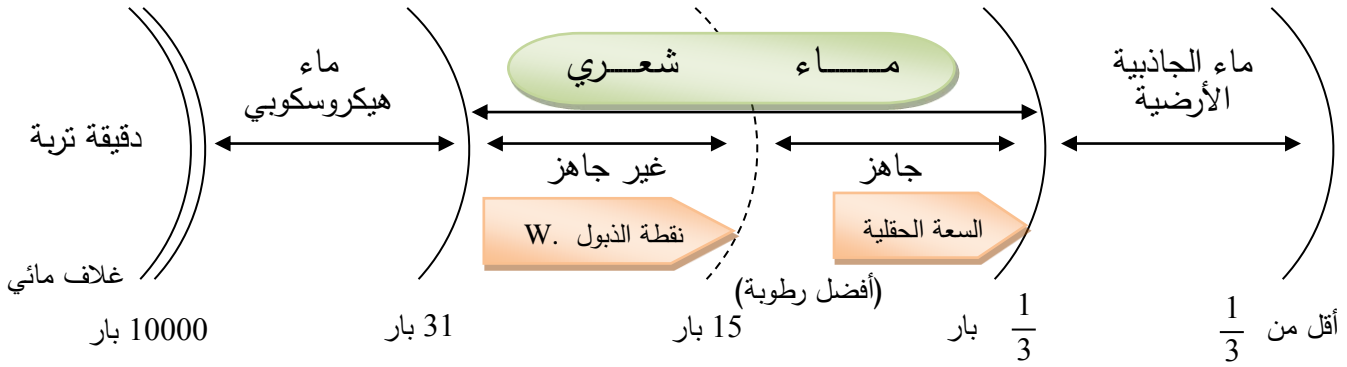
الزمن اللازم للإرواء = حجم الماء / معدل تصريف المضخة

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

$$\frac{1080 \text{ m}^3}{5.5 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}} = 196.36 \text{ hr}$$

ماء التربة **Soil water**: هنالك ثلاثة أنواع من ماء التربة:

1. الماء الهيكروسكوبي Hygroscopic water .
2. الماء الشعري Capillary water .
3. الماء الحر Free water .



## تقدير المحتوى الرطوبي للتربة

### Determination of soil moisture تقدير المحتوى الرطوبي للتربة

قياس رطوبة التربة (ماء التربة) يكون ضرورية لتحديد موعد الارواء وتقدير كمية الماء المضافة كل رية . كما أن قياس التغير في مقدار رطوبة التربة مع الوقت يكون ضرورية لتقدير التبخر والنتح . يعتبر تقدير محتوى التربة من الرطوبة أمر في غاية الأهمية إذ لا يقتصر تأثير رطوبة التربة على نمو المحصول فحسب بل يتعداه الى تحول العناصر الغذائية والسلوك البيولوجي ، لذا يجب قياس رطوبة التربة روتينياً في معظم التجارب ، وعلى الرغم من امكان قياسها في الحقل باستخدام المجس الاليكتروني أو جهاز الشد الرطوبي Tensiometer أو قوالب الجبس gypsum block إلا أن طريقة التجفيف الوزنية - الحرارية Thermo gravimetric تعتبر أكثر مرونة إذ يمكن أخذ نماذج بسهولة من أي موقع وتجري جميع التحاليل في المختبر وذلك بتجفيف عينات التربة في فرن تتراوح درجة حرارته بين 105- 110 م° بالنسبة للترب المعدنية وبين 50 - 60 م° بالنسبة للترب العضوية . وعندما تصل العينة الى وزن ثابت يتم حساب النسبة المئوية للرطوبة . وهناك طرق متعددة لتمثيل نسبة الرطوبة في التربة ومنها ما يلي :

المبدان الرئيسان للتعبير عن رطوبة التربة هما :

1- بوساطة كمية من الماء في كمية معلومة من التربة .

2- بوساطة الجهد أو الشد الذي يمسك به الماء من قبل التربة .

أن طرق قياس ماء التربة يمكن تقسيمها إلى :

1- طرق مباشرة وغالبا ما تحتاج إلى أخذ عينات.

2- طرق غير مباشرة وهي طرق تسمح لتكرار القياس في نفس الموضع.

#### 1- الطرق المباشرة

##### أ- مظهر وملمس التربة

واحدة من أقدم الطرق المستعملة لتقدير رطوبة التربة وأكثرها انتشارا النظر إلى التربة وتحسسها وبالرغم من أن هذه الطريقة تقريبية ولا تعطي نتائج مضبوطة ، الا انه يمكن استعمالها بصورة مرضية لبعض الأغراض اذا كانت الخبرة متوفرة ومسنودة بمعلومات اخرى . الجدول (؟) يبين هذه الطريقة التي تسمى

بتصنيف رطوبة التربة إلى خمس فئات أن هذه الطريقة شخصية ولهذا ربما يمكن الحصول على عدة اجوبة من اشخاص مختلفين يقومون بفحص نفس التربة .

تقدير رطوبة تربة ذات نسبة متوسطة إلى ثقيلة بواسطة اللمس (JAMES وآخرون ١٩٨٢).

ملمس التربة	رطوبة التربة (% من السعة الحقلية)
جافة جدا لا تكون كرة	25 - 0
تكون كرة ضعيفة	50 - 25
تكون كرة دائمية	75 - 50
تترك رطوبة على راحة اليد	100 - 75
عصر الكرة لا يوجد ماء حر مرئي	فوق السعة الحقلية
الماء الحر يمكن رؤيته بسهولة في التربة	
التربة تتسرب خارجة من بين الأصابع	

من مزايا هذه الطريقة انها سريعة الاستعمال ولا تحتاج إلى اجهزة . ولكن الطريقة يمكن فقط تقدير مديات واسعة من رطوبة التربة .

### ب- الطريقة الوزنية:

وهي من أبسط الطرق وأكثرها استعمالاً، وتتلخص طريقة العمل بأخذ علبة رطوبة وتنظف جيداً وتجفف بالفرن ثم توزن وهي فارغة وتؤخذ إلى الحقل ويوضع فيها كمية قليلة من التربة ثم يوضع الغطاء عليها بشكل محكم لتجنب فقد الرطوبة من التربة أثناء نقلها إلى المختبر، ثم توزن في المختبر مع التربة الرطبة وبعدها يزال الغطاء عنها وتوضع في الفرن لغرض التجفيف عند درجة حرارة 105°م ولمدة 24 ساعة، ثم تنقل من الفرن وتوزن.

1- التمثيل بالنسبة لوزن التربة الجافة تماماً : ويتم ذلك عن طريق قسمة كتلة الماء المفقود الذي تفقده

عينة التربة عند تجفيفها بالفرن على وزن التربة الجافة بالفرن كما في المعادلة :

كمية الماء المفقود

$$100 \times \frac{\text{كتلة التربة الجافة}}{\text{نسبة الرطوبة بالنسبة للوزن الجاف}} =$$

$$\theta m = \frac{M_w}{M_s} * 100$$

### خطوات العمل

- 1- زن حوالي 10 غم تربة في علبة معدنية نظيفة ومجففة وموزونة مسبقاً.
- 2- جفف العينات بالفرن على درجة حرارة 105 م<sup>0</sup> والعلبة مفتوحة طوال الليل.
- 3- في اليوم التالي أخرج العلبة من الفرن وضعها بسرعة في مجفف حتى تبرد ثم زنها.
- 4- أستخرج نسبة الرطوبة في نموذج التربة على أساس الوزن الجاف بالفرن أو وزن التربة الرطبة (الجافة هوائياً) .

مثال (1): خلال تجربة لتقدير النسبة المئوية لرطوبة التربة كانت النتائج:

وزن العلبة فارغة = 35,5 غم ، وزن العلبة مع التربة الرطبة ( الجافة هوائياً ) = 56,1 غم  
 وزن العلبة مع التربة الجافة تماماً (الجافة بالفرن) = 51,1 غم أحسب المحتوى الرطوبي على  
 أساس الوزن الجاف تماماً والوزن الجاف هوائياً .  
 الحل :

وزن التربة الرطبة = وزن العلبة مع التربة الرطبة (الجافة هوائياً) – وزن العلبة فارغة  
 وزن التربة الجافة = وزن العلبة مع التربة الجافة تماماً (الجافة بالفرن) – وزن العلبة فارغة  
 كتلة الماء المفقود = وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة

$$\text{وزن التربة الرطبة} = 35,5 - 56,1 = 20,6 \text{ غم}$$

$$\text{وزن التربة الجافة} = 35,5 - 51,1 = 15,6 \text{ غم}$$

$$\text{كتلة الماء المفقود} = 15,6 - 20,6 = 5 \text{ غم}$$

كمية الماء المفقود

$$100 \times \frac{\text{كتلة التربة الجافة}}{\text{نسبة الرطوبة بالنسبة للوزن الجاف}} =$$

$$52\% = 100 \times \frac{5}{15,6} =$$

مثال (2): تربة وزنها 600 غم جافة هوائياً ، النسبة المئوية للرطوبة فيها 5% أحسب الوزن الجاف تماماً لهذه التربة، ثم أوجد الكثافة الحقيقية لهذه التربة إذا علمت أن حجمها 300 سم<sup>3</sup>.

وزن التربة	وزن الماء
100	5
600	س

$$س = 100 / (5 \times 600) = 30 \text{ غم وزن الماء}$$

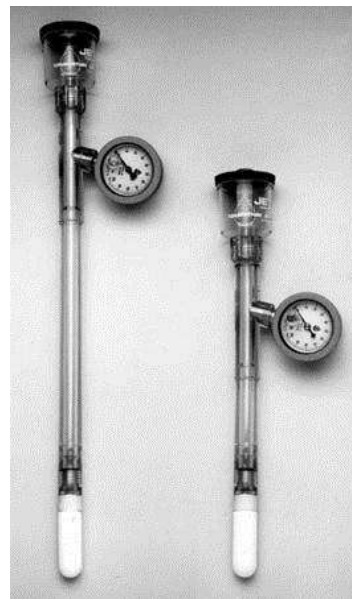
$$\text{وزن التربة الجافة تماماً} = 600 - 30 = 570 \text{ غم}$$

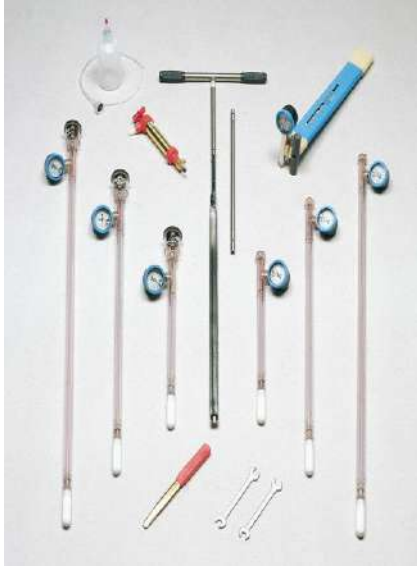
$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s} \implies \rho_s = \frac{570}{300} = 1.9 \text{ gm.cm}^{-3}$$

## 2. الطرق غير المباشرة:

### أ. طريقة المرطاب Tensiometer:

وهو عبارة عن أنبوبة بلاستيكية مزدوجة الجدار مفتوحة الطرفين تنتهي فتحتهما السفلى بقطعة سيراميك منفذة للماء، وتنتهي فتحتهما العليا بغطاء، ويوجد عداد غشائي قرب الفتحة العليا يقوم بقياس تفرغ الهواء (يقيس قوة شد الماء في التربة).





### فكرة القياس:

بعد ملئ أنبوبة التنشيوميتر بالماء المغلي والمبرد مسبقاً، يوضع داخل التربة إلى العمق المطلوب، فإذا كانت التربة جافة فإن دقائق التربة الملامسة لقطعة السيراميك ستعمل على تسليط قوة شد عليها فتعمل على سحب الماء من داخل أنبوبة التنشيوميتر إلى التربة عبر قطعة السيراميك إلى أن يحدث التوازن فينخفض الماء داخل الأنبوبة فيتكون فراغ هذا الفراغ يكون مخلخل بالضغط فيترجم هذا الضغط بواسطة العداد إلى قوة شد معبراً عنها بالسنتيبار.

وعند استلام التربة للماء سواءً عن طريق الري أو الأمطار فإن العملية ستكون عكسية أي أن الماء سينتقل من التربة إلى داخل أنبوبة التنشيوميتر عبر قطعة السيراميك فيرتفع الماء داخل الأنبوبة إلى أن يحدث توازن بين الأنبوبة والتربة وفي هذه الحالة ستقل قراءة العداد.

### تحضير التنشيوميتر للقراءة:

تحضر كمية من الماء المغلي والمبرد مسبقاً وذلك لطرد الهواء المذاب من الماء، ثم تنقع قطعة السيراميك في هذا الماء لغرض طرد الهواء المحصور في داخل المسامات بعد رفع غطاء التنشيوميتر من الأعلى، ثم يمسك التنشيوميتر باليد اليسرى مع قليل من الميلان ويملاً بالماء، بعدها يسد غطاء التنشيوميتر سداً محكماً ويترك في الهواء لعدة دقائق فنلاحظ نضوح الماء من قطعة السيراميك وبهذا ترتفع قراءة المؤشر لتصل إلى 60 أو 70 سنتيبار، ثم يعاد التنشيوميتر لغمس قطعة السيراميك داخل



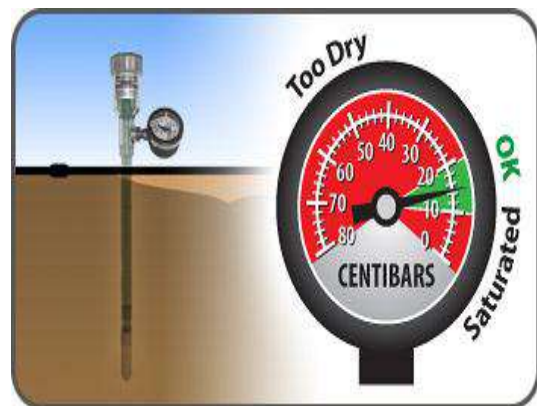
الماء فنلاحظ انخفاض القراءة لتعود إلى الصفر. تعتبر هذه العملية فحص لمدى صلاحية التنشيوميتر للعمل.

### القياس الحقل:

لغرض القياس في الحقل، نقوم بعمل فجوات بشكل اسطواني داخل التربة وحسب العمق المطلوب (يكون حجم الفجوة بقدر حجم التنشيوميتر)، ثم يتم إدخال جزء من التنشيوميتر إلى داخل هذه الفجوات والتأكد من ملامسة دقائق التربة لقطعة السيراميك بصورة جيدة ثم تسد هذه الفجوات بالتربة وتؤخذ القراءات والتي تمثل قوة الشد الرطوبي للتربة وتسقط على منحنى الشد الرطوبي الذي يربط العلاقة بين قوة الشد والمحتوى الرطوبي.

### طريقة الحصول على منحنى الشد الرطوبي:

يوزن وعاء بلاستيكي ثم يملأ بتربة الحقل ثم يوزن مرة أخرى ثم يثبت التنشيوميتر في داخل التربة وتوزن من جديد وبعدها يضاف الماء إلى التربة إلى أن تصل إلى حالة التشبع ويترك في المختبر لعدة أيام، يتم بين فترة وأخرى أخذ قراءة التنشيوميتر مع وزن الوعاء والمحتويات في كل مرة إلى أن يتم الحصول على عدة قراءات عند كل محتوى رطوبي، ثم تسقط هذه البيانات على ورق بياني تربط العلاقة بين قوة الشد بالسنتيبار التي توضع عادة على المحور الصادي والمحتوى الرطوبي للتربة على المحور السيني، وعند معرفة قراءة التنشيوميتر في الحقل يمكن معرفة المحتوى الرطوبي من هذا المنحنى.





### محاسن التنشيوميتر:

1. رخيص الثمن
2. سهل الحصول عليه.
3. بسيط الاستخدام ولا يحتاج إلى خبرة عالية.
4. يعطي نتائج معقولة وسريعة.

### المساوئ:

1. تآكل قطعة السيراميك مع مرور الزمن مما يقلل من كفاءة العمل.
2. قد يحدث عطل ميكانيكي في مقياس الشد.
3. يعطي فكرة عن قوة شد التربة للماء لحجم قدم مكعب واحد فقط، لذا يحتاج إلى زرع أعداد كبيرة من التنشيوميترات إذا كان الحقل كبير.

### ب. طريقة الكتل الجبسية (Gypsum (resistance) blocks):

وهي عبارة عن كتلة صغيرة الحجم بشكل متوازي مستطيلات أو بشكل اسطواني مصنوعة من الجبس مربوط في داخلها سلكان نحاسيان المسافة بينهما سنتيمتر واحد وهذان السلكان مرتبطان بسلكين طويلين لغرض الربط مع جهاز قياس المقاومة الكهربائية.



**فكرة الجهاز:**

تدفن الكتلة الجبسية داخل التربة إلى العمق المطلوب ويظهر السلكان إلى سطح الأرض، وعند توفر الرطوبة في التربة ستترطب هذه الكتلة ويحصل توصيل كهربائي بين السلكين، وعند قياس مقاومة التيار بواسطة جهاز المقاومة نلاحظ انخفاض مقاومة التيار وازدياد سرعته وعند الجفاف نلاحظ العكس، أي ازدياد مقاومة التيار الكهربائي بين السلكين وانخفاض سرعة التيار.

**طريقة تحضير الكتل للقياس:**

تغمس القطعة الجبسية في الماء لعدة ساعات لغرض طرد الهواء المحصور داخل مساماتها، ثم تدفن داخل التربة إلى العمق المطلوب، مع ملاحظة وضع دالة لمكان القطعة حيث يظهر منها السلكان فقط على سطح الأرض، وعند أخذ القراءة يربط السلكان إلى جهاز قياس المقاومة الكهربائية (الأوميتير) للحصول على قراءة الجهاز التي تمثل مقاومة التيار الكهربائي، حيث تسقط هذه القراءات على المنحنى البياني الخاص بقطعة الجبس والذي يربط بين المقاومة والمحتوى الرطوبي.

**طريقة الحصول على المنحنى:**

يؤخذ وعاء بلاستيكي صغير ويوضع في داخله تربة من الحقل، يكون المحتوى الرطوبي فيها معلوم، ثم تدفن داخلها الكتلة الجبسية بعد أخذ وزن كل من الوعاء وهو فارغ ثم (الوعاء + التربة) وأخيراً (الوعاء + التربة + الكتلة الجبسية)، ثم يضاف الماء إلى حد التشبع ويترك الوعاء في درجة حرارة المختبر ويتم أخذ القراءات من جهاز قياس المقاومة الكهربائية بين فترة وأخرى إلى أن نحصل على قراءة عالية أي بعد حصول جفاف للتربة، ويتم تقدير المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية عند كل قراءة، ثم تربط العلاقة بين مقاومة التيار الكهربائي مقاسة بالأوم مع المحتوى الرطوبي للتربة، وترسم هذه العلاقة على ورق بياني.

**محاسن الطريقة:**

1. سهولة الاستعمال.
2. رخيصة الثمن ومتوفرة في الأسواق.
3. لا تحتاج إلى خبرة عالية عند الاستعمال.

**مساوئ الطريقة:**

1. تأكل قطعة الجبس مع مرور الزمن مما يقلل من كفاءتها.
2. تعطي فكرة عن مقاومة التيار الكهربائي لقطعة الجبس لحجم قدم<sup>3</sup> واحد من التربة لذا تحتاج إلى زرع أعداد كبيرة من الكتل في الحقل.

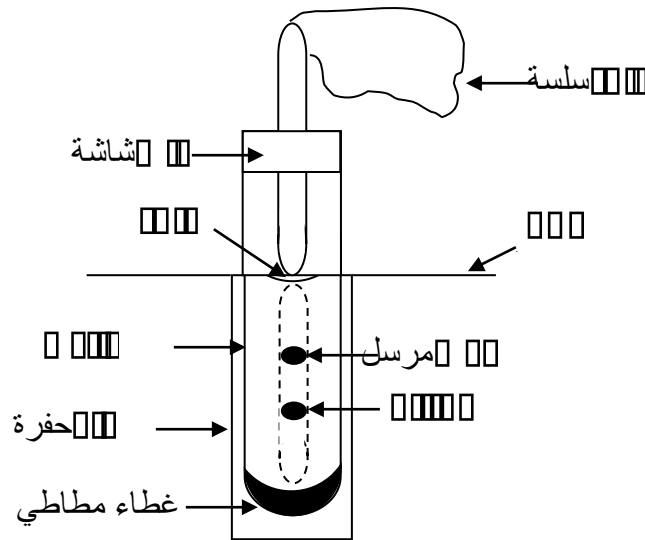
**ج. المجس النيوتروني Neutron probe:****فكرة عمل الجهاز:**

يقيس الجهاز أيونات الهيدروجين الفعالة والتي يكون معظم مصدرها من تحلل الماء، حيث يُطلق الجهاز نيوترونات سريعة تصطدم بأيونات الهيدروجين فتترد إلى الجهاز بسرعة أبطأ، وكلما ازدادت كمية الماء في التربة ازداد تواجد أيونات الهيدروجين وبالتالي يزداد عدد النيوترونات المرتدة البطيئة إلى الجهاز.

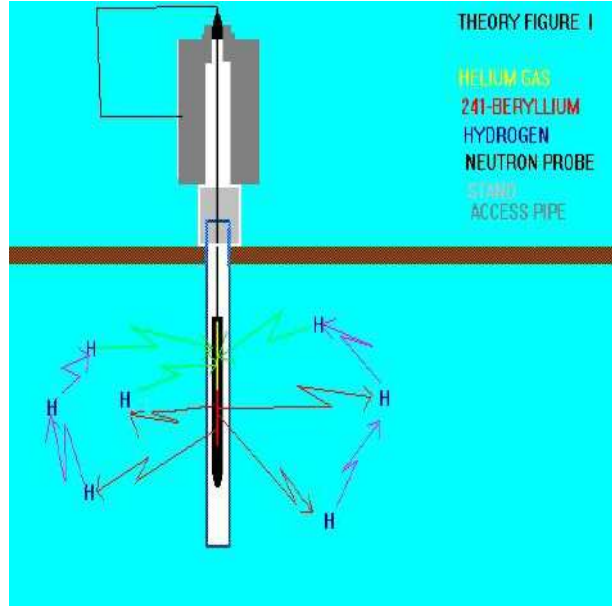
**(فكرة) مصدر النيوترونات السريعة:**

يتم الحصول على نيوترونات سريعة من خلال تمرير أشعة ألفا على عنصر البريليوم.

**ملاحظة:** يقصد بالعدد الذري هو عدد البروتونات زائداً عدد النيوترونات داخل الذرة. والنظير المشع للعنصر يحمل نفس عدد البروتونات، أما الزيادة فتكون في عدد النيوترونات.

**طريقة عمل الجهاز:**

يتم عمل حفرة أسطوانية الشكل بواسطة مثقاب التربة ويتم إدخال أنبوب من الألمنيوم داخل هذه الحفرة بحيث يظهر جزء صغير من هذا الأنبوب فوق سطح التربة ثم يثبت الجهاز فوق هذا الأنبوب وبعدها يتم إدخال المجس داخل هذا الأنبوب وحسب العمق المطلوب.



### محاسن الطريقة:

1. يعتبر جهاز دقيق وسريع.
2. يمكن الحصول على المحتوى الرطوبي آنياً في الحقل وعدم الحاجة إلى منحنى خاص.
3. يمكن الحصول على المحتوى الرطوبي الحجمي والوزني والكثافة الظاهرية في آن واحد.

### مساوئ الطريقة:

1. يجب أخذ القراءة في عدة أماكن من الحقل لأن الجهاز يعطي فكرة عن المحتوى الرطوبي لحجم قليل من التربة.
2. يجب أخذ الحذر والاحتياط عند استخدام هذا الجهاز لتجنب التعرض للإشعاعات.
3. يجب التأكد من عدم ملامسة المجس للماء مباشرة داخل التربة، لذا لاينصح باستخدام هذا الجهاز في المناطق التي يكون فيها مستوى الماء الجوفي قريب من السطح.
4. يجب عدم استخدام الجهاز في الترب الحاوية على عنصري البورون والكلور لأن هذان العنصران يسلكان نفس سلوك أيون الهيدروجين.

### تقدير منحنى الشد (الوصف) الرطوبي للتربة (SWCC) Soil Water Characteristic Curve:

يعبر منحنى الوصف الرطوبي عن العلاقة بين المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة وجهد الشد فيها، وتستخدم هذه العلاقة لغرض تقدير جاهزية الماء للنبات والتي تحدد بين السعة الحقلية ونقطة الذبول. كما تستخدم هذه العلاقة لمعرفة قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء عند الشدود الرطوبة المختلفة، وتتأثر قابلية التربة على الاحتفاظ بالماء بالعديد من العوامل المتعلقة بصفات التربة، منها نسجة التربة، بناء التربة، الكثافة الظاهرية، محتوى التربة من المادة العضوية، بالإضافة إلى النسبة المئوية للكاربونات الكلية في التربة.

ويمكن قياس المحتوى الرطوبي للتربة عند مختلف الشدود الرطوبة باستخدام جهاز قياس الشد الرطوبي Pressure plate apparatus.

#### مكونات جهاز قياس الشد الرطوبي:

1. قدر حديدي للشدود الواطئة Pressure cooker (صفر-500) كيلوباسكال.
2. قدر حديدي للشدود العالية Pressure membrane (500-1500) كيلوباسكال.
3. أقراص من السيراميك.
4. حلقات مطاطية مفتوحة الطرفين (بقطر 5 سم وارتفاع 1 سم).
5. ضاغطة هواء (Compressor).

#### طريقة القياس:

1. يغمر القرص السيراميكي بالماء ويترك لمدة ساعة على الأقل لغرض التشبع.
2. توضع الحلقات المطاطية على القرص وتوضع عينات التربة داخل الحلقات وتفرش بصورة جيدة (مع كبس التربة داخل الحلقات بشكل بسيط).
3. يضاف الماء إلى سطح القرص السيراميكي (وليس إلى التربة مباشرة)، وتترك العينات لمدة ساعة لضمان ترطيبها (يتم الترطيب بواسطة الخاصية الشعرية).
4. بعد التأكد من تشبع التربة يزال الماء الزائد من القرص بواسطة إبرة حقن أو سيفون.
5. ينقل القرص إلى قدر الضغط ويغلق الغطاء بإحكام ويثبت الضغط حسب قوة الشد المراد قياس المحتوى الرطوبي عندها.
6. تترك العينات في الجهاز لمدة 24 ساعة مع متابعة مستوى الضغط في المقياس (العداد).

7. بعد مرور 24 ساعة يفصل الجهاز عن مصدر الضغط ويفتح الغطاء بحذر ويستخرج القرص السيراميكي ثم تؤخذ عينات التربة الموجودة داخل الحلقات المطاطية وتوزن مباشرة (ليس بالضرورة أخذ كل العينة الموجودة داخل الحلقة).

8. تنقل العينات إلى علب معدنية وتوضع داخل الفرن لغرض التجفيف (عد درجة حرارة 105° م لمدة 24 ساعة).

9. بعد التجفيف توزن العينات مرة أخرى وتحسب نسبة الرطوبة على أساس الوزن.

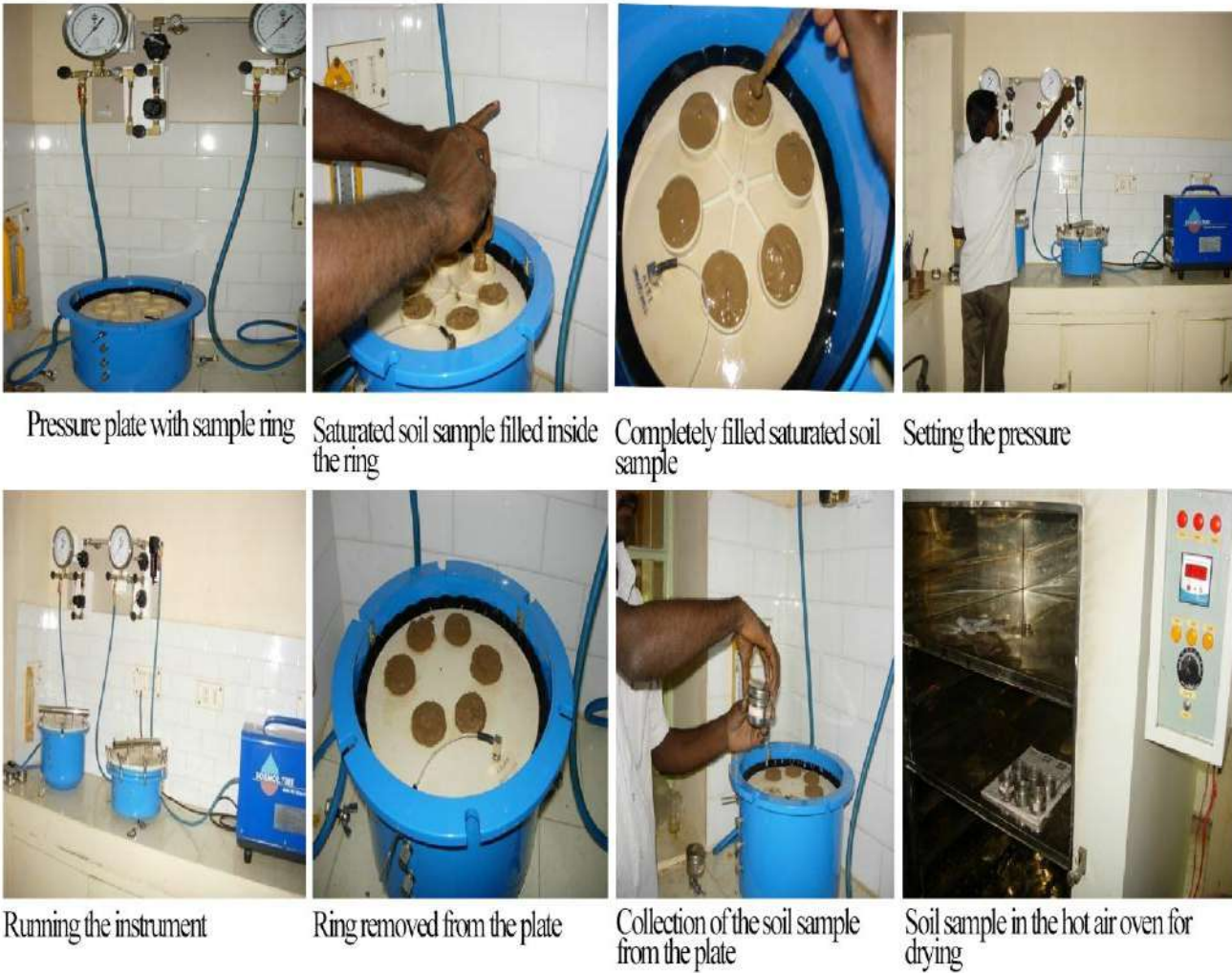


Figure 1 Soil moisture measurement by using Pressure Plate Membrane Apparatus



مثال:

الجدول (1): قيم الكثافة الظاهرية (ميكاجرام. م<sup>-3</sup>)

الكثافة الظاهرية	اسم العينة
1.24	ترية 1
1.32	ترية 2

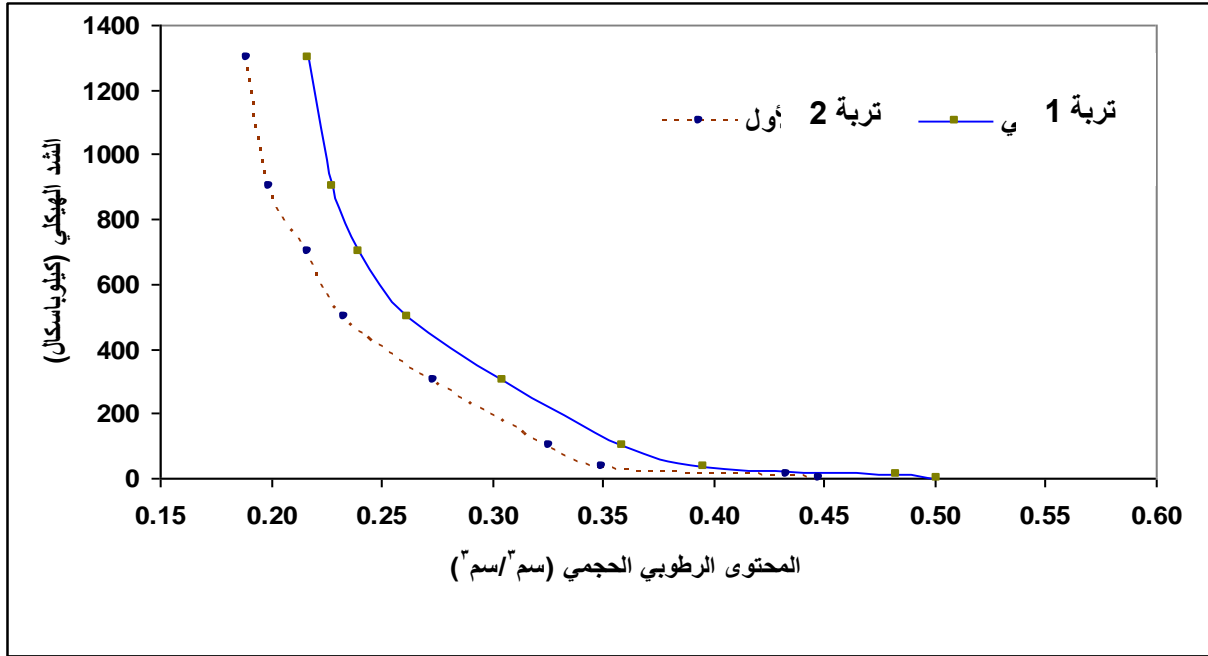
الجدول (2): المحتوى الرطوبي الوزني  $\theta_m$  عند شدود هيكلية مختلفة

المحتوى الرطوبي الوزني $\theta_m$ عند الشدود الهيكلية (كيلوباسكال)									اسم العينة
1300	900	700	500	300	100	33	10	صفر	
15.3	16.1	17.5	18.8	22.1	26.3	28.2	34.9	36.13	ترية 1
16.4	17.3	18.2	19.8	23.1	27.2	30	36.6	38	ترية 2



الجدول (3) : المحتوى الرطوبي الحجمي  $\theta_v$  عند شذود هيكلية مختلفة

المحتوى الرطوبي الحجمي $\theta_v$ عند الشذود الهيكلية (كيلوباسكال)								اسم العينة	
1300	900	700	500	300	100	33	10	صفر	
18.972	19.964	21.700	23.312	27.404	32.612	34.968	43.276	44.8	تربة 1
21.648	22.836	24.024	26.136	30.492	35.904	39.600	48.312	50.1	تربة 2



منحنى الوصف الرطوبي لعينتين من التربة

قياس المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم

السعة الحقلية (FC) Field Capacity:

هي كمية الرطوبة التي تحتفظ بها التربة بعد صرف الماء الزائد، وتكون جميع المسامات الكبيرة عند هذه النقطة مملوءة بالهواء عكس المسامات الدقيقة والتي تكون مملوءة بالماء. وتعتبر أنسب محتوى رطوبي للنبات.

نقطة الذبول الدائم (WP) Wilting Point:

وهو المحتوى الرطوبي للتربة الذي يكون الماء عنده ممسوكاً بقوة شد كبيرة من قبل دقائق التربة، وتكون هذه القوة أكبر من قوة جذب الشعيرات الجذرية للماء.

**طرق تقدير السعة الحقلية:**

**1. حقلياً :** يتم اختيار مساحة صغيرة من الحقل بحيث تكون ممثلة له (2 × 2) م ثم تتظف وتحاط بكتوف، بعدها تغمر التربة بالماء وتغطى بقطعة من النايلون وتترك لمدة 48 ساعة، ويتم بعد ذلك أخذ عينات من هذه التربة ويقدر المحتوى الرطوبي بالطريقة الوزنية والذي يمثل المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية.

**2. مختبرياً :** يمكن قياس السعة الحقلية مختبرياً باستخدام جهاز غشاء الضغط، وتتبع نفس خطوات العمل المذكورة آنفاً في قياس منحنى الشد الرطوبي مع ملاحظة تثبيت الضغط عند 33 كيلوباسكال (0.33 بار) في حالة التربة الطينية و 10 كيلوباسكال (0.1 بار) عندما تكون التربة رملية.

**طرق تقدير نقطة الذبول الدائم:**

**1. الطريقة الحيوية:** توزن (2-3) كغم من التربة وتوضع داخل سندانة بلاستيكية ثم تزرع فيها ثلاث بذور من نبات زهرة الشمس، ويتم توفير الظروف الملائمة للنمو من رطوبة ودرجة حرارة وإضاءة بالإضافة إلى التسميد، وبعد بزوغ البادرات ونمو النبات إلى مرحلة ظهور ثلاث أزواج من الأوراق، تخفف النباتات إلى نبات واحد فقط وعندها يتم التوقف عن إضافة الماء للتربة إلى حين ذبول الأوراق حيث يتم نقل النبات عند هذه المرحلة إلى غرفة مظلمة ورطبة فيلاحظ استعادة الأوراق لحيويتها، يتم إعادة النبات إلى البيت البلاستيكي إلى حين ذبول الأوراق مرة أخرى، تكرر عملية النقل إلى أن نلاحظ عدم استعادة الأوراق لحيويتها حتى مع توفر الرطوبة في الغرفة المظلمة. وفي هذه المرحلة تؤخذ عينة من تربة السندانة وتقدر فيها نسبة الرطوبة بالطريقة الوزنية والتي تمثل رطوبة التربة عند نقطة الذبول الدائم.

**2. الطريقة المختبرية:** يتم قياس نقطة الذبول مختبرياً باستخدام جهاز قياس الشد الطوبي (غشاء الضغط) وبنفس خطوات العمل آنفة الذكر في قياس منحنى الشد الرطوبي والسعة الحقلية مع ملاحظة تثبيت الضغط عند 1500 كيلوباسكال (15 بار).

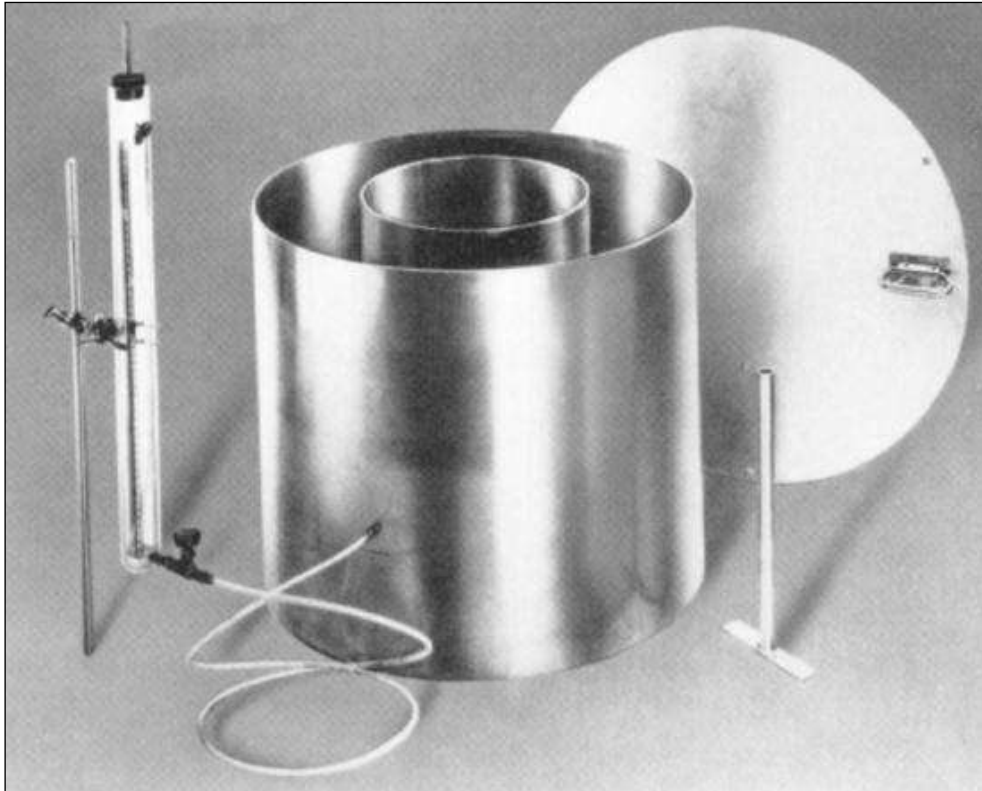
## قياس معدل الغيض

**معدل الغيض:** هو حجم الماء النافذ خلال سطح التربة لوحدة المساحة ولوحد الزمن (سم<sup>3</sup>/سم<sup>2</sup>.زمن).

ويتأثر معدل الغيض بالعديد من صفات التربة كالنسجة والكثافة الظاهرية والمسامية بالإضافة إلى المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة وكذلك محتوى التربة من المادة العضوية. يكون معدل الغيض أعلى مايمكن في الدقائق الأولى من القياس وهذا مايسمى بالغيض الآني، ثم ينخفض بمرور الزمن إلى أن يصل إلى مرحلة الثبات ويسمى عندئذٍ بالغيض الأساسي.

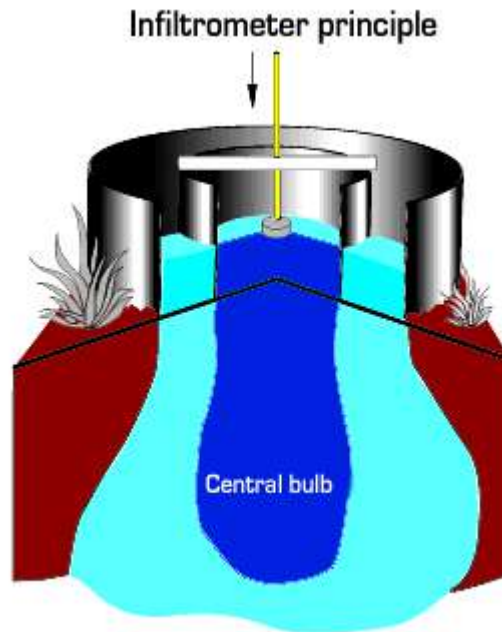
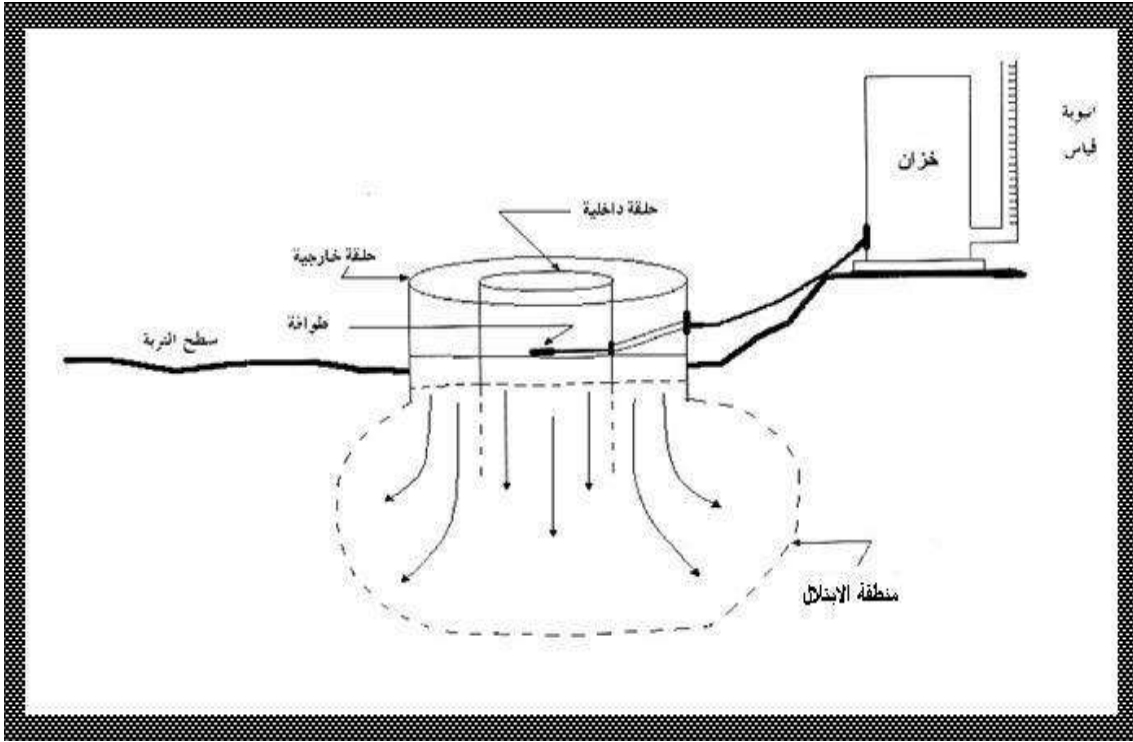
### طريقة القياس:

يتم قياس معدل الغيض حقلياً باستخدام الاسطوانة (الحلقة) المزدوجة (Double ring)، وهي عبارة عن اسطوانتين مفتوحة الطرفين الواحدة بداخل الأخرى، الصغيرة (الداخلية) قطرها 30سم وارتفاعها 40سم، وقطر الكبيرة (الخارجية) 60سم وارتفاعها 40سم.



الاسطوانة المزدوجة Double Ring

ولغرض القياس يتم اختيار موقع مناسب بعد تنظيفه من الحصى والحجارة، ثم تثبت الاسطوانة الداخلية على سطح التربة ويتم طرقها من الأعلى خلال جسم التربة إلى عمق (15-20)سم (تجنب الطرق من طرف واحد)، بعدها تثبت الاسطوانة الخارجية بنفس الطريقة ولنفس العمق.



بعد ذلك يتم ربط الطوافة بالاسطوانة الداخلية، وترتبط هذه الطوافة بانبوب بلاستيكي يصل إلى خزان مائي صغير يكون مرتفعاً عن الاسطوانتين، ويرتبط بالخزان اسطوانة مدرجة للقياس.

توضع داخل الاسطوانة الداخلية قطعة من النايلون، ثم يضاف الماء داخل الاسطوانتين وصولاً إلى مستوى الطوافة، بعدها يتم سحب قطعة النايلون وتتؤخذ القراءات عند أزمنة تتراوح من 1 دقيقة إلى 3 ساعات.

تغطي الاسطوانتين بقطعة نايلون لمنع التبخر طول فترة القياس، ويتم إبقاء مستوى الماء في الاسطوانة الخارجية بنفس مستواه في الاسطوانة الداخلية وذلك بإضافة الماء بين فترة وأخرى (ولا يضاف الماء إلى الاسطوانة الداخلية).

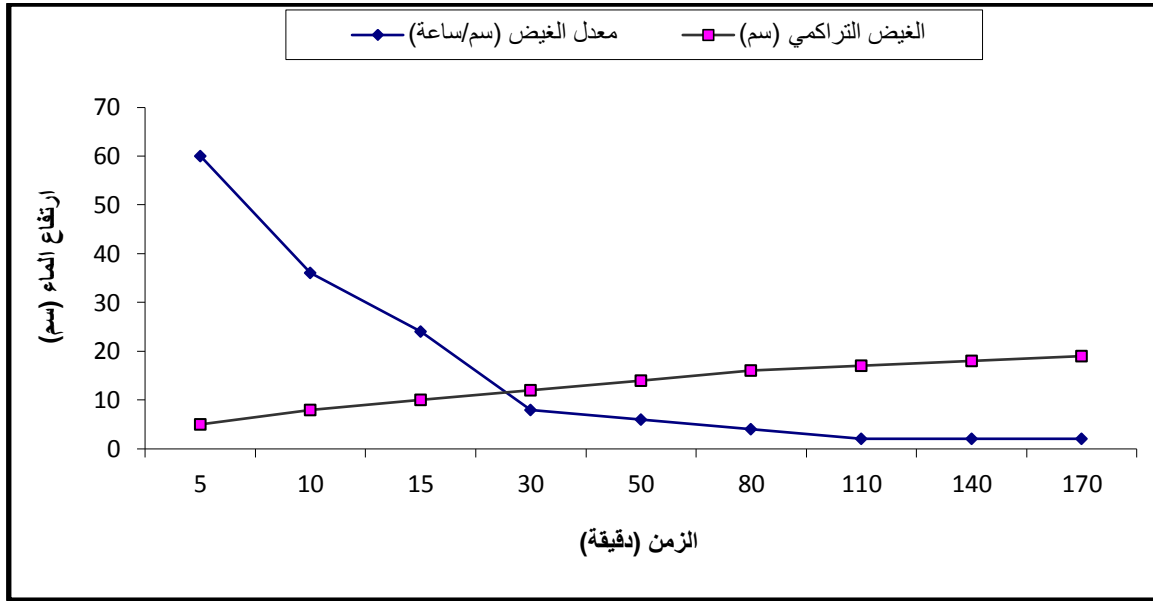


## الحسابات:

$$I = \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

$$\text{معدل الغيض} = \frac{\text{التغير في ارتفاع الماء}}{\text{التغير في الزمن}}$$

الغيض التراكمي (سم)	معدل الغيض (سم/ساعة)	$\Delta h$	$\Delta t$ (hr)	$\Delta t$ (min)	الارتفاع h (سم)	الزمن t (دقيقة)
5	60	5	0.08333	5	5	5
8	36	3	0.08333	5	8	10
10	24	2	0.08333	5	10	15
12	8	2	0.25	15	12	30
14	6	2	0.33333	20	14	50
16	4	2	0.5	30	16	80
17	2	1	0.5	30	17	110
18	2	1	0.5	30	18	140
19	2	1	0.5	30	19	170



### أسباب انخفاض معدل الغييض مع الزمن:

1. انتقال دقائق التربة الناعمة مع الماء وسد الفراغات البينية.
2. انقفاخ وتمدد دقائق التربة على حساب الفراغات البينية.
3. حدوث عملية ترطيب داخل التربة مما يقلل من قوة شد التربة للماء.

س/ في إحدى التجارب لقياس سرعة الرشح (الغييض) أخذت الأزمنة وأعماق نزول الماء المبينة في الجدول أدناه، جد معدل الغييض الأساسي والتراكمي موضحاً ذلك بالرسم البياني؟

الزمن t (دقيقة)	الارتفاع h (سم)	$\Delta t$ (min)	$\Delta t$ (hr)	$\Delta h$	معدل الغييض (سم/ساعة)	الغييض التراكمي (سم)
5	1					
10	1.9					
20	3.3					
30	4.3					
60	6.8					
120	10.8					
180	13.8					
240	16.3					
300	18.3					
360	19.3					
420	20.3					
480	21.3					

**قياس معدل تصريف الماء:**

يعتبر الماء أحد أهم العوامل الضرورية والمحددة لنمو النباتات وخاصة في الزراعة الاروائية، لذلك فمن الضروري قياس كمية الماء الداخلة إلى الحقل. وإن القياس الدقيق لماء الري يتيح استعمال هذا المورد الطبيعي بأقصى كفاءة والتقنين في استخدامه، ومن فوائد التقنين:

1. تزويد النبات بكميات كافية تعمل على زيادة نمو وامتداد الجذور.
2. تسهل حركة العناصر الغذائية.
3. تقليل العبء أو الجهد على مضخات التشغيل.

إن وحدة قياس الماء هي وحدة حجمية في زمن معين (في حالة الحركة) (لتر/ثا ، م<sup>3</sup>/ثا ، قدم<sup>3</sup>/ثا)، أو كمية الماء التي تغطي مساحة معينة ضمن ارتفاع معين ومحدود (في حالة السكون) (غالون/أيكرو.انج (1 أيكرو=4046 م<sup>2</sup>) أو (غالون/أيكرو.قدم) (1 غالون امبراطوري=4.5 لتر) ، (1 غالون أمريكي=3.4 لتر).

**أيكرو/انج :** يعرف بأنه كمية الماء التي تغطي مساحة أيكرو واحد على ارتفاع انج واحد.  
**أيكرو/قدم :** كمية الماء التي تغطي مساحة أيكرو واحد بارتفاع قدم واحد.

**طرق قياس معدل تصريف الماء:**

هناك عدة طرق يمكن استخدامها لقياس معدل تصريف ماء الري، منها:

**1. الطريقة الحجمية:**

وتستخدم هذه الطريقة لقياس معدل تصريف الماء في السواقي الحقلية الصغيرة أو المضخات الصغيرة، ويمكن حساب معدل التصريف من معرفة الزمن اللازم لملئ وعاء أو خزان معلوم الحجم، حيث أن:

$$\text{معدل التصريف} = \frac{\text{حجم الوعاء (لتر)}}{\text{الزمن اللازم لملئه (ثا)}}$$



**مثال:** إذا علمت أن الزمن اللازم لملئ خزان حجمه 600 لتر هو 2 دقيقة، فما هو معدل تصريف الماء إلى هذا الخزان؟

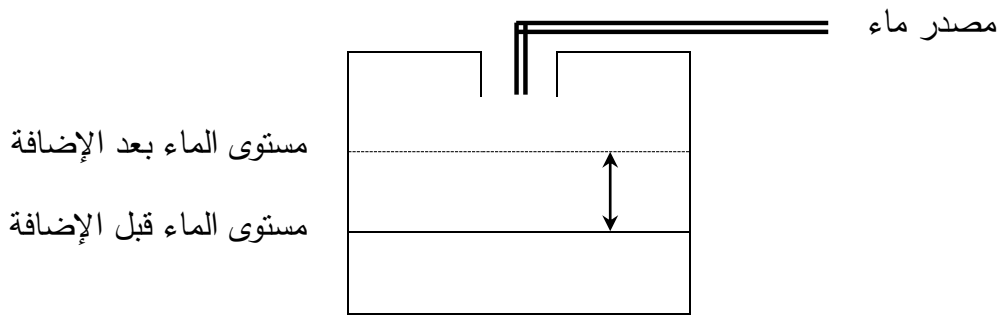
$$2 \text{ min} * 60 \text{ sec/ min} = 120 \text{ sec}$$

$$Q = \frac{600}{120} = 5 \text{ L/ sec}$$

**مثال:** احسب حجم الماء في خزان وضع عليه أنبوب من الماء تصريفه 20 لتر/ثا لمدة 20 ثانية.

$$20 = \frac{V}{20} = 400 \text{ L}$$

كما يمكن معرفة كمية الماء الواصلة للخزان أو المساحة من خلال التغير في المنسوب على فرض أن هذا الخزان لا يحدث فيه رشح أو تسرب للماء وهو معلوم الحجم والأبعاد.



## 2. طرق تعتمد على قياس (السرعة - المساحة):

تعتمد هذه الطرق على قياس مساحة المقطع العرضي للقناة أو الساقية بالإضافة إلى قياس سرعة الماء خلال هذه القناة، ويمكن إيجاد معدل التصريف بتطبيق معادلة الاستمرارية:

$$Q = A \cdot V$$

حيث أن:

$$Q = \text{معدل التصريف (م}^3/\text{ثا)}$$

$$A = \text{مساحة المقطع العرضي للجريان (م}^2\text{)}$$

$$V = \text{سرعة الجريان (م/ثا)}$$

ويمكن قياس سرعة الجريان بعدة طرق منها:

أ. طريقة الطوافة:

يتم اختيار مسافة معينة على قناة ترابية (تكون هذه المسافة منتظمة ومستقيمة قدر الإمكان) تتراوح بين 25 - 50 م ويتم تثبيت علامة (وتد) عند بداية ونهاية منطقة القياس بعدها يتم تسقيط قطعة



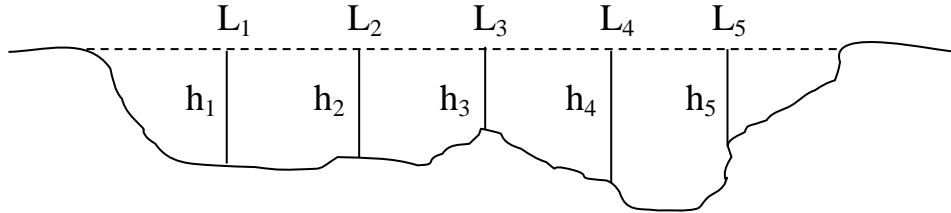


فلين في المجرى المائي وتقاس الفترة الزمنية لوصول الفلينة إلى نهاية منطقة القياس، وحاصل قسمة المسافة على الزمن يمثل سرعة التيار، والتي تمثل السرعة القصوى ولغرض الحصول على معدل السرعة يتم ضرب هذه القيمة بثابت قدره 0.85 .

$$Q = 0.85 A \cdot V$$

شبه المنحرف = (مجموع القاعدتين/2) × الارتفاع

المثلث = (القاعدة/2) × الارتفاع



قناة غير منتظمة الشكل

$$A = L_1h_1 + L_2h_2 + L_3h_3 + L_4h_4 + L_5h_5$$

#### العيوب:

- 1) حركة الماء داخل القناة تكون غير متساوية لذا يجب تصحيح السرعة، لأن السرعة على السطح تختلف عن السرعة داخل الماء.
- 2) وجود الرواسب والعوالق سوف يعيق الحركة.

#### ب. طريقة الدلائل (الصبغات):

يتم قياس سرعة التيار المائي في القناة باستخدام بعض الصبغات الكيميائية مثل صبغة الميثيل الأحمر أو البرتقالي أو الحبر وبنفس طريقة الطوافة، إلا أن السرعة في هذه الحالة تمثل معدل سرعة الجريان لذا لا تحتاج إلى ضربها في الثابت وذلك لأن الصبغات يحصل لها انتشار في داخل الماء وعلى مساحة المقطع.

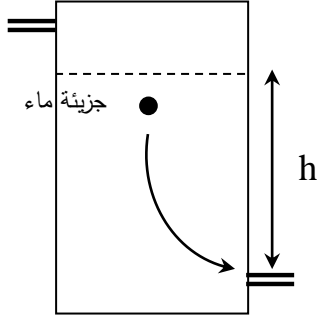
#### ج. مقاييس التيار:

- وتستخدم هذه الطريقة لقياس التصريف في القنوات الكبيرة، وهناك ثلاثة أنواع من المقاييس هي:
- 1) النوع الكأسي: عبارة عن جهاز يحتوي على مجموعة من الأكواب المتساوية الحجم والتي تدور حول محور عمودي، وتوضع باتجاه جريان الماء ويرتبط مع المحور عداد يقوم بقياس عدد الدورات في الثانية.
  - 2) الرفاس: ويشبه هذا النوع من المقاييس النوع الكأسي إلا أن محور الدوران يكون أفقي، ويكون أكثر مقاومة للتيار المائي، ويرتبط معه مقياس بياني.

## 3) المجس الكهرومغناطيسي.

## د. الفتحات (الفوهات):

عبارة عن فتحات في داخل جدار أو خزان يجب أن يرتفع الماء فوقها. ويمكن إيجاد سرعة الماء الخارج من الفتحة من معرفة ارتفاع الماء فوق الفتحة بالإضافة للزمن.



تمتلك كل جزيئة ماء طاقة كامنة، وعندما تتجه هذه الجزيئة إلى الأسفل تتحول هذه الطاقة إلى طاقة حركية، وفي زمن معين تتساوى الطاقة الكامنة مع الحركية.

$$\text{Potential energy} = m g h \quad \text{كامنة}$$

$$\text{Kinetic energy} = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{حركية}$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h \quad \Longrightarrow \quad v^2 = 2 g h \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{2 g h}$$

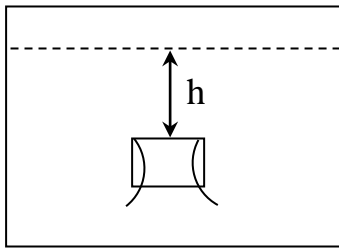
$$Q = A \cdot V \quad \Longrightarrow \quad Q = A \sqrt{2 g h}$$

ونضرب التصريف  $\times$  ثابت لتحويله إلى التصريف الفعلي

$$Q = C A \sqrt{2 g h} \quad \Longrightarrow \quad C = 0.61$$

$$Q = 0.61 A \sqrt{2 g h}$$

$$Q = \text{سم}^3/\text{ثا} \quad , \quad A = \text{سم}^2 \quad , \quad g = 980 \text{ سم}/\text{ثا}^2 \quad , \quad h = \text{سم}$$



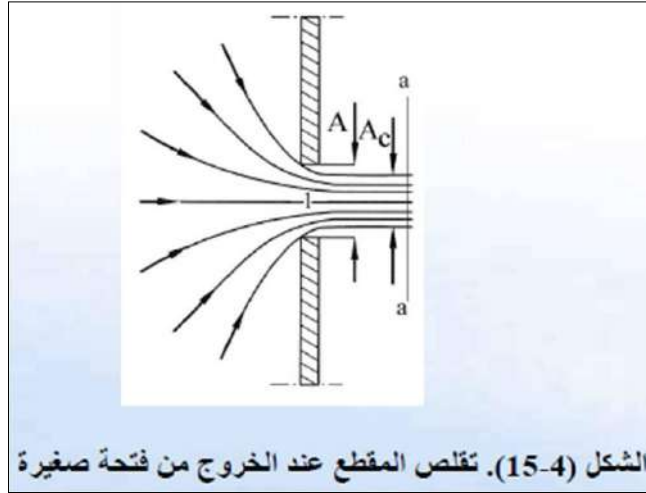
لماذا يتم تعديل قيمة التصريف النظري:

1. احتكاك جزيئات الماء مع بعضها أثناء السقوط.
2. احتكاك جزيئات الماء مع جدران الفتحة أثناء خروج الماء.
3. حدوث عملية تخصر للماء أثناء خروجه من الفتحة وهذا يقلل من مساحة الفتحة.



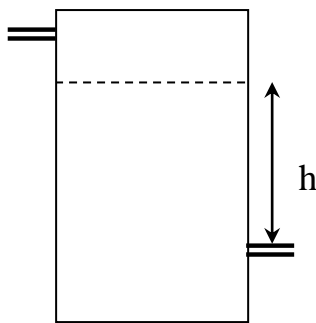
ولزيادة كفاءة قياس معدل التصريف بواسطة الفتحات يجب إتباع مايلي:

1. يجب أن يرتفع الماء فوق الفتحة بمقدار أكبر من قطر الفتحة، وكلما كان ارتفاع الماء فوق الفتحة أكبر كلما كان القياس أدق.
2. يجب أن تكون حواف الفتحة حادة وذلك لتقليل احتكاك جزيئات الماء مع الحواف.
3. يجب أن تكون الفتحة ذات شكل منتظم.

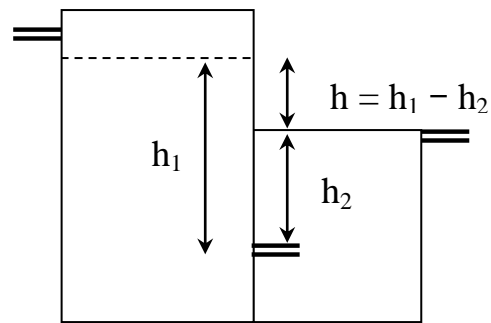


### أنواع الفتحات:

يوجد نوعان من الفتحات، فتحات غاطسة (مغمورة) وفتحات غير غاطسة (غير مغمورة). في حالة الفتحات غير الغاطسة تؤخذ قيمة  $h$  أي ارتفاع الماء فوق مستوى الفتحة مباشرة، أما في حالة الفتحات الغاطسة فتقاس قيمة  $h$  بالفرق بين مستوى الماء خلف الفتحة ومستوى الماء أمامها.



الفتحة غير الغاطسة



الفتحة الغاطسة



مثال: فتحة مربعة الشكل طول ضلعها 5 سم يرتفع الماء خلفها 120 سم ويرتفع أمامها 40 سم، احسب معدل تصريف الماء من هذه الفتحة؟

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

$$A = 5 * 5 = 25 \text{ cm}^2 = \frac{25}{10000} = 0.0025 \text{ m}^2$$

$$h = 120 - 40 = 80 \text{ cm} = \frac{80}{100} = 0.8 \text{ m}$$

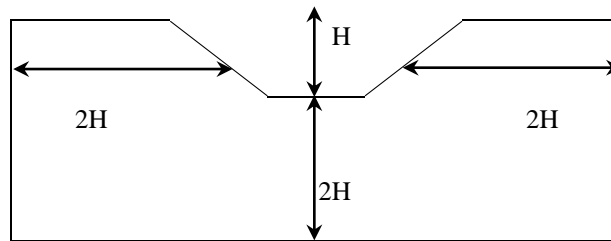
$$Q = 0.61 * 0.0025 \sqrt{2 * 9.8 * 0.8} = 0.006 \text{ m}^3/\text{sec}$$

### 3. الهدارات (السدود الغاطسة):

الهدارة عبارة عن صفيحة معدنية أو خشبية قطعت حافتها العليا بشكل هندسي منتظم (مثلث، مربع، مستطيل أو شبه منحرف) توضع بشكل عمودي على المجرى المائي في القناة بحيث لا تسمح بمرور الماء من حوافها الخارجية فينحسر الماء خلفها ثم يرتفع ليخرج من الحافة العليا لها والتي تكون عادة ذات شكل هندسي منتظم.

ولغرض الحصول على هدارة ذات دقة عالية في القياس يجب أن تكون حدود التصميم لها

كالآتي:

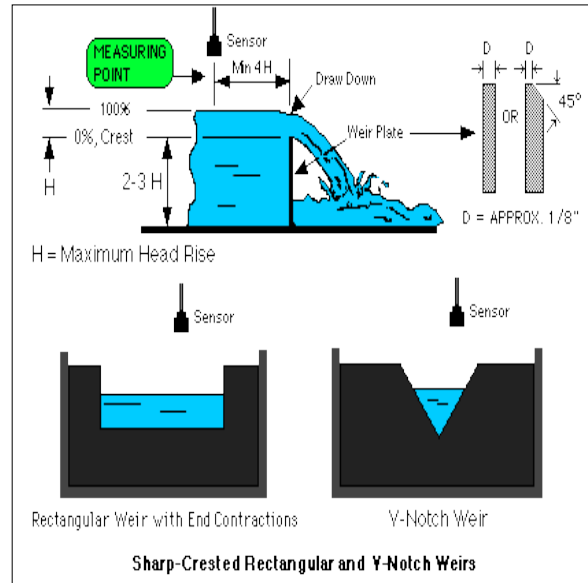
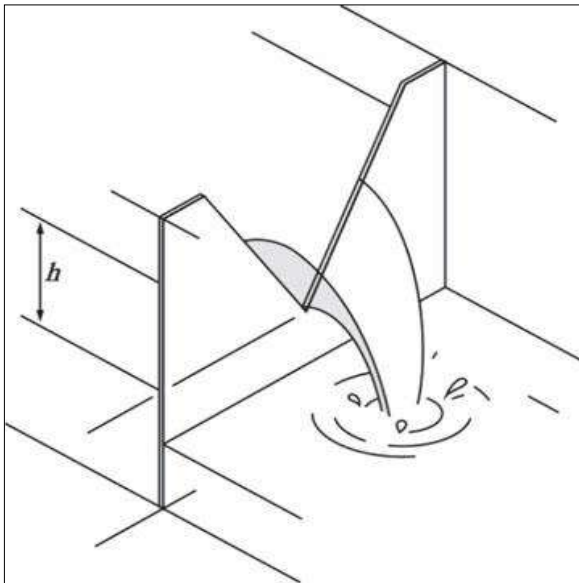


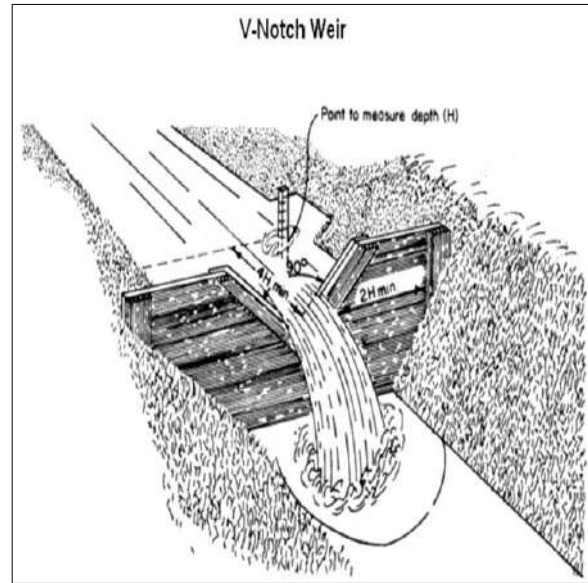
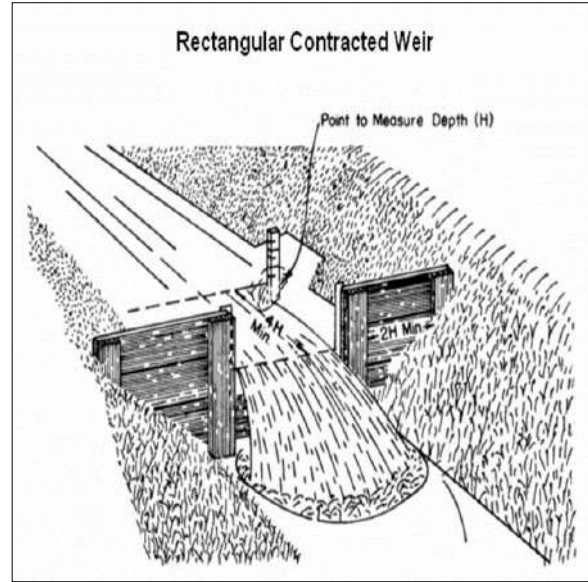
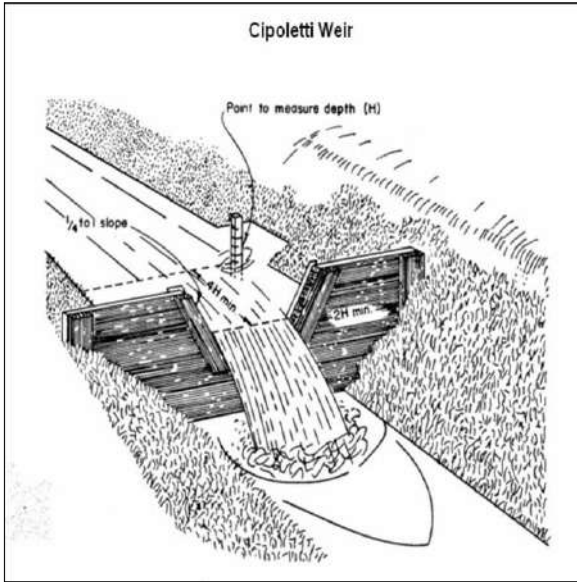
إذا كان ارتفاع الماء فوق الحافة العليا بقيمة H يجب أن تكون المسافة من الحافة العليا إلى الحافة السفلى 2H والمسافة بين الحواف الداخلية والخارجية 2H.



### طريقة استخدام الهدارة:

1. يجب أن تثبت الهدارة عمودياً على المجرى المائي ويكون ارتفاع الماء فوق الحافة العليا مساوياً إلى نصف المسافة من الحافة العليا إلى قاع القناة.
2. يجب التأكد من أن الماء لا يخرج من الحواف الخارجية للهدارة وإنما يخرج فقط من خلال الفتحة الهندسية المعمولة في جسم الهدارة.
3. يثبت وتد في قاع القناة وعلى مسافة 15 سم قبل دخول الماء إلى الهدارة بحيث تكون نهاية الوتد العليا مع مستوى الحافة العليا للهدارة.
4. يتم قياس ارتفاع الماء فوق الحافة العليا للهدارة اعتباراً من فوق الوتد وليس فوق الحافة العليا للهدارة مباشرة، ويعود السبب في ذلك إلى حدوث قفز لجزيئات الماء فوق الحافة العليا للهدارة أثناء عبور الماء منها فيحصل بذلك انحناء لجريان الماء.





يحسب معدل تصريف الماء من الهدارة حسب الشكل:

1. الهدارة ذات الشكل المستطيل:

$$Q = 1.84 L H^{3/2}$$

وبسبب حدوث تخسر للماء أثناء مروره خلال الفتحة، يتم التعويض عن قيمة  $L - 0.2 H$

وتصبح العلاقة كالاتي:

$$Q = 1.84 (L - 0.2H) H^{3/2}$$

2. الهدارة ذات الشكل شبه المنحرف:

$$Q = 1.86 L H^{3/2}$$

3. الهدارة ذات الشكل المثلث المتساوي الساقين والقائم الزاوية:

$$Q = 1.4 H^{5/2}$$

## مزايا الهدارة:

1. تعتبر من الطرق البسيطة وسهلة النصب والاستعمال.
2. تعتبر دقيقة في القياس.
3. تدوم لفترة طويلة دون تلف.

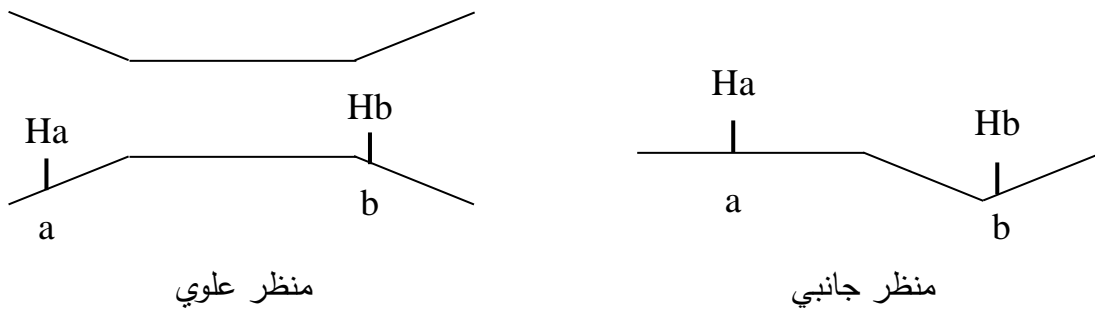
## عيوب الهدارة:

1. يجب أن يكون المجرى المائي ذو انحدار جيد.
2. ترسيب الطمي والغرين والمواد العالقة خلف الهدارة مما يسبب خطأ في القياس.

## 4. قناة بارشال (Parshall flume):

وهي عبارة عن قناة عادةً ماتكون مصنوعة من الصفائح المعدنية (في حالة القنوات الصغيرة) أو من الاسمنت (في حالة القنوات الكبيرة)، وتتكون من ثلاث أجزاء رئيسية:

- 1) مقدمة القناة: تكون المسافة بين الجدران في هذا الجزء عريضة من الأمام وتضيق نحو الداخل وتكون الأرضية مستوية.
- 2) العنق: تكون الجدران متوازية والأرضية منحدره نحو الأسفل.
- 3) مؤخرة القناة: تكون الجدران مفتوحة نحو الخارج والأرضية ترتفع قليلاً نحو الأعلى.

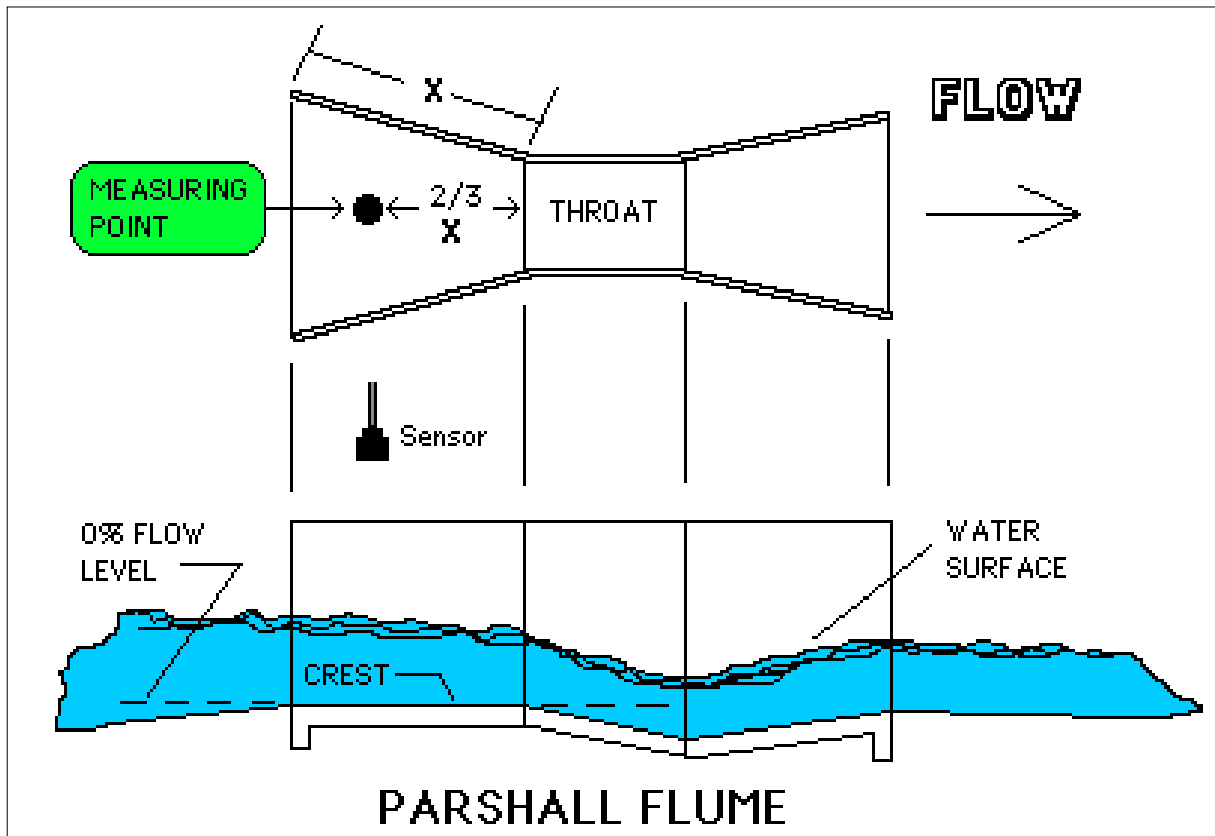


ويتم قياس معدل التصريف بأخذ قراءة الماء عند نقطة a والذي يمثل Ha وكذلك ارتفاع الماء عند نقطة b ويمثل Hb ، بعدها تقسم قراءة Hb على قراءة Ha فإذا كان الناتج أكبر من 0.7 يكون الجريان مغموراً، أما إذا كان الناتج أقل من 0.7 عندها يكون الجريان حراً، وفي حالة الجريان الحر يمكن أخذ قراءة Ha والرجوع إلى جداول خاصة لمعرفة التصريف (ص416)، أما إذا كان الجريان مغموراً فيلزم تعديل قراءة Ha.

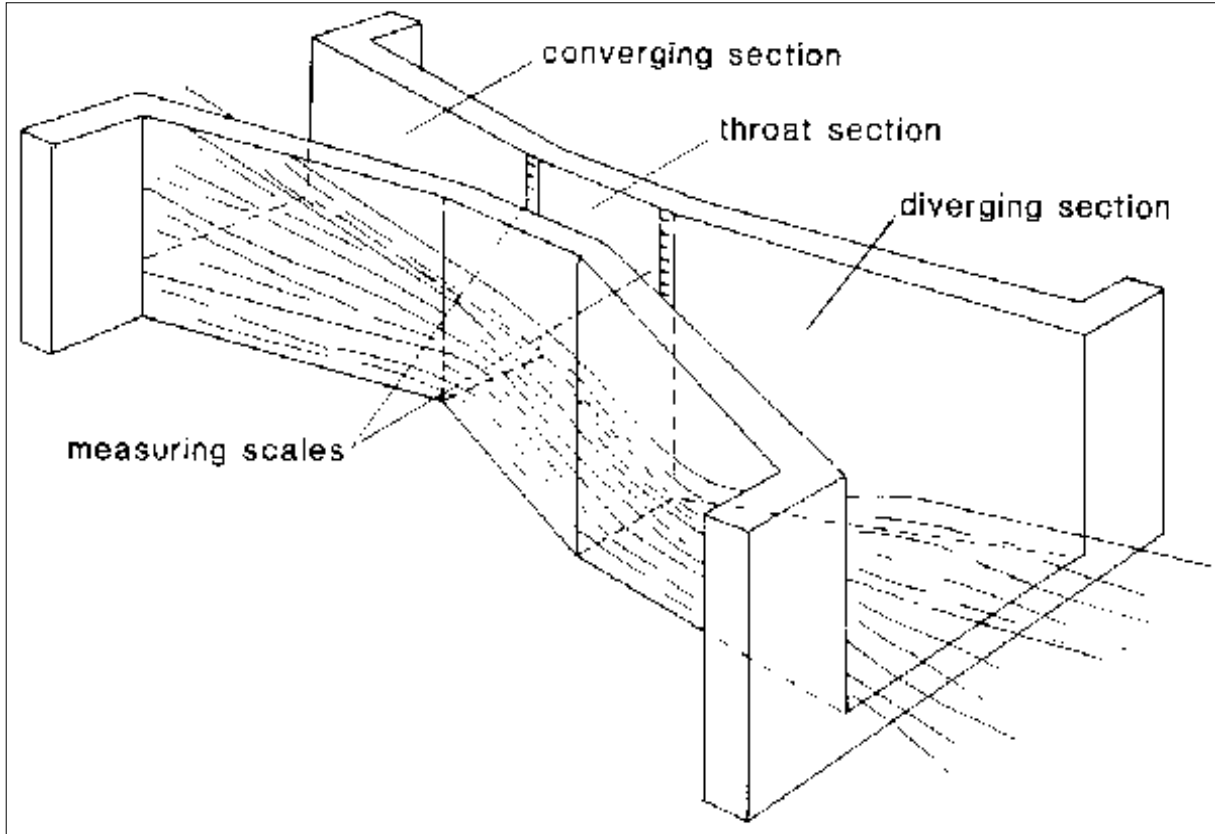
مثال: قناة بارشال عرض العنق فيها 61 سم كانت قراءة  $H_a = 46$  سم و  $H_b = 29.5$  سم، جد قيمة التصريف في هذه القناة.

$$\frac{H_b}{H_a} = \frac{29.5}{46} = 0.64 \quad (\text{بما أن النسبة أقل من } 0.7 \text{ إذا الجريان يكون حرراً})$$

وبالرجوع إلى الجدول (ص416) فإن التصريف = 490 لتر/ثا







مثال: هدار بشكل مستطيل عرض فتحتة 100 سم وارتفاع الماء فيه 50 سم فما هو معدل التصريف؟

مثال: هدار مثلث ارتفاع الماء فيه 30 سم فكم معدل التصريف من هذه الهدارة؟

مثال: قناة بارشال عرض العنق 15 سم قراءة  $H_a = 20$  سم و  $H_b = 11$  سم جد معدل التصريف؟

الجدول (7-9): الجريان الحر خلال مقياس بارشال (عن هانسن وآخرون، 1979) (ص 416 في الكتاب)

عرض العنق (سم)										الشحنة			
244	183	152	132	91	61	30	23	15	7.5	العليا			
الجريان (لتر/ثا)										(سم)			
										2.5	1.4	0.78	3
										4	2.3	1.2	4
										4.5	3.1	1.6	5
			35	27	18	9.8	7.3	4.5	2.3				6
			45	34	22	12	9	5.7	2.9				7
	79	67	54	41	28	15	11	7.1	3.5				8
130	99	83	67	51	35	18	13	8.6	4.3				9
152	116	97	79	60	41	21	15	10	5.1				10
200	152	127	103	78	52	27	21	13	6.5				12
260	190	165	133	101	68	35	27	17	8.5				14
316	240	201	162	122	82	42	32	21	10.3				16
388	295	246	197	149	100	51	38	25	12				18
454	342	286	230	173	117	59	45	29	14				20
531	404	336	270	204	136	69	52	35	17				22
615	464	383	310	234	155	78	60	40	19				24
698	525	440	350	264	176	89	68	45	22				26
780	595	496	398	298	199	100	76	51	25				28
880	660	550	440	330	220	110	84	57	27				30
980	734	612	488	368	244	123	93	63	30				32
1060	810	680	540	400	270	134	103	70					34
1180	880	740	590	440	290	146	110	76					36
1300	970	810	640	480	320	157	121	83					38
1400	1050	880	690	520	350	170	131						40
2000	1490	1240	990	740	490	240							50
2690	2000	1660	1320	980	640	320							60
3440	2560	2100	1670	1250	820	400							70
3580	2680	2180	1740	1290	850	420							72
3760	2780	2300	1820	1350	890	440							74
3940	2920	2420	1920	1420	940	460							76

### الاستهلاك المائي Evapotranspiration :

هو كمية الماء المستهلكة عن طريق التبخر والنتح بالإضافة إلى كمية الماء التي تدخل في بناء الأنسجة النباتية، وبما أن كمية الماء المستهلكة لبناء الأنسجة النباتية قليلة جداً (أقل من 0.01) من مجموع التبخر والنتح لذا يمكن إهمالها. ويقتصر مقدار الاستهلاك المائي على كمية المياه المستهلكة بعملية التبخر والنتح. ويعبر عنه كوحدة عمق (سم) أو حجم ( $m^3$ ) يومياً أو شهرياً أو موسمياً في وحدة المساحة.

وتتراوح القيم النموذجية للتبخر والنتح الكامن في المناطق المعتدلة (1 - 3) ملم/يوم أما في المناطق الاستوائية الرطبة (5 - 8) ملم/يوم بينما تتراوح في المناطق الجافة وشبه الجافة (10 - 12) ملم/يوم.

### العوامل المؤثرة على الاستهلاك المائي:

1. عوامل النبات: وتشمل نوع النبات، حجم الأوراق وشكلها ونوع المجموع الجذري.
2. عوامل مناخية: مثل درجة الحرارة، الضغط الجوي، شدة الإضاءة والرياح.
3. عوامل التربة: كالنسجة، البناء وبعض الصفات الفيزيائية الأخرى.

### طرق قياس الاستهلاك المائي:

#### 1. الطرق المباشرة: وتشمل:

أ. تجارب مقياس التسرب (المسراب) (Lysimeter)

ب. من خلال دراسة رطوبة التربة

ج. طريقة الألواح التجريبية

د. طريقة التوازن المائي

#### 2. الطرق غير المباشرة:

أ. معادلة بلاني-كريدل (Blaney - Criddle equation).

ب. معادلة الإشعاع (Radiation equation).  
 ج. معادلة بنمان (Penman equation).  
 د. معادلة حوض التبخر (Pan evaporation equation).

تفضل عند حساب الاستهلاك المائي لفترة قصيرة

## \* معادلة بلاني-كريدل (Blaney – Criddle equation):

تتميز بالبساطة والسهولة وتستخدم لشهر واحد أو أكثر.

$$ET_p = P (0.46 t + 8.13)$$

حيث أن:  $ET_p$  = التبخر والنتح الكامنين (ملم/يوم).

$P$  = النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في الشهر نسبة إلى عددها في السنة.

$t$  = معدل درجة الحرارة الشهرية (درجة مئوية).

$$ET_a = ET_p * K_C$$

حيث أن:  $ET_a$  = التبخر والنتح الحقيقيين (للمحصول) ملم/يوم.

$K_C$  = معامل المحصول.

( $ET_p$  = Potential Evapotranspiration) ( $ET_a$  = Actual Evapotranspiration)

**مثال:** أحسب التبخر والنتح لموقع مدينة القاهرة من المعلومات التالية: خط العرض 30° شمالاً ، لشهر تموز ، محصول القطن ، معامل التبخر والنتح (60 - 70) % ، المعدل الشهري لدرجة الحرارة 38° م والصغرى 20° م.

$$\text{معدل درجة الحرارة} = \frac{20 + 38}{2} = 29^\circ \text{ م}$$

$$\text{معامل المحصول} = \frac{60 + 70}{2} = 65\%$$

نستخرج قيمة  $P$  من الجدول (1) (ص 148 في الكتاب) بالاعتماد على الشهر وخط العرض.

$$P = 0.31$$

$$ET_p = 0.31 (0.46 * 29 + 8.13)$$

$$= 6.66 \text{ mm/day} * 31 \text{ day} \quad (\text{يضرب في عدد أيام الشهر})$$

$$= 206.33 \text{ mm/month}$$

$$ET_a = 6.66 * 0.65$$

$$= 4.33 \text{ mm/day}$$

$$\underline{\text{OR}} \quad ET_a = 206.33 * 0.65 = 134.11 \text{ mm/month}$$



## \* معادلة بلاني-كريدل المحورة:

$$ET_p = a + b [P (0.46 t + 8.13)]$$

**مثال:** أحسب الاستهلاك المائي لشهر كانون الثاني لمدينة الموصل الواقعة على خط عرض 35° شمالاً إذا علمت أن معامل نبات الحنطة 1.05 ، درجة الحرارة العظمى 14° م ، الصغرى 4° م ، عدد ساعات سطوع الشمس الحقيقي 6 ساعات، الرطوبة النسبية 40٪ وسرعة الرياح 0.36 كم/ساعة.

$$P = 0.23 \quad \text{من الجدول (1)}$$

نستخرج قيمة N (أقصى سطوع يومي للشمس) من الجدول (3) (ص154 في الكتاب) بالاعتماد على خط العرض والشهر.

$$N = 10.1 \text{ hr.}$$

نجد قيمة  $\frac{n}{N}$  حيث أن:  $n =$  سطوع الشمس اليومي الحقيقي ،  $N =$  أقصى سطوع يومي للشمس

$$\frac{n}{N} = \frac{6}{10.1} = 0.59$$

$$\frac{0.36 \text{ Km/hr}}{60 \text{ min/hr} * 60 \text{ sec/min}} * 1000 \text{ m/Km} = 0.1 \text{ m/sec.}$$

بعدها نستخرج قيمة a و b من الجدول (2) (ص155 في الكتاب)

$$a = -2 \quad b = 1.5$$

$$\frac{(14 + 4)^\circ \text{C}}{2} = 9^\circ \text{C}$$

$$ET_p = -2 + 1.5 [0.23 (0.46 * 9 + 8.13)]$$

$$= 2.23 \text{ mm/day} * 31 \text{ day} \quad (\text{يضرب في عدد أيام الشهر})$$

$$= 69.13 \text{ mm/month}$$

$$ET_a = 2.23 * 1.05 = 2.34 \text{ mm/day}$$

$$\text{OR } ET_a = 69.13 * 0.65 = 72.59 \text{ mm/month}$$





\* معادلة حوض التبخر: تستخدم لفترة زمنية طويلة.

$$ET_P = K_P * E_{Pan}$$

$$K_P = \text{معامل الحوض}$$

$$E_{Pan} = \text{التبخر من الحوض}$$

**مثال:** أحسب الاستهلاك المائي لمدينة القاهرة الواقعة على خط عرض 30° شمالاً لشهر تموز إذا توفرت لديك المعلومات التالية: التبخر من الحوض 25 ملم/يوم ، سرعة الرياح 3 م/ثا ، الرطوبة النسبية 50% ، امتداد منطقة النباتات 100 م حول الحوض ومعامل النبات 1.1 .

نحول سرعة الرياح من (م/ثا) إلى (كم/يوم)

$$3 \text{ m/sec} * \frac{60 * 60 * 24}{1000} = 259.2 \text{ Km/day}$$

نستخرج قيمة معامل الحوض  $K_P$  من الجدول (4) (ص 173 في الكتاب)

$$K_P = 0.75$$

$$ET_P = 0.75 * 25$$

$$= 18.75 \text{ mm/day} * 31 \text{ day} \quad (\text{يضرب في عدد أيام الشهر})$$

$$= 581.25 \text{ mm/month}$$

$$ET_a = 18.75 * 1.1$$

$$= 20.63 \text{ mm/day}$$

$$\underline{\text{OR}} \quad ET_a = 581.25 * 1.1 = 639.38 \text{ mm/month}$$



الجدول (1) النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في اليوم (P) بالنسبة لمجموع عدد ساعات النهار السنوية.

(عن دورينبوس وبرويت، 1975)

خطوط العرض	ك2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت1	ت2	ك1
صفر	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
15	0.26	0.26	0.26	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26
20	0.25	0.26	0.26	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25
25	0.24	0.26	0.26	0.28	0.29	0.31	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.24
30	0.24	0.25	0.25	0.28	0.30	0.31	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24
35	0.23	0.25	0.25	0.28	0.30	0.32	0.32	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23
40	0.22	0.24	0.24	0.28	0.31	0.33	0.34	0.32	0.30	0.27	0.24	0.22
42	0.21	0.24	0.24	0.28	0.31	0.33	0.34	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21
44	0.21	0.24	0.24	0.28	0.31	0.34	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.21
46	0.20	0.23	0.23	0.28	0.32	0.34	0.35	0.34	0.30	0.27	0.23	0.20
48	0.20	0.23	0.23	0.28	0.32	0.35	0.36	0.34	0.31	0.27	0.23	0.20
50	0.19	0.23	0.23	0.28	0.32	0.35	0.36	0.34	0.31	0.27	0.23	0.19
52	0.19	0.22	0.22	0.28	0.33	0.36	0.37	0.35	0.31	0.27	0.22	0.19
54	0.18	0.22	0.22	0.28	0.33	0.37	0.38	0.36	0.31	0.26	0.22	0.18
56	0.17	0.21	0.21	0.28	0.33	0.38	0.39	0.36	0.30	0.26	0.21	0.17
58	0.16	0.21	0.21	0.28	0.34	0.39	0.40	0.37	0.30	0.26	0.21	0.16
60	0.15	0.20	0.20	0.28	0.34	0.40	0.41	0.38	0.30	0.26	0.20	0.15

الجدول (2) قياس التبخر والنتج المرجع ETP من النسبة المئوية لعدد ساعات النهار (P) (الجدول 1) ومتوسط درجة الحرارة الشهرية t (م°) والمعلومات المناخية الإضافية. (عن دورينبوس وبرويت، 1975)

فترة سطوح الشمس						نسبة $\frac{n}{N}$ (2)
رطوبة الهواء النسبية						
عالي (أكثر من 50%)		متوسط (20 - 50)%		قليل (أقل من 20%)		
b	a	b	a	b	a	
0.98	-1.65 (3)	1.25	-1.70 (3)	1.4	-1.6 <sup>(1)</sup> (3)	قليل (أقل من 0.6)
0.88	-1.55 (2)	1.15	-1.85 (2)	1.28	-1.80 (2)	
0.80	-1.45 (1)	1.50	-2.00 (1)	1.15	-2.00 (1)	
b	a	b	a	b	a	متوسط (0.6 - 0.8)
1.16	-1.70 (3)	1.52	-2.10 (3)	1.73	-1.80 (3)	
1.06	-1.75 (2)	1.38	-2.15 (2)	1.55	-2.05 (2)	
0.97	-1.80 (1)	1.20	-2.20 (1)	1.35	-2.30 (1)	
b	a	b	a	b	a	عالي (أكثر من 0.8)
1.31	-1.70 (3)	1.82	-2.55 (3)	2.06	-2.00 (3)	
1.22	-1.95 (2)	1.61	-2.50 (2)	1.82	-2.30 (2)	
1.14	-2.15 (1)	1.37	-2.40 (1)	1.55	-2.60 (1)	

(1) سرعة الرياح خلال النهار: (3) أكثر من 5 م/ثا. (2) = 2-5 م/ثا. (1) = صفر - 2 م/ثا

(2) النسبة بين فترة سطوح الشمس اليومية الحقيقية n والممكنة N.

الجدول (3) فترة شروق الشمس اليومية القصوى (ساعات) لخطوط عرض وأشهر مختلفة. (عن دورينبوس وپرویت، 1975)

خطوط العرض الشمالية	ك2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
خطوط العرض الجنوبية <td>تموز</td> <td>آب</td> <td>أيلول</td> <td>ت1</td> <td>ت2</td> <td>ك1</td> <td>ك2</td> <td>شباط</td> <td>آذار</td> <td>نيسان</td> <td>آيار</td> <td>حزيران</td>	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	ك2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.1	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	12.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
صفر	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

الجدول (4) معامل حوض التبخر  $K_p$  (حوض صنف أ) موضوع في منطقة مغطاة بالنباتات، لحساب الاستهلاك المائي الأساس  $ET$ ، حسب معادلة حوض التبخر. (عن دورينبوس وپرویت، 1975)

المعامل $K_p$ عند وضع حوض التبخر في مكان مزروع بالنباتات			امتداد منطقة النباتات <sup>(1)</sup>	سرعة الريح كم/يوم
رطوبة الهواء النسبية %			(م)	
أكثر من 70	70 - 40	متوسط أقل من 40		
0.75	0.65	0.55	صفر	
0.85	0.75	0.65	10	أقل من 175 (خفيفة)
0.85	0.80	0.70	100	
0.85	0.85	0.75	1000	
0.65	0.60	0.50	صفر	
0.75	0.70	0.60	10	175 - 425 (معتدلة)
0.80	0.75	0.65	100	
0.80	0.80	0.70	1000	
0.60	0.50	0.45	صفر	
0.65	0.60	0.55	10	425 - 700 (قوية)
0.70	0.65	0.60	100	
0.75	0.70	0.65	1000	
0.50	0.45	0.40	صفر	
0.60	0.55	0.45	10	أكثر من 700 (قوية جداً)
0.65	0.60	0.50	100	
0.65	0.60	0.55	1000	

(1) امتداد منطقة النباتات مقاسة من موقع الحوض.



## البزل Drainage

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

### مصادر الماء الزائد:

1. الإفراط في استعمال مياه الري وعمليات الغسل.
2. الأمطار.
3. النزير من القنوات والخزانات.
4. مياه الفيضانات.
5. جريان الماء الجوفي.

### دلالات ظهور مشاكل البزل:

1. وجود مياه راكدة فوق سطح الأرض أو وجود مساحات مشبعة بالماء خاصة في المناطق المنخفضة.
2. ظهور تجمعات ملحية على سطح الأرض.
3. انتشار وتكاثر البعوض مما يدل على تراكم المياه على سطح الأرض أو مجاري المياه الراكدة.
4. رص سطح التربة مما يؤدي إلى بطئ حركة المياه فيها نتيجة استعمال المعدات الزراعية الثقيلة الوزن.
5. صعوبة تأدية عمليات الخدمة الزراعية مثل الحراثة نتيجة لتشبع التربة بالماء.
6. ضعف نمو النباتات المزروعة واصفرار أوراقها وموت الأشجار الكبيرة.
7. ضعف نمو جذور النباتات المزروعة نتيجة لارتفاع سطح الماء الجوفي.

## فوائد البزل في المناطق الجافة:

1. تقليل المحتوى الرطوبي للطبقات السطحية وذلك بخفض منسوب المياه الجوفية المالحة.
2. غسل الأملاح الزائدة من التربة في منطقة جذور النباتات.
3. الحيلولة دون تملح التربة من جديد أي المحافظة على مستوى ملحي معين.
4. تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية.
5. قد تستعمل المبالز وسيلة للري الجوفي.

إن الخطوة الأولى في إيجاد حلول لمشاكل البزل في أي مشروع هو التحري وجمع المعلومات المتعلقة بالمياه الجوفية، التربة، الطبوغرافية ... الخ وذلك لغرض معرفة طبيعة ومدى مشاكل البزل في المنطقة. ولغرض البدء بتصميم أي مشروع بزل لابد من اجراء بعض التحريات الحقلية لجمع المعلومات والبيانات اللازمة لتنفيذ المشروع، ويمكن تقسيم هذه التحريات الى مرحلتين:

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

## ❖ التحريات الاستكشافية Reconnaissance investigation

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

1. التضاريس الأرضية (الطوبوغرافية) Topography.
2. جيولوجية المنطقة Geology of the region.
3. التربة وطبيعة استغلال الأرض Soil and land use.
4. حالة البزل السطحي Surface drainage.
5. حالة البزل تحت السطحي Sub-Surface drainage.

### ❖ التحريات التصميمية Design investigation

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

1. التضاريس الأرضية (الطوبوغرافية) Topography.
2. التصريف Discharge.
3. تحريات البزل الحقلي Field drainage investigation.

### تحريرات الماء الجوفي Ground water investigation.

يعتبر الماء الجوفي أحد أهم محددات مشكلة البزل في أي منطقة، ويجب دراسة العوامل المؤثرة عليه سواءً كانت سلبية (العوامل المساعدة على رفع منسوبه) أم إيجابية (العوامل المساعدة على خفض منسوبه). وتشمل تحريات الماء الجوفي ما يأتي:

1. الدراسات التحضيرية.
2. مسح منسوب الماء الجوفي.
3. نوعية المياه.

### أنواع المبالز:

يمكن تقسيم شبكات البزل إلى نوعين رئيسيين:

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

### 1. شبكات البزل العمودية Vertical drainage systems .

في هذا النوع من البزل تتم السيطرة على منسوب الماء الجوفي عن طريق حفر الآبار في المنطقة المراد بزلها واستخدام المضخات للتخلص من المياه المتجمعة في هذه الآبار وهذا ما يسمى بالبزل العمودي أو البزل بواسطة الابار Well drainage.

## 2. شبكات البزل الأفقية Horizontal drainage systems .

وتقسم شبكات هذه الشبكات إلى نوعين:

1. المبالزل المفتوحة Open drain .
2. المبالزل المغطاة Covered drain :
- أ. المبالزل الأنبوبية.
- ب. مبالزل المسارب (الأنفاق) Mole drain.

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

### مميزات المبالزل المفتوحة:

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

### سلبيات المبالزل المفتوحة:

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

## 2. المبالزل المغطاة (تحت السطحية) Covered drains (Sub-surface drains): وهي المبالزل

التي تدفن تحت سطح التربة، وتقسم إلى نوعين:

- 1) المبالزل الأنبوبية: عبارة عن أنابيب توضع داخل الأرض في خندق يحفر لهذا الغرض ثم يردم بعد إحاطتها بمواد مرشحة تمنع دخول الرواسب.
  - أ. أنابيب فخارية: وهي أنابيب من الطين المحروق طولها 30 سم وقطرها 12.5 سم.
  - ب. أنابيب اسمنتية: أنابيب يبلغ طولها حوالي 60 سم وقطرها 15 سم.



ج. أنابيب مثقبة: وهي أنابيب مصنوعة من اللدائن أو الألياف ويصل طولها إلى 10 م.

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

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

1. المبالز الحقلية (الفرعية) Field (lateral) drains: إن الغرض الرئيسي من هذه المبالز هو خفض منسوب الماء الجوفي إلى العمق المناسب وغير المؤثر على نمو النبات، وعادةً ماتكون على شكل قنوات متوازية عرض قعرها 30 سم، وضيقتها سحب الماء الزائد من الحقول الإروائية الصغيرة.

2. المبالز المجمععة Collector drains: تقوم هذه المبالز بتجميع المياه الزائدة والمبزولة من المبالز الحقلية ونقلها إلى الميزل الرئيسي، ويكون عرض قعرها بحدود 40 سم.

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

## MAINTENANCE OF DRAINS صيانة الميازل

تعد الصيانة الميازل حاجة مستمرة يجب أن تبدأ بعد انتهاء التشييد مباشرة وتقسّم الصيانة عادة إلى

مرحلتين :

- أولاً: الصيانة الوقائية ( الوقائية ) Preventative maintenance قبل العجز أو التوقف.
- ثانياً: الصيانة الإصلاحية Corrective maintenance بعد التوقف الجزئي او التام .

### صيانة الميازل المفتوحة

أن عجز الميازل المفتوحة ينتج عادة من واحد أو أكثر من الظروف الثلاث التالية:

- 1- التصميم الضعيف
- 2- التشييد غير المناسب
- 3- نقص الصيانة الملائمة

أما الأسباب الرئيسية لتخريب الميازل المفتوحة فهي

- 1- الترسيب في قناة البزل .
- 2- نمو النباتات
- 3- تعرية القناة والضفاف .

### 1. الصيانة الوقائية

ان افضل انواع الصيانة هي الصيانة الوقائية وهي تصحيح المشكلة قبل أن يستفحل أمرها

#### 1. السيطرة على الترسبات في الميزل المفتوح

في بعض الأحيان تأتي الترسبات إلى الميازل نتيجة لتعرية الأرض المجاورة للميزل ، أن اجراءات السيطرة على التعرية في هذه الأراضي تساعد كثيرا في تقليل خطورة المشكلة . من جهة أخرى يحدث غالباً انجراف وترسيب ضمن القناة نفسها . وهذا ناتج عن تغيير الانحدار في القناة عندما يكون ذلك ضروريا . اذ تتجرف التربة من المناطق المتحدرة لتترسب في المناطق الاقل انحدارا نتيجة لانخفاض سرعة جريان الماء فيها . في حالات كثيرة يكون من غير الممكن منع تراكم الطمي في الميزل عندئذ

يكون من الضروري تنظيفه . ويمكن استعمال احواض ترسيب أو سدود سيطرة في المياز المفتوحة حيث يتجمع الطمي في حوض الترسيب او وراء السد بحيث يمكن ازالته بسهولة .

### السيطرة على تعرية الضفاف Bank Erosion Control

في المناطق المنبسطة لاتعد تعرية الضفاف مشكلة جدية . لأن سرعة جريان الماء في المبز لا تكون كبيرة . ولان تخطيط المياز في هذه المناطق يكون عادة بشكل خطوط مستقيمة . أما في المناطق ذات الانحدارات الأشد فتصبح السيطرة على انجراف الضفاف مشكلة جدية . أن أكساء الضفاف بطبقة من الحجارة او اي مادة واقية يكون فعالا في السيطرة على تعرية الضفاف . ولكن هذه الإجراءات تكون عادة عالية التكاليف يمكن كذلك تقليل تعرية الضفاف بتسوية الضفاف المخربة وزراعتها بغطاء نباتي دائم . في بعض الأحيان تسبب التعرية الريحية او زحف الرمال من الأراضي المجاورة امتلاء المنزل بالترسبات . في هذه الحالة يكون من الضروري اتباع الإجراءات الملائمة لتثبيت الكثبان الرملية المجاورة للمياز مع تغطية الأرض المجاورة بغطاء نباتي دائم . واستعمال الأرض استعمالا ملائما مع اجراءات صيانة تربة جيدة .

### مقاومة الأدغال weed Control

ان مقاومة الأدغال النامية على طول وداخل قنوات البزل يعد اجراء صيانة وقائياً أن نمو النباتات داخل قناة البزل يقلل من سعتها على نقل الماء ، طرق مقاومة هذه النباتات هي نفسها كما في قنوات الري .

### الصيانة الاصلاحية

بعد انشاء المياز يكون من الضروري اجراء بعض التعديلات على المقطع العرضي أو انحدار او استقامة القناة لأجل الاداء الصحيح للنظام . أن الانحدار غير الكافي ربما يسبب الترسيب في القناة انحدارات الجوانب التي تتهدم تحتاج إلى اعادة تشكيلها بانحدار اكثر ملائمة . الانحناءات الحادة تحتاج إلى تقليل حدتها وقد تدعو الضرورة إلى توسيع القناة . في الأماكن التي يوجد فيها انجراف زائد ربما تحتاج الى تقليل الانحدار .

بالرغم من اتخاذ الخطوات الممكنة لتقليل الترسبات الا ان اعمال التنظيف تكون غالباً ضرورية وتستعمل عادة نفس معدات الحفر لتنظيف قنوات البزل .

### صيانة المبازل المغطاة

وهي يمكن تقسيم اسباب عجز جمع المبازل الأنبوبية الى ست فئات هي :

- 1- قلة الفحص والادامة
- 2- التصميم غير الملائم
- 3- التنفيذ غير الجيد
- 4- المواد المستخدمة وعمليات تصنيعها
- 5- التركيب الفيزيائي للتربة
- 6- ترسب الاملاح في الانابيب مثل الجبس والكلس

بالرغم من أن فشل المبازل الناتج عن التركيب الفيزيائي غير الجيد للتربة لا يكون شائعة جدا . الا ان وضع الانابيب في مثل هذه التربة ربما يدخل ضمن فقرة التصميم غير الملائم .

الأسباب الرئيسة لتلف الأنابيب الفخارية والسمنتية هي قلة مقاومتها لتعاقب الانجماد والذوبان وعدم مقدرتها على تحمل الاثقال الكبيرة .

إن أخطاء التصميم الرئيسة هي السعة غير الكافية للانابيب . أو عدم الدقة في اختيار اعماق وفواصل المبازل . وقلة المنشآت الملحقة مثل المداخل السطحية وغيرها . والتنفيذ غير الجيد ينتج عن

1- العرض الزائد للفراغات الموجودة بين الأنابيب المتعاقبة أو الثقوب الزائدة في الأنابيب البلاستيكية.

2- عدم وضع الانابيب الفخارية او السمنتية بصورة صحيحة وباستقامة واحدة

3- عدم تجانس الانحدار او حصول انحدار عكسي لبعض الانابيب .

4- هبوط أو تكسر بعض الأنابيب بسبب الأحمال الثقيلة او قلة تحمل الأنبوب .

5- الردم غير الجيد ودخول تربة الردم الى الانابيب خلال عملية الرص او سوء تصميم مرشح

المحيط الحصوي لحماية الانبوب من دخول الرمال الناعمة والغرين

6- الموقع غير الملائم للمرشح الحصوي



تقص أو قلة الصيانة اللازمة وعدم فحص الشبكة بصورة مستمرة هو العاشر الرئيس لتلف الميازل . الأضرار الرئيسة التي تحدث تعود إلى انسداد الأنابيب نتيجة لنمو جذور النباتات داخلها أو تجمع الترسبات فيها

### الصيانة الوقائية

بالمقارنة مع الميازل المفتوحة فإن الميازل الأنبوبية تحتاج إلى صيانة أقل نسبيا عندما تصب المخارج في قناة بزل مفتوحة يجب جعل هذه القناة خالية من نموات الحشائش والنباتات والأشجار . كما ينبغي تغطية أنبوب المخرج ببوابة تسمح لخروج الماء فقط . أو مشبك وذلك لمنع القوارض من الدخول إلى انبوب البزل . كما يجب الا يحول الماء السطحي الى قناة البزل عند أو قرب مخارج الأنابيب.

### تنظيف أنابيب البزل

يتم تنظيف الانابيب المملوءة بالترسبات او النباتات ام بوساطة

1- **ماكينة الغسيل Machine Flushing** حيث يضخ الماء تحت ضغط عالم خلال انبوب بلاستيكي يدخل الى خط المبزلة من المخرج . وفي رأس الأنبوب البلاستيكي توجد فوهة نفثة تغسل خط الانابيب.

2- **عمود الغسل** : حيث يسمح لتيار من الماء بالدخول أو المبزلة من بدايته عن طريق عمود الغسل دافعا الترسبات باتجاه المخرج .