الري والبزل

الجزء العملي

اعداد

د. أحمد خيرالدين عبدالسلام

د.خالد اخليف نزال الحديدي

كلية الزراعة والغابات / قسم علوم التربة والموارد المائية

المحتويات

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

تعريف الري

يعرف الري عموما بأنه الاضافة الاصطناعية للماء إلى التربة لغرض تجهيز الرطوبة الضرورية لنمو النبات ، وهناك تعريف أوسع وأكثر شمولا 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 كليا 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 تحسيناً 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 السواقط 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 خطا 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 (Bulk density) (ρb): 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 الظاهري يتضمن حجم الدقائق وحجم الفراغات البينية ، ويعبر عنها(غم. سم$^{-3}$) أو (ميكاغرام. م^3)، 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$^{-3}$ بينما في الترب الرملية تتراوح بين 1.4 – 1.8 (غم.سم$^{-3}$) ، أما في الترب العضوية فأن قيم الكثافة الظاهرية اقل من0.5 (غم.سم$^{-3}$)، وتزداد قيم الكثافة مع العمق في المقد نتيجة لانخفاض محتوى التربة من المادة العضوية وقلة الاستثارة .

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

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^3) أو (ميكاغرام/م^3). أو هي وزن حجم معين من التربة الجافة بالفرن. تتراوح قيمتها بين (2.6 – 2.75) غم.سم$^{-3}$ وبمعدل 2,65 غم/سم$^{-3}$. وتصل قيمة الكثافة الحقيقية للترب العضوية (Muck soil و Peat soil) إلى 1.9 غم/سم^3 وتصل قيمها في بعض الترب التي تحتوي على معادن ثقيلة والحاوية على أكاسيد الألمنيوم والحديد السداسية إلى 3.9 غم/سم^3.

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

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 المحتفظة بتركيبها الطبيعي سواءاً كانت مشغولة بالماء أو الهواء ويعبر عنها بنسبة مئوية (%). وتعتمد المسامية على نسجة التربة وتركيبها ، وتكون عادة مسامية الترب الطينية اكبر منها في الترب الرملية . هنالك نوعين من المسامات هما المسامات البينية الصغيرة وتسمى ايضا 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 مملؤة 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) $\theta_v = \frac{\theta_m . \rho_b}{\rho_w}$

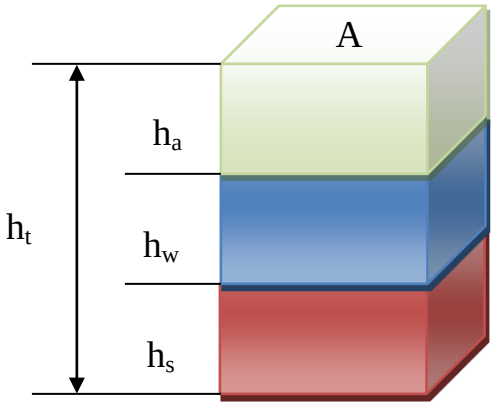
5) $f = \frac{(\rho_s - \rho_b)}{\rho_s}$

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).



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

$$d=h_w$$

$$d=h_w \qquad \theta_v=\frac{V_w}{V_t} \rightarrow \frac{h_w.A}{h_t.A} \rightarrow \theta_v=\frac{h_w}{h_t}$$

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

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

* (h_t): عمق التربة المراد ريها أو عمق المجموعة الجذرية

وبالتعويض عن h_t بـ D تصبح المعادلة:

$$d=\frac{\theta_m.\rho_b}{\rho_w}.D \qquad OR \qquad d = \theta_v . D$$

<u>مثال1</u>: تربة وزنها الرطب 1000 غم وحجمها 640 سم^3 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

مثال2: حقل مساحته 5 دونم مزروع بمحصول الذرة عمق الجذور 30 سم والكثافة الظاهرية للتربة 1.3 غم/سم^3 ، المحتوى الرطوبي قبل الري 14٪ وعند السعة الحقلية 26٪ . احسب حجم الماء الواجب إضافته للوصول إلى السعة الحقلية.

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

$$d = \frac{(0.26 - 0.14)*1.3}{1}*30$$

$$= 4.68\ cm$$

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

$$V_w = 585\ m^3$$

مثال3: تربة عمقها 1 م المحتوى الرطوبي من السطح وإلى عمق 40 سم 15٪ والكثافة الظاهرية لها 1.2 غم/سم^3 والمحتوى الرطوبي للعمق 40–100 سم هو 25٪ والكثافة الظاهرية لها 1.4 غم/سم^3 ، احسب العمق المكافئ للماء من السطح وإلى عمق 100 سم.

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

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

$$d = d_1 + d_2$$

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

مثال4: 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^3 . احسب حجم الماء الواجب إضافته للحقل للوصول إلى السعة الحقلية ثم احسب زمن الإرواء إذا كان لديك مضخة معدل تصريفها 5.5 م^3/ساعة.

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

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

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

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

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

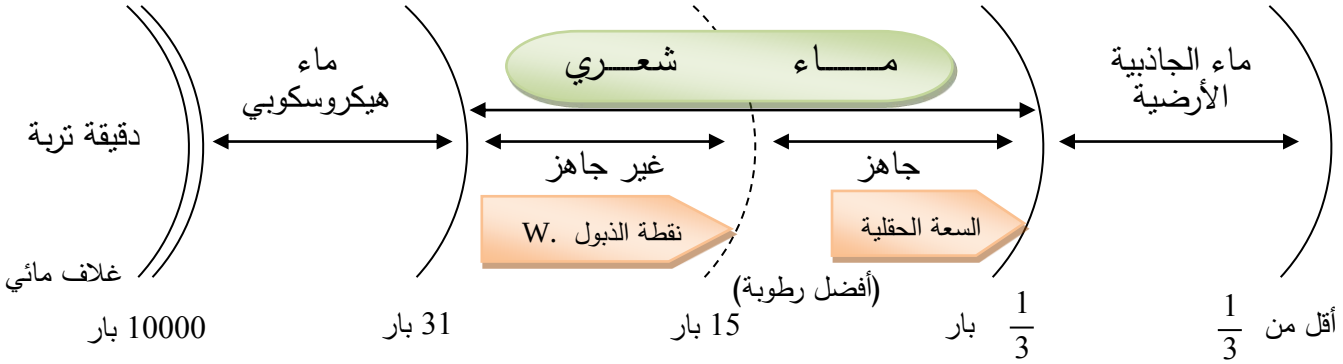
الزمن اللازم للإرواء = حجم الماءامعدل تصريف المضخة

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

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

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

تقدير المحتوى الرطوبي للتربة Determination of soil moisture

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 واكثرها 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 بوساطة اللمس (JAMES وآخرون ١٩٨٢).

رطوبة التربة (% من السعة الحقلية)	ملمس التربة
25 – 0	جافة جدا لا تكون كرة
50 – 25	تكون كرة ضعيفة
75 – 50	تكون كرة دائمية
100 – 75	تترك رطوبة على راحة اليد
فوق السعة الحقلية	عصر الكرة لا يوجد ماء حر مرئي
	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 ـ 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 :

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

$$\theta m = \frac{Mw}{Ms} * 100$$

خطوات العمل

1- زن حوالي 10 غم تربة في علبة معدنية نظيفة ومجففة وموزونة مسبقاً.
2- جفف العينات بالفرن على درجة حرارة 105 ^{o}م 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 = 35,5غم ، وزن العلبة مع التربة الرطبة (الجافة هوائياً) = 56,1 غم
وزن العلبة مع التربة الجافة تماماً (الجافة بالفرن) = 51,1غم 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

وزن التربة الرطبة = 56,1 – 35,5 = 20,6 غم
وزن التربة الجافة = 51,1 – 35,5 = 15,6 غم
كتلة الماء المفقود = 20,6 – 15,6 = 5 غم

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

$$= \frac{5}{15,6} \times 100 = \%32$$

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^3.

وزن التربة	وزن الماء
100	5
600	س

س = (600 × 5)/100 = 30 غم وزن الماء

وزن التربة الجافة تماماً = 600 – 30 = 570 غم

$$\rho s = \frac{Ms}{Vs} \longrightarrow \rho s = \frac{570}{300} = 1.9 \text{ gm.cm}^{-3}$$

2. الطرق غير المباشرة:

أ. طريقة المرطاب Tensiometer:

وهو عبارة عن أنبوبة بلاستيكية مزدوجة الجدار مفتوحة الطرفين تنتهي فتحتها السفلى بقطعة سيراميك منفذة للماء، وتنتهي فتحتها 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 ويملأ 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

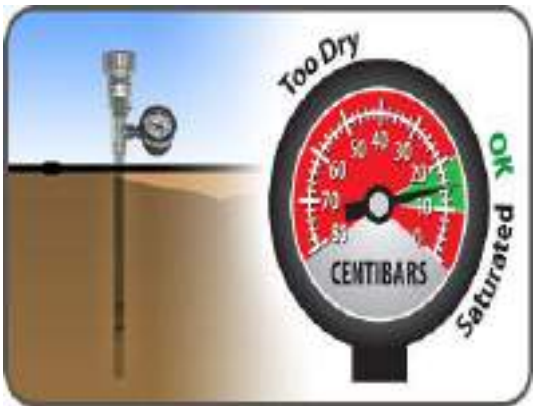
الماء فنلاحظ انخفاض القراءة لتعود إلى الصفر. تعتبر هذه العملية فحص لمدى صلاحية التنشيوميتر للعمل.

القياس الحقلي:

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 ولايحتاج 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 (الأوميتر) 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. سهلة الاستعمال. 2. رخيصة الثمن ومتوفرة في الأسواق.
3. لاتحتاج إلى خبرة عالية عند الاستعمال.

مساوئ الطريقة:

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

ج. المجس النيوتروني Neutron probe:

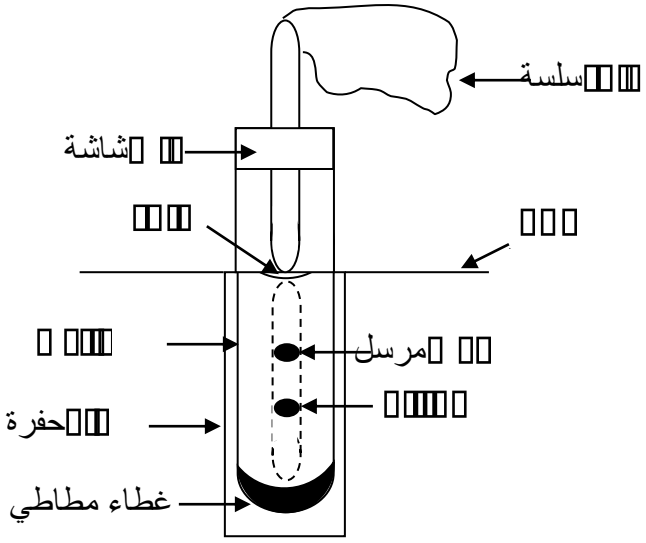
فكرة عمل الجهاز:

يقيس الجهاز أيونات الهيدروجين الفعالة والتي يكون معظم مصدرها من تحلل الماء، حيث يُطلق الجهاز نيوترونات سريعة تصطدم بأيونات الهيدروجين فترتد 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:

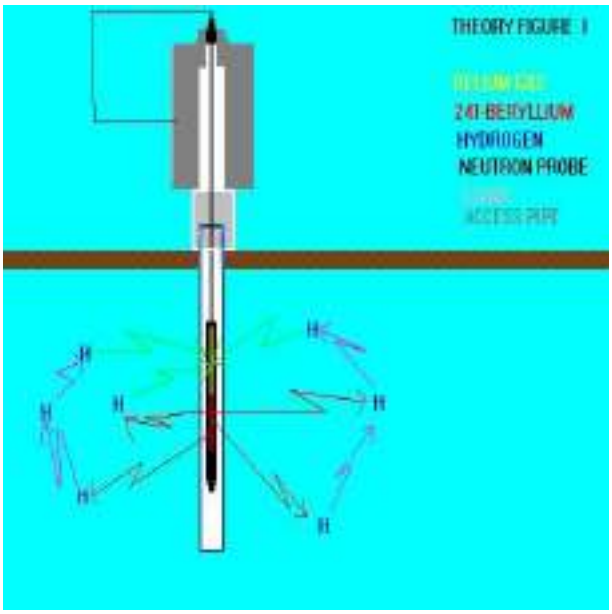
يتم الحصول على نيوترونات سريعة من خلال تمرير أشعة ألفا على عنصر البريليوم.

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 Soil Water Characteristic Carve (SWCC):

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 الرطوبية 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 الرطوبية 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 (ميكاغرام. م$^{-3}$)

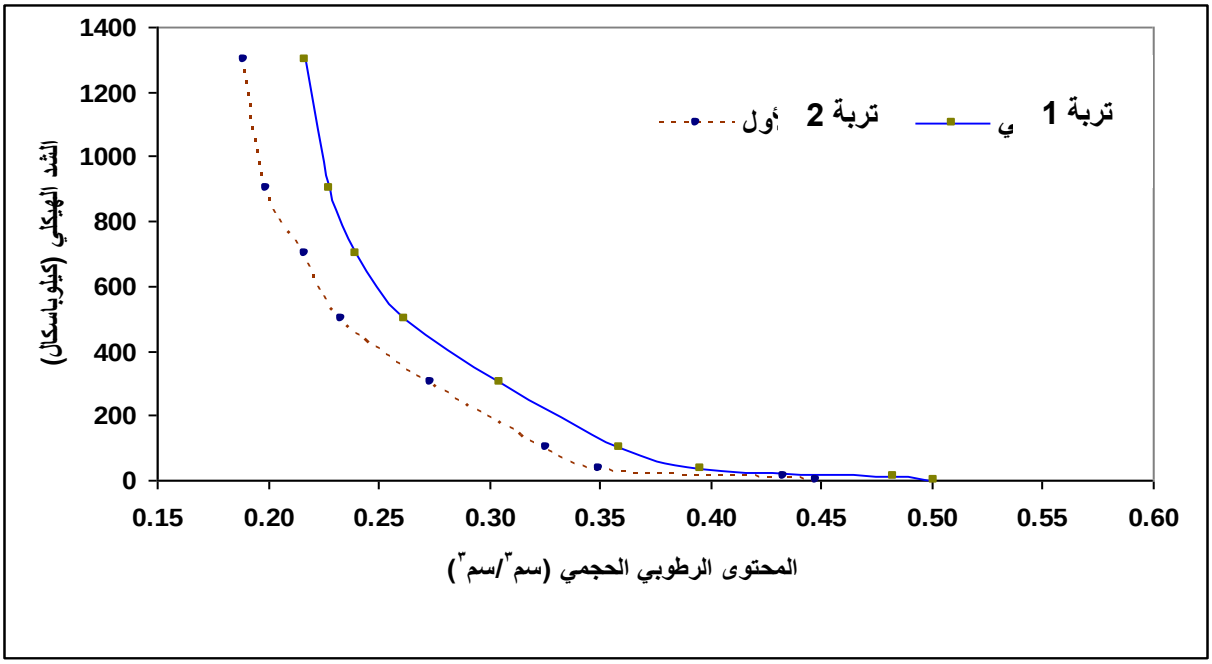
اسم العينة	الكثافة الظاهرية
تربة 1	1.24
تربة 2	1.32

الجدول (2): المحتوى الرطوبي الوزني θ_m عند شدود هيكلية مختلفة

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

الجدول (3) : المحتوى الرطوبي الحجمي θ_v عند شدود هيكلية مختلفة

اسم العينة	المحتوى الرطوبي الحجمي θ_v عند الشدود الهيكلية (كيلوباسكال)								
	صفر	10	33	100	300	500	700	900	1300
تربة 1	44.8	43.276	34.968	32.612	27.404	23.312	21.700	19.964	18.972
تربة 2	50.1	48.312	39.600	35.904	30.492	26.136	24.022	22.836	21.648



منحنى الوصف الرطوبي لعينتين من التربة

قياس المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم

السعة الحقلية Field Capacity (FC):

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 Wilting Point (WP):

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 تنظف 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

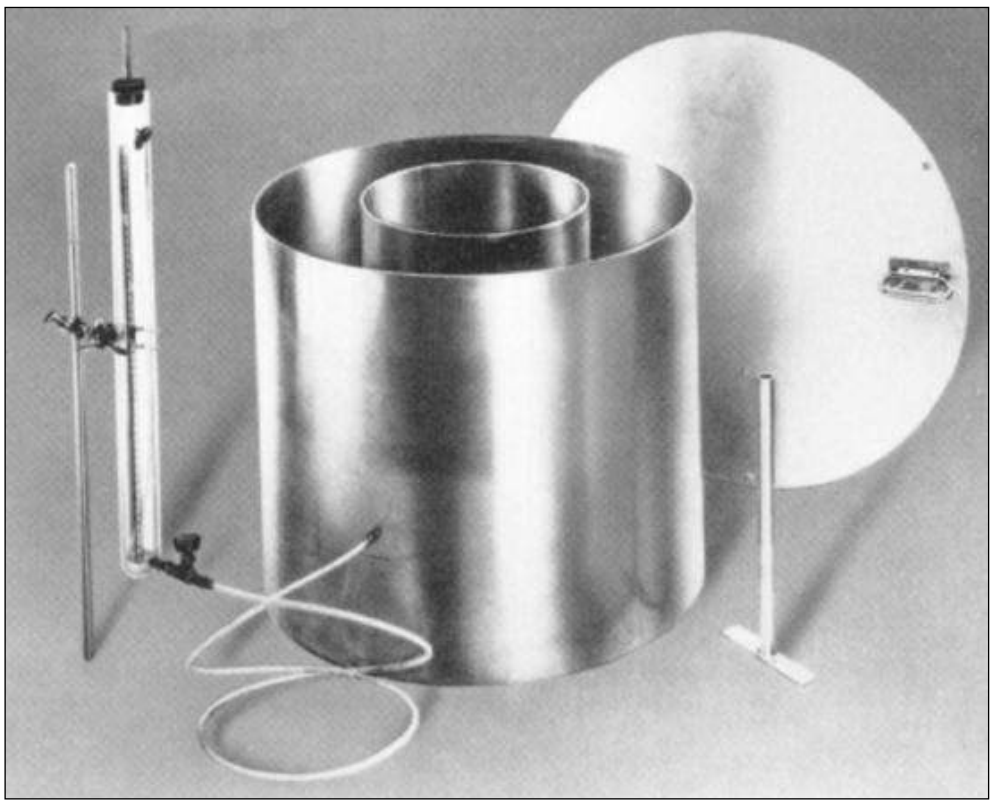
معدل الغيض: هو حجم الماء النافذ خلال سطح التربة لوحدة المساحة ولوحدة الزمن (سم^3/سم^2.زمن).

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.

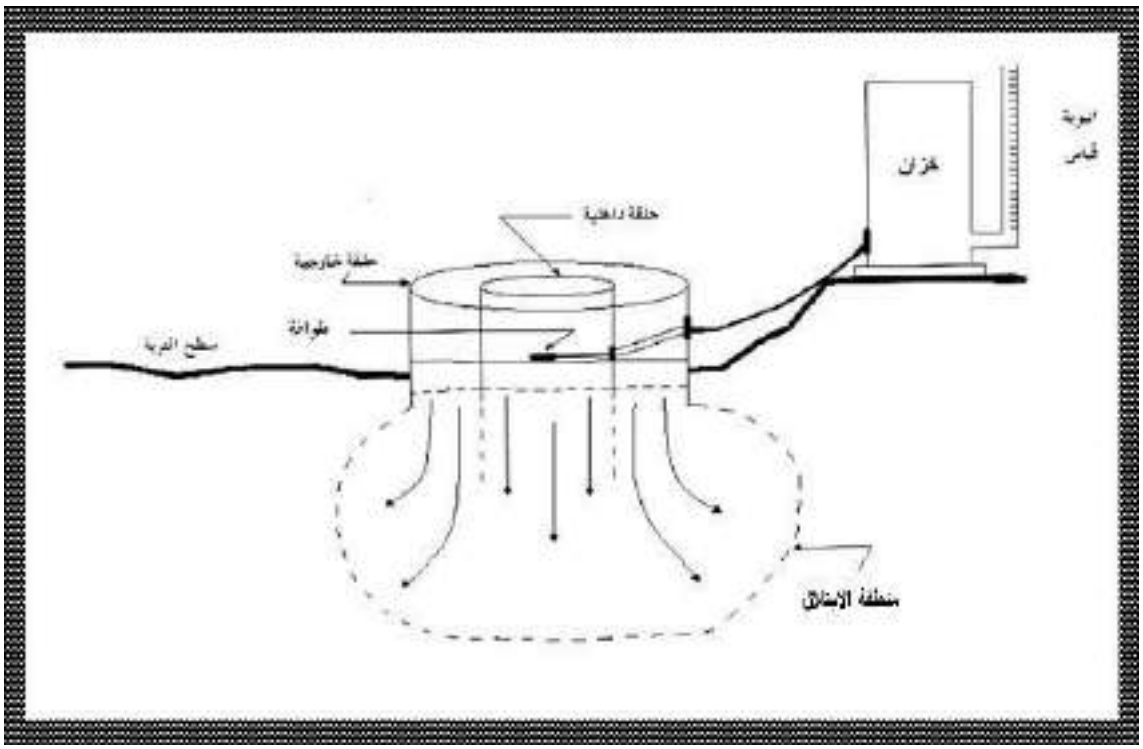
طريقة القياس:

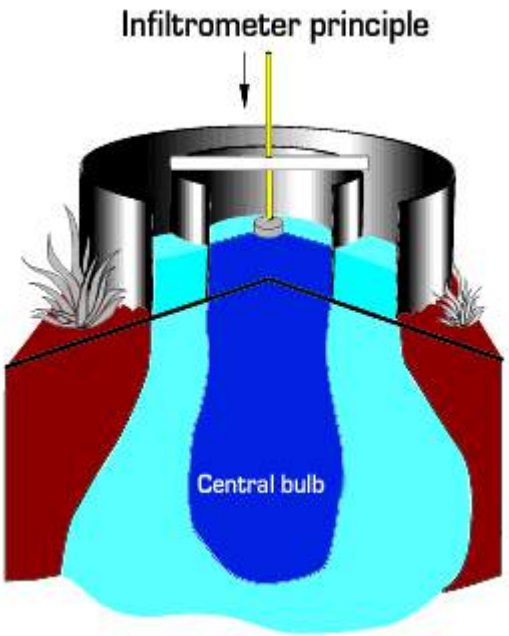
يتم قياس معدل الغيض حقلياً باستخدام الاسطوانة (الحلقة) المزدوجة (Double ring)، وهي عبارة عن اسطوانتين مفتوحة الطرفين الواحدة بداخل الأخرى، الصغيرة (الداخلية) قطرها 30سم وارتفاعها 40سم، وقطر الكبيرة (الخارجية) 60سم وارتفاعها 40سم.



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.

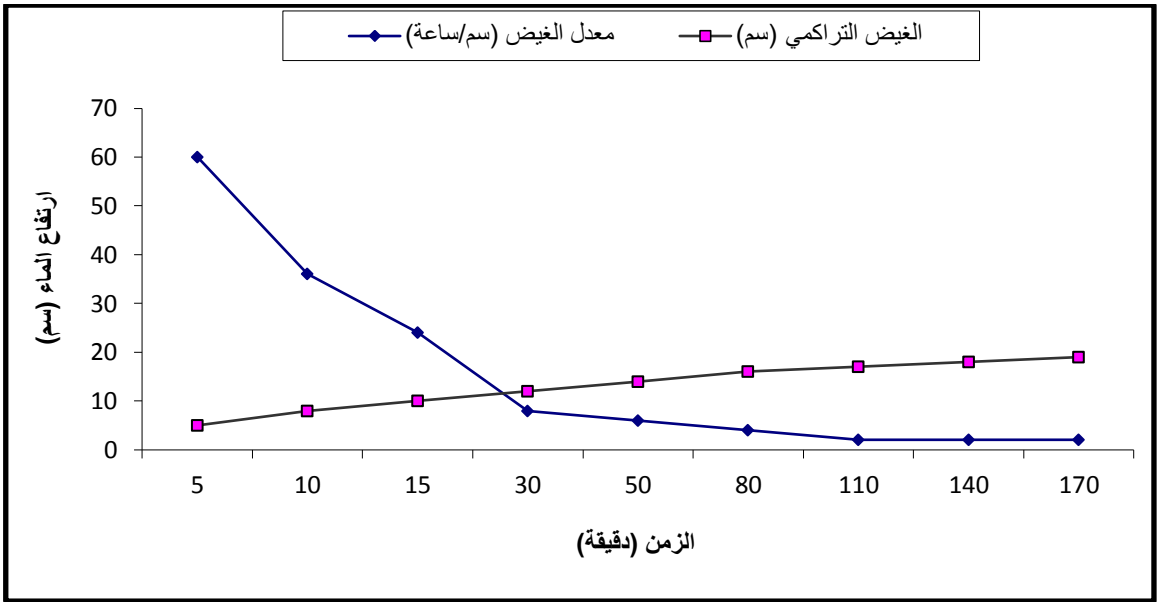
توضع داخل الاسطوانة الداخلية قطعة من النايلون، ثم يضاف الماء داخل الاسطوانتين وصولاً إلى مستوى الطوافة، بعدها يتم سحب قطعة النايلون وتؤخذ القراءات عند أزمنة تتراوح من 1 دقيقة إلى 3 ساعات.

تغطى 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 (ولايضاف الماء إلى الاسطوانة الداخلية).

الحسابات:

معدل الغيض = $\frac{\text{التغير في ارتفاع الماء}}{\text{التغير في الزمن}}$ $I = \frac{\Delta h}{\Delta t}$

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



أسباب انخفاض معدل الغيض مع الزمن:

1. انتقال دقائق التربة الناعمة مع الماء وسد الفراغات البينية.
2. انتفاخ 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 (الغيض) أخذت الأزمنة وأعماق نزول الماء المبينة في الجدول أدناه، جد معدل الغيض الأساسي والتراكمي موضحاً ذلك بالرسم البياني؟

الزمن t (دقيقة)	الارتفاع h (سم)	Δ t (min)	Δ t (hr)	Δ h	معدل الغيض (سم/ساعة)	الغيض 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^3/ثا ، قدم^3/ثا)، أو كمية الماء التي تغطي مساحة معينة ضمن ارتفاع معين ومحدود (في حالة السكون) (غالون/أيكر.انج (1 أيكر=4046 م^2) أو (غالون/أيكر.قدم) (1 غالون امبراطوري=4.5 لتر)، (1 غالون أمريكي=3.4 لتر).

أيكر/انج : يعرف بأنه كمية الماء التي تغطي مساحة أيكر واحد على ارتفاع انج واحد.

أيكر/قدم : كمية الماء التي تغطي مساحة أيكر واحد بارتفاع قدم واحد.

طرق قياس معدل تصريف الماء:

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

1. <u>الطريقة الحجمية</u>:

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:

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

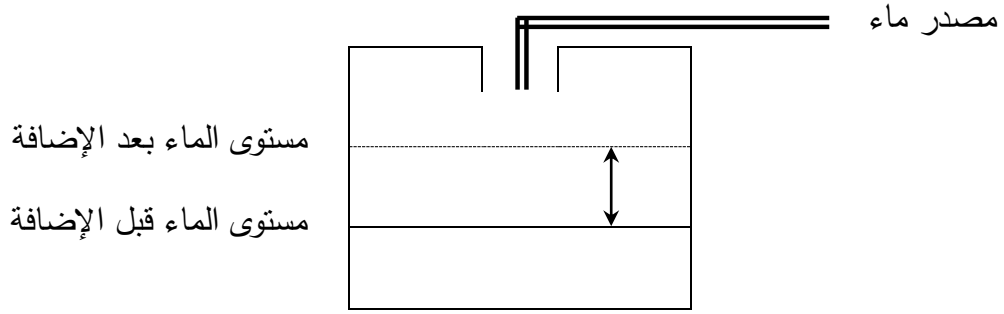
مثال: إذا علمت أن الزمن اللازم لملئ خزان حجمه 600 لتر هو 2 دقيقة، فما هو معدل تصريف الماء إلى هذا الخزان؟

$$2\,\text{min} * 60\,\text{sec/min} = 120\ \text{sec} \qquad Q = \frac{600}{120} = 5\ L/\text{sec}$$

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

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

كما يمكن معرفة كمية الماء الواصلة للخزان أو المساحة من خلال التغير في المنسوب على فرض أن هذا الخزان لايحدث 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 = معدل التصريف ($م^3$/ثا)

A = مساحة المقطع العرضي للجريان ($م^2$)

V = سرعة الجريان (م/ثا)

ويمكن قياس سرعة الجريان بعدة طرق منها:

أ. طريقة الطوافة:

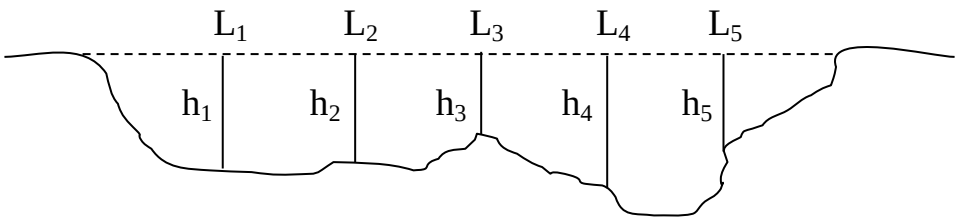
يتم اختيار مسافة معينة على قناة ترابية (تكون هذه المسافة منتظمة ومستقيمة قدر الإمكان) تتراوح بين 25 – 50 م ويتم تثبيت علامة (وتد) عند بداية ونهاية منطقة القياس بعدها يتم تسقيط قطعة

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 .

$$Q = 0.85\ A\,.\,V$$

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 المثيل الأحمر أو البرتقالي أو الحبر وبنفس طريقة الطوافة، إلا أن السرعة في هذه الحالة تمثل معدل سرعة الجريان لذا لانحتاج إلى ضربها في الثابت وذلك لأن الصبغات يحصل لها انتشار في داخل الماء وعلى مساحة المقطع.

ج. مقاييس التيار:

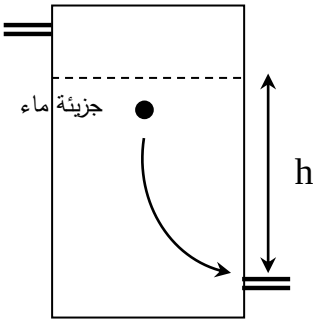
وتستخدم هذه الطريقة لقياس التصريف في القنوات الكبيرة، وهناك ثلاثة أنواع من المقاييس هي:

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.

$Potential\ \ energy = m\,g\,h$ كامنة

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

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

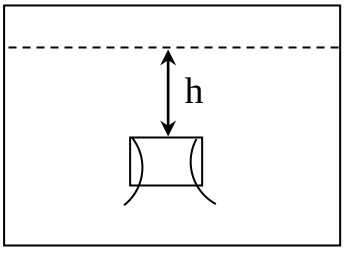
$$Q = A\,.\,V \quad \Longrightarrow \quad Q = A\sqrt{2\,g\,h}$$

ونضرب التصريف × 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 = سم^3/ثا ، A = سم^2 ، g = 980 سم/ثا^2 ، h = سم

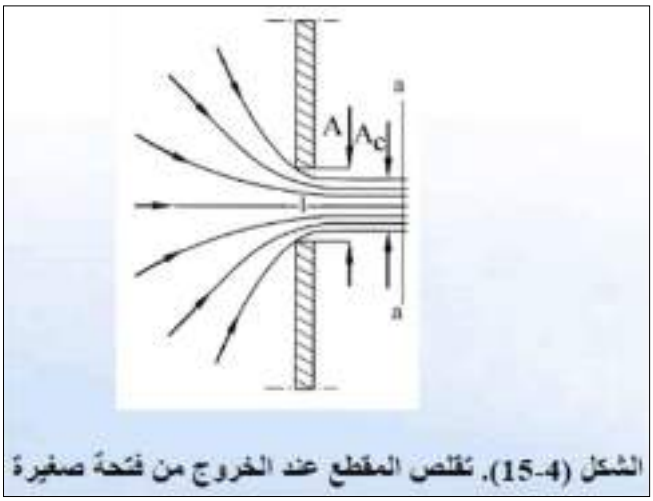


لماذا يتم تعديل قيمة التصريف النظري:

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:

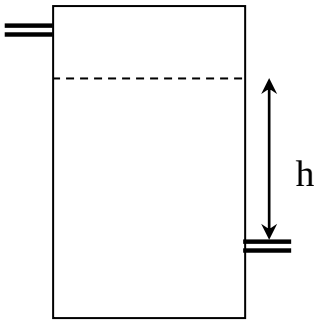
1. يجب أن يرتفع الماء فوق الفتحة بمقدار أكبر من قطر الفتحة، وكلما كان ارتفاع الماء فوق الفتحة أكبر كلما كان القياس أدق.
2. يجب أن تكون حواف الفتحة حادة وذلك لتقليل احتكاك جزيئات الماء مع الحواف.
3. يجب أن تكون الفتحة ذات شكل منتظم.



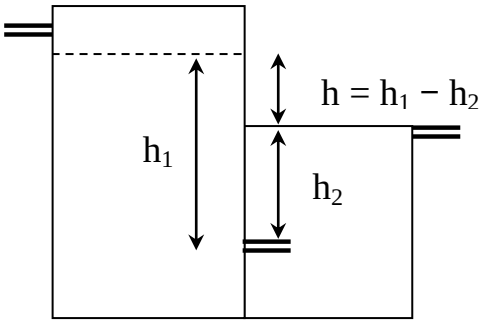
الشكل (4-15). تقلص المقطع عند الخروج من فتحة صغيرة

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؟

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

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

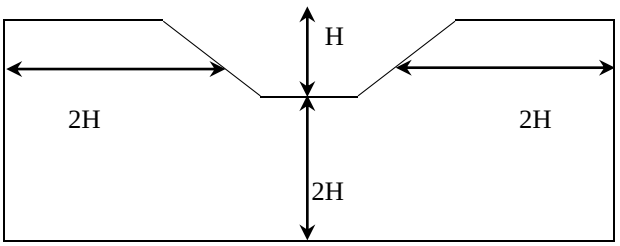
$h = 120 - 40 = 80\ cm \qquad = \frac{80}{100} = 0.8\ m$

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

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 لاتسمح بمرور الماء من حوافها الخارجية فينحسر الماء خلفها ثم يرتفع ليخرج من الحافة العليا لها والتي تكون عادةً ذات شكل هندسي منتظم.

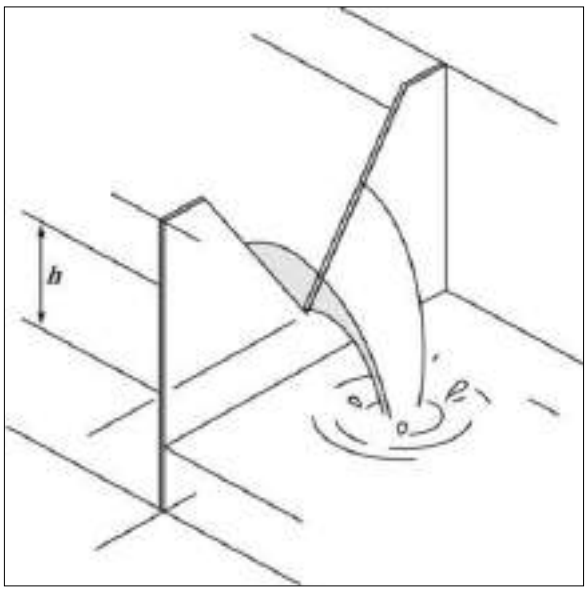
ولغرض الحصول على هدارة ذات دقة عالية في القياس يجب أن تكون حدود التصميم لها كالآتي:

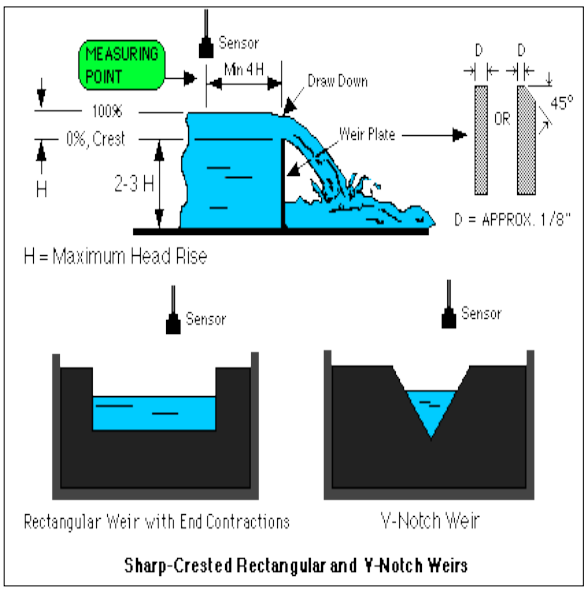


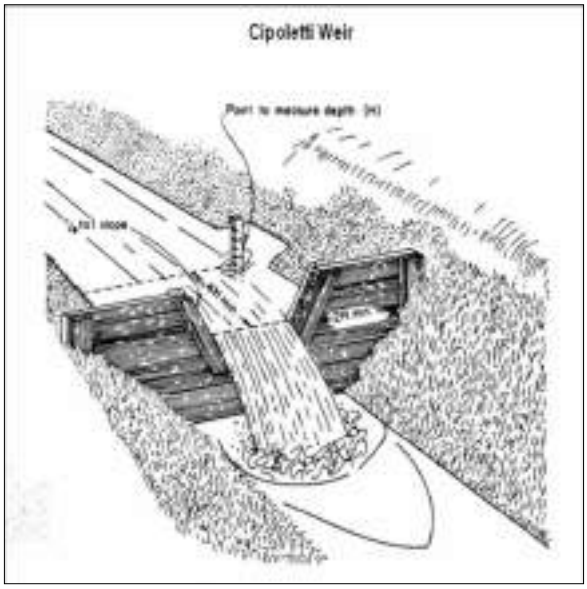
إذا كان ارتفاع الماء فوق الحافة العليا بقيمة H يجب أن تكون المسافة من الحافة العليا إلى الحافة السفلى 2H والمسافة بين الحواف الداخلية والخارجية 2H.

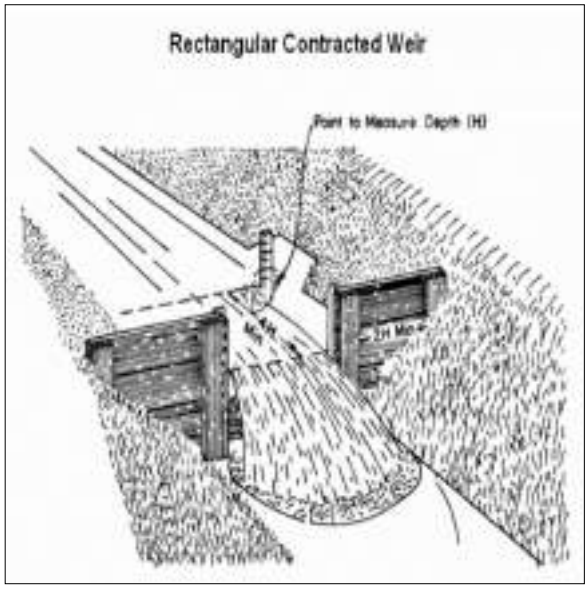
طريقة استخدام الهدارة:

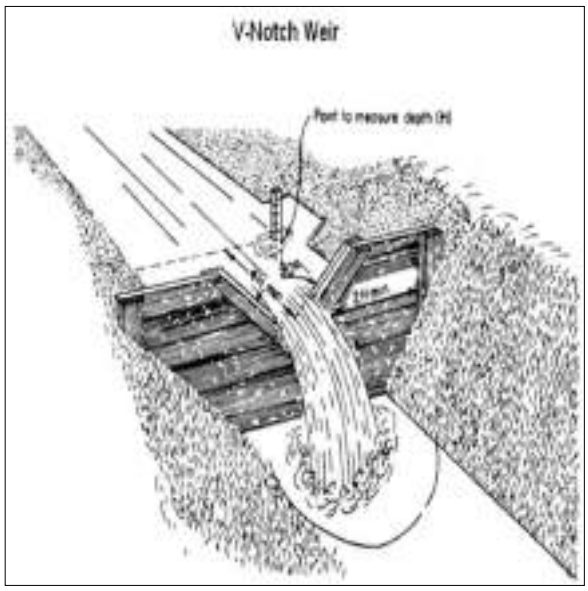
1. يجب أن تثبت الهدارة عمودياً على المجرى المائي ويكون ارتفاع الماء فوق الحافة العليا مساوياً إلى نصف المسافة من الحافة العليا إلى قاع القناة.
2. يجب التأكد من أن الماء لا يخرج من الحواف الخارجية للهدارة وإنما يخرج فقط من خلال الفتحة الهندسية المعمولة في جسم الهدارة.
3. يثبت وتد في قاع القناة وعلى مسافة 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 تخصر للماء أثناء مروره خلال الفتحة، يتم التعويض عن قيمة L بـ L – 0.2 H

وتصبح العلاقة كالآتي:

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

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.

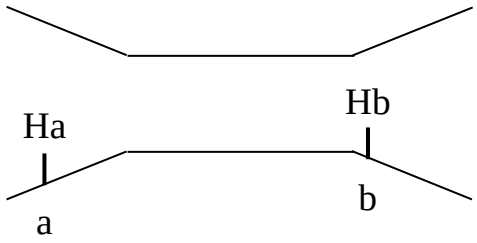
عيوب الهدارة:

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

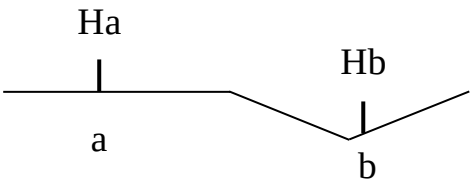
4. قناة بارشال (Parshall flume):

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 منحدرة نحو الأسفل.
3) **مؤخرة القناة:** تكون الجدران مفتوحة نحو الخارج والأرضية ترتفع قليلاً نحو الأعلى.



منظر علوي



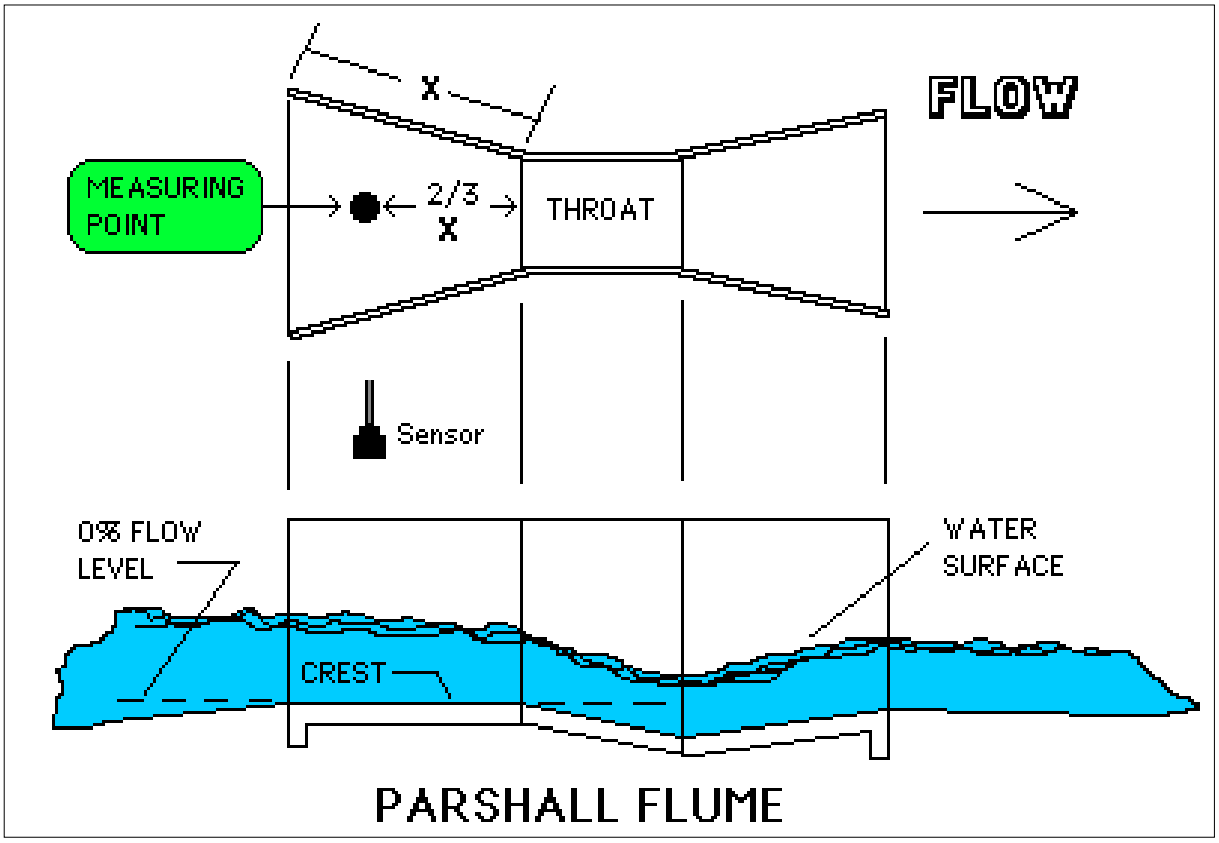
منظر جانبي

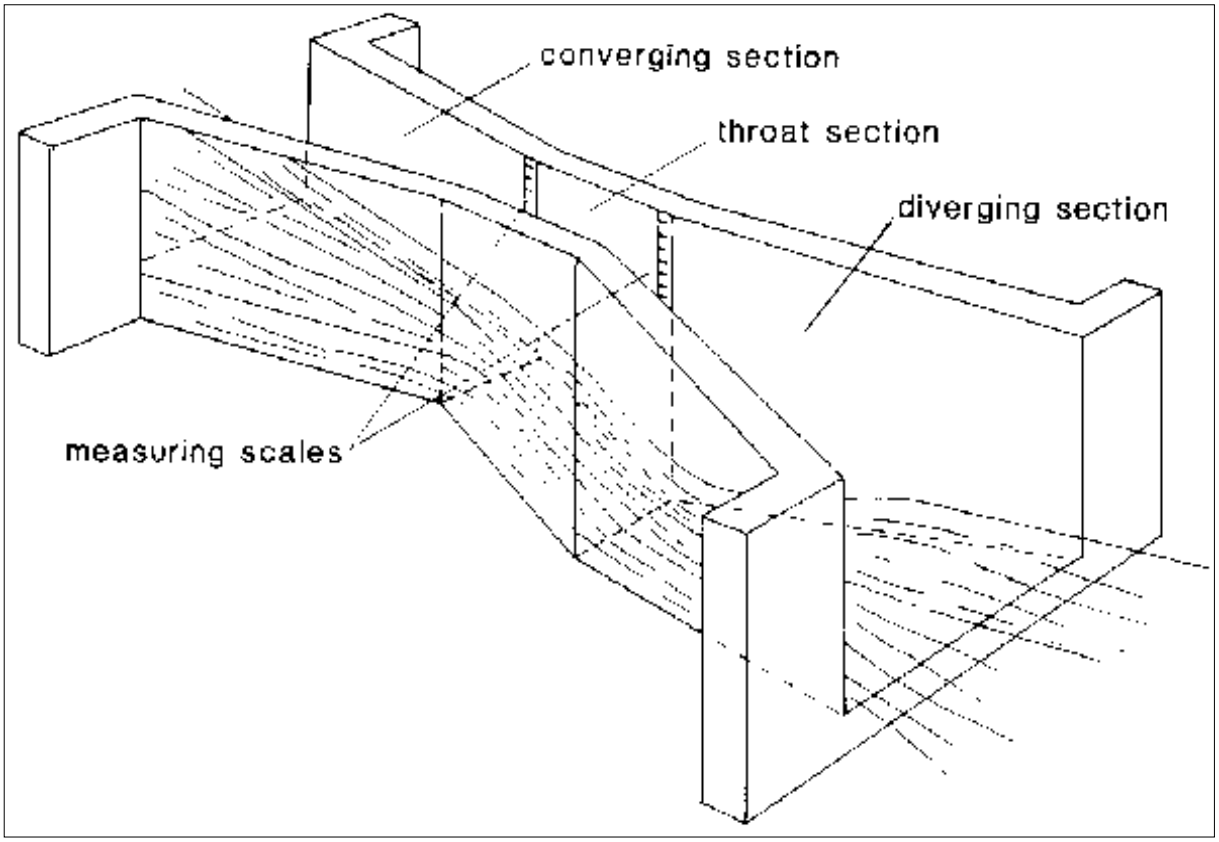
ويتم قياس معدل التصريف بأخذ قراءة الماء عند نقطة a والذي يمثل Ha وكذلك ارتفاع الماء عند نقطة b ويمثل Hb ، بعدها تقسم قراءة Hb على قراءة Ha فإذا كان الناتج أكبر من 0.7 يكون الجريان مغموراً، أما إذا كان الناتج أقل من 0.7 عندها يكون الجريان حراً، وفي حالة الجريان الحر يمكن أخذ قراءة Ha والرجوع إلى جداول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

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

$$\frac{Hb}{Ha} = \frac{29.5}{46} = 0.64$$ (بما أن النسبة أقل من 0.7 إذا الجريان يكون حراً)

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





مثال: هدار بشكل مستطيل عرض فتحته 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 Ha=20 سم و Hb=11 سم جد معدل التصريف؟

الجدول (9-7): الجريان الحر خلال مقياس بارشال (عن هانسن وآخرون، 1979) (ص416 في الكتاب)

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

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 بعمليتي التبخر والنتح. ويعبر عنه كوحدة عمق (سم) أو حجم ($م^3$) يومياً أو شهرياً أو موسمياً في وحدة المساحة.

وتتراوح القيم النموذجية للتبخر والنتح الكامنين 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. <u>الطرق المباشرة</u>: وتشمل:

أ. تجارب مقياس التسرب (المسراب) (Lysimeter)

ب. من خلال دراسة رطوبة التربة

ج. طريقة الألواح التجريبية

د. طريقة التوازن المائي

2. <u>الطرق غير المباشرة</u>:

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

ب. معادلة الإشعاع (Radiation equation).

ج. معادلة بنمان (Penman equation).

} تفضل عند حساب الاستهلاك المائي لفترة قصيرة

د. معادلة حوض التبخر (Pan evaporation equation).

*** 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.

معدل درجة الحرارة $= \frac{20 + 38}{2}$ = 29° م

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

نستخرج قيمة P من الجدول (1) (ص148 في الكتاب) بالاعتماد على الشهر وخط العرض.

P = 0.31

$ET_P = 0.31\ (0.46 * 29 + 8.13)$

= 6.66 mm/day * 31 day (يضرب في عدد أيام الشهر)

= 206.33 mm/month

$ET_a = 6.66 * 0.65$

= 4.33 mm/day

OR $ET_a = 206.33 * 0.65 = 134.11$ 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.

$P = 0.23$ من الجدول (1)

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

$N = 10.1$ hr.

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

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

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

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

$a = -2$ $b = 1.5$

$$\frac{(14 + 4)°C}{2} = 9\ ºC$$

$ET_P = -2 + 1.5\,[0.23\,(0.46 * 9 + 8.13)]$

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

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

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

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 = معامل الحوض

E_{Pan} = التبخر من الحوض

مثال: أحسب الاستهلاك المائي لمدينة القاهرة الواقعة على خط عرض 30° شمالاً لشهر تموز إذا توفرت لديك الملومات 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)

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

نستخرج قيمة معامل الحوض K_P من الجدول (4) (ص173 في الكتاب)

$K_P = 0.75$

$ET_P = 0.75 * 25$

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

$= 581.25 \text{ mm/month}$

$ET_a = 18.75 * 1.1$

$= 20.63 \text{ mm/day}$

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

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	آب	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	0.27	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	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.26	0.26	0.25
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.30	0.29	0.26	0.25	0.24
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.31	0.29	0.25	0.24	0.23
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.31	0.30	0.25	0.23	0.22
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.32	0.31	0.25	0.22	0.21
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.33	0.31	0.25	0.22	0.21
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.33	0.31	0.24	0.22	0.20
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.35	0.34	0.32	0.24	0.21	0.19
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.34	0.32	0.24	0.21	0.19
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.34	0.32	0.24	0.20	0.18
52	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.35	0.33	0.24	0.20	0.17
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.36	0.33	0.23	0.19	0.17
56	0.17	0.21	0.26	0.30	0.36	0.39	0.38	0.36	0.33	0.23	0.18	0.16
58	0.16	0.21	0.26	0.30	0.37	0.40	0.39	0.37	0.34	0.23	0.18	0.15
60	0.15	0.20	0.26	0.30	0.38	0.41	0.40	0.38	0.34	0.22	0.17	0.13

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

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 سطوع الشمس اليومية الحقيقية n والممكنة N .

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

خطوط العرض الشمالية	ك2	شباط	آذار	نيسان	ت1	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
خطوط العرض الجنوبية	تموز	آب	أيلول	ت1	آذار	ت2	ك1	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	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 وبرويت، 1975)

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

(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. النزيز 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 المبازل وسيلة للري الجوفي.

إن الخطوة الأولى في إيجاد حلول لمشاكل البزل في أي مشروع هو التحري وجمع المعلومات المتعلقة بالمياه الجوفية، التربة، الطوبوغرافية ... الخ وذلك لغرض معرفة طبيعة ومدى حجم 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 الحقلي (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 تفصيلا 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.

تحريات الماء الجوفي Ground water investigation.

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

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

أنواع المبازل:

يمكن تقسيم شبكات البزل إلى نوعين رئيسيين:

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

1. شبكات البزل العمودية 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 مايسمى بالبزل العمودي أو البزل بواسطة الابار Well drainage.

2. شبكات البزل الأفقية Horizontal drainage systems .

وتقسم شبكات هذه الشبكات إلى نوعين:

1. المبازل المفتوحة Open drain .
2. المبازل المغطاة Covered drain :

أ. المبازل الأنبوبية. ب. مبازل المسارب (الأنفاق) Mole drain.

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

مميزات المبازل المفتوحة:

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

سلبيات المبازل المفتوحة:

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

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

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

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

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

2. المبازل المجمعة Collector drains: تقوم هذه المبازل بتجميع المياه الزائدة والمبزولة من المبازل الحقلية ونقلها إلى المبزل الرئيسي، ويكون عرض قعرها بحدود 40 سم.

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

صيانة المبازل MAINTENANCE OF DRAINS

تعد الصيانة المبازل حاجة مستمرة يجب أن تبدأ بعد انتهاء التشييد مباشرة وتقسم الصيانة عادة إلى مرحلتين :

اولاً: الصيانة الواقية (الوقائية) Preventative maintenance قبل العجز أو التوقف.

ثانياً: الصيانة الإصلاحية Corrective maintenance بعد التوقف الجزئي او التام .

صيانة المبازل المفتوحة

أن عجز المبازل 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 المبازل المفتوحة فهي

1- الترسيب في قناة البزل .

2- نمو النباتات

3- تعرية القناة والضفاف .

1. الصيانة الواقية

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

1. السيطرة على الترسبات في المبزل المفتوح

في بعض الأحيان تأتي الترسبات إلى المبازل نتيجة لتعرية الأرض المجاورة للمبزل ، 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 تنجرف 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 المبزل عندئذ

يكون من الضروري تنظيفه . ويمكن استعمال احواض ترسيب أو سدود سيطرة في المبازل 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 المبزل لا تكون كبيرة . ولان تخطيط المبازل 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 دائمي. 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 للمبازل مع تغطية الأرض المجاورة بغطاء نباتي دائمي . واستعمال الأرض استعمالا ملائما مع اجراءات صيانة تربة جيدة .

مقاومة الأدغال weed Control

ان مقاومة الأدغال النامية على طول وداخل قنوات البزل يعد اجراء صيانية 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 المبازل 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 أتخاذ 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 المنشأت 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 المبازل . الأضرار الرئيسة التي تحدث تعود إلى انسداد الأنابيب نتيجة لنمو جذور النباتات داخلها أو تجمع الترسبات فيها

الصيانة الواقية

بالمقارنة مع المبازل المفتوحة فان المبازل الأنبوبية تحتاج إلى صيانة اقل 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 النبات ام بوساطة

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

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