



منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

الري والصرف الزراعي

لطلاب السنتين الثالثة والرابعة - هندسة ريفية

الدكتور
عبد الله يعقوب

مدرس في كلية الزراعة
جامعة دمشق

الدكتور
بشار ابراهيم

مدرس في كلية الزراعة
جامعة دمشق

المقومون العلميون

أ. د. فاروق الشوا - أ. د. طلعت سفر - أ. د. عبدالناصر الضير

١٤٣٠ - ١٤٣١ هـ
٢٠١٠ - ٢٠١١ م

جامعة دمشق



الفصل الأول

بعض الأساسيات في الري الزراعي

1-1 - ماذا يحقق الري في المناطق الرطبة

يحق الري في المناطق الرطبة الأغراض التالية :

- 1 - التحكم بالمحتوى الرطوبي للتربة والتغلب على الجفاف .
 - 2 - زراعة محاصيل العلف الخضراء وتوفيرها في نهاية الصيف والحصول على حشوات مبكرة في الموسم التالي .
 - 3 - إمكانية زراعة محصولين أو أكثر في السنة الواحدة .
 - 4 - المساهمة في استمرار النشاط الحيوي والكيمائي للتربة الزراعية .
 - 5 - تحسين صفات المحاصيل الحقلية والمساهمة في مقاومة الآفات والأمراض التي تصيبها .
 - 6 - الحد من تأثير الصقيع على النبات .
- بعد معدل الأمطار 500 مم/سنة الحد الأدنى الضروري لأي زراعة كثيفة غير مروية شرط أن تعد هذه الأمطار فعالة .
- والأمطار الفعالة هي الأمطار التي تكون :
- 1 - كميتها كافية لتعويض التربة عما تفقده من الماء في منطقة الجذور .
 - 2 - تردد الهطول مناسباً بحيث لا يتعرض النبات للعطش .
 - 3 - ذات غزارة مناسبة بشكل يسمح للتربة بامتصاصها (الغزارة $\geq$ نفاذية أو مسامية التربة) .

1-2 - التصنيف المناخي للمناطق من الوجهة المطرية :

- 1 - مناطق جافة > 250 مم/ سنة .
- 2 - شبه جافة 250 - 500 مم/ سنة .

3 - شبه رطبة 500 - 1000 مم/سنة .

4 - رطبة 1000 - 1500 مم/سنة .

5 - أكثر رطوبة 1500 - 2000 مم/سنة .

6 - رطبة جداً < 2000 مم سنة .

وهي تشكل على التوالي نسب المساحة من الكرة الأرضية :

0.5% 9% 11% 20% 30% 25%

1-3 - بعض التعاريف :

تعريف علم الري : هو العلم الذي يبحث في مصادر المياه الصالحة للري وطرائق استغلالها لنمو النبات ، والتحكم فيها ، وطرائق توصيلها للتربة الزراعية بالوقت والكمية المناسبة .

الري الزراعي : هو إمداد الأرض الزراعية بالماء لتتمكن بذلك من تأمين الاحتياجات النباتية الضرورية .

تعريف Hansen و Isaraelsen : هو إضافة الماء الأرضي لأي من الأغراض التالية :

1 - تأمين المحصول ضد فترات الجفاف قصيرة المدى .

2 - إضافة الماء للأرض لإمدادها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات .

3 - ترطيب الأرض والهواء الجوي وبالتالي تهيئة الظروف المناخية الأكثر ملاءمة لنمو النبات .

4 - غسيل أو تخفيف تركيز مستوى الأملاح في قطاع التربة الزراعية .

5 - تقليل تصلب القشرة السطحية .

6 - تسهيل العمليات الزراعية المختلفة لخدمة المحصول .

التساقط : هو جميع المياه التي تتساقط على سطح الأرض في جميع صورها .

رطوبة الهواء : وهي كمية البخار بـ غ/م^3 هواء .

درجة التشبع (الإشباع) : هي النهاية العظمى لكمية البخار التي يمكن أن

توجد في كل م^3 هواء ولكل درجة حرارة درجة تشبع خاصة .

الرطوبة النسبية : هي النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة في الهواء وبين

درجة تشبعه .

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{رطوبة الهواء}}{100 \times \text{درجة التشبع (الإشباع)}}$$

الصقيع : ويحدث عندما يتصل الهواء بجسم درجة حرارته أقل من الصفر .

الضباب : ويتكون في طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض عند هبوط حرارتها إلى أقل من درجة التشبع .

الندى : ويحدث عند ملامسة الهواء بجسم حرارته أقل من درجة التشبع / حرارة درجة التشبع / .

الثلوج : وتتكون من تكاثف البخار في الطبقات العالية في درجات حرارة أقل من الصفر أي يتم التحول من بخار إلى ثلج مباشرة .

الماء : هو المادة التي توجد في كل مكان في العالم ولا حياة بدونه ويتكون من اتحاد الأوكسجين مع ذرتي هيدروجين .

1-4 - عسر الماء :

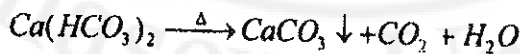
يدعى الماء الذي يحوي أملاحاً للمعادن ثنائية التكافؤ (كالسيوم ، مغنيزيوم ...) ماءً عسراً لأنه لا يرغب بالصابون وذلك نتيجة ترسب الأملاح .

ويقسم العسر إلى :

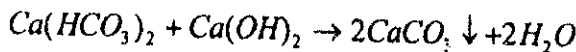
1-4-1 - عسر مؤقت : ويكون نتيجة وجود بيكربونات الكالسيوم أو

المغنيزيوم وغيرهما وتنحلص منه :

أ - بالغليان : إذ تتحول البيكربونات إلى كربونات تترسب وتفصل بالترويق أو بالتشيع وفق :

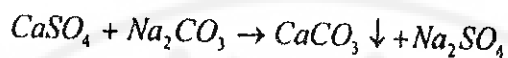


ب - بإضافة ماءات الكالسيوم وفق :



1-4-2 - العسر المستديم : نتيجة وجود كبريتات أو كلورات المعادن ثنائية

التكافؤ ويزال بإضافة كربونات الصوديوم وفق :



أو بطريقة التبادل الأيوني : Ion Exchange

الفصل الثاني

الاحتياجات المائية للنبات

Calculation of Water Requirements of Crops

قبل البدء بكيفية حساب حاجات النبات للماء أو تقديرها لابد من تعريف مايلي :

Reference Crop Evapotranspiration ET_0 : النتح والتبخر الأساسي للنبات

هو نسبة التبخر والنتح من سطح نباتي كثيف من مرج أخضر ، ارتفاعه منتظم عن سطح التربة (8 - 15) سم ، نموه جيد ويظل كامل سطح التربة ومزود بشكل جيد بالماء . ويقدر عمق الماء بـ (سم/يوم) وهو يمثل متوسط الاستهلاك خلال الفترة المعتبرة .

Crop Evapotranspiration ET_c : النتح والتبخر من النبات

هو عمق الماء اللازم لمقابلة فقد الماء بالتبخر والنتح من قبل نبات خالٍ من الأمراض ومزروع في حقل كبير لا يعيق نموه أي من شروط التربة كالماء اللازم لنموه أو خصوبة التربة ويستطيع أن يعطي المردود الكامل تحت الظروف البيئية السائدة .

Crop Coefficient K_c : عامل النبات (عامل استهلاك النبات للماء)

وهو يمثل نسبة النتح والتبخر الفعلي من النبات إلى النتح والتبخر الأساسي

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0}$$

هذا ويتم حساب حاجة النبات من الماء أو ما يمكن أن يطلق عليه الاحتياج المائي بطريقتين أو مجموعتين من الطرائق :

إما بالطريقة الحقلية (المباشرة) حيث تجري تجارب حقلية ومنها يتم حساب

الاحتياج المائي أو بالطرائق المناخية (غير المباشرة) وذلك اعتماداً على مجموعة من المعادلات تم وضعها من قبل علماء عديدين تركز هذه المعادلات على المعلومات المناخية المتوفرة .

2-1 - الطرائق الحقلية لتقدير الاحتياج المائي (استهلاك النبات للماء) :

2-1-1 - طريقة الليزيمتر Lysimeter Method

الليزيمتر هو مكعب أو متوازي مستطيلات مصنوع من المعدن وغالباً من الحديد المغلفين بسماكة 2-3 مم أو مصنوع من الإسمنت المسلح ذو أبعاد $2 \times 2 \times 2$ م أو $1.5 \times 2 \times 2$ م أو $1 \times 2 \times 2$ م وأحياناً تستعمل ليزيمترات كبيرة المساحة 4×4 للأشجار المثمرة . يتم وضع أنبوب للصرف في أسفل الليزيمتر يتم بوساطته التخلص من الماء الزائد في الليزيمتر .

تُحفر حفرة بالأرض بمقدار حجم الليزيمتر المستعمل مع المحافظة على تسابغ آفاق التربة عند إعادة التراب إلى داخل الليزيمتر .

يوضع الليزيمتر في الحفرة المخصصة له ويوضع فوق أنبوب الصرف بعض بقايا النباتات أو كيزان الذرة أو الحصى الخشن ثم بعض الرمل وذلك من أجل منع انسداد ثقب أنبوب الصرف ثم يعاد التراب إلى الليزيمتر مع المحافظة على ترتيب الآفاق .

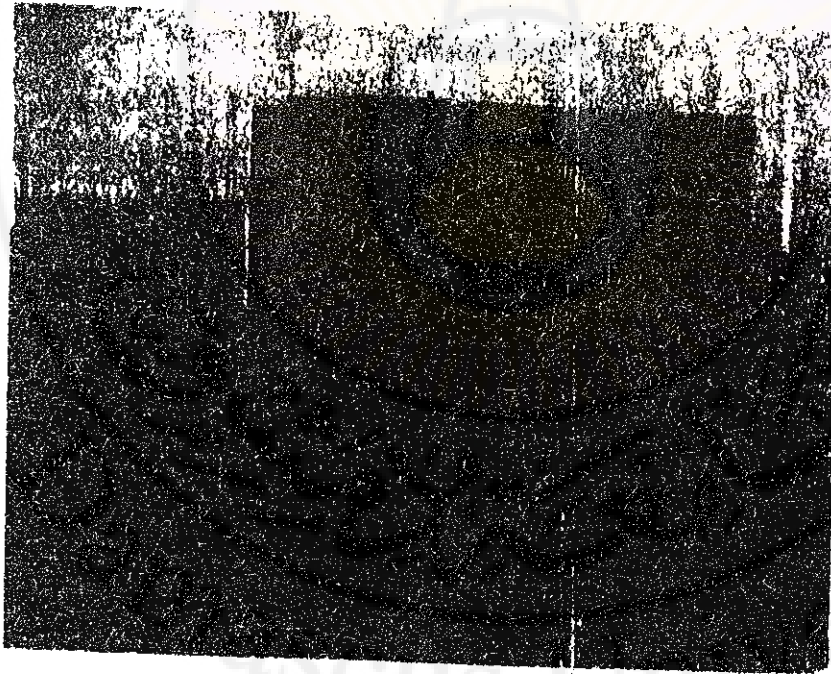
هذا ولا يظهر فوق سطح التربة من الليزيمتر سوى 5 سم . تتم معاملة الليزيمتر كما تعامل أرض الحقل تماماً من حيث الحراثة والتسميد والبذار والري والعمليات الزراعية الأخرى .

عند هطول المطر أو تقديم الري تأخذ النباتات المزروعة فيه حاجتها من الماء والماء الزائد يصرف بوساطة أنبوب الصرف ويستقبل بوعاء خاص ذي مسطرة مدرجة والذي يوجد في غرفة المراقبة .

والليزيمتر الناجح هو الذي لا يمكن تمييز مكان وجوده في الحقل بسهولة بعد نمو النباتات .

هناك بعض الملاحظات لابد من ذكرها :

- 1 - يؤثر الليزيمتر في توزيع الماء داخله لأن أسفله معدن أما أسفل التربة فهو مفتوح أو تربة مستمرة .
 - 2 - يمكن للمجموع الجذري للنباتات أن يغير صفاته لسوء الصرف المحتمل داخل الليزيمتر .
 - 3 - إن الكثافة الظاهرية للتربة فيه لن تكون ولا بأي حال من الأحوال كما هي خارجه .
- ومع ذلك فما تزال طريقة الليزيمتر منتشرة في العالم وتستخدم عند تقدير استهلاك النبات للماء وكذلك عند دراسة مساهمة الماء الأرضي في تأمين بعض حاجات النبات للماء .
- ويوضح الشكلان (2-1 , 2-2) الشكل العام لليزيمتر ومنظر له عند وجوده في التربة .



شكل (2-1) الشكل العام لليزيمتر



شكل (2-2) اللزيمير في الأرض الزراعية

هذا ويتم تقدير الاحتياج المائي أو استهلاك النبات للماء بطريقة اللزيمير اعتماداً على المعادلات التالية :

1 - في حال ثبات مستوى الماء في اللزيمير إلى عمق 80 ، 100 ، 120 سم

$$ET_p = (B + C + K) - (O_1 + O_2)$$

حيث :

ET_p = عمق أو معدل الاستهلاك المائي (ل/م²) .

B = كمية الماء المطلوبة للمحافظة على مستوى الماء في اللزيمير إلى

العمق المطلوب (ل/م²) .

C = كمية الماء المعطاة بوساطة الري (ل/م²) .

K = كمية الماء المقدمة من المطر (الهطول المطري) (ل/م²) .

O_1 = حجم الماء الزائد بطريقة الري (ل/م²) .

O_2 = حجم الماء الزائد بطريقة الهطول المطري (ل/م²) .

2 - أما إذا كان مستوى الماء الأرضي عميقاً بحيث لا يؤخذ بالحسبان فيتم تطبيق المعادلة التالية :

$$ET_p = (B + C + K) - (O + N + M)$$

حيث :

- ET_p = معدل الاستهلاك المائي ($ل/م^2$) .
- B = الرطوبة قبل الزراعة في الليزيمتر ($ل/م^2$) .
- C = كمية الماء المعطاة بوساطة الري ($ل/م^2$) .
- K = المطرول المطري ($ل/م^2$) .
- O = حجم الزيادة من مياه الري ($ل/م^2$) .
- N = حجم الزيادة من مياه الأمطار ($ل/م^2$) .
- M = الرطوبة بعد جني المحصول ($ل/م^2$) .

أو تحسب من المعادلة :

$$ET_p = P - M + (R_2 - R_1)$$

حيث :

- P = كمية المياه المعطاة إلى الليزيمتر (ري + مطر) ($ل$) .
- M = كمية المياه المصروفة من الليزيمتر ($ل$) .
- R_2 = كمية الرطوبة في الليزيمتر في نهاية القياس الزمن t_2 .
- R_1 = كمية الرطوبة في الليزيمتر في بداية القياس الزمن t_1 .

2-1-2 - طريقة أحواض الزراعة Field plots Experiments :

ويمكن أن تسمى الطريقة الحقلية لأنه يتم التعامل مع الحقل مباشرة حيث يتم تقسيم الحقل إلى أحواض وتتم مراقبة رطوبة التربة وتغيراتها في تلك الأحواض باستمرار وذلك بمساعدة أجهزة يتم بوساطتها قياس المحتوى الرطوبي للتربة في أي لحظة يراد ذلك لأنه قد يتم نظرياً الاستغناء عن الطريقة التقليدية في تقدير رطوبة التربة بأخذ عينات من التربة وفق الأعماق المطلوبة ووضعها في جفنتات من البورسلان ثم يتم وضعها في الفرن الكهربائي (المجفف) على درجة 105 م° حتى تمام ثبات الوزن

ثم يتم وزنها وهي جافة ويتم حساب وزن الماء المفقود بطرح الوزن الجاف من الوزن الرطب وبعد ذلك تحسب نسبة الرطوبة من المعادلة :

$$\text{المحتوى الرطوبي للتربة } \% = \frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن العينة الجافة}} \times 100$$

كما يمكن أن يتم تقدير المحتوى الرطوبي للتربة بطرائق أخرى مثل طريقة التوصيل الكهربائي حيث تزداد الناقلية الكهربائية كلما احتوت التربة رطوبة أعلى .

أو بطريقة سريعة وبسيطة تعتمد على أخذ عينة من التربة وإضافة كميات معلومة من الماء لها حتى يتم إشباع هذه التربة .
وعلى فرض أن رطوبة هذه التربة عند حالة الإشباع معلوم أساساً (لأنه من أساسيات التعامل مع التربة) .

فإن رطوبة التربة ستكون الإشباع مطروحاً منه الماء الذي أضيف لهذه التربة حتى وصلت إلى الإشباع . لكنها ليست دقيقة تماماً .
أما الطرائق الأدق والأكثر انتشاراً في العالم فهي تقدير المحتوى الرطوبي للتربة باستعمال إحدى الجهازين التنسيوميتر أو التشتت النروني .

2-1-2-1 التنسيوميتر Tensiometer :

وهو أنبوب من البلاستيك المقوى أو من مواد أخرى بداخله أنبوب أقل قطراً غالباً من الزجاج وينتهي من الأسفل بكأس فخاري ومن الأعلى بمقياس ضغط .
يملأ الأنبوب الزجاجي بالماء المغلي والمبرد ثم يغمر في التربة إلى العمق المطلوب فكلما كانت التربة جافة أكثر سحبت كمية أكبر من الماء الموجود في الأنبوب عن طريق الكأس الفخاري وبالتالي أشارت ساعة مقياس الضغط إلى ضغط سالب أكبر .

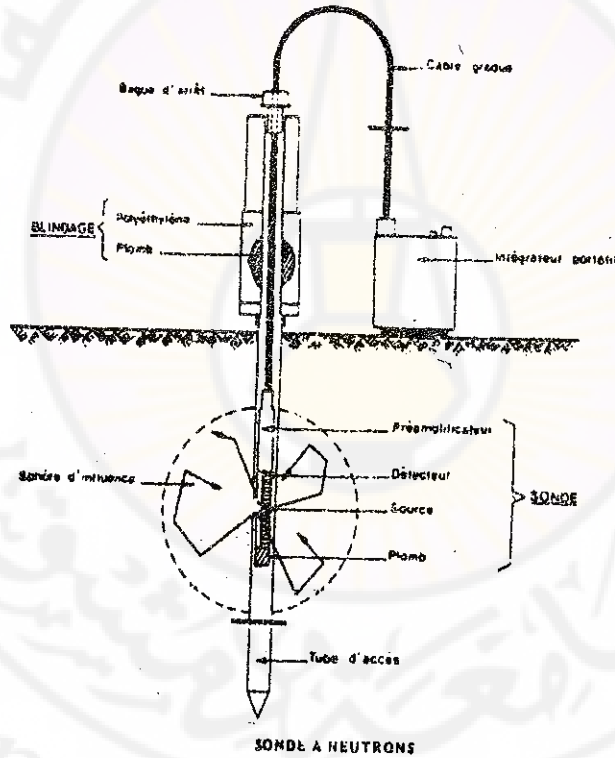
وهناك منحى يوضح العلاقة بين توتر ماء التربة ومحتوى التربة من الرطوبة وهذه العلاقة عكسية .



Neutron Scattering Probe

هذه النزونات السريعة تخرج لتصطدم إما بجسيمات التربة المكونة من فلزات المعادن الثقيلة مثل Mg ، Ca ، Fe ... فيحدث لها صدم مرّن حيث تعسود دون

حدوث أي فاقد في طاقتها الحركية أو أنها ستصطدم بجزيئات الماء التي تتكون أساساً من الأوكسجين والهيدروجين فتعطي هذه النترونات جزءاً من طاقتها الحركية للهيدروجين وتعود على شكل نترونات بطيئة وفي الأعلى هناك العداد الذي يقيس عدد النترونات البطيئة المرتدة فكلما كانت التربة تحتوي رطوبة أعلى ارتد عدد أكبر من النترونات بصورته البطيئة وهناك قديماً خط معايرة بين محتوى التربة من الرطوبة وعدد النترونات البطيئة المرتدة والعلاقة طردية لكن حديثاً يمكن للعداد وباستعمال حاسبات خاصة أن يحول القيم مباشرة إلى رطوبة ويعطي مقدار رطوبة التربة .



الشكل (2-4) جهاز التبعثر أو التشتت النيوتروني

وبعد تقدير رطوبة التربة يتم حساب الاستهلاك المائي من المعادلة :

$$ET_p = (W_1 - W_2) + N + M + M_k$$

حيث :

ET_p = كمية الاحتياج المائي للنبات خلال فترة معينة (م³/دوغم) .

W_1 = الرطوبة في طبقة التربة النشطة على عمق 100 سم في بداية القياس

W_2 = الرطوبة في طبقة التربة النشطة على عمق 100 سم في نهاية القياس

N = كمية الأمطار خلال فترة القياس (مم) .

M = كمية مياه الري المعطاة خلال الفترة (م³/دوغم) .

M_K = كمية المياه المستعملة من النبات بواسطة الخاصية الشعرية من الماء الأرضي . وهناك جداول خاصة بذلك .

ولكن في أغلب الأحيان وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة فإن الماء الأرضي يكون عميقاً لذلك يتم إهمال M_K فتكون المعادلة :

$$ET_p = (W_1 - W_2) + N + M$$

2-2 - الطرائق المناخية لتقدير النتج والتبخر الأساسي ET_0 (الاحتياج المائي الأساسي) . (الطرائق غير المباشرة) :

يتم تقدير (حساب) النتج والتبخر الحاصل بمساعدة معادلات تجريبية جزئياً باستعمال معطيات مناخية مثل : طول النهار (مدة سطوع الشمس) ، الإشعاع الشمسي الكلي ، درجات الحرارة ، الرطوبة النسبية (درجة الإشباع) ، الأمطار وسرعة الرياح إضافة إلى عامل تصحيح خاص بالنبات .

وباقتراح من منظمة FAO فقد تم اختيار أربع معادلات (صيغ متعارف عليها) من ضمن (30) معادلة معروفة نظراً لوجود بعض الميزات الخاصة بهذه المعادلات الأربع وانتشار استعمالها وهي :

(1) - معادلة بلاني وكرايدل Blaney - Criddle .

(2) - معادلة الإشعاع .

(3) - معادلة بنمان Penman .

(4) - (معادلة) طريقة أحواض التبخر .

ولكل معادلة من هذه المعادلات ظروف محلية ومعطيات خاصة بها وشروط (ظروف) عمل ملائمة أو أقل تلاؤماً .

وبشكل عام فإنه يفضل استعمال المعادلتين (2) و (3) عندما يراد حساب الاحتياج المائي لفترة قصيرة (عشرات من الأيام ، أسابيع) ، في حين أن المعادلة (4) تناسب الفترات الطويلة ، أما المعادلة (1) فإنها تمتاز ببساطة استخدامها ولكنها لا تلائم الفترات التي تزيد على الشهر .

في كل المعادلات يتم حساب القيمة الأصلية للاحتياج المائي (للتح والتبخر) ET_g والتي تحتاج لاحقاً إلى معطيات مناخية يتم حسابها وغالباً يتم تقدير قيمتها فيتم الحصول على التح والتبخر الأساسي ET_0 ، الذي يضرب بدوره بعامل استهلاك النبات للماء K_c من أجل الحصول على التح والتبخر من النبات ET_c (الاحتياج المائي للنبات) $C = Crop$. وقد يكتب ET_p .

حيث P : التح والتبخر الحاصل $Potential$.

تختلف المعادلات الأربع في احتياجاتها للمعطيات الأولية التي يقاس جزء منها ويقدر الجزء الآخر .

جدول (2-1) مدى حاجة المعادلات الأربع :

(1) Blaney - Criddle ، (2) الإشعاع ، (3) Penman

وأحواض التبخر (4) إلى المعطيات الأولية

المعطيات المطلوبة	(1)	(2)	(3)	(4)
الحرارة	*	*	*	
الرطوبة النسبية في الهواء	+	+	*	+
الرياح	+	+	*	+
مدة السطوع الشمسي	+	*	*	
الإشعاع		(*)	(*)	
التبخر				*
المكان	+	+	+	*

(*) لا غنى عنها

+ مقدرة

* = مقاسة

2-2-1 حساب النتج والتبخر (الاحتياج المائي) وفقاً لمعادلة Blaney-Criddle

$$ET_g = p(0,46 t + 8,13)$$

ET_g = القيمة الأصلية للاحتياج المائي (للنتج والتبخر) كمتوسط يومي للشهر

(مم/يوم)

P = النسبة المئوية لطول ساعات النهار إلى مجموع طول ساعات النهار

السنية (%). (وتحسب بضرب متوسط طول ساعات النهار خلال

الشهر بمائة ويقسم الناتج على مجموع طول ساعات النهار السنوية) .

t = متوسط درجة حرارة الشهر ($^{\circ}C$) .

جدول (2-2) قيمة P أي النسبة المئوية لطول ساعات النهار بالنسبة إلى مجموع

طول ساعات النهار السنوية على خطوط عرض مختلفة .

خط العرض	Jan. Jan.	Febr. Aug.	Már. Sept.	Apríl Okt.	Mai Nov.	Juni Des.	Juli Jan.	Aug. Febr.	Sept. Már.	Okt. Apríl	Nov. Mai	Des. Juni
60	0,15	0,20	0,26	0,32	0,38	0,41	0,40	0,34	0,28	0,22	0,17	0,13
58	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,40	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15
56	0,17	0,21	0,26	0,32	0,36	0,39	0,38	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16
54	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,38	0,37	0,33	0,28	0,23	0,19	0,17
52	0,19	0,22	0,27	0,31	0,35	0,37	0,36	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17
50	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18
48	0,20	0,23	0,27	0,31	0,34	0,36	0,35	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
46	0,20	0,23	0,27	0,32	0,34	0,35	0,34	0,32	0,28	0,24	0,21	0,20
44	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
42	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
40	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,33	0,31	0,28	0,25	0,22	0,21
35	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22
30	0,24	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23
25	0,24	0,26	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,29	0,28	0,26	0,25	0,24
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
15	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25
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
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
0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

(1) : نصف الكرة الأرضية الشمالي (2) : نصف الكرة الجنوبي

يمكن معرفة الاحتياج المائي الأساسي (التح والتبخير الأساسي) ET_0 بطريقتين:

الطريقة الأولى : باستعمال الشكل (2-5) والشكل (2-6) حيث تسقط قيمة ET_g الناتجة من الشكل (2-5) على الشكل (2-6) تبعاً للظروف المناخية السائدة في المنطقة (متوسط الرطوبة النسبية الدنيا ، نسبة $\frac{n}{N}$ أي عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي (n) على عدد ساعات السطوع الشمسي الأعظمي الممكنة (N) ، وسرعة الرياح (م/ثا)).

أما الطريقة الثانية في حساب ET_0 وفقاً لمعادلة Blaney-Criddle فإنها تعتمد على حسابه بمساعدة الأرقام المعطاة في الجداول (2-2 إلى 2-6) وتبعاً للمعادلة :

$$ET_0 = a + b [P (0.46t + 8.13)]$$

وتشمل المعطيات المناخية عند استعمال معادلة بلاني وكرايدل : الرطوبة النسبية الدنيا ، فترة السطوع الشمسي والرياح أثناء النهار ، وتظهر في العنصرين a و b . فمن أجل الرطوبة النسبية الدنيا هناك ثلاثة مستويات :

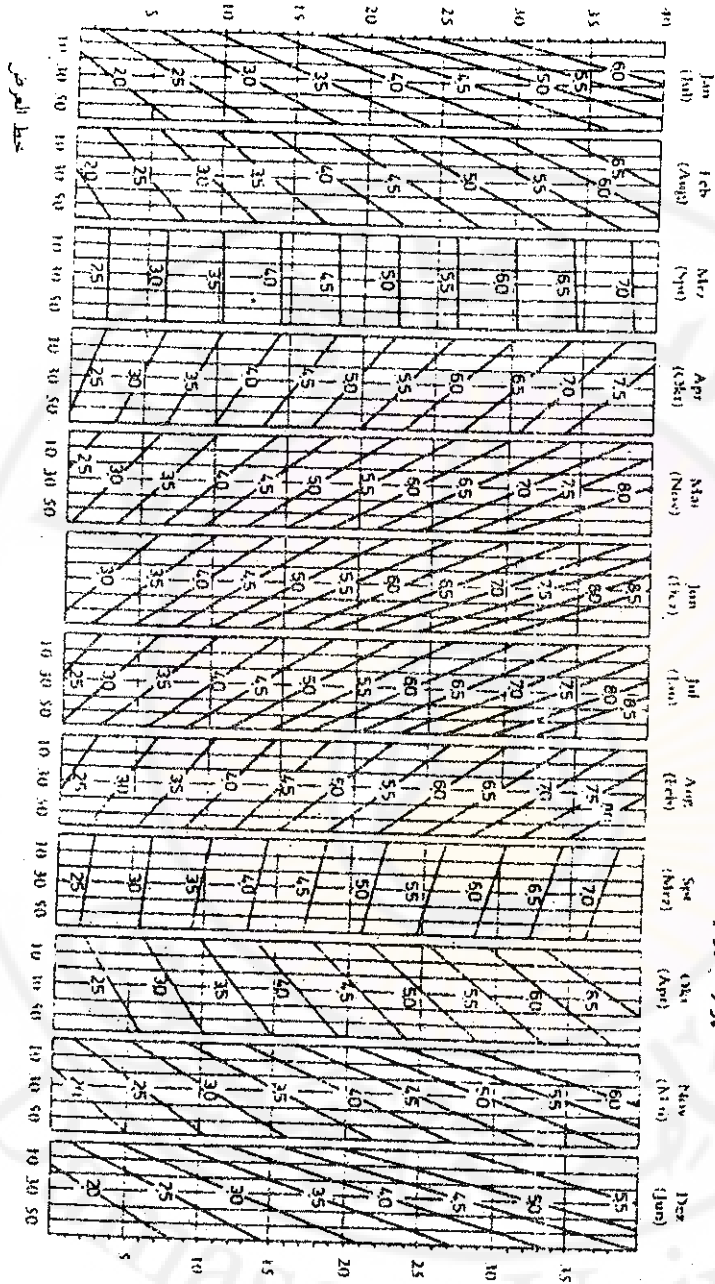
منخفضة $\approx > 20\%$ رطوبة نسبية .

متوسطة $\approx 20 - 50\%$ رطوبة نسبية .

مرتفعة $\approx < 50\%$ رطوبة نسبية .

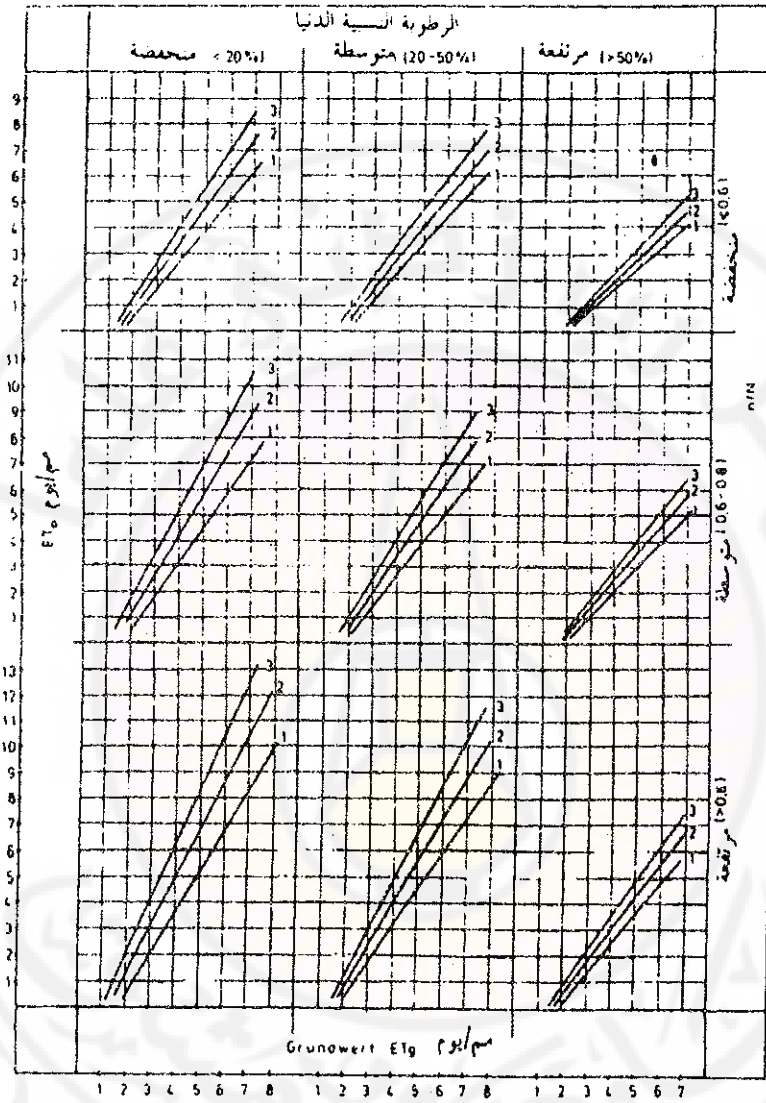
وكمقياس لفترة السطوع الشمسي تستعمل النسبة $\frac{n}{N}$ (النسبة بين فترة السطوع الشمسي الفعلية (n) وفترة السطوع الشمسي الأعظمي الممكن (N)) ويمكن معرفة هذه النسبة عند تقدير نسبة الغيوم في السماء .

متوسط درجة الحرارة الشهرية °م



الشهر (الشهر في نصف الكرة الشمالي في الأعلى وشمال في نصف الكرة الجنوبي)

الشكل (2-5) مخطط لمعرفة القيمة الأصلية للاحتياج المائي ET_0 (مم/يوم) وفقاً لمعادلة Blaney-Criddle



الشكل (2-6) مخطط لمعرفة الاحتياج المائي الأساسي (النتح والتبخر الأساسي) ET_0 اعتماداً على القيمة الأصلية للاحتياج المائي ET_g وبعض المعطيات المناخية الأخرى وفقاً لمعادلة Blaney-Criddle

- 1 = رياح ضعيفة 2-0 م/ثا
- 2 = رياح متوسطة 5-2 م/ثا
- 3 = رياح شديدة < 5 م/ثا

جدول (2-3) القيمة الأصلية للاحتياج المائي (المتوسط الشهري)

مقدرة بـ (مم/يوم) محسوبة من المعادلة $ET_g = P(0.46t + 8.13)$

والنسبة المئوية لطول ساعات النهار إلى مجموع طول ساعات النهار السنوية (P)
ومتوسط درجة الحرارة خلال الشهر (°م)

درجة الحرارة	النسبة المئوية لطول ساعات النهار إلى مجموع طول ساعات النهار السنوية P															
	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	
40	3.7	4.2	4.8	5.3	5.8	6.4	6.9	7.4	8.0	8.5	9.0	9.6	10.1	10.6	11.1	
38	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.7	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2	10.8	
36	3.5	4.0	4.4	4.9	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	9.4	9.9	10.4	
34	3.3	3.8	4.3	4.8	5.2	5.7	6.2	6.7	7.1	7.6	8.1	8.6	9.0	9.5	10.0	
32	3.2	3.7	4.1	4.6	5.0	5.5	5.9	6.4	6.9	7.3	7.8	8.2	8.7	9.1	9.6	
30	3.0	3.5	3.9	4.4	4.8	5.3	5.7	6.1	6.6	7.0	7.5	7.9	8.3	8.8	9.2	
28	2.9	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.6	8.0	8.4	8.8	
26	2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.6	8.0	8.4	
24	2.7	3.1	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	
22	2.6	2.9	3.3	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1	5.5	5.8	6.2	6.6	6.9	7.3	7.7	
20	2.4	2.8	3.1	3.5	3.8	4.2	4.5	4.9	5.2	5.5	5.9	6.2	6.6	6.9	7.3	
18	2.3	2.6	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.6	4.9	5.1	5.6	5.9	6.2	6.6	6.9	
16	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	
14	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7	5.0	5.2	5.5	5.8	6.1	
12	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.4	4.6	4.9	5.2	5.5	5.7	
10	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	
8	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.1	3.3	3.5	3.8	4.0	4.3	4.5	4.7	5.0	
6	1.5	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.4	4.6	
4	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	
2	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.8	
0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.4	

جدول (2-4) النسبة $\frac{n}{N}$ (عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية (n) إلى عدد

ساعات سطوع الشمس الأعظمية الممكنة (N) وعلاقة ذلك بنسبة الغيوم

نسبة الغيوم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n/N	0.95	0.85	0.80	0.75	0.65	0.55	0.50	0.40	0.30	0.15	-

0 = السماء صافية ولا توجد غيوم

10 = السماء مغطاة بالغيوم بشكل كامل

جدول (2-5) عدد ساعات سطوع الشمس الأعظمية الممكنة (N)
بالنسبة لخطوط عرض وأشهر مختلفة .

خط عرض	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
خط عرض	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni
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	11,0	9,7	8,9
42°	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	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	13,9	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
0°	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

كذلك فإنه أيضاً من أجل سرعة الرياح أثناء النهار هناك ثلاثة مستويات :

1 - رياح خفيفة 2-0 م/ثا

2 - رياح متوسطة 5-2 م/ثا

3 - رياح شديدة < 5 م/ثا .

قد تتغير كل من قيمة ET_g المحسوبة في معادلة بلانسي وكرايدل وقيمة ET_o في الشكل (2-6) لدرجة الحرارة نفسها وبخاصة إن لم تتوفر من المعطيات المناخية سوى درجة الحرارة وبالتالي فمن المفيد ألا تؤخذ المتوسطات الشهرية لسنوات كثيرة إنما متوسط درجة الحرارة الشهري لبضع سنوات فقط .

ومن المفيد ذكره أنه يجب ألا تستعمل هذه المعادلة إلا عندما لا تتوفر من المعطيات المناخية سوى درجة الحرارة .

ولقد تبين بأن قيمة ET_0 حسب طريقة بلانسي وكرايدل تنحرف عن الحقيقة وبالتالي فإن هذه المعادلة أقل ملاءمة في الأماكن التالية :

- في المنطقة الاستوائية حيث تبقى الحرارة ثابتة بينما تتغير عناصر المناخ الأخرى المؤثرة في ET_0 .
- أثناء الرياح الموسمية في الأشهر الانتقالية.
- في الجزر الصغيرة أو المناطق الساحلية حيث تتأثر حرارة الجو بحرارة البحر في الوقت الذي تتغير فيه نسبة الإشعاع في الجو دون أن ينعكس ذلك على قيمة ET_0 المحسوبة.
- في المناطق الجبلية العالية حيث حرارة الجو منخفضة بينما يكون الإشعاع عالياً.

جدول (2-6) العوامل a, b المستخدمان في حساب ET_0

مدة السطوع الشمسي النسبة $n/N)^2$	الرطوبة النسبية الدنيا					
	منخفضة (< 20%)		متوسطة (20 - 50%)		مرتفعة (> 50%)	
< 0,6) منخفضة	a	b	a	b	a	b
	(3) -1,60	1,40	(3) -1,70	1,25	(3) -1,65	0,98
	(2) -1,80	1,28	(2) -1,85	1,15	(2) -1,55	0,88
0,6-0,8) متوسطة	(1) -2,00	1,15	(1) -2,00	1,05	(1) -1,45	0,80
	a	b	a	b	a	b
	(3) -1,80	1,73	(3) -2,10	1,52	(3) -1,70	1,16
> 0,8) مرتفعة	(2) -2,05	1,55	(2) -2,15	1,38	(2) -1,75	1,06
	(1) -2,30	1,35	(1) -2,20	1,20	(1) -1,80	0,97
	a	b	a	b	a	b
	(3) -2,00	2,06	(3) 2,55	1,82	(3) 1,70	1,31
	(2) -2,30	1,82	(2) 2,50	1,61	(2) 1,95	1,22
	(1) 2,60	1,55	(1) 2,40	1,37	(1) 2,15	1,14

1 : سرعة الرياح النهارية : (3) = 5 م/ثا ، (2) = 2-5 م/ثا ، (1) = 2-0 م/ثا.

2 : نسبة عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي إلى الأعظمي الممكن .

ومن هنا نستطيع أن نكتب معادلة Blaney - Criddle

$$ET_0 = c [P (0.46 t + 8.13)]$$

حيث إن c عامل تصحيح يتعلق بالرطوبة النسبية الدنيا للهواء (٪) وسرعة الرياح النهارية (م/ثا) والنسبة $\left(\frac{n}{N}\right)$ نسبة عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلية (n) إلى عدد ساعات السطوع الشمسي الأعظمية الممكنة (N).

مثال :

ما هو النتج والتبخّر الأساسي ET_0 (الاحتياج المائي الأساسي) خلال شهر تموز في مدينة القاهرة التي تقع على خط عرض 30° شمالاً وارتفاعها 95 متراً عن سطح البحر ومتوسط الحرارة العظمى خلال شهر تموز 35° م ومتوسط الحرارة الدنيا خلال الشهر نفسه 22° م . متوسط حرارة الجو خلال تموز $= (22+35) \div 2 = 28.5$ وبالتالي ستكون قيمة P من الجدول (2-2) $= 0.31$ فيكون.

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

$$= 0.31 [(0.46 \times 28.5) + 8.13] = 6.8 \text{ (mm/day) م/م/يوم}$$

ولدى العودة إلى المعطيات الإضافية لمصر أو إفريقيا أو القاهرة نجد أن :

R_{hmin} الرطوبة النسبية الدنيا = متوسطة

$$\frac{n}{N} \text{ متوسطة إلى عالية .}$$

سرعة الرياح النهارية متوسطة .

وبالعودة إلى الشكل (2-6) سيكون $ET_0 = 7.5$ م/م/يوم تقريباً .

2-2-2 حساب الاحتياج المائي الأساسي (النتج والتبخّر الأساسي) ET_0 وفقاً لمعادلة الإشعاع .

$$ET_g = W \cdot R_s$$

ET_g = القيمة الأصلية للاحتياج المائي (م/م/يوم)

W = ثابت يتعلق بالحرارة والارتفاع عن سطح البحر .

R_s = الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض مقدراً بـ (م/م/يوم)

(أي بحسب على أساس مكافئ التبخر حيث إن : 1 حرارة /سم /دقيقة = 1

م/م/سا . 1 حرارة = 4.2 جولاً) .

$$R_s = (0.25 + 0.5 \frac{n}{N}) R_o$$

R_o = الإشعاع الشمسي الواصل إلى الغلاف الخارجي للأرض (مم/يوم)

ويعرف من خط العرض والفترة من السنة (الشهر) (الجدول 2-7 والجدول

(2-8) .

$$\frac{n}{N} = \text{سبق وتم توضيحها .}$$

أما الثابت W فإنه يعرف من معرفة درجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر

(الجدول 2-9) .

الجدول (2-7) الإشعاع الشمسي الواصل إلى الغلاف الخارجي للأرض

في نصف الكرة الشمالي R_o (مم/يوم) .

معرض شمس	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
50°	3,3	6,1	9,4	12,7	15,8	17,1	16,4	14,1	10,9	7,4	4,5	3,2
48°	4,3	6,6	9,8	13,0	15,9	17,2	16,5	14,3	11,2	7,8	5,0	3,7
46°	4,9	7,1	10,2	13,3	16,0	17,2	16,6	14,5	11,5	8,3	5,5	4,3
44°	5,3	7,6	10,6	13,7	16,1	17,2	16,6	14,7	11,9	8,7	6,0	4,7
42°	5,9	8,1	11,0	14,0	16,2	17,3	16,7	15,0	12,2	9,1	6,5	5,2
40°	6,4	8,6	11,4	14,3	16,4	17,3	16,7	15,2	12,5	9,6	7,0	5,7
38°	6,9	9,0	11,8	14,5	16,4	17,2	16,7	15,3	12,8	10,0	7,5	6,1
36°	7,4	9,4	12,1	14,7	16,4	17,2	16,7	15,4	13,1	10,6	8,0	6,6
34°	7,9	9,8	12,4	14,8	16,5	17,1	16,8	15,5	13,4	10,8	8,5	7,2
32°	8,3	10,2	12,8	15,0	16,5	17,0	16,8	15,6	13,6	11,2	9,0	7,8
30°	8,8	10,7	13,1	15,2	16,5	17,0	16,8	15,7	13,9	11,6	9,5	8,3
28°	9,3	11,1	13,4	15,3	16,5	16,8	16,7	15,7	14,1	12,0	9,9	8,8
26°	9,8	11,5	13,7	15,3	16,4	16,7	16,6	15,7	14,3	12,3	10,3	9,3
24°	10,2	11,9	13,9	15,4	16,4	16,6	16,5	15,8	14,5	12,6	10,7	9,7
22°	10,7	12,3	14,2	15,5	16,3	16,4	16,4	15,8	14,6	13,0	11,1	10,2
20°	11,2	12,7	14,4	15,6	16,3	16,4	16,3	15,9	14,8	13,3	11,6	10,7
18°	11,6	13,0	14,6	15,6	16,1	16,1	16,1	15,8	14,9	13,6	12,0	11,1
16°	12,0	13,3	14,7	15,6	16,0	15,9	15,9	15,7	15,0	13,9	12,4	11,6
14°	12,4	13,6	14,9	15,7	15,8	15,7	15,7	15,7	15,1	14,1	12,8	12,0
12°	12,8	13,9	15,1	15,1	15,7	15,5	15,5	15,6	15,2	14,4	13,3	12,5
10°	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
8°	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
6°	13,9	14,8	15,4	15,5	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
4°	14,3	15,0	15,5	15,4	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
2°	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
0°	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

الجدول (2-9) العامل W المستعمل في حساب ET_0
وفقاً لمعادلة الإشعاع ومعادلة بنمان

درجة الحرارة °C	الارتفاع عن سطح البحر					
	0	500	1000	2000	3000	4000
40	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90
38	0,84	0,85	0,86	0,78	0,88	0,90
36	0,83	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89
34	0,82	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88
32	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
30	0,78	0,79	0,80	0,82	0,84	0,85
28	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84
26	0,75	0,76	0,77	0,79	0,81	0,83
24	0,73	0,74	0,75	0,77	0,79	0,81
22	0,71	0,72	0,73	0,75	0,77	0,79
20	0,68	0,70	0,71	0,73	0,75	0,78
18	0,66	0,67	0,69	0,71	0,73	0,76
16	0,64	0,65	0,66	0,69	0,71	0,73
14	0,61	0,62	0,64	0,66	0,69	0,71
12	0,58	0,60	0,61	0,64	0,66	0,69
10	0,55	0,57	0,58	0,61	0,64	0,66
8	0,52	0,54	0,55	0,58	0,61	0,64
6	0,49	0,51	0,52	0,55	0,58	0,61
4	0,46	0,48	0,49	0,52	0,55	0,58
2	0,43	0,45	0,46	0,49	0,52	0,55

$$\Delta = \text{الميل لضغط بخار الماء المشبع وعلاقة ذلك بدرجة الحرارة} \cdot W = \Delta (\Delta + \gamma)$$

$\gamma = \text{ثابت ميزان الضغط}$

الجدول (2-8) الإشعاع الشمسي الواصل إلى الغلاف الخارجي للأرض
 R_n في نصف الكرة الجنوبي (مم/يوم) .

خط العرض	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
50°	17,5	14,7	10,9	7,0	4,2	3,1	3,5	5,5	8,9	12,9	16,5	18,2
48°	17,6	14,9	11,2	7,5	4,7	3,5	4,0	6,0	9,3	13,2	16,6	18,2
46°	17,7	15,1	11,5	7,9	5,2	4,0	4,4	6,5	9,7	13,4	16,7	18,3
44°	17,8	15,3	11,9	8,4	5,7	4,4	4,9	6,9	10,2	13,7	16,7	18,3
42°	17,8	15,5	12,2	8,8	6,1	4,9	5,4	7,4	10,6	14,0	16,8	18,3
40°	17,9	15,7	12,5	9,2	6,6	5,3	5,9	7,9	11,0	14,2	16,9	18,3
38°	17,9	15,8	12,8	9,6	7,1	5,8	6,3	8,3	11,4	14,4	17,0	18,3
36°	17,9	16,0	13,2	10,1	7,5	6,3	6,8	8,8	11,7	14,6	17,0	18,2
34°	17,8	16,1	13,5	10,5	8,0	6,8	7,2	9,2	12,0	14,9	17,1	18,2
32°	17,8	16,2	13,8	10,9	8,5	7,3	7,7	9,6	12,4	15,1	17,2	18,1
30°	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1
28°	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
26°	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
24°	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
22°	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
20°	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
18°	17,1	16,5	15,1	13,2	11,4	10,4	10,8	12,3	14,1	15,8	16,8	17,1
16°	16,9	16,4	15,2	13,5	11,7	10,8	11,2	12,6	14,3	15,8	16,7	16,8
14°	16,7	16,4	15,3	13,7	12,1	11,2	11,6	12,9	14,5	15,8	16,5	16,6
12°	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
10°	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	15,2
8°	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
6°	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
4°	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
2°	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,2
0°	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8

وبعد معرفة ET_g يمكن معرفة ET_o انطلاقاً من المعادلة

$$ET_o = a + b \cdot W \cdot R_s$$

$$= a + b \cdot ET_g = b \cdot W \cdot R_s - 0.3$$

a = ثابت ويُعادل (-0.3) في الأحوال كافة .

b = ثابت ويمكن معرفته من معرفة سرعة الرياح ومتوسط الرطوبة النسبية ويطلق عليه عامل تصحيح .

الجدول (2-10) الثابت (عامل التصحيح) b المستخدم في معرفة ET_o
انطلاقاً من ET_g في معادلة الإشعاع

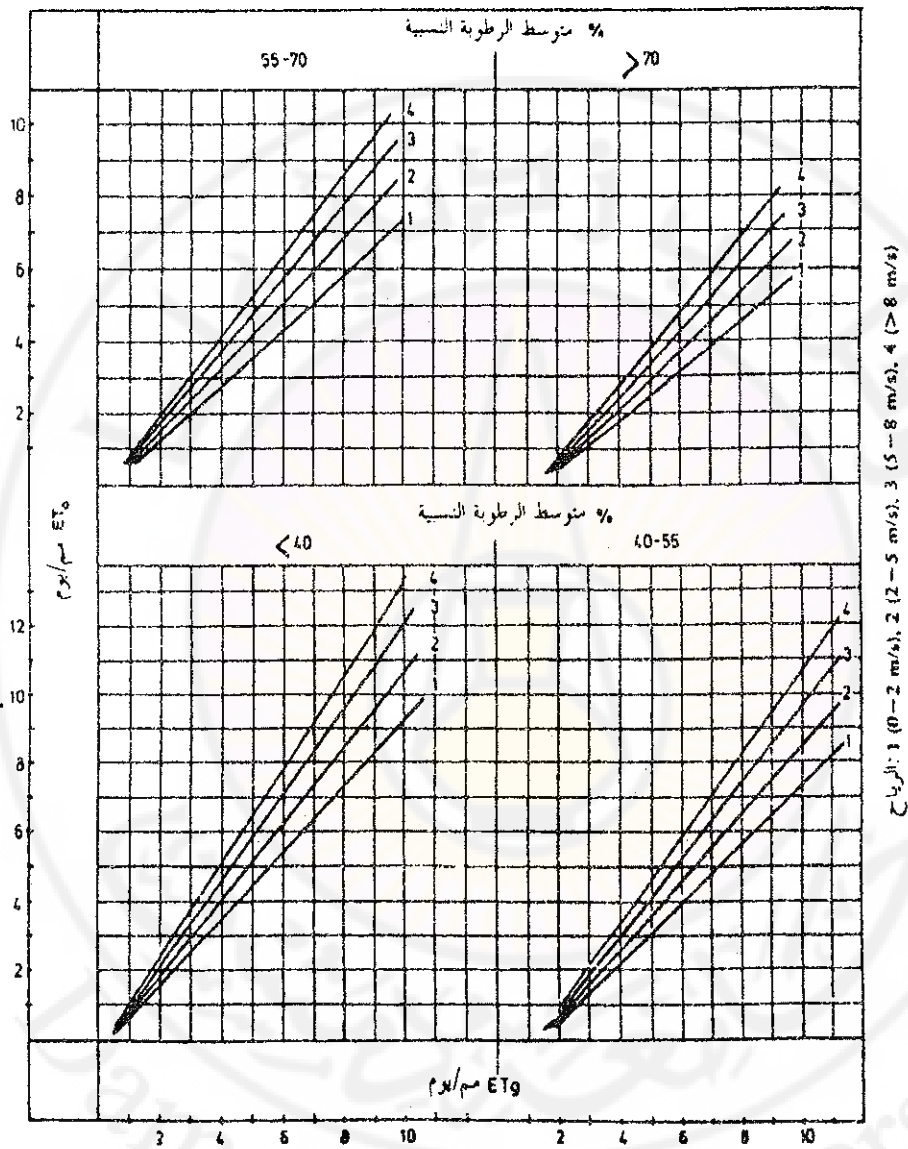
سرعة الرياح م/ثا	متوسط الرطوبة النسبية			
	< 40	40 - 55	55 - 70	> 70
> 8	1,36	1,22	1,11	1,02
5 - 8	1,24	1,11	1,00	0,92
2 - 5	1,10	0,98	0,88	0,81
0 - 2	0,96	0,84	0,76	0,69

كذلك يمكن معرفة ET_o اعتماداً على ET_g في معادلة الإشعاع باستخدام الشكل (2-7) .

مقارنة مع معادلة بلاني وكرايدل فإنه يمكن حساب النتح والتبخر الأساسي (الاحتياج المائي الأساسي) ET_o وفقاً لمعادلة الإشعاع بشكل أدق حتى ولفترة زمنية قصيرة (أسابيع) ، كما يمكن استعمالها في المنطقة الاستوائية وعلى الجزر الصغيرة وعلى الجبال المرتفعة .

مثال :

ما هو النتح والتبخر الأساسي وفقاً لمعادلة الإشعاع خلال شهر تموز في مدينة القاهرة علماً أن : الارتفاع عن سطح البحر 95 متراً ، متوسط الحرارة خلال تموز 28.5° م ، القاهرة على خط عرض 30° شمالاً ، ساعات السطوع الشمسي الفعلية باليوم 11.5 ساعة /يوم ، سرعة الرياح النهارية = متوسطة ، متوسط الرطوبة النسبية = متوسطة ؟



الشكل (2-7) يوضح العلاقة بين ET_0 (الامتصاص) و ET_g (المعطيات المناخية) للمعتمدين على معرفة ET_g والمعطيات المناخية المتوسطة.

الحل :

إن قيمة R_n (من الجدول 2-7) = 16.8 مم/يوم ، N (من الجدول 2-5) = 13.9 ساعة/يوم فيكون مقدار R_s كما يلي :

$$R_s = (a + b \frac{n}{N}) R_n$$

$$= (0.25 + 0.5 \times \frac{11.5}{13.9}) 16.8 = 11.2 \text{ مم/يوم}$$

ومن الجدول (2-9) تكون قيمة $W = 0.77$

$$ET_g = W \cdot R_s = 0.77 \times 11.2 = 8.6 \text{ مم / يوم}$$

ومن الشكل (2-7) نجد أن $ET_o = 8.1$ مم/يوم تقريباً .

أو من المعادلة :

$$ET_o = a + (b \cdot W \cdot R_s)$$

من الجدول (2-10)

$$= -0.3 + (0.98 \times 0.77 \times 11.2) = 8.15 \text{ مم/يوم}$$

2-2-3 - معادلة بنمان Penman (طريقة بنمان Penman Method) :

لقد قدم بنمان في نهاية النصف الأول من هذا القرن معادلة تسمح بالتنبؤ عن كمية الماء المتبخر من سطح الماء الحر الساكن E_o وبين أنه وفي ظروف انكسار يتم تحديد عامل استهلاك النبات للماء بالنسبة لمرج أخضر تجريبياً وأنه يساوي تقريباً 0.6 شتاء و 0.8 صيفاً . ولقد تبين أن ذلك وارد إلى حد ما تحت ظروف جوية هادئة أما في الظروف الجوية المضطربة حيث تكون سرعة الرياح مرتفعة فلن يكون الاعتماد على تلك المعادلة مرفقاً .

لذلك أوجد بنمان معادلته المعروفة حيث يتم حساب الاحتياج المائي الأساسي

(النتج والتبخر الأساسي ET_o) وفقاً لمعادلة بنمان كما يلي :

$$ET_g = W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)$$

ET_g = القيمة الأصلية للاحتياج المائي (مم/يوم) .

W = ثابت ، ويتعلق بالحرارة والارتفاع عن سطح البحر .

R_n = الإشعاع الصافي المتبقي في التربة (مم/يوم) .

$f(u)$ = عامل الرياح .

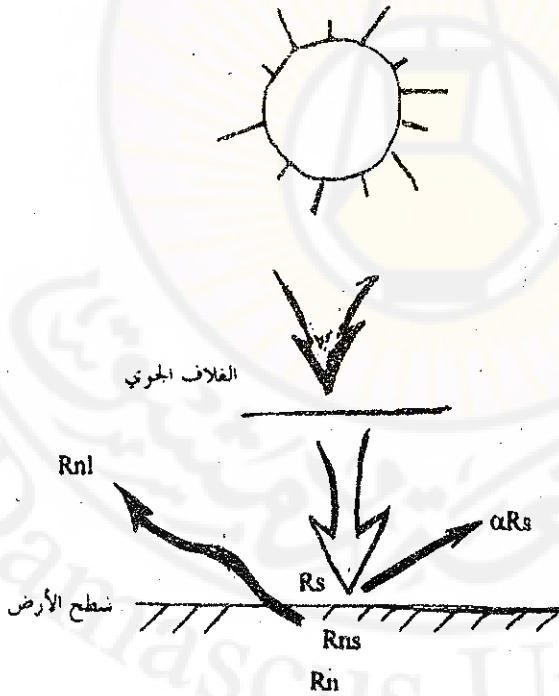
$ea - ed$ = الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع (ea) وضغط بخار الماء الفعلي (ed) عند درجة حرارة معينة .

ومن أجل الحساب لابد من إجراء بعض القياسات الضرورية : الحرارة ، ضغط بخار الماء ، الرياح ، فترة السطوع الشمسي والإشعاع .

هذا ويمكن معرفة الإشعاع بمساعدة جداول معينة عند معرفة الإشعاع الواصل إلى الغلاف الخارجي وفترة السطوع الشمسي .

--- حساب W و $1-W$:

يمكن معرفة كل منهما من خلال الجدولين (2-9) و (2-11) بدلالة درجة الحرارة والارتفاع عن سطح البحر .



الشكل (2-8) توزيع أشعة الشمس

الجدول (2-11) التامل (1-W) المستعمل في حساب ET_0 وفقاً لمعادلة بنمان

درجة الحرارة °C	الارتفاع عن سطح البحر (م)					
	0	500	1000	2000	3000	4000
40	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
38	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
36	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
34	0,18	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13
32	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14
30	0,22	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15
28	0,23	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16
26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,19	0,18
24	0,27	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19
22	0,29	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
20	0,32	0,30	0,29	0,27	0,25	0,23
18	0,34	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25
16	0,36	0,35	0,34	0,31	0,29	0,27
14	0,39	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29
12	0,42	0,43	0,39	0,36	0,34	0,31
10	0,45	0,45	0,42	0,39	0,36	0,34
8	0,48	0,46	0,45	0,42	0,39	0,36
6	0,51	0,49	0,48	0,45	0,42	0,39
4	0,54	0,52	0,51	0,48	0,45	0,42
2	0,57	0,56	0,45	0,51	0,48	0,46

حساب R_n :

بعد وصول الأشعة إلى الأرض R_s فإنه سرعان ما ينعكس جزء منها هو $R_s \alpha$
(وإن قيسة $\alpha = 25\%$ أي $\alpha = 0.25$ في حالة الأراضي المزروعة بالنباتات في حين
أنها لا تتعدى $5-7\%$ في حالة الماء) . الشكل (2-8) .
وبالتالي فإنه سينفذ إلى التربة ما قيمته :

$$R_{n_s} = (1 - \alpha) R_s$$

$$= (1 - 0.25) R_s$$

$$R_{n_s} = (1 - 0.25) \left(0.25 + 0.5 \frac{n}{N} \right) R_a$$

$$R_n = R_{n_s} - R_{nl}$$

إن R_n (الأشعة الصافية) هي ما تبقى من الأشعة التي نفذت إلى التربة (R_{n_s}) بعد خسارة الأشعة ذات الموجات الطويلة (R_{n_l}) والتي تتم خسارتها ليلاً بشكل خاص.

والآن يمكن معرفة R_{n_s} بعد معرفة $\frac{n}{N}$ و R_a حيث إن (n) هي عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية ويمكن قياسها بواسطة جهاز خاص «Campbell» .

أما N وهي فترة سطوع الشمس الأعظمية الممكنة فيمكن معرفتها عند معرفة خط العرض والشهر (الجدول 2-5) . وقد عرفنا كيف يمكن معرفة R_a .

$$R_n = R_{n_s} - R_{n_l}$$

$$R_{n_l} = f(t) \cdot f(ed) \cdot f\left(\frac{n}{N}\right)$$

R_{n_l} الأشعة ذات الموجات الطويلة وهي تتعلق بدرجة الحرارة وضغط بخار الماء الفعلي و $\frac{n}{N}$ ولها جداول خاصة (الجداول 2-13 ، 2-14 ، 2-15) ويمكن الاستفادة من تطبيقاتها في الكشف عن الأنهار الجوفية وفلزات التربة والأمراض النباتية المنتشرة .

الجدول (2-12) حساب العامل $(1-\alpha)(0.25+0.5\frac{n}{N})$ بدلالة $\frac{n}{N}$

المستعمل في معادلة بنمان :

n/N	$(1-\alpha)(0.25+0.5 n/N)$	n/N	$(1-\alpha)(0.25+0.50 n/N)$
0,00	0,19	0,50	0,37
0,05	0,21	0,55	0,39
0,10	0,22	0,60	0,41
0,15	0,24	0,65	0,43
0,20	0,26	0,70	0,45
0,25	0,28	0,75	0,47
0,30	0,30	0,80	0,49
0,35	0,32	0,85	0,51
0,40	0,34	0,90	0,52
0,45	0,36	0,95	0,54
		1,00	0,56

الجدول (2-13) العامل $f(t)$ بدلالة t المستعمل في معادلة بنمان

(°C)	$f(t)$	(°C)	$f(t)$
0	11,0	20	14,6
2	11,4	22	15,0
4	11,7	24	15,4
6	12,0	26	15,9
8	12,4	28	16,3
10	12,7	30	16,7
12	13,1	32	17,2
14	13,5	34	17,7
16	13,8	36	18,1
18	14,2		

الجدول (2-14) العامل $f(ed)$ بدلالة ed المستعمل في معادلة بنمان

ضغط بخار الماء الفعلي ed mbar	$f(ed)^1$	ضغط بخار الماء الفعلي ed mbar	$f(ed)^1$
6	0,23	24	0,12
8	0,22	26	0,12
10	0,20	28	0,11
12	0,19	30	0,10
14	0,18	32	0,09
16	0,16	34	0,08
18	0,15	36	0,08
20	0,14	38	0,07
22	0,13	40	0,06

$$^1f(ed) = 0,34 - 0,044 \sqrt{e}$$

الجدول (2-15) العامل $f(\frac{n}{N})$ بدلالة $\frac{n}{N}$ المستعمل في معادلة بنمان

n/N	$f(n/N)$	n/N	$f(n/N)$
0,00	0,10	0,50	0,55
0,05	0,15	0,55	0,60
0,10	0,19	0,60	0,64
0,15	0,24	0,65	0,69
0,20	0,28	0,70	0,73
0,25	0,33	0,75	0,78
0,30	0,37	0,80	0,82
0,35	0,42	0,85	0,87
0,40	0,46	0,90	0,91
0,45	0,51	0,95	0,96
		1,00	1,00

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 \frac{n}{N}$$

حساب $f(u)$:

يتم حساب التابع المتعلق بسرعة الرياح من المعادلة :

$$f(u) = 0.27(1 + \frac{u}{100})$$

u = مجموع مسار الرياح (كم/يوم) على ارتفاع ٢ م عن سطح الأرض .
(المسافة = السرعة × الزمن)

وإن لم يكن جهاز قياس سرعة الرياح على ارتفاع ٢ م يتم تعديل سرعة الرياح تبعاً لجدول خاص بذلك يعطي مقدار عامل التصحيح الذي يضرب بسرعة الرياح المأخوذة من الجهاز المتوفر .

الجدول (2-16) عامل تصحيح سرعة الرياح (Correction Factor)
إلى ارتفاع ٢ م

ارتفاع الجهاز	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	10,0
عامل التصحيح	1,35	1,15	1,06	1,00	0,93	0,88	0,85	0,83	0,77

بعدها يمكن معرفة قيمة $f(u)$ من الجدول (2-17) .

الجدول (2-17) تأثير الرياح $(f(u))$ في الاحتياج المائي تبعاً لمعادلة بنمان

مسار الرياح على ارتفاع ٢ م (كم/يوم)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	-	0,30	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46	0,49	0,51
100	0,54	0,57	0,59	0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78
200	0,81	0,84	0,86	0,89	0,92	0,94	0,97	1,00	1,03	1,05
300	1,08	1,11	1,13	1,16	1,19	1,21	1,24	1,27	1,30	1,32
400	1,35	1,38	1,40	1,43	1,46	1,39	1,51	1,54	1,57	1,59
500	1,62	1,65	1,67	1,70	1,73	1,76	1,78	1,81	1,84	1,80
600	1,89	1,92	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,15
700	2,16	2,19	2,21	2,24	2,27	2,29	2,32	2,35	2,38	2,40
800	2,43	2,46	2,48	2,51	2,54	2,56	2,59	2,62	2,65	2,65
900	2,70	2,72	2,75	2,78	2,81	2,84	2,86	2,89	2,92	2,94

$$u_2 = \text{مسار الرياح على ارتفاع ٢ م (كم/يوم)} \times f(u) = 0.27(1 + \frac{u_2}{100})$$

وتجدر الإشارة إلى أن سرعة الرياح في النهار (من الساعة 7 إلى 19) تساوي ضعف سرعة الرياح في الليل تقريباً ، وإن الانحرافات والاختلافات عن ذلك يغطيها الجدول (2-19) الذي يحدد قيمة C عند حساب ET_0 .

وغالباً يتم قياس سرعة الرياح في النهار وسرعة الرياح في الليل ثم يتم حساب مجموع مسار الرياح في اليوم (كم/يوم) .

حساب (ea-ed) :

يتم حساب ea من خلال جدول خاص بدلالة درجة الحرارة فلكل درجة حرارة ضغط بخار ماء مشبع معين .

الجدول (2-18) ضغط بخار الماء المشبع (ea) لدرجات حرارة مختلفة

درجة الحرارة C°	ضغط بخار الماء المشبع mbar	درجة الحرارة C°	ضغط بخار الماء المشبع mbar
0	6,1	20	23,4
1	6,6	21	24,9
2	7,1	22	26,4
3	7,6	23	28,1
4	8,1	24	29,8
5	8,7	25	31,7
6	9,4	26	33,6
7	10,0	27	35,7
8	10,7	28	37,8
9	11,5	29	40,1
10	12,3	30	42,4
11	13,1	31	44,9
12	14,0	32	47,6
13	15,0	33	50,3
14	16,1	34	53,2
15	17,0	35	56,2
16	18,2	36	59,4
17	19,4	37	62,8
18	20,6	38	66,3
19	22,0	39	69,9

أما (ed) ضغط بخار الماء الفعلي فيتم حسابه عند معرفة (ea) والرطوبة النسبية

RH حيث :

$RH = \frac{\text{الرطوبة النسبية}}{100}$

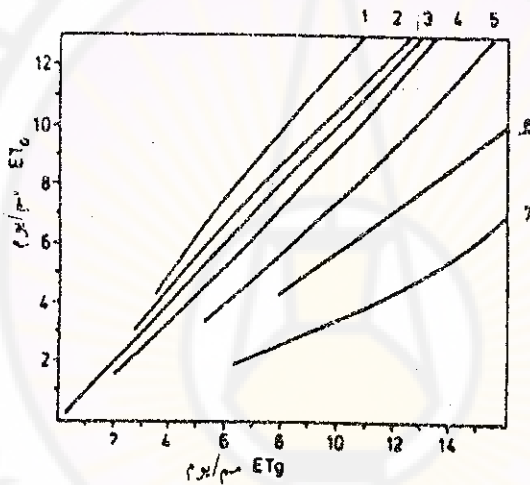
$$ed = ea \frac{RH}{100}$$

كما يمكن معرفتها من جداول خاصة بدلالة معطيات وقراءات من موازين خاصة وبذلك تكون قد عرفت ET_g ومنها يمكن معرفة ET_o بمساعدة الشكل (2-9) والجدول المرفق به .

أو بمساعدة عامل التصحيح C من الجدول (2-19) الذي يتم به تعديل تأثير اختلاف الظروف الجوية بين الليل والنهار واختلاف الرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي حيث إن :

$$ET_o = C \cdot ET_g$$

$$ET_o = C [W.Rn + (1-W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)]$$



	تأثير الرياح		الرطوبة النسبية %	الإشعاع mm/يوم
	سرعة الرياح m/s	نسبة سرعة الرياح بالنهار الى الليل		
1	> 4	3-4	100 حتى	> 8
2	< 4	> 3	> 75	كل الحالات
3	0 - 5	2 تقريباً	> 60	كل الحالات
4	< 4	< 1,5	> 60	كل الحالات
5	5 - 8	< 1,5	< 40	صيفاً > 8
6	> 8	< 1,5	< 40	صيفاً > 8
7	> 8	< 1,5	< 40	شتاءً < 4

الشكل (2-9) مخطط لمعرفة ET_o بعد معرفة ET_g والظروف الجوية الأخرى
وفق معادلة بنمان وبعض المعطيات المناخية الضرورية

الجدول (2-19) عامل التصحيح C لحساب الاحتياج المائي الأساسي ET_0 في معادلة بنمان

الإشعاع mm/يوم	الرطوبة النسبية %	نسبة سرعتها بالنهار إلى الليل	سرعتها بالنهار m/s	العامل C
> 8	حتى 100	3-4	> 4	1,2 تقريباً
كل الحالات	> 75	> 3	< 4	1,05 - 1,10
كل الحالات	> 60	تقريباً 2	0 - 5	1
كل الحالات	> 60	< 1,5	< 4	0,75 - 0,95
صيفاً > 8	< 40	< 1,5	5 - 8	0,65 - 0,80
صيفاً > 8	< 40	< 1,5	> 8	0,55 - 0,65
شتاءً < 4	< 40	< 1,5	> 8	0,30 - 0,35

تمتاز معادلة بنمان بإمكان انتشار استعمالها الواسع في العالم ولنقرات زمنية قصيرة أيضاً (مجموعات من خمسة أيام أو عشرة أيام) ، ولكنها تتطلب عمليات حسابية عديدة ، وغالباً لا تتوفر المعطيات الضرورية .
كما يجب تخفيض القيم الناتجة التي اعتمدت على استعمال معطيات تم تقديرها وليس قياسها .

تطبيق على معادلة بنمان :

المطلوب : حساب النتح والتبخر الأساسي اليومي لمدينة القاهرة خلال شهر تموز وفق طريقة بنمان مع توفر المعلومات المناخية التالية :

- الارتفاع عن سطح البحر 95 م .
- متوسط الحرارة العظمى 35 ° م .
- متوسط الحرارة الدنيا 22 ° م .
- خط العرض 30 درجة شمالاً .
- متوسط الرطوبة النسبية 55% .
- متوسط طول ساعات سطوع الشمس 11,5 ساعة/يوم .
- متوسط سرعة الرياح النهارية على ارتفاع 2 م 3,2 م/ثانية .
- متوسط سرعة الرياح الليلية على ارتفاع 2 م 2,1 م/ثانية .
- متوسط الرطوبة النسبية العظمى 80% .

متوسط الرطوبة النسبية الدنيا 30% .
طول ساعات سطوع الشمس الأعظمية 13,9 ساعة/يوم .

أولاً : حساب : (ea - ed)

$$\text{متوسط الحرارة اليومية} = \frac{22 + 35}{2} = 28,5^\circ \text{م}$$

ضغط بخار الماء المشبع عند 28,5°م = 9,38 ملياراً .

ضغط بخار الماء الفعلي عند رطوبة نسبية 55% = $100 / 55 \times 38,9 = 21,4$ مليار .

فرق ضغط بخار الماء المشبع = $38,9 - 21,4 = 17,5$ مليار .

ثانياً : حساب عامل الرياح f(u)

$$f(u) = 0.27(1 + \frac{U2}{100})$$

$$U = [13,9 \text{ ساعة نهار} \times \frac{3,2 \text{ م}}{1000 \text{ م/كم}} \times 3600 \text{ ثا/ساعة} + 10,1 \times \frac{3600 \times 2,1}{1000}]$$

$$= 160,1 + 76,35 = 236 \text{ كم}$$

$$f(u) = 0,27(1 + \frac{236}{100}) = 0.91$$

ثالثاً : حساب (W) و (1-W) :

من الجدول (2-9) ومن أجل متوسط حرارة يومية تعادل 28,5 و 95°م عن سطح البحر تكون قيمة W تساوي

$$W = 0.77$$

$$1 - W = 1 - 0.77 = 0.23$$

رابعاً - حساب قيمة الإشعاع الصافي R_n :
 إن قيمة الإشعاع الواصل لغلاف الأرض الخارجي R_a من الجدول رقم (2-7)
 بالنسبة لخط عرض 30 شمالاً وخلال شهر تموز يعادل :

$$R_a = 16.8 \text{ mm / day} \quad \text{قيمة } R_a$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \times \frac{11.5}{13.9}) 16.8 = R_s \quad \text{قيمة } R_s$$

$$R_s = 11.2 \text{ mm/day}$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad \text{قيمة } R_{ns}$$

$$R_{ns} = (1 - 0.25) \cdot 11.2 = 8.4 \text{ mm/day}$$

على فرض أن قيمة الأشعة المنعكسة $\alpha = 25\%$ من الإشعاعات الواصلة لسطح الأرض .

$$R_{nl} \quad \text{قيمة } R_{nl}$$

$$R_{nl} = f(t) \cdot f(ed) \cdot f(n/N)$$

$$R_{nl} = (16.4) (0.13) (0.85) = 1.8 \text{ mm/day}$$

وذلك بعد استبدال القيمة التوابع ما يعادلها من الجداول 2-13 - 2-15 .

$$R_n \quad \text{قيمة } R_n$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_n = 8.4 - 1.8 = 6.6 \text{ mm/day}$$

قيمة عامل التصحيح C :

من أجل إشعاع شمسي $R_s = 11.2$.

رطوبة نسبية عظمى = 80% .

سرعة رياح نهارية = 3,2 م/ثا .

$$1,5 = \frac{3,2}{2,1} = \text{نسبة رياح نهارية / رياح ليلية}$$

يكون عامل التصحيح (C) من الجدول 2-19 يساوي 1,01

$$C = 1.01$$

حساب ET_0

$$ET_0 = c [W.R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$$

$$ET_0 = 1.01 [0.77 \times 6.6 + (0.23) (0.91) (17.5)]$$

$$ET_0 = 8.8 \text{ mm/day}$$
 وهو المطلوب

2-2-4 -- طريقة أحواض التبخر Pan Evaporation Method :

يتعلق التبخر من حوض ماء معرض للجو بمجموع العوامل المناخية المختلفة من الإشعاع - الرياح - الحرارة والرطوبة في الجو وذلك بصورة مشابهة للعوامل المناخية التي تؤثر في فقد الماء من قبل النباتات المزروعة ، مع الفرق أن :

- (1) ما يعكسه سطح الماء الحر يمثل 5-7% من مجموع الإشعاعات الواردة إليه ، بينما تعكس النباتات المزروعة ما يعادل 20 - 25% من هذه الإشعاعات .
 - (2) يستطيع أن يخزن حوض الماء كميات كبيرة من الحرارة يجعل التبخر شبه متساو بين الليل والنهار ، في حين أن أكثر النباتات تنتج في النهار فقط .
 - (3) لا تؤثر عوامل الاضطرابات الهوائية من حرارة الهواء ورطوبته بصورة متساوية في فقدان الماء من حوض ماء ومن نباتات حية مزروعة .
 - (4) يؤثر نوع حوض الماء وشكله ولونه في حجم الماء المفقود بالتبخر .
- بالرغم من هذه الفروقات المهمة فإنه قد وجد فعلاً بأنه يمكن أن يستخدم قياس التبخر من أحواض ماء مفتوحة للجو في تقدير النتح والتبخر الأساسي (ET_0) في منطقة إذا حددنا الثابت الذي يربط بين العاملين .

$$ET_g = K_p \cdot E_{pan}$$

حيث إن :

K_p : هو ثابت حوض التبخر .

E_{pan} : هو حجم التبخر من الحوض بالملم/ يومياً (أي متوسط التبخر اليومي) . إن

ثابت حوض التبخر K_p يختلف حسب نوع الحوض ، طريقة وضعه في التربة ، وغيره وتوجد في الجداول (2-20) - (2-23) قيم K_p بالنسبة لظروف مختلفة من الرياح والرطوبة .



ملک ۱۹۸۰ء میں بنی ہوئی ہے

الجدول (2-20) ثابت حوض التبخر K_p لحساب ET_p من الحوض صنف A في أرض مزروعة

شدة الرياح كم/يوم	مجال انتشار النباتات حول الحوض (البعد عن الحوض) (P)	K_p عند وضع الحوض في أرض مزروعة		
		متوسط الرطوبة النسبية %		
		< 40	40 - 70	> 70
< 175 (ضعيفة)	0	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 (متوسطة)	0	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 (شديدة)	0	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
> 700 (شديدة جداً)	0	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

الجدول (2-21) ثابت أحواض التبخر K_p لحساب ET_p من الحوض صنف A في أرض بور

شدة الرياح كم/يوم	مدى انتشار الأرض البور حول الحوض (P)	K_p عند وضع الحوض في أرض بور		
		متوسط الرطوبة النسبية %		
		< 40	40 - 70	> 70
< 175 (ضعيفة)	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,50	0,60	0,70
175 - 425 (متوسطة)	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,45	0,55	0,60
425 - 700 (شديدة)	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,40	0,45	0,55
> 700 (شديدة جداً)	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,35	0,40	0,45

الجدول (2-22) ثابت أحواض التبخر K_p لحساب ET_p من الحوض Colorado في أرض مزروعة

شدة الرياح كم/يوم	مدى انتشار النباتات المزروعة حول الحوض (م)	عند وضع الحوض في أرض مزروعة متوسط الرطوبة النسبية %		
		< 40	40 - 70	> 70
< 175 (ضعيفة)	0	0,75	0,75	0,80
	10	1,00	1,00	1,00
	100	1,10	1,10	1,10
175 - 425 (متوسطة)	0	0,65	0,70	0,70
	10	0,85	0,85	0,90
	100	0,95	0,95	0,95
425 - 700 (شديدة)	0	0,55	0,60	0,65
	10	0,75	0,75	0,75
	100	0,80	0,80	0,80
> 700 (شديدة جداً)	0	0,50	0,55	0,60
	10	0,65	0,70	0,70
	100	0,70	0,75	0,75

الجدول (2-23) ثابت أحواض التبخر K_p لحساب ET_p من حوض كولورادو في أرض بور

شدة الرياح كم/يوم	مجال انتشار الأرض البور حول الحوض (م) (البعد عن الحوض) (م)	عند وضع الحوض في أرض بور متوسط الرطوبة النسبية %		
		< 40	40 - 70	> 70
< 175 (ضعيفة)	0	1,10	1,10	0,10
	10	0,85	0,85	0,85
	100	0,75	0,75	0,80
	1000	0,70	0,70	0,75
175 - 425 (متوسطة)	0	0,95	0,95	0,95
	10	0,75	0,75	0,75
	100	0,65	0,65	0,70
	1000	0,60	0,60	0,65
425 - 700 (شديدة)	0	0,80	0,80	0,80
	10	0,65	0,65	0,65
	100	0,55	0,60	0,65
	1000	0,50	0,55	0,60
> 700 (شديدة جداً)	0	0,70	0,75	0,75
	10	0,55	0,60	0,65
	100	0,50	0,55	0,60
	1000	0,45	0,50	0,55

وبفرض أن الظروف المحيطة (ظروف الحقل ، مرحلة النمو ، الارتفاع عن الأرض) تؤثر في التبخر لذلك فإنه سيختلف حسب البعد بين النباتات ، هل الحوض في أرض بور أم أنه في أرض مزروعة بالنباتات وبشكل خاص هذه الظروف في محيط الحوض . وبشكل عام يجب أن تشغل النباتات أكثر من 50% من المساحة المروية (أن يكون عليها غطاء نباتي)

وهناك أنماط وأشكال مختلفة من أحواض التبخر ، ينتشر منها Class A وحوض Colorado .

يتم وضع هذه الأحواض في أرض مزروعة بالنباتات القصيرة . ومن الجدير بالذكر أن تغطية الأحواض بالشبك لمنع العبث فيها يخفض التبخر حتى 10% ، الدهان الأسود يمكن أن يزيده حتى 10% . ويجب تجنب كلتا الحالتين . عند وجود احتمال شرب العصافير توضع أوعية مليئة بالماء تماماً وسهلة المنال بقرب الأحواض .
الجدول (2-24) مقارنة بين نوعي أحواض التبخر الأكثر انتشاراً

العنصر	الحوض من الصنف A	حوض كولورادو
الشكل العام	دائري	مربع
القطر (سم)	121	-
طول الضلع (سم)	-	92
العمق (سم)	25.5	46
الوضعية	على حوامل 15 سم فوق سطح التربة يغمر 10 سم منها بالتربة	في التربة ولا يظهر سوى 5 سم من حافة الحوض العليا فوق سطح التربة
الماء بالماء	حتى 5 سم عن الحافة العليا	حتى 5 سم من الحافة العليا

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه لا يسمح بانخفاض الماء لأكثر من 7,5 سم عن الحافة العليا لكلا الحوضين .

لحساب النتح والتبخر الأساسي ET_0 يتم ضرب ET_g بالعامل (C) (جدول 2-25) كما يلي :

$$ET_0 = C \cdot K_p \cdot E_{pan}$$

وبهذا العامل (C) يتم مراعاة الانحرافات عن القيمة المتوسطة لعوامل الظروف المحيطة بالحوض .

الجدول (2-25) العامل (C) لحساب ET_0 تبعاً لطريقة أحواض التبخر
والعوامل المحيطة بالأحواض

العامل (C)	الظروف المحيطة بالأحواض
0.80	- الحوض محاط بأرض لا يوجد عليها غطاء نباتي (صحراء) جفاف ، حار جداً ، رياح شديدة جداً
0.85	جفاف ، حار ، رياح شديدة
0.90	نصف رطب ، حار ، رياح خفيفة
0.95	رطب وحار ، رياح خفيفة
1.05	- الحوض في أرض مزرعة نباتات عالية (مثل الذرة) رطب وحار ، رياح هادئة
1.10	نصف رطب ، حار ، رياح خفيفة
1.20	جفاف ، حار ، رياح شديدة
1.30	جفاف ، حار جداً ، رياح شديدة جداً

تستعمل طريقة أحواض التبخر في التنبؤ عن الاحتياج المائي (النتح والتبخر)
عندما يراد ذلك خلال فترة طويلة وبخاصة تحت ظروف عادية غير حدية .

ففي الصحارى مثلاً تفضل طريقة الإشعاع .

هذا ويحذر الإشارة إلى أن هناك مجموعة أخرى من المعادلات التي تساهم في
حساب النتح والتبخر الأساسي أو الاحتياج المائي للنبات تذكر منها :

2-2-11 - معادلة التوازن المائي :

$$P + I = E + O + D + W$$

P = الهطول المطري

E = التبخر من سطح التربة .

D = الصرف الباطني .

I = مياه الري .

O = الصرف السطحي .

W = رطوبة التربة .

2-3 - حساب الاحتياج المائي للنبات (النتج والتبخر من النبات) ET_c :
 بعد معرفة الاحتياج المائي الأساسي (ET_0) وفقاً للمعادلات سابقة الذكر يمكن معرفة
 الاحتياج المائي للنبات (ET_c) وذلك بضرب ET_0 بعامل استهلاك النبات للماء K_c أي :

$$ET_c = K_c \cdot ET_0$$

ET_c = الاحتياج المائي للنبات (النتج والتبخر من النبات) (مم/يوم) .
 K_c = عامل استهلاك النبات للماء .
 ET_0 = النتج والتبخر الأساسي .

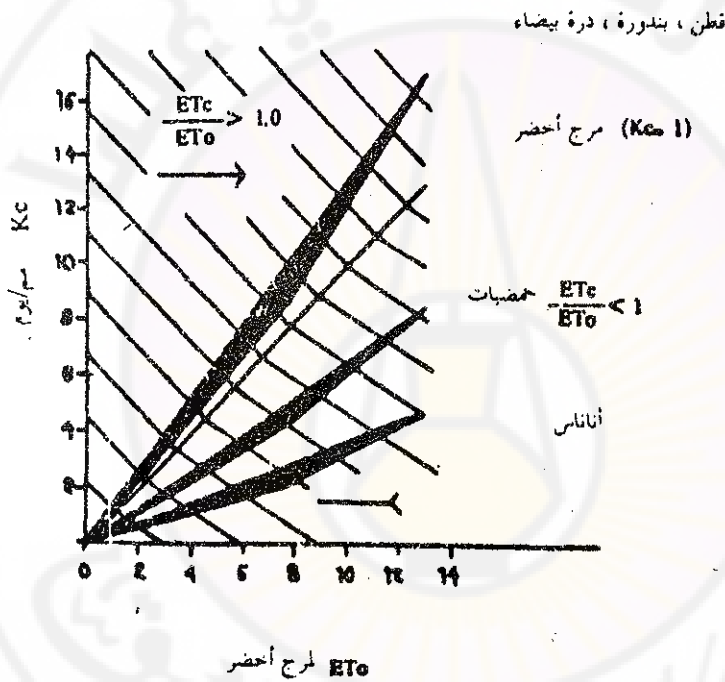
يختلف K_c تبعاً لنوع النبات وخواصه التشريحية والفسولوجية كما يختلف حسب
 المرحلة الفسيولوجية للنبات وحسب الظروف المناخية (الرطوبة النسبية ، الرياح) وأخيراً
 حسب الفترة بين الريات بالنسبة للنباتات الفتية في المراحل الأولى من عمرها .

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0}$$

أما بالنسبة لاختلاف K_c حسب مرحلة النمو للنبات فإنه يمكن تمييز أربع
 مراحل :

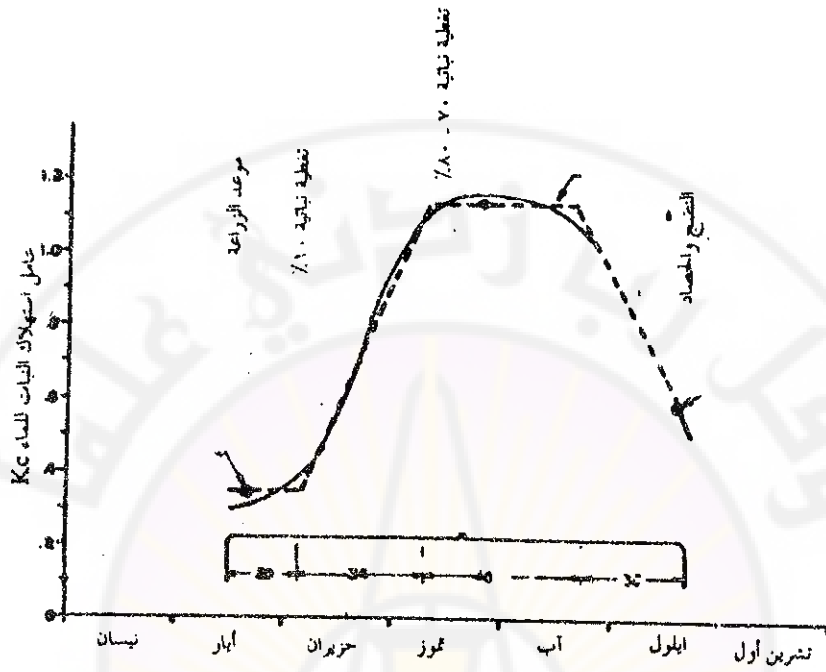
1 - مرحلة بداية النمو : الإنبات ، بدء نمو الفروع وبداية النمو ولا تغطي
 النباتات في هذه المرحلة إلا جزءاً بسيطاً من الأرض المزروعة (نسبة
 التغطية قليلة) .

- 2 - مرحلة النمو : النمو الخضري ، تكاثف الفروع ، زيادة التغطية النباتية .
- 3 - مرحلة تشكل الثمار : الكثافة أعلى ، التغطية كاملة تقريباً ، الإزهار وتشكل الثمار .
- 4 - مرحلة النضج : نضج الثمار ، تلون الأوراق ، سقوط الأوراق في الخريف ، القطف أو الحصاد .

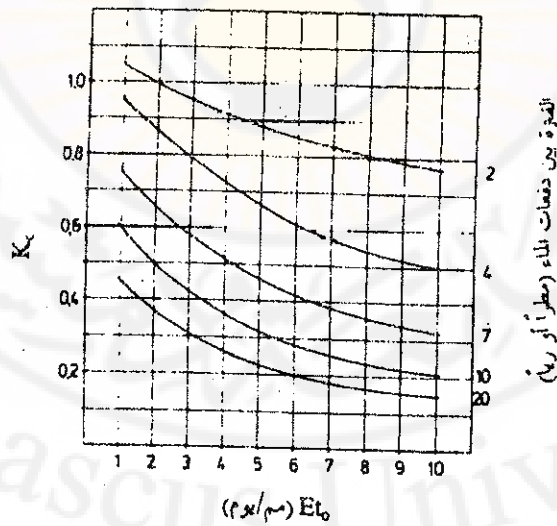


الشكل (2-11) اختلاف K_c حسب نوع النبات

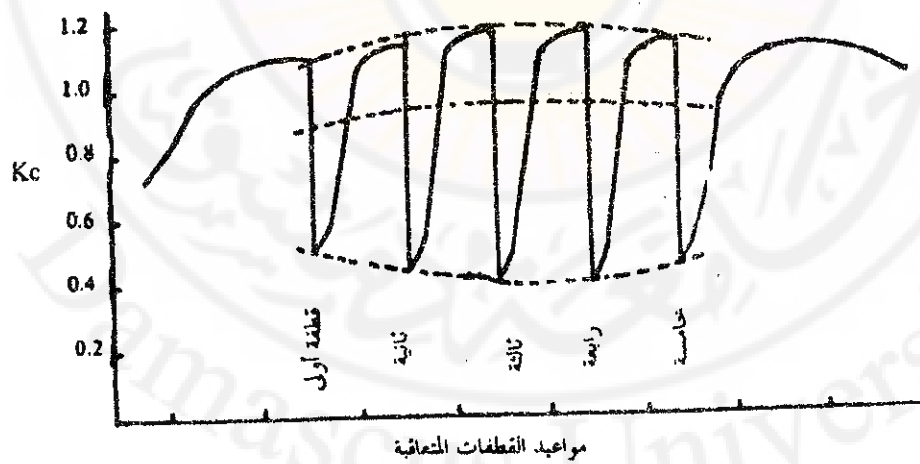
إن معرفة K_c في المرحلة 1 و 2 حيث يتأثر الاحتياج المائي للنبات بالتبخر من سطح التربة بشكل كبير كما يتأثر بالفترة بين دفعات الماء المقدم (مطراً أو رياً) أمر ضروري .



الشكل (2-12) منحنى تغير عامل استهلاك النبات للماء K_c حسب مراحل النمو



الشكل (2-13) مخطط يوضح كيفية معرفة K_c محصول حولي خلال مرحلة النمو الأولى (1) والثانية (2) وعلاقة ذلك بـ (ET_a) والفرق بين دفعات الماء المقدمة بالأبام



الشكل (2-14) تغير قيمة K_c مع تطور نمو نبات الفصاة والحشوات المتكررة

الجدول (51-2)

الفترة الحرجة التي تكون فيها النباتات حساسة لنقص الماء في التربة

الفترة الفيزيولوجية الحرجة	
الفصية	بعد قص الدريس الأخضر أو عند بدء الإزهار بالنسبة للإنتاج البذري
القطن	فترة الإزهار وتشكل الجوز (بداية فصل النمو) ، بعد مرحلة تشكل الجوز
الفول السوداني	فترة الإزهار وتشكل البذور ، فترة الإنبات حتى الإزهار أو نهاية فصل النمو .
الحنظل	تتطلب تربة رطبة باستمرار وبصورة خاصة قبل الحصاد .
الدرة الصفراء	فترة التلقيح وحتى تشكل العرائس .
البطاطا	رطوبة عالية مطلوبة بعد تشكل الدرنات أي منذ فترة الإزهار وحتى النضج .
الدرة البيضاء	تشكل الجنور الثانوية وفترة الإشتاء وحتى تشكل عرائس الزهر .
الفريز	تشكل الثمار وحتى نضجها .
الثونفر السكري	ثلاثة أسابيع إلى أربعة بعد الإنبات .
التبغ	فترة ما قبل الإزهار .
البندورة	بعد تشكل الأزهار وبداية نمو الثمار السريع .
البطيخ الأحمر	من الإزهار وحتى الحصاد .
الحمضيات	فترة الإزهار والعقد - تعطيش الليمون الحامض قبل فترة الإزهار مباشرة يزيد من إنتاج الأزهار . وإن سقوط الثمار بشهر حزيران يمكن مراقبته وتقليل أنسره بالمحافظة على رطوبة عالية في التربة .
الزيتون	قبل الإزهار مباشرة وفي مرحلة اكتمال حجم الثمرة .
الدراق	فترة اكتمال حجم الثمرة ونموها السريع قبل النضج مباشرة .
المشمش	فترة الإزهار وتطور العقد .
الكرز	فترة اكتمال حجم الثمرة ونموها السريع قبل النضج مباشرة

جدول (2-53)

مستوى تحمل المحاصيل والأشجار لارتفاع الماء الأرضي وظروف الغدق

ظروف الغدق	ماء أرضي على عمق ٥٠ سم من منطقة الجذور	درجة التحمل ونسبة المحصول
رز ، صفصاف ، فريزر ، خوخ ، مجموعة من الأعشاب	قصب سكر ، بطاطا ، فول	عالية محصول 80-100%
حمضيات ، موز ، تفاح ، كمثرى ، بصل	شوندر سكري ، قمح ، شعير شوفان ، بازلاء ، قطن	متوسطة محصول 60-80%
دراق ، بلسح ، زيتون ، بسازلاء ، فاصولياء	ذرة صفراء ، تبغ	ضعيفة محصول > 60%

ولتغطية الاحتياج المائي يمكن الانطلاق من المعادلة :

$$Q_b = (ET_c - N_w) + W$$

Q_b = الاحتياج المائي (مم)

ET_c = النتج والتبخر من النبات (مم/شهر)

N_w = الأمطار الفعالة (مم/شهر)

W = المياه الضائعة (% أو مم)

أو يمكن الانطلاق من حساب المتطلبات المائية الصافية

Net Irrigation Requirement وفق المعادلة :

$$I_n = ET_c - (P_e + G_e + W_b)$$

I_n = المتطلبات المائية الصافية (مم)

ET_c = النتج والتبخر من النبات (مم)

P_e = عمق الأمطار الفعالة (مم)

G_e = مساهمة الماء الأرضي (مم)

W_b = عمق الماء القابل للامتصاص الموجود في التربة في بداية الفترة (مم)

أما متطلبات مشروع الري Irrigation Requirement فتحسب بعد أخذ كل

من متطلبات الغسيل ، فعالية مشروع الري والمتطلبات الصافية بالحسبان .

فمتطلبات الغسيل Leaching Requirement تعرف بأنها الجزء من ماء الري المضاف

للتربة والذي يجب أن يجتاز منطقة الجنور وينذب الأملاح الذوابة معه ويفسلها إلى الأعماق

بصورة دائمة حيث إن متطلبات مشروع الري تحسب من المعادلة :

$$V_i = \frac{10}{EP} \cdot \frac{A \cdot I_n}{1 - LR}$$

V_i = المتطلبات المائية للمشروع بالكامل (م³/شهر) .

EP = فعالية مشروع الري .

A = مساحة الحقل (هـ) .

LR = متطلبات الغسيل

I_n = متطلبات الري الصافية

وتحسب متطلبات الغسيل كما يلي :

بالنسبة للري السطحي والري بالرذاذ دورياً :

$$LR = \frac{Ecw}{5Ece - Ecw}$$

وبالنسبة للري بالتنقيط والرذاذ اليومي :

$$LR = \frac{Ecw}{2Max. Ece}$$

Ecw = الناقلية الكهربائية لمياه الري (ميليزيمنس/سم)

Ece = الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة (ميليزيمنس/سم)

$Max. Ece$ = الناقلية الكهربائية العظمى لمستخلص العجينة المشبعة التي

لا يستطيع المحصول المعين أن يتحملها .

وتفترض هاتان العلاقتان أن فعالية الغسيل 100% ولكنها في الحقيقة ليست

كذلك لذلك يجب أخذ فعالية الغسيل Leaching Efficiency (Le) بالحسبان

فتصبحان كما يلي :

الري السطحي :

$$LR = \frac{Ecw}{5Ece - Ecw} \cdot \frac{1}{Le}$$

الري بالتنقيط :

$$LR = \frac{Ecw}{2Max.Ece} \cdot \frac{1}{Le}$$

أما فعالية مشروع الري فيمكن العودة إلى فصل كفاءة الري .
ومن الجدير بالذكر أن تصميم مشروع الري يتطلب أيضاً معرفة بعض الأمور
ومنها : عمق ماء الري الواحدة ، الفترة بين الريات ، معدل الري والماء الكلي .

$$d = \frac{1}{Ea} \cdot p \cdot Sa \cdot D$$

d = عمق ماء الري الواحدة (مم)

Ea = كفاءة إضافة ماء الري Application efficiency .

p = نسبة الماء الذي يسمح بفقده من التربة قبل إعطاء الري ($p = 1$: أي
نروي عندما تصل الرطوبة في التربة إلى معامل الذبول الدائم وهناك
جدول)

Sa = عمق الماء القابل للامتصاص بالتربة (مم/متر تربة) وله جدول نخاص .

D = عمق الجذور (م)

الفترة بين الريات :

$$i = \frac{p.Sa.D}{ET_c}$$

i = الفترة بين الريات (يوماً) .

ويمكن حساب الفترة بين الريات من إحدى المعادلتين التاليتين أيضاً :
اعتماداً على معادلة شاوميان ومعدل الري

$$T = \frac{m + Km_o}{E}$$

$$T = \frac{1.6(m + m_o)}{K.a.g.t_o(0.3V + 1)}$$

m = معدل الري (م³ / دوغم)

m_o = المطول المطري (مم)

K = ثابت يتعلق بالمحصول (راجع معادلة شاوميان)

t_o = متوسط درجة الحرارة (م°)

g = عامل يتعلق بمستوى الماء الأرضي حتى عمق 3م وهو عادة أقل من الواحد

$$a = \sqrt{1 - \frac{P}{100}}$$

P = الرطوبة النسبية .

V = متوسط سرعة الرياح خلال الفترة (م/ثا) .

معدل الري :

هو كمية المياه التي تعطى لدوغم واحد في الري الواحدة لنبات ما لتأمين الرطوبة
المثلئ في قطاع التربة الزراعية ويقدر (م³ / دوغم) ويحسب :

$$m = 10 . h . a (C - B)$$

m = معدل الري (م³ / دوغم)

h = عمق طبقة التربة النشطة (م) .

a = الكثافة الظاهرية (غ/سم³)

C = السعة الحقلية .

B = معامل الذبول الدائم .

الماء الكلي لري مساحة ما :

$$Q = \frac{10}{EP} \cdot p \cdot Sa \cdot D \cdot A$$

$$Q = q \cdot t$$

q = تصرف القناة الواصلة إلى الحقل (ل/ثا)

A = المساحة المروية (هـ)

t = زمن ري الحقل (ثانية)

شكل (2-17) مخطط مبين عليه العلاقة بين عمق ماء الري الواحدة ، المساحة المروية ، حجم ماء الري الكلي اللازم ، تصرف قناة الري والزمن اللازم للري .
بغية استخدام المخطط أدناه يمكن اتباع الخطوات التالية :

1 - نضع الإشارة على القيمة المحددة لتصرف قناة الري (مستقيم أ) ، المساحة الكلية بالهكتار (الخط د) وعمق الري الواحدة اللازمة (مستقيم هـ) .

2 - نجتمع النقطتين على المستقيم (د) و (هـ) فيقطعان المستقيم (ج) في نقطة يتحدد بموجبها حجم ماء الري اللازم .

3 - نجتمع نقطة التقاطع على المستقيم (ج) إلى النقطة المحددة على المستقيم (أ) مما يقطع المستقيم (ب) في النقطة التي يحدد منها الزمن الكلي اللازم لري الحقل

ومن الجدير بالذكر أنه لا توجد طريقة ري مناسبة تماماً لكل الأراضي والظروف والمناطق والأوقات إذ يتأثر اختيار طريقة الري المناسبة بظروف المناخ، التربة، كمية الماء المتوفر ونوعيته، النبات المزروع، مدى توفر اليد العاملة ومدى توفر المكننة والتقنية إضافة إلى عوامل اقتصادية واجتماعية.

* فمن حيث المناخ تفضل عادة - في المناطق الرطبة ذات المعدل المطري المرتفع والحاجة القليلة للري وبفترات محدودة فقط - الشبكات المتنقلة من الري بالرذاذ والتنقيط التي تستخدم بشكل مؤقت على طرائق الري الأخرى.

* ومن حيث التربة تلعب خواصها الفيزيائية وبخاصة قوامها ومقدرتها على الاحتفاظ بالماء (السعة الحقلية، معامل الذبول الدائم، الإشباع ...) وكذلك طبوغرافية الأرض (الميل أو الانحدار) الدور الأساسي فعندما تكون الأرض :
- منبسطة ومستوية يمكن استخدام طريقة الري بالأحواض، الري تحت سطح التربة، الري بالتنقيط والري بالرذاذ.

- وعندما يكون الميل خفيفاً فطريقة الري الأنسب هنا هي الري بالشرائح. أما عندما يكون الميل شديداً فتفضل طريقة الري بالرذاذ والري بالتنقيط ولا يمكن استعمال طرائق الري السطحي إلا بعد إجراء عملية تسوية وإنشاء المدرجات وهذا يرتب تكاليف إضافية يجب أن تؤخذ بالحسبان عند التفكير بذلك.

- فوق التربة الخفيفة الرملية والرملية اللومية فإن طريقة الري بالشرائح والري بالخطوط - ونظراً لنفاذية التربة العالية والتي تتطلب بالتالي شرائح وخطوطاً قصيرة - تبدو غير اقتصادية.

- فوق التربة ذات النفاذية الأقل يمكن استعمال طرائق الري ذات الإمداد المستمر بالماء (الإمداد بالماء الجاري) وبالتالي يمكن استعمال قطع طويلة من الأرض بالتالي استثمار أفضل للآلات الزراعية عند مكنة العمليات الزراعية ولكن ربما تسبب الانجراف.

* أما من حيث الماء المتوفر أي مدى توفر كميات محددة من الماء فإن هذا العامل يعد ذا تأثير كبير في تحديد طريقة الري المتبعة . فالحاجة إلى دفعات ماء صغيرة تعمل من طرائق الري السطحي أقل استخداماً نظراً لعدم إمكانية التحديد الدقيق لكميات الماء المأخوذة عندما يراد ذلك .

- أما عند الحاجة إلى كميات كبيرة من الماء للري وغسل التربة فيمكن استعمال طرائق الري السطحي حتى عندما لا يكون الماء عذبةً تماماً (يحتوي بعض الأملاح) . وعندما نحوي المياه نسباً مرتفعة من البيكربونات أو الكلور فيفضل عدم استخدام طريقة الري بالرذاذ فوق النبات مباشرة (قد تستخدم تحت الأشجار المثمرة) .

- إن كميات المياه المفقودة (الفائضة في نهاية الشريحة أو الخط ، المياه المنسربة إلى الأعماق والمياه المتبخرة) هي أكبر في الري السطحي من الري بالرذاذ ولكنها في حدودها الدنيا عند الري تحت سطح التربة والري بالتنقيط .

* أما عن تأثير النبات فمن البدهي أن يكون للنبات المزروع تأثير مهم في اختيار طريقة الري فمثلاً يمكن استعمال الري بالرذاذ على القصة حتى وإن احتوى الماء نسبة مرتفعة من البيكربونات / راجع خطر البيكربونات / .

- ولا يستعمل لري الرز سوى الري بالأحواض . وتناسب طريقة الري بالخطوط المحاصيل الدرنية المزروعة على خطوط ، وهي أقل ملائمة لمحاصيل الحبوب والمسطحات الخضراء بينما تمتاز طريقة الري بالشرائح عند محاصيل الحبوب والأعلاف .

- بالنسبة للأشجار والشجيرات تأتي طريقة الري بالخطوط بعد الري بالتنقيط من حيث أفضلية الاستخدام .

- وتناسب كل من طريقة الري بالرذاذ والري تحت سطح التربة كل المحاصيل تقريباً عدا الرز .

* كما تختلف طرائق الري وبشكل كبير فيما بينها من حيث الحاجة إلى العمل وإمكانية استعمال الآلات وتوفر الخبرة الفنية لذلك .

- فتنحتاج طرائق الري السطحي القديمة إلى أعمال يدوية بشكل كبير وقليلاً ما تحتاج إلى الآلات وتصعب فيها عمليات الأمتة وبالتالي فهي لا تحتاج إلى أيدي عاملة

خبيزة موهلة بعكس طرائق الري تحت سطح التربة والري بالتنقيط والرذاذ .
- لا تحتاج الشبكات الثابتة من الري بالرذاذ والتنقيط إلى أيدي عاملة كثيرة إذ يمكن أتمة المشروع وكذلك يمكن استعمالها لأغراض متعددة / الاستعمال متعدد الأغراض / (السماد ، مواد مكافحة ، مكافحة الصقيع ، تلطيف الجو) .
- إن استعمال الآلات الزراعية التي توفر اليد العاملة في الري بالأحواض وبفعل البتون والقنوات محدود ، أما في الري بالشرائح والخطوط فإنه ممكن جداً ، وعند الري بالتنقيط والري بالرذاذ قليل الضرر ويمكن بدون أي معوقات في الري تحت سطح التربة .

* كما تختلف طرائق الري فيما بينها من حيث النفقات فبعكس الطرائق القديمة ترتفع تكاليف طرائق الري الحديثة نظراً لحاجتها الكبيرة إلى المواد والطاقة وإلى تكاليف الإنشاء والتشغيل إضافة إلى تكاليف الصيانة والإصلاح المرتفعة .
- ومقابل ميزة طرائق الري السطحي من هذه الناحية يقابل ذلك الفقد والهدر في الماء المتزايد القيمة والأهمية وكذلك ضياع مساحات كبيرة بدون استثمار .
- ومن الجدير بالذكر أنه يجب ألا ننسى أنه تستخدم حالياً في طرائق الري القديمة منتجات بلاستيكية جيدة ورخيصة الثمن لنقل الماء أو توصيله (الري بالخطوط) فهي توفر في كمية الماء الضائعة وتوفر بالجهد .
* كذلك من المفيد ذكره أن اختيار طريقة الري تتدخل فيه الموضوعة أحياناً وبعض العادات الاجتماعية أحياناً أخرى .

- ومهما يكن فلا بد لطريقة الري المتبعة أن تحقق ما يلي :
- 1 - إيصال الماء اللازم إلى مختلف أجزاء المشروع بانتظام .
 - 2 - إمكان التحكم بمقدار المياه المعطاة للحقول وبالمعدلات المناسبة .
 - 3 - السماح للآلات الزراعية بالحركة داخل الحقل دون عوائق كبيرة .
 - 4 - السماح بقدر مناسب من الصرف للمياه الزائدة .
 - 5 - أن يكون نظام الري مرناً بحيث يسمح بتوزيع المياه حسب نوع المحصول المزروع ومراحلته الفسيولوجية المختلفة والانتقال من منطقة إلى أخرى بسهولة .
 - 6 - التوزيع المتجانس للماء المعطى على كامل المساحة المروية .

3-2 طرق الري irrigation methods :

irrigation Sou terrainepar tuyaux	subirrigation sub surface irrigation	3-2 الري تحت سطح التربة
irrigation souterraine par fossés profonds	natural subirrigation	3-2-1 الري تحت سطح التربة بالحفر العميقة
irrigation souterraine par tuyaux de drainage , irrigation par drains	artificial subirrigation	3-2-2 الري تحت سطح التربة باستعمال شبكة الصرف
irrigation souterraine par tuyaux	artificial subirrigation using perforated pipes	3-2-3 الري تحت سطح التربة باستعمال الأنابيب المثقبة (الماء الجاري في الأنابيب)
irrigation par submersion	flood irrigation	3-3 الري بالغمر
submersion naturelle	wild flooding	3-3-1 الغمر الحر
submersion artificielle	controlled submersion irrigation	3-3-2 الغمر المراقب بماء مخزون
submersion artificielle avec	controlled flooding	3-3-3 الغمر المراقب بماء

ecoulement continu		جار (إمداد مستمر)
irrigation par cuvettes	basin irrigation	3-4 الري بالأحواض
irrigation par bassins	check flooding	3-4-1 بالأحواض المتتالية
irrigation par bassin suivant les courbes de niveau	contour check flooding	3-4-2 بالأحواض الكونتورية
irrigation par ruissellement	border irrigation	3-5 الري بالشرائع
irrigation par planches	flush irrigation	
arrosage par calants	border strip	3-5-1 بالشرائع بإمداد مستمر
irrigation par planches étagés	irrigation gravity check irrigation	
irrigation par infiltration	bench border	3-5-2 بالشرائع الكونتورية
irrigation par sillons	irrigation	
irrigation par sillons de grande longueur	furrow irrigation	3-6 الري بالخطوط
irrigation par rigoles	furrow irrigation	3-6-1 بالخطوط بإمداد مستمر
d'infiltration suivant les courbes des niveau	long line furrow irrigation	3-6-2 بالخطوط الطويلة ذات الإمداد المستمر
arrosage à la raie	contour furow irrigation	3-6-3 الخطوط الكونتورية
irrigation par rigoles d'infiltration	corrugation	3-6-4 الري بالسطور
irrigation par rigoles d'infiltration	irrigation	
irrigation par rigoles d'infiltration en arête de poisson	check row irrigation	3-6-5 بالخطوط المخزنة للماء
	herringbone furrow irrigation	3-6-6 بالخطوط المشطية (المسكية)

irrigation par fosses	irrigation from	3-6-7 الري من الحفر
d;infiltration	ditches by infiltration	
irrigation goutte á goutte	drip irrigation , trickle irrigation	3-7 الري بالتنقيط
au goutte		
irrigation par aspersion , arrosage	sprinkler irrigation	3-8 الري بالرشاد
système mobile	spray irrigation	
d'irrigation par aspersion	portable sprinkler system	3-8-2 النظام المتحرك
système mixte	semi-	3-8-3 النظام نصف المتحرك
d'irrigation par aspersion	permanent sprinkler system	
système fixe	permanent	3-8-4 النظام الثابت
d'irrigation par aspersion	sprinkler system , stationary sprinkler method	
utilisation diverse des installation	multipurpose use of sprinkler systems	3-8-5 الاستعمال متعدد الأغراض للري بالرشاد
d'irrigation par aspersion		

3-2 الري تحت سطح التربة subsurface irrigation, sub irrigation : يستعمل التعبير الري تحت سطح التربة أو الري تحت الأرض ويطلق على عدد من أنظمة الري التي خرجت من طرائق الري التقليدية في وسط آسيا وتستعمل اليوم في أوروبا (هولندا) وأمريكا . منذ نحو 150 سنة تقريباً أخذت هذه الطريقة في ألمانيا تلعب دوراً مهماً وإن

كانت تقيم حالياً من وجهات نظر مختلفة في العالم كله .
وقد ازداد الاهتمام بالري تحت سطح التربة بعد الحرب العالمية الثانية عندما ازدادت الحاجة إلى الغذاء .
السمة الأساسية لهذا النظام هو تقديم الماء للتربة من تحت الطبقة السطحية ، ويتم ذلك برفع منسوب الماء الأرضي أو ترطيب التربة بمساعدة أنابيب ممدودة تحت سطح التربة .

مميزات الطريقة :

- تقليل التبخر وبالتالي توفير في الماء (أكثر من الري بالخطوط) .
- لا توجد تأثيرات على طبقة التربة السطحية بفعل الغسل أو التعرية .
- تقليل الأعشاب .
- عدم إعاقة عمليات المكننة الزراعية على سطح التربة .
- احتياجات قليلة من اليد العاملة بوساطة أتمتة مشاريع الري .
- عدم ضياع أي جزء من المساحة المروية في شبكة توزيع الماء .
- يمكن تقديم السماد للنبات وفي منطقة الجذور مباشرة .
- إمكانية زيادة الإنتاج عند زراعة محاصيل مناسبة (كما يوضح الجدول التالي):

(الجدول 2-3)

كمية الإنتاج الناتج عن استعمال نظم ري مختلفة في شمال ألمانيا (طن/هـ)

المحصول	بدون ري	ري سطحي	ري بالريذا	ري تحت سطح التربة
ذرة مسننة	32	32.325	31.06	34.76
شوفان	3.48	3.89	3.86	4
شوندر سكري	40	41.37	43.43	46.81
بطاطا	25.5	28.85	24.75	27.96

العيوب :

- تتطلب الطريقة بيانات طبوغرافية وفيزيائية عن التربة من أجل تنظيم منسوب الماء الأرضي .

- تؤدي إلى تملح الطبقة السطحية عند استعمال ماء مالح مما يتطلب إضافة ماء من الأعلى للنسل .
- من الضروري ترطيب الطبقة السطحية للتربة بعد البذر أو التشتيل أو الغرس إذا كانت رطوبة التربة عند بداية مرحلة النمو غير كافية .
- تحصل صعوبات في الإمداد بالماء بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية .
- تحتاج الطريقة جهداً وتكاليف كبيرة من أجل رفع الأنابيب الممدودة تحت سطح التربة والتي قد تتعرض إلى الأعطال أو الانسداد أو من أجل الصيانة .
- تكاليف المشروع مرتفعة (عملية وضع شبكة الأنابيب تحت سطح التربة تزيد التكلفة) .
- فقد كمية من الماء تتسرب نحو الأعماق في التربة الخفيفة .

4-3 الري بالأحواض basin irrigation :

عرفت طريقة الري بالأحواض منذ نحو 5000 سنة في بلاد الحضارات القديمة وتعد من أكثر طرائق الري سهولة ولذلك فهي شائعة الاستعمال في مناطق عديدة من العالم .

والخوض هو مساحة من الحقل محاطة من جميع جهاتها ببتون ترابية . ويكون ارتفاع هذه البتون عادة 15 - 45سم وبشكل يكون ارتفاعها بمعدل 10 - 20سم عن مستوى الماء المخزن في الخوض . ويبلغ عرض البتون الموقفة (من أجل موسم واحد) 60 - 120سم بينما يصل عرض البتون الدائمة (عند الرز مثلاً) إلى 180سم . وتنشأ هذه البتون الدائمة قبل عدة أسابيع من الري لتصبح قوية وفي بعض

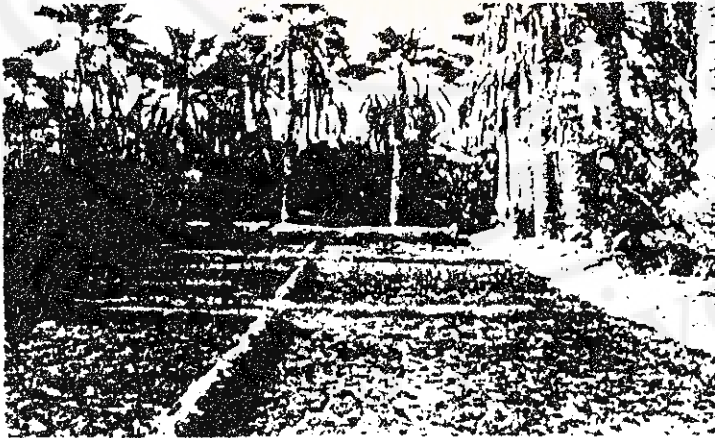
الأحيان بعد بلاستيك في وسط الحوض (قبل الري) ويصل إلى البتون ليتم بذلك تقوية البتون فتصمد أمام ضربات الأمواج المتكونة ويتم حمايتها من القوارض ومن نمو الأعشاب وكذلك يتم بذلك تقليل التسرب بالرشح عندما يتم الري (لأن البتون قد أصبحت قوية عندما يتم الري) .

تناسب الطريقة معظم أنواع المحاصيل والأشجار عدا تلك الحساسة لزيادة الرطوبة حول الساق .

يبدأ الحوض عادة بالماء بسرعة ويزك الماء لتمتصه التربة بعد ذلك . ومن أجل عدم حدوث فقد كبير للماء بفعل التسرب نحو الأعماق يجب الانتباه إلى عدم تجاوز فترة توزيع الماء فوق المساحة المروية عن $1/4$ - $1/3$ زمن تسرب كمية الماء المعطاة بكاملها .

وتعد الطريقة فعالة من حيث توزيع الماء .

هذا ويتطلب استخدام الطريقة إجراء تسوية جيدة للتربة بحيث لا تزيد نقطة على أخرى 5 - 8 سم . ويفضل أن يكون الميل نحو 1% كي يتم ضمان توزيع متجانس للرطوبة أما عندما يكون الميل أكثر من ذلك ($< 3\%$) فإن كفاءة الري بالأحواض تنخفض بشكل كبير . ولكن وبشكل عام يمكن السماح بوجود فرق منسوب بين طرفي الحوض حتى 6 سم باتجاه الميل الرئيس و 3 سم كحد أقصى بشكل عرضي مع الميل الرئيس .



الشكل (3-15) الري بالأحواض في إحدى واحات المملكة العربية السعودية

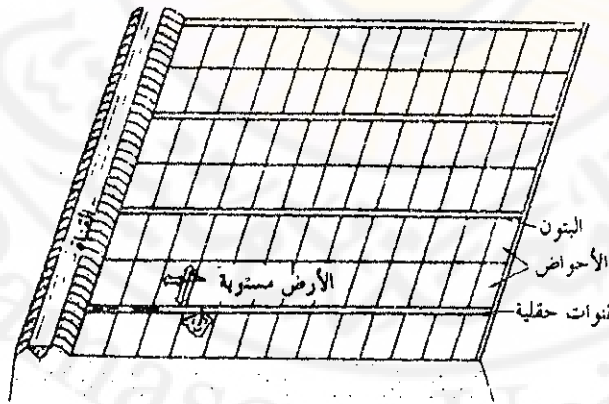
تختلف مساحة الحوض بين عدة أمتار مربعة كما هي الحال عند زراعة الخضروات لتصل إلى عدة هكتارات عند زراعة الرز . وتتعلق مساحة الحوض بقوام التربة ونفاذيتها إضافة إلى تصرف القناة .

الجدول (3-3)

تصرف القناة وقوام التربة وعلاقة ذلك بحجم الحوض (بمساحته)

تصرف القناة ل/أ	مساحة الحوض (هـ) تبعاً لقوام التربة			
	رملية	لوم رملية	لوم طينية	طينية
30	0.02	0.06	0.12	0.20
60	0.04	0.12	0.24	0.40
90	0.06	0.18	0.36	0.60
120	0.08	0.24	0.48	0.80
150	0.10	0.30	0.60	1.00
180	0.12	0.36	0.72	1.20
210	0.14	0.42	0.84	1.40
240	0.16	0.48	0.96	1.60
270	0.18	0.54	1.08	1.80
300	0.20	0.60	1.20	2.00

هذا ويمكن القول إنه عندما تكون التربة رملية ونفاذيتها عالية فتجعل الأحواض صغيرة المساحة وتعطى الماء بتصرف مرتفع . أما عندما تكون التربة طينية ثقيلة فيكفي تصرف ماء أقل ويمكن أن تكون مساحة الحوض أكبر .



الشكل (3-16) مخطط الري بالأحواض

الجدول (3-4)

ميل الأرض وعلاقة ذلك بأبعاد الأحواض باتجاه الميل الرئيس

الميل %	المسافة بين البتون باتجاه الميل الرئيس (م)	الميل %	المسافة بين البتون باتجاه الميل الرئيس (م)
0.8	75	2.0	30
1.0	60	3.0	20
1.5	40		

يؤخذ الماء اللازم أو التصريف ل/ثا من العلاقة :

$$Q = n.F$$

Q = الماء اللازم أو التصريف (ل/ثا)

n = ثابت ويؤخذ من جدول خاص

F = المساحة المروية م²

الجدول (3-5)

ال ثابت n المستخدم عند حساب التصريف في الري بالأحواض

ال ثابت n	قوام التربة	ال ثابت n	قوام التربة
0.1 - 0.05	لوم رملي	0.025 - 0.01	طينية
0.2 - 0.1	رملية	0.05 - 0.025	لوم طيني

ومن مساوىء الطريقة أن البتون الترابية حول الأحواض تعيق عمليات المكثنة وتشغل مساحة تعد ضائعة .

أما كمية الماء الكلية فتؤخذ من العلاقة :

$$W = \frac{F \cdot B_c + \frac{F}{2} \cdot B_v}{1000}$$

W = كمية الماء الكلية (م³)

F = المساحة المروية (م²)

B_c = حاجة النبات للماء (مم) أو معدل الري (مم) أو دفعة الماء (مم)

B_v = الفقد بالتسرب (مم)

$$B_v = Z \frac{k_i}{60}$$

Z = الزمن اللازم لتوزيع الماء فوق المساحة المروية (دقيقة)

K_i = معدل التسرب (مم/سا)

$$Z = \frac{a.F}{Q}$$

Q = التصريف (ل/ثا)

a - ثابت ويؤخذ من الجدول التالي :

الجدول (3-6)

قيمة الثابت a

a	$\frac{F}{Q}$	a	$\frac{F}{Q}$	الثابت a	النسبة $\frac{F}{Q}$
1.2	22.5	0.8	12.5	0.4	2.5
1.3	25	0.9	15	0.5	5
		1	17.5	0.6	7.5
		1.1	20	0.7	10

3-4-1 الري بالأحواض المتتالية Check flooding :

يتم عند الري بالأحواض المتتالية دمج مجموعة من الأحواض الصغيرة مع بعضها بعضاً . يتم تكوين البتون بشكل منتظم وباستعمال اليد العاملة أو باستعمال الحيوانات أو الآلات . يتحدد حجم الحوض الصغير بما يتناسب مع انحدار الأرض .

يتم في البداية فتح الماء إلى الحوض الأعلى ثم يتم حره من حوض إلى آخر . عندما يراد أخذ ماء جديد لكل حوض من الأحواض يتم إنشاء قناة ري بين صفيين من الأحواض المتتالية . يتم إنشاء مصارف حقلية بين القنوات وبخاصة في الأرض قليلة الانحدار .

تستخدم هذه الطريقة بشكل واسع على الرز والذرة والقطن والفسول السوداني (فستق العبيد) وفول الصويا كذلك عند أشجار الفاكهة والخضار والأعلاف . وهي أقل مناسبة (لا تناسب تماماً) للمحاصيل القريية من سطح التربة

(الخيار - البطيخ - الكوسا) حيث إنها تتضرر من زيادة الرطوب . يفضل على الشوندر اختيار الري بالخطوط المخزنة للماء .

مزايا الطريقة وعيوبها :

المزايا	العيوب
- تناسب كل المحاصيل تقريباً	- فقد جزء كبير من المساحة بفعل القنوات والتون
- سهولة الإعداد أو تجهيز التربة	- إعاقة عمليات المكننة بفعل القنوات والتون
- توزيع منتظم للماء	- الحاجة إلى أيدٍ عاملة كثيرة
- قلة المياه الضائعة	- الحاجة إلى غزارة كبيرة نسبياً من الماء
- تحسين وإغناء التربة بوساطة نقل حبيبات التربة	- الإضرار ببناء التربة بفعل حبيبات التربة الناعمة
- (وبخاصة على الترب الرملية الضحلة)	(الوحل)
- هجرة الحيوانات التي تنقب التربة (الفأر والخلد)	- تقليل التهوية في التربة (خاصة في الترب المتماسكة
	اللومية والطينية)
	- المساهمة في تكاثر الحشرات
	- نشر بذور الأعشاب من محوض إلى آخر

الشكل (3-22) يحفظ الري بالشرائح

3-5-1 الري بالشرائح نظام مياه جارية (إمداد مستمر)

: border strip irrigation , gravity check irrigation

يمتاز الري بالشرائح عن طرائق الري السطحي الأخرى باستغلال جيد للماء (فعالية كبيرة لاستعمال مياه الري) مع متطلبات قليلة من الأيدي العاملة حيث يمكن استخدام الآلات فيتم التوفير في المساحات الضائعة بفعل البتون وبخاصة إذا كانت هذه البتون منشأة بشكل جيد .

هذا ويتطلب إعداد الأرض المناسب بعض التكليف .

وتناسب طريقة الري بالشرائح الترب ضعيفة النفاذية ومتوسطها التي تسمح بإنشاء شرائح طويلة .

وتنشأ شرائح أقصر طولاً للنباتات عميقة الجذور (الفصه ، الأشجار المثمرة ، الكرمه) على الترب الأكثر نفاذية ، في حين أن الترب الضحلة ذات النفاذية الضعيفة تناسب محاصيل الحبوب ونباتات العلف .

يمكن أن يكون الميل 0.2% وحتى 4% ولكن يجب أن تكون التسوية جيدة .
تكون الظروف المناسبة عندما لا يتجاوز الانحدار الأعظمي مرة ونصف من الانحدار
الأدنى ويقل الانحدار (الميل) مع التقدم في الشريحة .
من المفيد أيضاً وجود ميل خفيف في الجزء العلوي من الشريحة ، تقريباً
10 - 15م طولاً ، وذلك من أجل توزيع أفضل للماء بعد إعطائه . كما يجب تجنب
- وقدر المستطاع - وجود سطوح عرضية أو أي ارتفاعات بالاتجاه العرضي لمسير الماء
لأكثر من 3سم لأن ذلك سيؤثر سلباً في توزيع الماء .
أحياناً ، وبخاصة على الترب الأقل نفاذية ، يفضل جعل الأرض قريبة من
المنبسطة من أجل تحسين معدل التسرب (نفاذية الماء في التربة) .
هذا ويجب تجنب التخزين الطويل (لأنه يؤثر سلباً) وذلك بصرف الماء الزائد .



الشكل (3-23) الري بالشرائح على القعدة في واحة الحمى بالمملكة العربية السعودية
يعد الحد الأدنى للميل 0.2% ، ويمكن أن يزداد ليصل إلى 2% ، وإلى 4% عند
وجود نباتات كثيفة دائمة وأحياناً أكثر من ذلك .

بالنسبة لطول الشريحة يمكن أن ينطبق القول : كلما كانت الشريحة أطول كان ذلك أفضل ! ويتوقف طول الشريحة على العوامل التالية :

نفاذية التربة (معدل التسرب) ، الميل وتصرف الماء المعطى بالإضافة إلى نوع المحصول المزروع .

يكون الحد الأقصى لطول الشريحة على الترب جيدة النفاذية 150م ، وعلى الترب ضعيفة النفاذية (الترب الطينية) يصل إلى 400م أو أكثر .

أما عرض الشريحة فيتوقف على تصرف الماء المعطى (حجم الماء المتدفق) بحيث لا يسبب خطر انجراف التربة . ومن الحكمة أن يكون عرض الشرائح أضعاف عرض الآلات التي تنشئها . وعادة يبلغ عرض الشرائح 10 - 20م .

يمكن أن يكون تصرف الماء من عدة ليزرات في الثانية إلى عدة مئات من الليترات في الثانية .

ومن المهم إجراء تحديد دقيق للماء المتدفق بواسطة فتحات تحكم خاصة قابلة للتعديل (بوابات معزولة ، سكور ، أنابيب أو روافع متحركة) .

هذا ولا ينصح بأخذ الماء من القناة مباشرة بفتح ثغرة بواسطة المعول أو المجرفة . ويمكن أن تحدد كمية الماء المعطاة بحيث يمكن القول إنه يتم إعطاء كمية الماء المقررة عندما يغمر الماء $\frac{3}{4}$ طول الشريحة . ويتم إمداد الربع الأخير بالماء بفعل غمره بالماء الجاري أو من أمواجه .

وكلما كان الماء المتبقي في الجزء الأسفل من الشريحة (نهاية الشريحة) أقل كانت كمية المياه المقبسة أدق وكانت عملية القياس أدق .

يمكن تنظيم عملية الجريان في الشريحة بإجراء ما يسمى قطع التدفق « Cut-back » أو إعادة التوزيع .

وتعطى كمية الماء الكلية من العلاقة :

$$W = F.B$$

$$B = B_v + B_c$$

$$B = \text{دفعه الماء (مم)}$$

B_v = الفقد بالتسرب ، الماء المتبقي . عند كفاءة ري بالشرائح 50-60%

$$B_v = B_c \times 0.55 \text{ يكون (مم)}$$

$$B_c = \text{الاحتياج المائي للنبات (مم)}$$

$$W = \text{كمية الماء الكلية (ل)}$$

$$F = \text{المساحة المروية (الطول } \times \text{ العرض) (م}^2\text{)} .$$

ولتحديد زمن الري يجب معرفة سرعة جريان الماء فوق الشريحة أولاً وذلك من خلال إجراء عمدة قياسات بتباعد 10 - 20م على جانب الشريحة حيث توضع عوارض خشبية للقياس . وتقارن الأرقام المحسوبة بالأرقام الناتجة عن القياس ويعدل التدفق عند الحاجة ويمكن أن يعدل عرض الشريحة إن تطلب الأمر .

وتحسب سرعة جريان الماء فوق الشريحة بالعلاقة :

$$V = \frac{0.75.L.Q}{W}$$

$$V = \text{سرعة جريان الماء فوق الشريحة (م/ثا)}$$

$$L = \text{طول الشريحة (م)}$$

$$Q = \text{تصرف الماء (ل/ثا)}$$

$$W = \text{كمية الماء الكلية (ل)}$$

والمقياس لتحديد التدفق (التصرف) هو تجنب حصول انحراف للتربة المروية وبخاصة من البتون ، ويتوقف حجم التيار الذي يسبب الانحراف على الانحدار ، نوعية التربة وكثافة النباتات المزروعة .

الجدول (3-11)

الحد الأعظمي للتيار الذي لا يسبب الانجراف
وعلاقة ذلك بالمحدار الأرض المروية بالشرائح

الميل %	التدفق ل/ثا لكل 1م من عرض الشريحة	
	نباتات حولية (مثل محاصيل حيوب)	نباتات معمرة (لأكثر من سنة) (مثل المروج الخضراء)
0,1	31,0	62,1
0,2	18,6	37,2
0,3	13,8	27,5
0,4	11,1	22,1
0,5	9,4	18,8
0,75	7,0	13,9
1,0	5,6	11,2
1,5	4,1	8,2
2,0	3,4	6,7
2,5	2,8	5,6
3,0	2,4	4,8
4,0	2,0	3,9
5,0	1,7	3,3

يؤخذ الزمن اللازم للماء المتدفق من العلاقة :

$$Z = \frac{W}{Q}$$

Z = زمن التدفق (ثا)

W = كمية الماء الكلية (ل)

Q = التدفق (ل/ثا)

ومن أجل زمن الري الكلي t (ثا) تعطى العلاقة :

$$t = 1.3 Z$$

مثال : ما هو التدفق الضروري وكمية الماء الكلية لشريحة طولها 130م وعرضها 10م بميل قدره 0.5% على تربة ذات قوام لوم رملي علماً أن دفعة الماء المقررة 160مم.

2 - المسافة بين منتصفى خطين

مميزات الري بالخطوط :

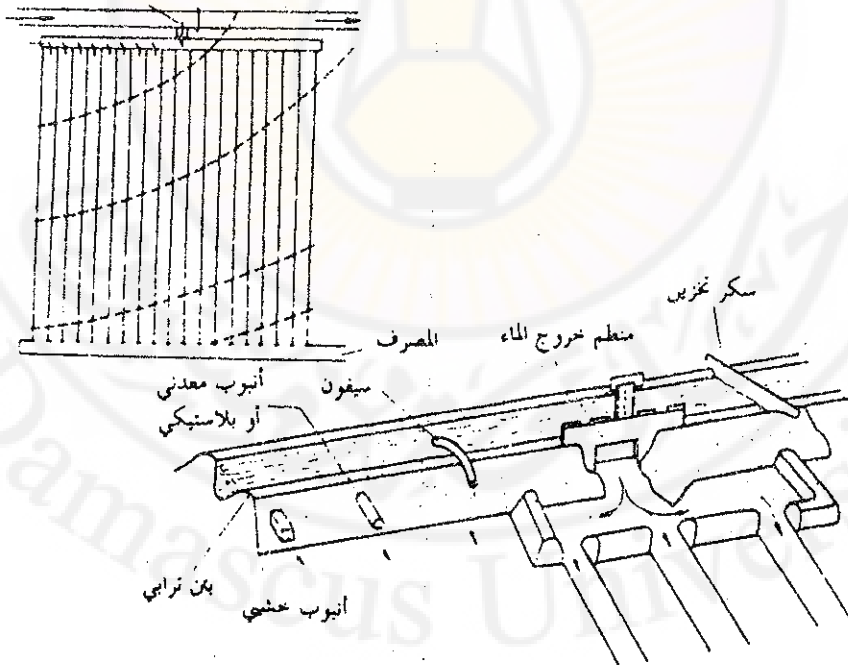
- 1 - تبقى العمليات الضرورية لإعداد التربة في حدودها الدنيا .
- 2 - تعد تكاليف الإنشاء والتشغيل قليلة مقارنة مع طرائق الري الأخرى .
- 3 - يمكن أن يتم الري بالماء العذب أو بالماء العادم في أي وقت من اليوم وبغض النظر عن الرياح ودون أي معوقات للعمل .
- 4 - يمكن تحقيق كفاءة ري عالية عندما تكون عمليات الإنشاء جيدة .
- 5 - توفير في كمية الماء المتبخرة من سطح التربة مقارنة مع طرائق الري السقي ترطب كامل سطح التربة .
- 6 - الإقلال من عمليات إغراق التربة الثقيلة بالماء مما قد يؤدي إلى ضغطها وهكذا يمكن الدخول إلى الحقل المروي بعد أيام قليلة من الري .
- 7 - تقليل عمليات المكافحة (قلة المساحة المبللة ، عدم ترطيب النباتات بشكل مباشر) .

1-3 الري بالخطوط بإمداد مستمر furrow irrigation :

مبدأ الري هنا أنه يتم تقديم الماء من شبكة دائمة من خطوط الإمداد بالماء وتوزيع هذا الماء بشكل مستمر ، حيث يتم تحديد طول الخطوط تبعاً للمساحة المروية . يتم وضع الماء في الخطوط بفتح ثغرة في القناة بواسطة المحرقة أو الممول بأبسط حالات الري بالخطوط . وتستخدم حالياً لهذه العملية أنابيب معدنية أو بلاستيكية أو أنابيب بلاستيكية ذات شكل خاص (سيفونات) . عيب هذا النظام من الري هو

الملاءمة المحدودة لتدفق الماء مع احتياجات النباتات في المراحل المختلفة (تغير في الاحتياج المائي ، إعاقه حركة الماء) وكذلك احتمال تجمع الماء في نهاية الخط . ومن جهة أخرى فقد وجدت توصيلات متحركة في الري بالخطوط ذات الإمداد المستمر (أنابيب معدنية ، أنابيب بلاستيكية ذات فتحات قابلة للتعير ، معابر معدنية) ، حيث تمكن إمكانية تغيير طول الخط وتدفق الماء فيه خلال مراحل النمو من تحقيق اقتصادية عالية في الماء ، وهذا أمر مهم مقارنة مع طرائق الري الحديث الرذاذ والتنقيط .

يعد 0.5% الحد الأدنى من الميل في الري بالخطوط ذات الإمداد المستمر . ومن الأنسب أن يكون الانحدار منتظماً ما أمكن ، ويصل الميل على التربة الرملية 2% وعلى التربة ذات القوام اللوم الطيني 3% كحد أقصى . كما يمكن العمل تحت الشروط المناسبة (تربة قليلة الانجراف ، إعطاء تدفق قليل من الماء) بانحدار يصل حتى 15% . كما أن الميل العرضي أمر مرغوب به على أن يبقى أقل من الانحدار بالانحاف الطولي وبحيث لا يتعدى 2% بكل الأحوال .



الشكل (3-28) مخطط الري بالخطوط وعملية تغذية الخطوط

يتوقف طول الخط على مقدرة التربة على استقبال الماء (معدل التسرب) وعلى الميل . ولأسباب اقتصادية في العمل تفضل الخطوط الطويلة طالما سمحت ظروف التربة والميل بذلك .

الجدول (3-12)

الحـد الأدنى لطول الخط وعلاقة ذلك بمعدل التسرب والميل

عند الري بالخطوط ذات الإمداد المستمر

قوام التربة	معدل التسرب (مم/سا)	الحـد الأدنى لطول الخط (م)
		عند ميل 5% عند ميل 5 - 8%
رمل عشن	> 175	35 - 55
رمل	25 - 175	50 - 75
لوم رملي	13 - 125	55 - 90
لوم	8 - 60	75 - 110
لوم طيني	3 - 15	85 - 130
طين	0.3 - 10	110 - 150

الجدول (3-13)

الحـد الأقصى لطول الخط من أجل معدلات ري مختلفة وعلاقة ذلك بقوام التربة ،
الميل والحـد الأقصى لتصرف الماء الذي لا يسبب الانجراف

قوام التربة ودفعة الماء (مم)	الميل %							
	0.25	0.50	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0
	الحـد الأقصى لتصرف الماء الذي لا يسبب الانجراف							
	2.4	1.2	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1
	الحـد الأقصى لطول الخط							
رمل عشن ، رمل								
50	150	110	80	70	60	50	40	30
100	220	150	120	100	80	70	60	40
150	270	180	150	120	100	90	70	50
200	300	210	170	140	110	100	80	60

لوم رملي ، لوم								
50	250	170	140	120	90	80	60	50
100	350	240	190	160	130	110	90	70
150	440	300	240	200	160	140	110	90
200	500	340	270	230	190	160	130	100
طين لومي ، طين								
50	320	220	180	150	120	110	80	60
100	450	310	250	210	170	150	120	90
150	560	380	300	260	210	180	150	110
200	650	450	350	300	240	200	170	120

يكون شكل الخط إما بشكل حرف V أو دائرياً أو منبسط القعر . ولكن الشكل V هو الشائع ويمكن لمعظم الآلات أن تشكل تلك الخطوط ، ولكن هذا الشكل ليس الأفضل بالنظر إلى التوزيع السيء للماء ووجود خطر الانجراف أكثر من غيره . والشكل الأنسب هو الدائري القعر أو بشكل قطع مكافئ .

يبلغ عرض الخط عادة 20 - 40 سم وعمقه 15 - 25 سم . وتبلغ المسافة بين خطين (بين منتصف الخطين) 50 - 150 سم وذلك حسب إمكانية الانتشاز الجانبي للماء في التربة ومتطلبات المحصول المزروع . ويتم اختيار خطوط سطحية بعرض يزيد على 1م لأشجار الفاكهة والكرمة عادة .

هذا ويجب إعطاء عناية خاصة لتحديد التصرف . وبالنظر إلى الإمداد المنتظم بالماء اللازم فإنه يفضل إجراء ترطيب سريع للخط وبعد ذلك يتم تسرب كمية الماء المعطاة فوق كامل الخط بأن واحد ما أمكن .

يتم تحقيق الترطيب السريع بإعطاء ما يسمى « دفعة التصرف الأعظمي الذي لا يسبب الانجراف » (« run-in steam , initial steam ») .

ويجب أن تصل هذه الدفعة إلى نهاية الخط خلال ربع زمن الري تقريباً . بعد تحقيق ترطيب الخط يتم خفض التدفق أو التصرف إلى الحد الذي يتوافق مع معدل النفاذية وبهذا التصرف أو التدفق المخفض (cut-back steam) يتم الاستمرار في الري حتى نهاية معدل الري المقرر .

والأساس في التحديد الدقيق لهذا التصرف المخفض هو تحديد دقيق لمعدل

النفاذية أو معدل التسرب للتربة وتغيره أثناء الري .
يتم حساب الحد الأعظمي للتدفق أو التصريف الذي لا يسبب الانجراف من
المعادلة :

$$Q_m = \frac{0.6}{I}$$

Q_m = التصريف الأعظمي الذي لا يسبب الانجراف .
 I = الميل % .

ويتم عملياً استعمال أرقام أعلى مما هو محسوب في المعادلة للتصريف الأولي عند
استخدام مقاطع عرضية مناسبة للخطوط بعد حصول انضغاط للتربة ونقص مستمر في
مساماتها ضمن الخط .

الجدول (3-14)

الحد الأقصى للتصريف الذي لا يسبب الانجراف (التصريف الابتدائي)
وذلك لخطوط منبسطة عريضة على ترب منضغطة بشكل جيد

التصريف الأعظمي الذي لا يسبب الانجراف			التصريف الأعظمي الذي لا يسبب الانجراف		
الميل %	ل/أ	م/سا	الميل %	ل/أ	م/سا
0,5	2,50	9,0	4,0	0,42	1,5
0,75	1,94	7,0	5,0	0,33	1,2
1,0	1,67	6,0	6,0	0,28	1,0
1,5	1,11	4,0	7,0	0,22	0,8
2,0	0,83	3,0	8,0	0,19	0,7
3,0	0,56	2,0			

يكون التصريف المخفض عادة 25 - 50% للتصريف الابتدائي وبحسب من
العلاقة :

$$Q_v = K_w \cdot L$$

Q_v = التصريف المخفض (ل/ثا) .

L = طول الخط (م) .

K_w = نفاذية الماء في الخط (ل/ثا/م) .

2-7-3 ميزات الري بالتنقيط :

1 - التوفير في مياه الري : حيث أمكن التوفير في المياه حتى 60% من ماء الري بالرياذ وذلك في منطقة رطبة .

وبشكل عام يتم التوفير في المياه بمعدل 30 - 50% من الماء مقارنة مع طرائق الري الأخرى لأنه لا يتم ترطيب أكثر من 40% من المساحة كحد أقصى وعادة 10 - 15% فقط .

2 - سهولة الطريقة : حيث يمكن جعل الري آلياً بشكل كامل .

ويستعمل ما يلي لتأمين التحكم الآلي الكامل :

- تنسيوميتز إلكتروني لتشغيل وإيقاف الشبكة آلياً .

- وحدات إلكترونية للتحكم بضغط الماء ضمن أناسيب الشبكة حسب

المطلوب .

- وحدات وقاية لتجنب فقد الماء والانحراف التربة في حالات حصول أي عطل

أو كسر في الأناسيب أو في أي جزء من الشبكة .

- وحدات مراقبة لتجنب حصول أي ري غير اقتصادي وبخاصة عند حصول

انخفاض في الضغط أو انسداد في النقاطات أو الفلتر .

- مشعرات حرارية لضمان عدم حصول أي ضرر في الشبكة نتيجة الصقيع .

كما يمكن استعمال برامج كومبيوتر مركزية وفرعية تضمن استعمال الري

بالتنقيط بشكل فعال ومثالي .

3 - يمكن استعماله في مختلف الأراضي ، المنحدرة منها والمحدرة ، إذ إنه

لا يسبب أي انحراف في التربة ولا يوجد أي عائق من استعماله في تلك الأراضي .

4 - استعماله بوجود الرياح : إذ لا يتأثر الري بهذه الطريقة بإتجاه أو شدة

الرياح .

5 - الاقتصاد في القوى العاملة / اليد العاملة / : حيث يوفر 9 - 10 مرات أكثر

من طرائق الري السطحي . ويمكن حساب أو تقدير 0.4 عامل/100 هـ ، أي عامل

واحدة / 250 هكتار إذا كان التسيير آلياً .

- ويمكن تقدير 2 - 2.5 عامل/100 هـ/سنة مقابل 40 عامل في الري السطحي لإجراء العمليات كافة في المساحة المروية بالتنقيط وبشكل عام فإن اليد العاملة تنصرف إلى مراقبة الشبكة .
- 6 - يمكن استخدام السماد مذاباً مع ماء الري بالتنقيط (Fertigation) حيث يوفر بذلك 50 - 60% من السماد وبالتالي ينعكس ذلك إيجابياً على البيئة .
- 7 - يمكن استعمال مواد المكافحة مع الماء . وبالتالي توفير في هذه المواد وذلك نظراً لقلة نمو الأعشاب عند استعمال الري بالتنقيط كذلك قلة الأمراض الناتجة عن ارتفاع الرطوبة .
- واستعمال مواد المكافحة مع الماء يزيد فعالية المواد ويقلل الهدر بها وكل ذلك ينعكس إيجاباً على البيئة .
- 8 - توفير في الطاقة حيث لا يحتاج إلى ضغط مرتفع إذ إنه مثلاً بكفي 0.05 بار ليعطي 1.4 ل/سا/نقطة (1 بار = 10^5 نيوتن/م²) و 0.6 كغ/سم² ليعطي 5 ل/سا/نقطة وبشكل عام يتراوح الضغط بين 0.5 = 2 كغ/سم² .
- 9 - يفيد في التكمير بالإنتاج .
- 10 - تبقى المساحات بين الخطوط أو صفوف الأشجار جافة وبالتالي صالحة لسير الآلات والعمال وصالحة لإجراء العمليات الزراعية المختلفة .
- 11 - الإقلال من الأمراض التي تنتج عن ترطيب الأوراق أو زيادة الرطوبة في الجو .
- 12 - تقليل نمو الأعشاب الضارة وذلك نظراً لجناف جزء كبير من المساحة المخصصة للزراعة .
- 13 - التأثير الإيجابي على النمو الخضري إذ أثبتت التجارب أنه يزيد من نمو قطر الساق ويزيد من النموات الحديثة ومن نمو المجموع الجذري .
- 14 - التأثير الإيجابي على الإنتاج حيث أمكن باستعمال الري بالتنقيط زيادة الإنتاج عند الصنف Golden Delicious إلى 45 طن/هـ مقابل 38 طن/هـ عند استعمال الري بالريذاذ و 30 طن/هـ عند استعمال الري السطحي . ومعظمها كانت ثماراً كبيرة الحجم .

15 - التأثير الإيجابي على نوعية الثمار أي المساعدة في تحسين نوعية الثمار فقد أمكن باستعماله الحصول على ثمار أكبر وذات محتوى أفضل من المادة الجافة للسكريات .

16 - يمكن استخدامه حتى في أصغر المساحات .

17 - لا يتم تملح إلا جزء قليل من الأرض / عند التملح / يمكن غسله بكميات قليلة من المياه العذبة .

3-7-3 عيوب الري بالتنقيط :

1 - التكلفة العالية في بداية المشروع . ولكنه وبشكل عام ليس ذا تكلفة أكبر من الري بالرياح .

2 - يمكن أن يحصل تقطيع لأنابيب الري أو النقاطات أثناء إزالة بقايا النباتات .

3 - عدم السماح للأعشاب بالنمو بين الصفوف نتيجة الجفاف فيجب مصدر من مصادر إمداد التربة بهذه النباتات .

4 - الحاجة إلى الخبرة لدى اليد العاملة والحاجة إلى المراقبة المستمرة .

5 - الحاجة إلى المصافي (الفلتر) وهذا يترتب تكاليف إضافية .

6 - قلة نمو المجموع الجذري وهذا قد يشكل في بعض المناطق خطر اقتلاع الأشجار في الرياح الشديدة .

كذلك أثبتت الأبحاث المتخصصة والأكثر تعمقاً على المجموعة الجذري وتوزعه تحت ظروف استعمال الري بالتنقيط أن الجذور تبقى قليلة الانتشار ويمكن ملاحظة ما يلي :

- وجود غزير للجذور الدقيقة على حواف مركز منطقة التنقيط .

- وجود مظاهر موت للجذور الدقيقة وقمم الجذور في المجال المشبع من مركز

التنقيط (نقص O_2) .

- توزع سطحي للجذور ونموها بكل أساسي متأخر .

7 - الانسداد أي انسداد النقاطات وبخاصة عند استعمال مياه ليست ذات

نوعية ممتازة في الري . وللانسداد أسباب متعددة فقد تكون ميكانيكية أو حيوية أو كيميائية ويمكن توضيحها كما يلي :

الأسباب الميكانيكية (الفيزيائية) :

- وجود رمال
- سلت
- الطين المتخثر والتجمع
- نواتج التآكل أو الحث من الشبكة
- الأجزاء البالية المستهلكة
- الطبقات الصلبة المتكونة على جدار الأنابيب والمنحلة باستعمال الأحماض .

- المواد الصلبة المتوقفة

الأسباب الحيوية :

- وجود بكتريا
- وجود فطريات
- أشنيات
- وحيدات خلية
- طحالب

الأسباب الكيميائية :

- مركبات عضوية
- مركبات معقدة (معقدات)
- مأكات الحديد الفنية بالمعادن الأرضية
- أملاح الكالسيوم أو المغنيزيوم أو الكبريت أو الحديد أو المنغنيز ومنها بشكل خاص بيكربونات المنغنيز - كربونات الكالسيوم - كربونات المغنيزيوم - كبريتات المنغنيز - كبريتات الكالسيوم .

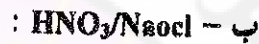
التخلص من الانسداد أو التخفيف منه :

- 1 - يمكن غسل الشبكة بماء نقي من فترة لأخرى .
- 2 - الري بماء فقط (دون سماد) لمدة نحو ربع ساعة قبل إعطاء السماد المذاب مع الماء وكذلك الري بماء فقط بعد انتهاء تقديم السماد المذاب مع الماء .
- 3 - فتح الشبكة بضغط مرتفع عند بداية ونهاية التشغيل .
- 4 - استعمال نقاط أقل قابلية للانسداد أو تلك التي يمكن إزالة الانسداد فيها بالضغط عليها بالأصابع .
- 5 - استعمال بعض المواد الكيماوية مثل $Al_2(SO_4)_3$ والمركب $NaCl/HNO_3$

ويمكن استعمال محلول مخفف من HNO_3 واستعمال هذه المواد بشكل متناوب .
هذا وقد وجد نتيجة التجارب أن هذه المواد الكيماوية تعمل على :



- تخفض pH التربة .
- تخفض محتوى الفوسفور والنترات في التربة .
- تقلل من كتلة الثمار عند التفاح .
- تزيد من النمو الخضري عند الكرز والخوخ .



- يرفع من pH التربة .
 - يرفع من محتوى المغنيزيوم في التربة .
 - يخفض من محتوى النترات .
 - يخفض من حمل الأزهار عند الكرز الحلو .
 - يزيد من النمو الخضري عند الكرز الحلو والخوخ .
- لكن استعمال هذا المحلول يكون بدون مشكلات إذا لم يستعمل لأكثر من
خمس مرات خلال الموسم .

وبشكل عام لم يلاحظ أي ضرر على الأوراق أو الأغصان أو الأزهار
ولم يحصل أي تبدل في الأطوار الفينولوجية نتيجة استعمال هذه المواد .
هذا وإن إجراء اختبارات التربة والعناصر المغذية سنوياً مع الإمداد بالمادة
العضوية وسد النقص الذي قد يحصل بهذا العنصر أو ذاك يقلل من خطر استعمال تلك
المواد .

3-7-4 الأجزاء الرئيسة لشبكة الري بالتنقيط :

كتلة التشغيل headunit ، الأنابيب والنقاطات . تمكن كتلة التشغيل من تنظيم
الضغط في الشبكة ومن تدفق الماء فيها كما تمكن من تحديد كمية السماد المقدمة .
جزء أساسي من كتلة التشغيل هو الفلتر بثقوب دقيقة ذات قطر 0,1 مم وكفاءة
عمل من أجل عدم تعطيل الشبكة وتؤمن لها أماناً جيداً . في حالة أخذ الماء من أسكن
ماء مفتوحة يجب تركيب مصفاة ميكانيكية قبل المصفاة الدقيقة السابقة الذكر .

يُخرج الماء من مجموعة الضخ إلى أنابيب التوزيع التي تتركب عليها النقاطات وبالتالي يتم انخفاض الضغط إلى ما يقارب الصفر . وفي أبسط الحالات توجد أنابيب من مواد صناعية مسامية وتعد كفيلتر دقيق . وتجنباً لحدوث الانسداد يجب تقديم ماء نظيف قدر الإمكان .

عند النقاطات يمكن تمييز تصاميم مزودة بثقوب أو بشكل قنوات صغيرة دقيقة وأشكال أخرى عديدة .

أشكال النقاطات ذات الثقوب تتركب على جوانب أنابيب التنقيط ويتم تخفيض الضغط بعمل فتحة الثقب أقل من 1مم وهنا خطر الانسداد قائم عند استعمال ماء غير منقى بشكل كاف . وقد يمكن تخفيف المشكلة باستعمال ذلك الماء مع استعمال ثقوب أوسع وتركيب نهاية متحركة (قابلة للتصغير) وعند الوصول إلى الضغط المطلوب قبل الفتحه تضغط وتصفى فتحة الخروج أو يتم تضيق فتحة الخروج ، عند وجود ضغط منخفض تجري عملية غسل لنهاية الفتحة أو لفتحة الثقب كاملة .

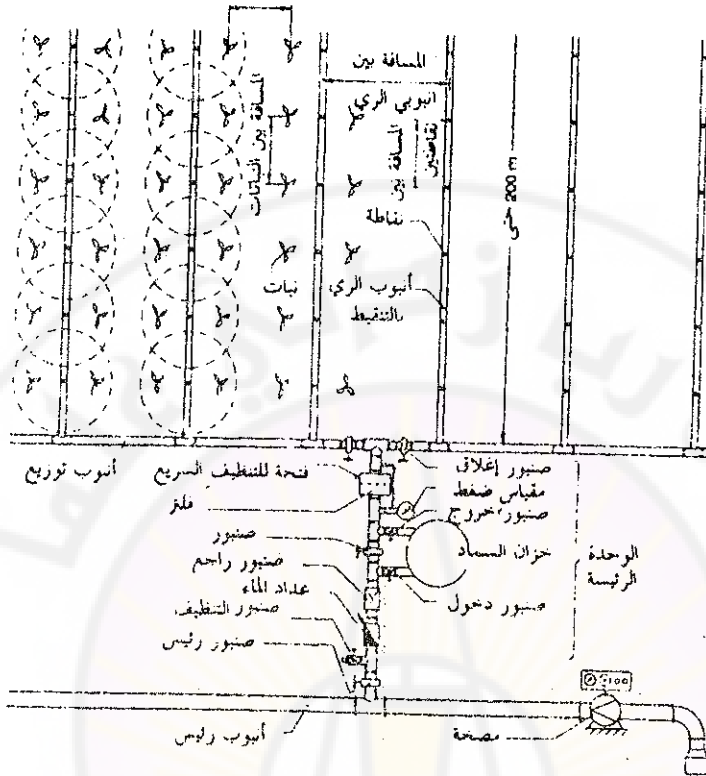
لحل مشكلة الانسداد عند هذا النوع من النقاطات تستعمل فتحات أكبر للثقوب كما في الري بالتنقيط باستعمال الأنابيب . وهنا توضع أنابيب التنقيط في خطوط بعق 15سم وعرض 50سم وتثبت بوضع الزراب فوقها بمسافات قصيرة ، هذا وتبلغ المسافة بين النقاطات 3,5 - 6,5م .

يبلغ تصرف الماء عند ضغط 0,8 - 1,3 بار في الشبكة والنقاطات العاملة 7,2 - 14,4 ل/سا/م . تملأ الخطوط بشكل سريع ثم يحدث تسرب الماء إلى التربة بشكل بطيء .

يتم تجاوز الاختلاف في الضغط في أنابيب التنقيط بإيجاد اختلاف في الثقب أو الفتحة بين 1,6مم في بداية الأنبوب و 2,1مم في نهايته .

تؤخذ كميات الماء في واحدة الزمن بما يناسب احتياج النبات من الماء ويمكن برمجتها أتماتيكياً .

المسافة بين الصفوف



الشكل (3-51) أجزاء شبكة الري بالتنقيط

3-8 الري بالرذاذ - spray irrigation - sprinkler irrigation

تعد طريقة الري بالرذاذ إحدى الطرائق التي يتم فيها تقديم الماء للتربة بشكل يشبه عملية هطول المطر . وقد استخدمت منذ بداية هذا القرن لسري المروج الخضراء ثم تطورت بعد ذلك واستخدمت في ري الحقول الزراعية .

مميزات الطريقة (نظام الري بالرذاذ) :

- 1 - يمكن استعماله لري الأراضي المنبسطة والمنحدرة فهو لا يحتاج إلى أعمال تجهيز التربة بشكل عام ولا يرتبط بشكل سطح التربة .
- 2 - استغلال كامل المساحة المخصصة للري إذ لا حاجة لوجود البتون والقنوات .
- 3 - ينحج على الترب الخفيفة المنبسطة والترب ذات المقدرة الضعيفة على الاحتفاظ بالماء وكذلك على الترب المنبسطة ذات التفتت المرتفع .

4 - الاستعمال المتعدد الأغراض (تقديم السماد ومواد مكافحة ، مكافحة الصقيع وتلطيف الجو) .

5 - الحد من انجراف التربة .

6 - يمكن تحديد كمية المياه المقدمة بدقة .

7 - يمكن زيادة الإنتاج مقارنة مع طرائق الري السطحي .

8 - يمكن استخدام المكننة الزراعية بكفاءة عالية .

9 - يمكن توفير في كميات المياه المستخدمة مقارنة مع طرائق الري السطحي .

10 - يمكن توفير في اليد العاملة المستخدمة في هذا النظام مقارنة مع طرائق الري السطحي .

11 - إمكانية استعماله كري تكميلي على مساحات مختلفة باستعمال الري

بالرذاذ المنحرك بشكل كامل .

عيوب نظام الري بالرذاذ :

1 - ارتفاع التكاليف (تكاليف المواد الأولية - الحاجة إلى قوى محركة و طاقة).

2 - الحاجة إلى أيدٍ عاملة خبيرة (نظراً للحاجة إلى استعمال التقنية الحديثة) .

3 - التبخر المرتفع في المناطق الجافة والحارة ويمكن تجنب ذلك بالري ليلاً .

4 - تضرر بعض النباتات من الاستعمال غير العقلاني للري بالرذاذ مثل

البندورة - الفاصولياء - البطيخ - القطن فقد يسبب ونحت بعض الظروف ضرراً نتيجة الإصابة البكتيرية أو الفطرية .

5 - تشكل القشرة الكلسية على سطوح أوراق النباتات عند استعمال مياه

تحتوي نسبة مرتفعة من البيكربونات / راجع خطر البيكربونات / .

6 - استعمال الماء الذي يحتوي الأملاح وغير النقي قد يؤدي إلى إعاقة النمو

لانتقالها إلى النبات (الكلور) .

7 - المياه المحملة بالطين والرمال تتطلب استخدام المصافي (الفلاتر) فتزداد

الكلفة .

8 - محدودية الاستعمال بوجود الرياح الشديدة / الإعاقة / وانخفاض كفاءته

تحت ظروف الحرارة المرتفعة والرطوبة النسبية المنخفضة . إذ تعد الرياح أكثر العوامل

تأثيراً في التوزيع المتجانس لمياه الري بالرذاذ بمختلف أنظمتها .

فالرياح الشديدة مع وجود حرارة مرتفعة ورطوبة هواء منخفضة تؤثر سلباً في اقتصادية استعمال الري بالريذاذ .

وكون الري بالريذاذ أثناء ساعات الليل حيث ينخفض التأثير الضار للرياح وهناك بعض البرودة غالباً غير ممكن ، لذلك يفضل اختيار طرائق ري أخرى عند وجود مثل تلك الظروف .

ولكن هناك بعض الأمور التي يتم بواسطتها تقليل التأثير السلبي للرياح وهي :
- إيجاد مصدات رياح للحقول والبساتين . ويمكن أن تكون من عدة صفوف من أشجار متباينة الارتفاع مثل أشجار الطرفة (الاثل) ، الكازورينا ، الكينا ، الخور ، البلوط ، السرو وغيرها ، أو تكون من مواد مينة (أوراق النخيل ، بقايا النباتات وغيرها) .

- تغيير شريط الري بالريذاذ (تغيير خط الري) . بشكل عام ونظراً لـ « وجود نفرات » عند ترتيب الريذاذات يفضل الترتيب المثلثي الشكل ثم تقليل المسافة بين الريذاذات .

الجدول (3-20)

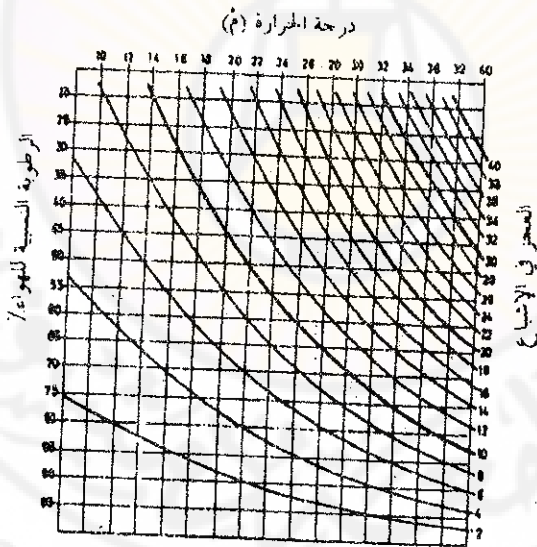
المسافة بين الريذاذات في شريط عند وجود الرياح

الرياح (م/ثا)	المسافة بين الريذاذات % لقطر دائرة التقاطع
< 1	65
1 - 3	50
3 - 5	40
> 5	30

- استعمال ريذاذات ذات تدفق متصاعد قليل الارتفاع (زاوية التصاعد لأنبوب التدفق 6° أو 12° بدلاً من 30°) ، تقليل انقطاع التدفق (ريذاذات ذات ثقبين مع تيار مائي مستمر خارج من فتحة القذف) مع تقليل عدد ضربات الجرافة . بتغيير ضغط التشغيل يمكن تخفيف تأثير الرياح في التيار المائي (رفع الضغط عند فتحة الثقب بمقدار 10 سم) والحصول على نقاط كبيرة بوجود ضغط قليل وبذلك يمكن تحسين ظروف العمل .

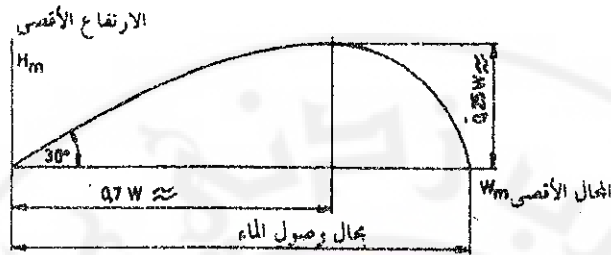
يمكن عند الريذاذات الأولى (في بداية الخط) تحقيق اقتصادية التشغيل تقريباً ، لكن عند الريذاذات الخلفية (الأخيرة أي في نهاية الخط) هناك خطر لوجود تأثير سلبي في الزبة والنباتات .

- تركيب وصلات للرذاذات الموجودة على الأبراج بعد تركيبها بشكل مقلوب لجعلها قريبة من النباتات فلا تؤثر فيها الرياح بشكل كبير .
 وإلى جانب الرياح تؤثر كل من درجة الحرارة ورطوبة الهواء في كفاءة الري بالرذاذ . يحدث فقد للماء بفعل التبخر أثناء سقوط قطرات الماء من الأوراق المرطبة ومن الطبقة السطحية للتربة .
 وكمية هذه المياه المفقودة ليست ثابتة ، وغالباً ما تكون أكثر مما كانت تقدر سابقاً . إضافة إلى العوامل المناخية تؤثر كذلك ظروف العمل أو التشغيل (فتحة الثقب ، الضغط ، اضطراب في تيار الماء) في كفاءة أو فعالية الري .
 يزداد الفقد مع زيادة درجة الحرارة ، رياح شديدة ، ضغط تشغيل مرتفع واضطراب مكثف في تيار الماء .
 ويقل الفقد مع زيادة الرطوبة النسبية للهواء وعند تكبير فتحة الثقب .



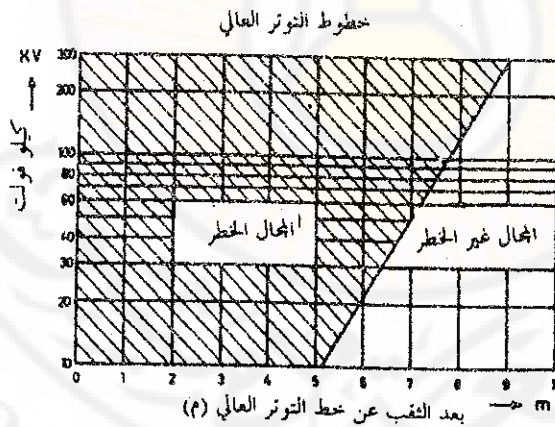
الشكل (3-66) معطط لمعرفة الصخر في إشباع الهواء وعلاقة ذلك بالحرارة والرطوبة النسبية للهواء يجب إبقاء تشغيل الشبكة وطبيعة التيار المائي المتكون أهمية خاصة في المنطقة التي تمر بها خطوط التوتر العالي . وتبعاً للتوصيات يجب أن تكون هذه الخطوط أعلى من سطح الأرض بـ 6م كحد أدنى .

تصل قمة ارتفاع مسار تيار ماء الري بالرداذ عند زاوية قذف 30° إلى ربع مجال (W) تقريباً على بعد 0.7 من المجال الأعظمي .



الشكل (3-68) مسار تيار الماء

مع هذا التباعد عادة فإن تيار الماء ينتشر في المجال الذي لم يعد يتأثر بخط التوتر العالي ومع ذلك يجب وقيل كل شيء عند التركيب على أنابيب ثابتة أو على المنحدرات ، عند الري قرب خطوط التوتر العالي التأكد بدقة من عدم وجود أي خطر على الأشخاص الذي يعملون أو يمرون وكذلك فإنه من المفيد زيادة الحذر في الحالة التي يتم فيها إعطاء السماد ومواد مكافحة حيث تزداد الناقلية الكهربائية للمزيج عند ذلك .



الشكل (3-69) حدود الخطر عند تشغيل الرذاذ بمقترق 22 مم في مجال خطوط التوتر العالي

3-8-1 أجزاء شبكة الري بالرداذ :

1 - المصدر المائي : وقد يكون نهراً أو بحيرة أو قناة أو بئراً أو ... إلخ ويركب

عليه :

الفصل السادس

الصرف الزراعي Drainage

مقدمة :

يعد علم الصرف من العلوم القديمة حيث عرفت أنواع شبكات الصرف قبل نحو 2000 سنة وتم التعرف عند البابليين على شبكات للري والصرف حيث استخدم فيها الأبنية المكشوفة .

لقد أخذت شبكات الصرف في عصرنا هذا بالتطور واتساع رقعة استخدامها فقد بدأ بين القرنين السابع عشر والثامن عشر في إنكلترا وألمانيا استخدام أنابيب الصرف المصنعة يدوياً ولقد أخذت هذه الصناعة بالتطور فظهر في إنكلترا عام 1843 أول أنبوب صرف مصنع آلياً .

ازداد اتساع استخدام الأنابيب الفخارية في إنكلترا وانتقل منها إلى باقي الدول حيث وجد في ألمانيا عام 1855 أكثر من 500 آلة لصناعة الأنابيب الفخارية واستمر هذا العلم بالتطور إلى أن ظهرت الطرائق الآلية لتمديد الأنابيب في الحقل وذلك باستخدام الأنابيب الفخارية والبلاستيكية التي عرفت لاحقاً ، إن هذا التطور لم يطرأ على طريقة تمديد وبناء شبكات الصرف بل اهتم بمواصفاتها وأبعادها لتصبح أكثر تناسباً مع طبيعة التربة والمناخ السائد والنبات المزروع وفي الوقت الحاضر يتركز الاهتمام بالطرائق المثلى لحساب الأبعاد المصرفية ودراسة طبيعة التربة بالقرب من المصارف والتغيرات التي تطرأ عليها خلال الزمن وأثر ذلك على كفاءة والعمر الفعال لشبكات الصرف الزراعي لما لذلك من أهمية من الناحية الاقتصادية .

1-6 تعاريف :

الصرف Drainage

هو العلم الذي يدرس الطرائق والتقنيات المختلفة من أجل التحكم بمستوى الماء

الأرضي والتخلص من الماء الزائد المتجمع في باطن أو على سطح التربة وذلك للوصول إلى ظروف مناسبة للتهوية والرطوبة والحرارة في التربة وذلك لتحقيق ظروف نمو نباتي مثالي .

ماء الصرف Drainage Water

وهو الماء المتجمع على سطح التربة والموجود ضمن المسامات القابلة للصرف وهو الجزء الذي يشكل عائقاً أمام انجرار العمليات الزراعية في التربة ويؤثر بشكل سلبي في ظروف التهوية فيها وبالتالي يؤثر سلباً على الغطاء النباتي .

2-6 الهدف من الصرف الزراعي :

يهدف الصرف الزراعي بشكل عام كما سبق وذكرنا إلى التخلص من الماء الزائد وتحسين صفات التربة الفيزيائية والسماح بإجراء العمليات الزراعية من خدمة وبذار في الموعد المحدد ولكن بشكل أكثر تحديداً يمكن تقسيم الهدف من الصرف الزراعي حسب المناطق المناخية إلى ما يلي :

1-2-6- الهدف من الصرف في المناطق الرطبة وشبه الرطبة

Humid and Sub Humid Regions

تتميز هذه المناطق بارتفاع النسبة بين معدلات الأمطار ومعدلات التبخر السنوية مقدراً بم/سنة ففي هذه المناطق يأخذ الصرف الزراعي دوره بالعمل على خفض

مستوى الماء الأرضي إلى الحد المناسب وذلك تبعاً لنوع النبات المزروع وعمق جذوره والمحافظة على نسبة تهوية مناسبة ضمن الأفق الفعال وتتراوح 5-7% من المسامات الكلية مع المحافظة على إمكانية الاستفادة من الماء الأرضي من قبل الجذور بواسطة الخاصة الشعرية ، كما تلعب شبكات الصرف في هذه المناطق دوراً مهماً بالتخلص من الماء الزائد المتجمع على سطح التربة وجزء من ماء الجريان السطحي .

2-2-6- الهدف من الصرف الزراعي في المناطق الجافة

Arid and Semiarid Regions

ترتفع في هذه المناطق النسبة بين معدلات التبخر السنوية إلى معدلات الأمطار مقدرة بـ مم/سنة تساعد الظروف المناخية السائدة في هذه المناطق على تملح الترب وذلك في حال استخدام مياه الري ذات نسبة ملوحة مرتفعة مع ارتفاع مستوى الماء الأرضي وعدم استخدام شبكات الصرف وهنا نتميز نوعين من الترب ترب مملحة وترب تعاني من خطر التملح .

آ - الترب المملحة : Saline Soil

يكون الهدف من شبكات الصرف في هذه الترب التخلص من ملوحة التربة بإجراء عمليات الغسيل أو استخدام طرائق المعالجة الكيماوية أولاً كما هو الحال في الترب الملحية الصودية فإن وجود كربونات الصوديوم أو كبريتات الصوديوم في التربة يجعل غسلها بالماء دون إمدادها بأيونات الكلسيوم غير كاف لخفض معدل الصوديوم المتبادل فيها . إن عمليات الغسيل واستصلاح هذه الترب تعيدها إلى حالة التوازن الملحي وتضعها موضع الاستثمار النباتي المناسب مع ضرورة الاستمرار بمراقبة مستوى الماء الأرضي فيها .

ب - الترب التي تعاني من خطر التملح : Salt Affected Soil

يأتي دور الصرف الزراعي في هذه المناطق من خلال المحافظة على التوازن الملحي في ترب هذه المجموعة بإنشاء شبكات الصرف للمحافظة على عمق الماء الأرضي المناسب مع مراقبة الملوحة ضمن أفق التربة الفعال ودراسة كمية ونوعية ماء الري المعطاة بشكل مثالي لمنع تحول هذه الترب إلى ترب مملحة .

– معامل التدفق ومعامل الصرف Flow Coefficient, Drainage Coefficient

معامل التدفق Q :

يعبر عن كمية الماء المتدفقة من واحدة السطوح خلال واحدة الزمن ويقاس ليتر/ثانية م³/ساعة .

معامل الصرف q :

هو عبارة عن كمية الماء المنتقلة من المساحة المصروفة خلال مقطع التربة الفعال إلى أنبوب الصرف ويقاس م/يوم/ليتر ثانية كم² .

3-3-6 طريقة حساب معامل الصرف :

يتم حساب معامل الصرف اعتماداً على المعلومات المناخية (أمطار ، تبخر) وعلى مواصفات التربة (مسامات % ، معدل السعة الحقلية الكلية والفعالة ، الميل) يعتمد الحساب بشكل أساسي على تحديد كمية الماء المتسربة أي داخل التربة وتقسيم إلى قسمين وهما الجزء من الماء الذي يتسرب عبر المسامات الكبيرة من الدرجة الأولى إلى داخل

التربة بسرعة كبيرة تحت تأثير قوى الجاذبية والجزء الآخر الذي يتسرب عبر المسامات الكبيرة من الدرجة الثانية والمسامات المتوسطة من الدرجة الأولى والذي يتحرك بسرعة منخفضة عبر مقطع التربة آخذاً طريقه باتجاه المصارف في حال وجودها، إن تحديد هذا الجزء من الماء هو الأساس في حساب معامل الصرف ويتم وفق ما يلي :

1- الحصول على معدلات الأمطار والتبخير والجريان السطحي للمنطقة المدروسة كمعدلات يومية أو اسبوعية

2- تحديد معدل السعة الحقلية الكلية والفعالة للتربة المدروسة

3- معلومات حول المواصفات الطبغرافية للمنطقة

بعد الحصول على المعلومات السابقة يتم حساب المخزون المائي في التربة (KWB) مقدراً بـ مم/يوم أو أسبوعاً كما يلي :

$$KWB = P - (E + A)$$

حيث : P الأمطار مم/يوم أو أسبوع

E التبخير مم/يوم أو أسبوع

A الجريان السطحي مم/يوم

بعد حساب معدل المخزون المائي يتم التعبير عن هذه القيمة بدلالة معدل السعة الحقلية على شكل خط بياني تراكمي ليتم من خلال الرسم البياني تحديد معامل الصرف الأعظم والمتوسط والأدنى والمثال يوضح ذلك .

مثال توضيحي حساب معامل الصرف :

تربة زراعية معدل السعة الحقلية يساوي ٤٥٠ مم والسعة الحقلية الفعلية تبلغ ١٥٠ مم ويظهر الجدول التالي قيم الأمطار والتبخير الأسبوعية كقيم متوسطة لسنوات عديدة .

الفصل السابع

الصرف الزراعي Drainage

7-1- أشكال الصرف الزراعي Drainage Type :

إن العمل على إدخال مشروع صرف زراعي إلى منطقة ما يتطلب تحديد مدى الحاجة إلى عملية الصرف الزراعي بالنسبة إلى كل حقل على حدة فقد تختلف الحاجة إلى عملية الصرف من منطقة إلى أخرى نتيجة لاختلاف عمق ماء الأراضي أو ميل الأرض في تلك المنطقة لذلك نميز عدة أشكال من الصرف الزراعي وهي :

- الصرف الكامل Full of Drainage .
- الصرف الجزئي Picec of Drainage .
- الصرف على مراحل Stag Drainage .

7-1-1 - الصرف الجزئي :

ويتم الصرف في هذه الحالة لأجزاء الحقول التي تتجمع فيها المياه نتيجة لانخفاض مستواها عن باقي أجزاء الحقل أو المناطق ذات الميل غير المنتظم حيث يتم صرف هذه الأجزاء بأنابيب أو مصارف منفردة أو أجهزة خاصة بذلك مع مراعاة أن يكون الأنبوب الرئيس كافياً من حيث الأبعاد لاستيعاب كمية كبيرة من الماء تزيد على الكمية الواجب صرفها لأنه أحياناً تحتاج إلى توسيع هذه الشبكة لتغطية أجزاء أخرى من الحقل وبذلك نكتفي بالمصرف القديم الذي صمم أصلاً ليستوعب المياه من مساحات إضافية .

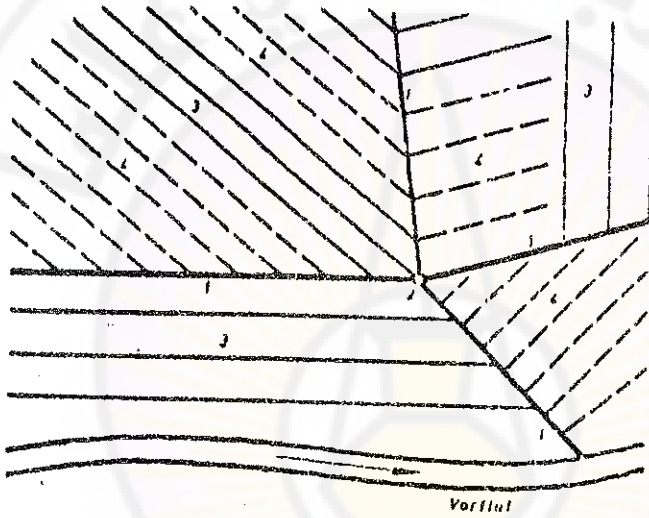
7-1-2 - الصرف الكامل :

يتم إجراء الصرف الكامل في الأراضي ذات المساحات الكبيرة والتي تعاني كامل أجزائها من الغدق ويتم إنشاء هذه الشبكات بأبعاد كافية لاستيعاب الكمية العظمى من المياه الواجب صرفها مع مراعاة التقليل من عدد المصارف الرئيسة وذلك

لتقليل الكلفة وتقليل المساحات الضائعة في حالة الصرف المكشوف إضافة إلى أن المصرف ذات الأبعاد الكبيرة يكون معدل التدفق فيه كبيراً مما يساعد على تعزيز الخندق من الترسبات بشكل طبيعي .

7-1-3- الصرف المرحلي :

يتم إنشاء هذا النوع من الشبكات لتغطية المساحات التي تعاني من الغرق وهنا يراعى أن تكون أبعاد المصارف الرئيسة كافية فيما لو تم توسيع الشبكة لشغل كامل الحقل كما في الشكل (7-1) .



شكل (7-1) الصرف المرحلي

- 1- المصرف الرئيس ، 2- حفرة تفريش ، 3- مصرف فرعي للمرحلة الأولى ،
4- مصرف فرعي للمرحلة الثانية

7-2- أنواع شبكات الصرف الزراعي :

- شبكات الصرف المكشوف .
- شبكات الصرف المغطى .
- شبكات الصرف العامودي .

7-2-1 - شبكات الصرف المكشوف Open Ditchdraine :

تتألف شبكة الصرف المكشوف من مجموعة من الخنادق متصلة مع بعضها

بعضاً وتنتهي إلى الخندق العام الذي يوجد على جوانب الحقل ليستوعب كامل كمية الماء الآتية من الخنادق الفرعية والرئيسية لينقلها إلى خارج الحقل .

- أجزاء شبكات الصرف المكشوف :

- المصرف الرئيس :

وهو قناة مقطوعها شبه منحرف ويأخذ أخفض نقطة في الحقل بحيث يمتد من بداية الحقل حتى نهايته ليصب في المصرف العام وتتصل المصارف الفرعية بالمصرف الرئيس من الجانبين وهي تغطي كامل مساحة الحقل بأبعاد مدروسة ومحددة مسبقاً .
إن أبعاد المصرف الرئيس تكون أكبر من حيث العمق وعرض القاعدة من المصارف الفرعية ويأخذ ميلاً متغيراً ومساحة مقطع متغيرة على امتداده وتقلل الزيادة في مساحة المقطع كلما اقتربنا من النهاية من أجل استيعاب الكميات المتزايدة من ماء الصرف .

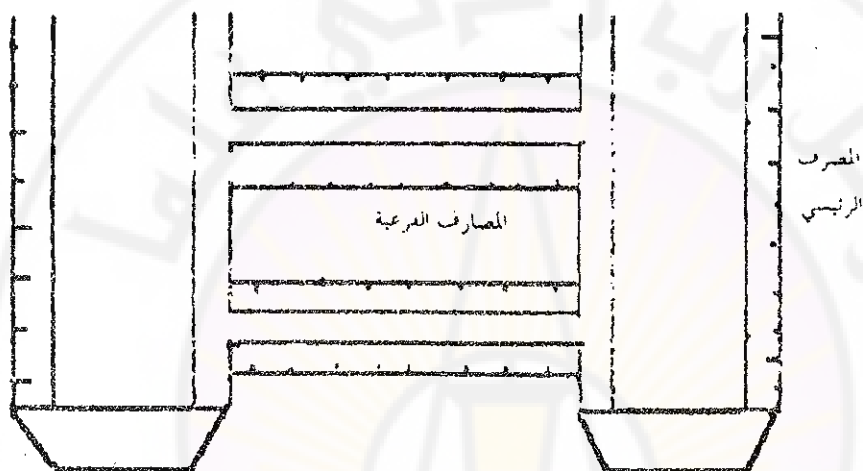
- المصارف الفرعية :

تنوزع هذه المصارف على كامل مساحة الحقل بأبعاد ثابتة محسوبة بدقة حيث تكون هذه المصارف مائلة أو عمودية على المصرف الرئيس تبعاً لطبغرافية الأرض بحيث يكون موقعها ملائماً لاستيعاب أكبر كمية من المياه ، أما بالنسبة إلى عمق المصرف وميله فيكونان ثابتين على امتداده وبالنسبة إلى ميل الجدران فيتبع لطبيعة التربة وشدة تماسكها .

- المصرف العام :

ويوجد على جانبي الحقل لاستقبال الماء من المصارف الرئيسة لشبكات الصرف الموجودة في المنطقة المحيطة ومن ثم ينقل ماء الصرف إلى أقرب تجمع ماء (نهر ، بحيرة ، بحر) وذلك للتخلص منه إلا في الحالات التي يعاد فيها استخدام ماء الصرف لأهداف الري ففي هذه الحالة يتم نقله إلى أماكن التجميع الخاصة بذلك . اعتماداً على ما سبق فإن أبعاد المصرف العام تكون متناسبة مع كمية الماء الآتية من الشبكات المحيطة أي من حيث العمق والاتساع أكبر من المصارف الرئيسة التابعة للشبكات المحيطة أما من حيث البناء فيكون مغطى أو مكشوفاً جزئياً أو كلياً وذلك تبعاً للمناطق

التي يقطعها وفي حالات خاصة يكون منسوب المصرف العام أعلى من المصارف الرئيسية والفرعية المحيطة وذلك في الأراضي المنخفضة عن سطح البحر حيث يتم نقل الماء من المصرف الرئيس إلى المصرف العام بشكل اصطناعي باستخدام المضخات المناسبة .



شكل (7-2) مقطع في شبكة صرف سطحي

- مزايا الصرف المكشوف وعيوبه :

إن ما يميز هذا النوع من الشبكات هو الكلفة المنخفضة بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الشبكات وسهولة عمليات الترميم إضافة إلى إمكان التخلص من مياه الجريان السطحي .

ومن عيوبها النموات العشبية الكثيرة التي تعيق حركة الماء ضمن الخندق والضياح الكبير في المساحة كما أن الخنادق في الحقل تشكل عائقاً أمام حركة الآليات والحيوانات إضافة إلى الحاجة لتكرار عمليات الترميم .

7-2-2 - شبكات الصرف المغطى : Coverd Drainage :

لقد تطور واتسع استخدام شبكات الصرف المغطى مقارنة مع شبكات الصرف المكشوف وذلك نتيجة الميزات الكثيرة لهذا النوع من الشبكات .

الأجزاء الرئيسة :

- المصرف الرئيس :

وهو أنبوب بلاستيكي ، فخاري أو بيتوني يدفن تحت سطح التربة على أعماق متباعدة حسب طبيعة التربة وميلها وعمق الصرف المطلوب ويكون قطر المصرف الرئيس متزايداً باتجاه المصب .

يأخذ أنبوب الصرف الرئيس موقعه في أخفض نقاط الحقل بحيث يكون عند نقطة المصب أخفض ما يمكن ويكون الميل متناسباً مع طبغرافية التربة ومع قيمة معامل الصرف وقطر الأنبوب المستخدم .

- المصرف الفرعي :

يستخدم لهذا الغرض أنبوب فخاري أو بلاستيكي مثقب الجدران يوضع في الحقل على مسافات متساوية وتكون الأنابيب المشكلة للمصارف الفرعية متعامدة أو مائلة على الأنبوب الرئيس وتأخذ عمقاً ثابتاً وميلاً مساوياً ميل التربة كما يكون القطر أيضاً ثابتاً وذلك لكامل الأنابيب الفرعية المستخدمة ضمن المساحة المصروفة أما العمق فيحدد بما يتناسب مع عمق المصرف الرئيس ويكون حتماً أقل عمقاً منه ويفضل أن لا يزيد طول المصرف الفرعي على 200 م حتى لا تضطر إلى عمل دراسة هيدروليكية له وذلك لاختبار مدى صلاحيته للاستخدام تحت شروط المنطقة المصروفة .

يتم وصل المصارف الفرعية بالرئيسة من الجهة العلوية للمصرف الرئيس وذلك بوصلات بلاستيكية وأحياناً يتم الوصل من الجهة الجانبية وتكون في كلتا الحالتين زوايا الاتصال بين المصرف الفرعي والرئيس تساوي 45-90 درجة .

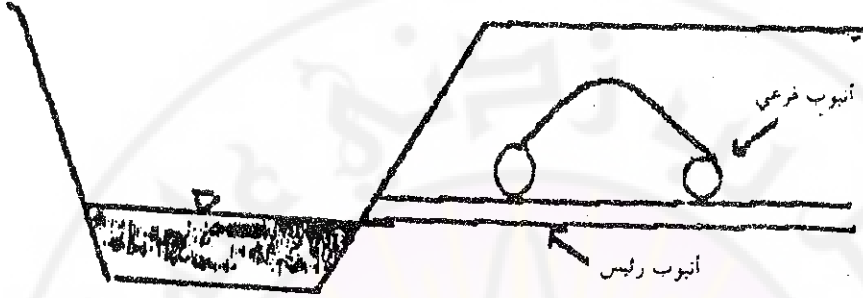
يتم إغلاق المصرف الفرعي من النهاية العلوية بوصلات خاصة لمنع دخول الأتربة إليه .

يتسرب الماء إلى داخل الأنبوب الفرعي من الثقوب الجانبية في حالة الأنابيب البلاستيكية ومن المسافات البينية في حالة الأنابيب الفخارية .

تكون الثقوب في الأنابيب البلاستيكية مستطيلة الشكل أو دائرية بأبعاد تتناسب وقطر حبيبات التربة المحيطة وفي حالة الأنابيب الفخارية يترك عند تمديد هذه الأنابيب مسافات بين كل أنبوبين لدخول الماء وتحدد المسافة حسب نوع التربة وتصل حتى

0.5 سم في التربة الطينية الثقيلة .

ينتقل الماء من المصرف الفرعي إلى الرئيس تحت تأثير فرق الميل والشكل (7-3) يبين ذلك .



شكل (7-3) مقطع في شبكة صرف مغطى

- حفر التفتيش :

وهي آبار قليلة العمق يتم بناؤها في الحقل وعلى اتصال مع شبكة الصرف وذلك للأغراض التالية :

- عند التقاء عدة أنابيب صرف في نقطة واحدة يتم عمل حفرة تفتيش كنقطة تجمع لهذه الأنابيب .

- عندما يغير أنبوب الصرف اتجاهه بشكل حاد يتطلب ذلك إنشاء حفرة تفتيش عند نقطة الإنكسار لتدارك تجمع الزسبات الترابية وإعاقة حركة الماء في هذه النقطة .

- عندما يزيد طول الأنبوب الرئيس عن 300 متر يتم إنشاء حفرة تفتيش وذلك من أجل تسهيل تعزيل ومراقبة كفاءة عمل هذا الأنبوب .

- عند تزايد قطر المصرف الرئيس بشكل مفاجئ وكبير مثلاً من 80 سم إلى 125 سم يتم إنشاء حفرة تفتيش كنقطة اتصال بين جزئي الأنبوب ذات الأقطار المتباينة .

- أحياناً وتبعاً للظروف الطبغرافية في التربة يتطلب الأمر زيادة ميل الأنبوب الرئيس بشكل كبير لذلك ولمنع مثل هذا الإجراء يتم بناء حفرة تفتيش من

أجل تخفيض حدة الميل .

- في الحالات التي يضطر إلى إنشاء أنبوب رئيس من الدرجة الثانية نعتمد إلى بناء حفرة تفتيش كنقطة اتصال بين الأنبوب الرئيس و الرئيس من الدرجة الثانية .

- يتم إنشاء حفر التفتيش على امتداد الأنابيب الرئيسة من أجل إجراء عمليات التعزيل الدورية للأنابيب ومن أجل قياس قيم التدفق بهدف اختبار صلاحية الشبكات خلال الزمن .

- تستخدم حفر التفتيش في حالة الأنبوب الغاطس .

أنواع حفر التفتيش :

وتقسم إلى قسمين رئيسين :

أ - حفر تفتيش فوق سطح التربة

ب - حفر تفتيش تحت سطح التربة

ويتم بناؤها إما بشكل مباشر في الحقل أو تكون مسبقة الصنع .

- البوابات :

وتستخدم لرفع مستوى الماء في الخندق أو ضمن التربة أو للتحويل مجرى الماء باتجاه معين بالإضافة إلى الدور الذي تلعبه في عملية الري تحت السطحي وذلك بالتحكم بمستوى الماء الأرضي . وتصنع من الحديد أو الخشب وأحياناً يتم بناؤها ضمن حفرة التفتيش كما في الشكل (4-7) .

- الأنبوب الغاطس :

يستخدم هذا الأنبوب في الحالات التي تتطلب عدم دخول الهواء عبر نهاية الأنبوب إلى داخل الشبكة ويتم بناء الأنبوب الغاطس بقطع الأنبوب قبل نقطة المصب مباشرة ويوضع في طرفي الأنبوب مكان القطع وصلتان بشكل زاوية قائمة على أن تكون الوصلتان على مستو واحد ويحيط في منطقة القطع حفرة تفتيش كما في الشكل (6-7) إن أهمية الأنبوب الغاطس تظهر في المناطق التي تكون فيها الظروف مهيبة لترسب عنصر الحديد الأمر الذي يساهم في انسداد الأنابيب .



--- الآبار الفاطسة :

وهي آبار يتم بناؤها في التربة من أجل نقل الماء من طبقة كثيفة علوية إلى الطبقة التي تقع أسفلها وغير الكثيفة وبهذا تأخذ هذه الآبار عمل الصرف العمودي كما في الشكل (7-7) .



تأخذ هذه الآبار الشكل الدائري أو شكل مستطيل وتمتد الأنابيب إلى عمق 1 متر كحد أدنى عبر الطبقة النفوذة ومن أجل إطالة العمر الفعال للبئر يمنع انسداد الأنابيب تعمل على قسم البئر إلى قسمين ، جزء لاستقبال الماء وجزء لتخليص الماء من

الشوائب قبل انتقالها إلى داخل الأنابيب بواسطة فلتر طبيعي موجود في هذا الجزء .

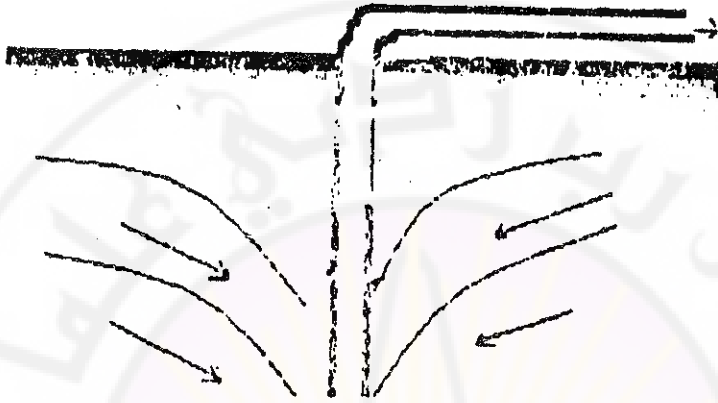
7-2-3 - شبكات الصرف العمودية Drainage Wells :

تتألف شبكات الصرف العمودي من الآبار ، المضخات والخنادق العام .

- الآبار :

وتعمل على تجميع الماء من التربة عبر جدران الآبار النفوذة والمثقبة المحاطة بفلتر طبيعي يساعد في زيادة فعالية تسرب الماء ومنع تسرب الأتربة إلى الداخل .

تتوزع هذه الآبار في الحقل وعلى كامل المساحة المصروفة بأبعاد مدروسة ومتناسبة مع معامل الصرف وعمق الصرف كما في الشكل (7-9) .



شكل (7-9) مظهر عام لأحد آبار الصرف في شبكات الصرف العمودي

- المضخات :

وتتوزع عند الآبار وذلك من أجل ضخ الماء خارج البئر لينقل عبر الأنابيب أو الخنادق إلى الخندق العام الموجود على جوانب الحقل .

- الخندق العام :

ويأخذ الصفات نفسها في الشبكات سابقة الذكر مع عدم مراعاة موضوع المنسوب الذي يأخذ أهمية كبيرة في شبكات الصرف المكشوف والمغطى .

7-2-4 - المكان المناسب لاستخدام كل نوع من أنواع شبكات الصرف الزراعي :

إن ما يحدد إمكان نجاح نوع من أنواع شبكات الصرف في منطقة ما هو طبيعة التربة وبخاصة عامل النفاذية والهدف المتوقع من إنشاء هذه الشبكة سواء أكان الهدف التخلص من الماء السطحي أم الباطني أم الصرف والري تحت السطحي معاً ... إلخ .

- الصرف المكشوف :

يستخدم هذا النوع من الشبكات من أجل خفض مستوى الماء الأرضي في حالة الصرف ورفع مستواه في حالة الري تحت السطحي والمحافظة على مستوى ماء أرضي ثابت عند الضرورة . إضافة إلى التخلص من ماء الجريان السطحي كما في الشكل (7-10) .



- الصرف المغطى :

من خلال هذا النوع من الشبكات يمكن القيام بعملية الصرف الزراعي والري تحت السطحي بالإضافة إلى إمكان القيام بتجميع الماء الزائد وذلك بإيقاف عملية الصرف بإجراء بعض التعديلات للشبكة وذلك في فترات معينة من السنة ويمكن التخلص من الماء السطحي باستخدام أجهزة الصرف السطحي المساعدة لعمل

- الصرف العمودي :

وتستخدم هذه الطريقة في الأراضي المنخفضة أو التي تحوي طبقة صماء حيث يتم التخلص من الماء الزائد لهذه التربة بآلية التسرب العمودي للماء . تعتمد فعالية هذه الطريقة في رفع مستوى المساء الأرضي كما في الطرائق السابقة ، تنجح طريقة الصرف العمودي في الأراضي ذات النفاذية العالية ، لم يسجل استخدام الصرف العمودي في سورية نجاحاً واضحاً لذلك لا ينصح باستخدام هذه الطريقة هنا .