المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم
جامعة القصيم
كلية الزراعة والطب البيطري
قسم إنتاج النبات ووقايته

جامعة القصيم
Qassim University

إدارة مياه الري

إعـــداد
أ.د. محمد إبراهيم غنيمي أستاذ الهندسة الزراعية
د. أحمد محمود الزهيري أستاذ الري المساعد

إصـــدار
قسم إنتاج النبات ووقايته – كلية الزراعة والطب البيطري
(1437هـ / 2015م)

مقدمة

يعد الري من العمليات الزراعية الهامة لجميع المحاصيل الحقلية والبستانية وتحصل النباتات على الماء اللازم لنموها وإثمارها من التربة سواء عن طريق الأمطار أو الري الصناعي. وحيث أن معدل سقوط الأمطار في معظم مناطق المملكة لا يفي بالاحتياجات، لذلك يجب الاعتماد على الري الصناعي، ولو تعاملنا مع محدودية مصادر المياه في المملكة بتعقل واتبعنا تعاليم الإسلام الحنيف الذي ينهي عن الإسراف في استهلاك المياه فأن مستقبلنا المائي سيكون بإذن الله مطمئناً.

وشجعت سياسات التنمية الزراعية في المملكة على تشجيع استخدام نظم الري الحديث (الضغطي) إضافة إلى الإدارة الجيدة لمياه الري وذلك للترشيد في استخدام المياه.

وتقسم نظم الري الحديث إلى نظم الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي ونظم الري بالرش.

وتشمل إدارة مياه الري على التعرف على كل من مكونات نظم الري الحديث، وكيفية تصميم نظم الري وأنواع الاستراتيجيات المستخدمة في التصميم، وكيفية تشغيل وصيانة نظم الري للوصول إلى الإدارة الجيدة لموارد المياه.

أنواع نظم الري:

يمكن تقسيم نظم الري إلى:

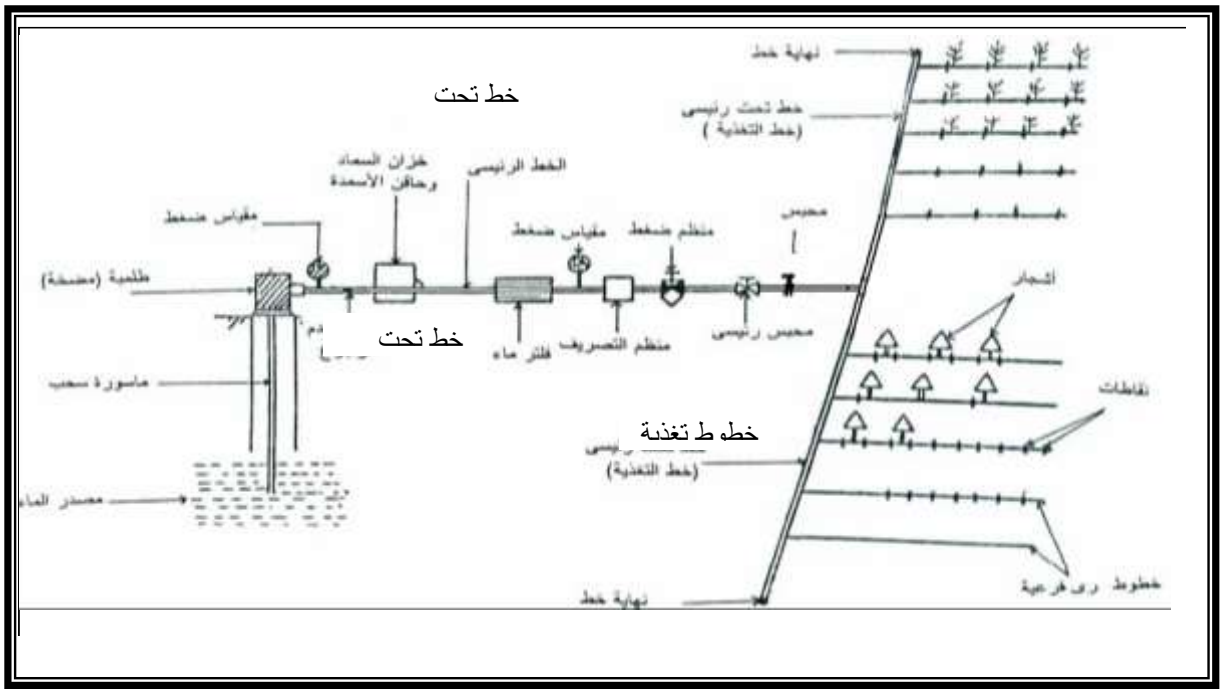
1. سطحي: ويتم فيه توصيل المياه إلى النباتات فوق سطح التربة ثم يعاد توزيع الرطوبة داخل قطاع التربة وفي منطقة الجذور (يمكن لبعض هذه النظم أن تحتوي على خطوط رئيسية وفرعية مدفونة تحت سطح التربة ولكن عملية إضافة المياه تكون فوق سطح التربة).
2. تحت سطحي: وفيه تمتد خطوط النظام تحت سطح التربة، ويتم إمداد النباتات بالمياه تحت سطح التربة وذلك لتفادي تبخر المياه فوق سطح التربة.

كما يمكن تقسيم نظم الري إلى:

1. ري بالرش: وفيه يتم تحويل المياه إلى رذاذ ودفعها ناحية النباتات، ويتم فيه ري كامل مساحة الحقل.
   ري دقيق: ويتم فيه ري المساحات المجاورة لجذور النباتات فقط دون باقية الحقل، ويمكن أن يتم هذا عن طريق التنقيط أو الرش الدقيق.

مكونات نظام الري الضغطي:

يوضح شكل رقم (1) رسماً تخطيطياً لنظام ري يشمل على المكونات التالية:



شكل (1): رسم تخطيطي لمكونات شبكة ري

أولا: مصدر المياه:

قد تكون مياه سطحية (أنهار) أو آبار أو مياه مخزنة في خزانات.

ثانيا: وحدة الضخ، الطلمبة (المضخة): Pump:

هي الوسيلة التي يتم بها رفع ضغط السائل لزيادة طاقته الكلية، وعادة ما تكون المضخة المستعملة من نوع المضخات الطاردة المركزية أو مضخات الأعماق أو المضخات الغاطسة وذلك لضخ المياه داخل شبكة الري تحت ضغط مناسب. وعند اختيار الطلمبة يجب مراعاة النقاط الآتية:

1- أن تتناسب إمكانيتها مع مصدر الماء المتاح في المنطقة.
2- أن تكون ذات تصرف مناسب وضغط مناسبين للمساحة المراد زراعتها.
3- ضرورة توفر قطع الغيار اللازمة وعملية الصيانة تحت الظروف المحلية.

ثالثا: وحدة التحكم الرئيسية Control Unit:

وهي تلي الطلمبة وتقوم بتنظيم الضغط وكمية المياه المطلوب إضافتها وكذلك ترشيح المياه وإضافة الأسمدة من خلالها (شكل 2).

شكل (2): وحدة التحكم الرئيسية

وتشمل وحدة التحكم على:

1. مجموعة صمامات (محابس) للتحكم في التشغيل، ومنها:

أ- محابس فراشة

ب- محابس بليه

ت- محابس سكينة

ث- محابس كهرباء

ج- محابس هيدروليكيه

2. عدادات لقياس الضغط:

تستخدم مقاييس الضغط للتأكد من صحة الضغوط في النظام وبالتبعية التصرفات كما أن تغير الضغط مؤشر على الحاجة لصيانة النظام.

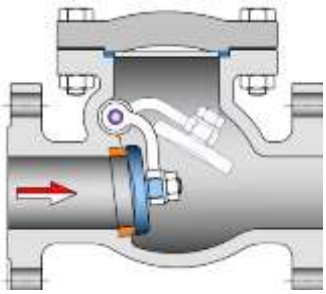
3. عدادات لقياس التصرف:

تستخدم في تقدير كمية المياه المستهلكة للمساعدة على جدولة الري كما أن التغير في التصرفات مؤشر على الحاجة إلى صيانة النظام.

4. محبس تفريغ الهواء:

يستخدم في سرعة التخلص من الهواء المتواجد داخل المواسير.

5. محابس عدم رجوع:



يستخدم في السماح للماء بالمرور في الاتجاه من المضخة إلى باقي مكونات شبكة الري ولا يسمح للمياه بالمرور في الاتجاه العكسي.

6. وحدة المرشحات (الفلاتر):

انسداد الموزعات (نقاطات – رشاشات) يعتبر من أهم المشاكل التي تقابل نظام الري خاصة حبيبات الرمل أو الطين والطحالب، وتنقسم المرشحات إلى عدة أنواع تختلف باختلاف جودة المياه المستخدمة في الري ومصدرها.

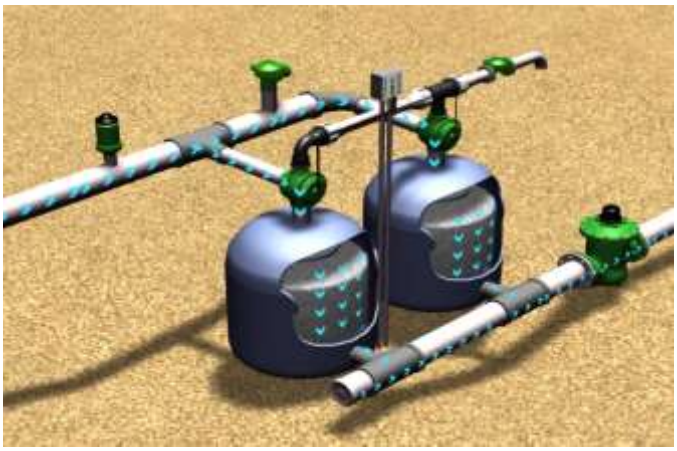
أنواع الفلاتر:

أ- الفلاتر الشبكية:

تستخدم الفلاتر الشبكية في حالة استخدام مياه الآبار. وهي من أكثر الطرق استعمالاً لإزالة المواد الصلبة العالقة بالمياه وهذه الشبكة إما أن تصنع من السلك أو النايلون. وتعتمد قدرة الفلتر الترشيحية على قطر الفتحات بالشبكة أو عدد الفتحات في البوصة المربعة.

ب- الفلاتر الرملية:

تستخدم الفلاتر الرملية في حالة استخدام مياه الأنهار (المياه السطحية).



7. وحدات التسميد:

تقوم بإضافة الاسمدة الكيمائية في صورة سائلة مع مياه الري، وأهم انواع السمادات انتشاراً:

أ- التسميد عن طريق طلمبة حقن السماد:

باستعمال طلمبة الحقن يمكن التحكم بدرجة كبيرة في حقن السماد داخل النظام وبالتالي تركيز السماد. كذلك فإنه باستعمال طلمبة حقن السماد فإن تركيز السماد يظل ثابت ولا يتغير مع الزمن.

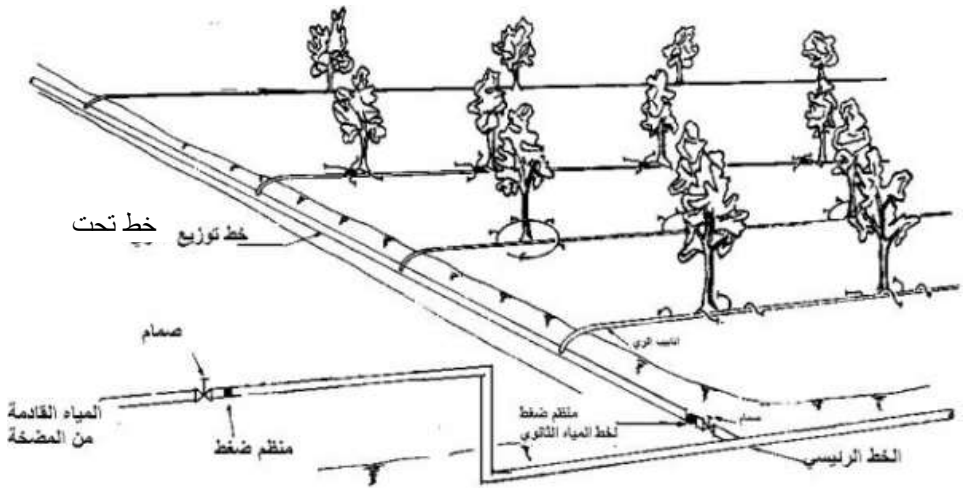
ب- التسميد عن طريق الفينشوري:

يعتبر التسميد باستخدام الفنشوري أكثر الطرق انتشاراً في الوقت الحالي، حيث تعتمد فكرة العمل على إحداث فرق في الضغط بين طرفي الفنشوري وذلك بواسطة محبس يركب على خط المواسير. وهذا الفرق في الضغط يؤدى إلى تحرك السماد من خزان السماد إلى خرطوم الفنشوري ومنه إلى شبكة الري.

رابعاً: شبكة أنابيب التوصيل:Piping system:

1- الخط الرئيسي وتحت الرئيسي Main and sub main lines:

هي خطوط المواسير التي توصل المياه من مصدر المياه إلى خطوط التغذية (شكل 3). وهو إما أن يكون مصنوعاً من البولي إثيلين PE أو من P.V.C (شكل 4) وتتصل مواسير الخط الرئيسي ببعضها بواسطة وصلات خارجية خاصة. وقد يكون الخط الرئيسي مدفونا تحت سطح التربة على عمق لا يقل عن 50سم (إذا كان من P.V.C)، أو قد يكون ممدداً فوق سطح الأرض (إذا كان من PE) ويتم توصيل الخطوط الرئيسية بالخطوط تحت الرئيسية (الحاملة للرشاشات في حالة الري بالرش) عن طريق وحدات تحكم فرعية.

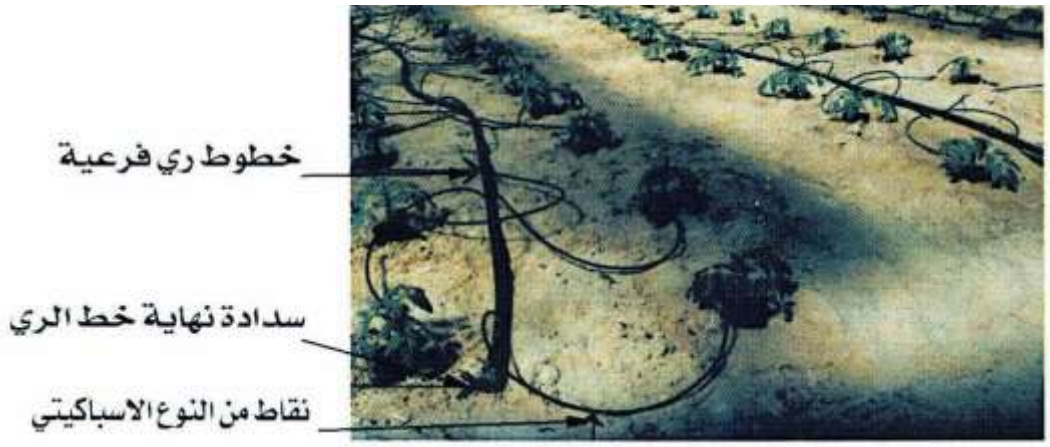


شكل (3): الخط الرئيسي في شبكات الري

شكل (4): مواسير PVC المستخدمة في شبكات الري

2- خطوط التغذية Lateral Lines:

تقوم هذه الخطوط بتوصيل المياه إلى النقاطات (في حالة الري بالتنقيط)، وتصنع من مادة البولي إثيلين وتتراوح أقطارها من 10 -25 ملليمتر ولكن أكثرها شيوعاً 15.5، 18، 20 ملليمتر، وتمتد خطوط التغذية عموماً بجوار صفوف النباتات أو بينها أنظر الشكل رقم (5).



شكل (5): خطوط التغذية (الحاملة للنقاطات)

خامساً: الموزعات:

وهي إما أن تكون نقاطات، تركب على خطوط التغذية مباشرة (في حالة الري بالتنقيط) أو رشاشات، تركب على الخطوط تحت الرئيسية (في حالة الري بالرش).

أ- النقاطات:

تعتبر من أهم أجزاء شبكة الري بالتنقيط حيث تتم بواسطتها إضافة المياه إلى النباتات بمعدل ثابت ومنخفض جداً، ويتراوح معدل تصرف النقاط عادة من 2 – 10 لتر/ ساعة.

المواصفات التي يجب توافرها في النقاطات:

1- ذات تصريف ثابت ومنتظم.
2- ذات مقطع كبير نسبياً لتلافي انسدادها.
3- ألا يتأثر تصريف النقاطات بتغير حرارة التشغيل.
4- أن يوجد منها أنواع ذات تصرف مختلف عند ضغط تشغيل ثابت2،4، 8 لتر/ساعة.
5- أن تكون مصنوعة من مادة مقاومة لأشعة الشمس.
6- أن يكون معدل الاختلاف في تصرف المنقطات أقل ما يمكن بتغير ضغط التشغيل.
7- سهلة التنظيف. ورخيصة الثمن ومتوفرة تحت ظروف السوق المحلي.

تقسيم النقاطات حسب وضعها في الخط الفرعي:

- نقاطات على الخط (On Line) وتركب على خط التوزيع مباشرة.
- نقاطات بداخل الخط (In Line) وهي عبارة عن خط التوزيع مصنوع به ثقوب ذات أقطار معينة وعلى مسافات معينة.

تقسيم نقاطات حسب معدل التصريف:

- نقاطات ذات تصريف منخفض: 2 لتر/ ساعة.
- نقاطات ذات تصريف متوسط: 2-8 لتر / ساعة.
- نقاطات ذات تصريف عال: 8 -16 لتر / ساعة.

تقسيم نقاطات حسب مدي حساسيتها للتغير في الضغط:

- نقاطات غير حساسة للضغط (ذاتية التغذية) : Self_Compensating وهذه النقاطات ذات قدرة على التعريض، لذلك فان تصريف المنقط يكاد يكون ثابتاً ولا يتغير بتغير الضغط .
- نقاطات حساسة للتغير في الضغط : Non Compensating وهذه النقاطات ليس لها القدرة علي التعريض في حالة تغير الضغط .

تقسيم النقاطات حسب قابليتها للانسداد:

- نقاطات حساسة للانسداد عندما يكون قطر مسار الماء أقل من 0.8 ملليمتر.
- نقاطات متوسطة الحساسية للانسداد عندما يتراوح القطر من 1 إلى 1.5 ملليمتر.
- نقاطات قليلة الحساسية للانسداد عندما يزيد القطر عن 1.5 ملليمتر.

تقسيم النقاطات حسب إمكانية تنظيفها:

- نقاطات ذاتية التنظيف: Self Flushing (شكل 6).
- نقاطات تنظيف يدوياً: Manual Flushing.

تقسيم النقاطات حسب ضغط التشغيل:

وهو الضغط الذي يتم عنده تشغيل النقاطات لكي تعطي تصرفاً معيناً منصوصاً عليه في الكتالوج.

- نقاطات ذات ضغط تشغيل منخفض يتراوح من 0.2 - 0.5 بار.
- نقاطات ذات ضغط تشغيل متوسط يتراوح من 0.5 - 1بار.
- نقاطات ذات ضغط مرتفع أكبر من 1 بار. والشائع هو ضغط التشغيل في حدود بار واحد.

تقسيم النقاطات حسب نظرية عملها:

- نقاطات طويلة المسار: Long Path وهذه النقاطات ذات مسار مائي طويل و قطر صغير يتراوح من 1 إلى 2 مم. ويتضمن هذا القسم النوع المعروف تجارياً باسم الاسباجيتي (Spagetti) .
- نقاطات مذمومة الفتحات: Constricted orifice هذه النقاطات ذات فتحات صغيرة جدا تتراوح من 0.5 إلى 1.5 مم.
- نقاطات دوامية: Vortex هذه النقاطات ذات مسار دوامي دائري، ويتم التحكم في فتحة النقاط نسبياً.

شكل (6): بعض أنواع النقاطات

ب- الرشاشات:

تعتبر من أهم أجزاء شبكة الري بالرش حيث تتم بواسطتها إضافة المياه إلى النباتات بمعدل ثابت وتتنوع الرشاشات تنوعاً كبيراً من حيث الأحجام والتصرفات وضغوط التشغيل وأشهر امثلتها الرشاش التصادمي.

شكل (7): الرشاش التصادمي

ويمكن تقسيم نظم الري بالرش إلى:

1- الرش الثابت: ويتم فيه تركيب خطوط رئيسية وفرعية وحوامل رشاشات ورشاشات بالعدد الذي يكفي ري الحقل بالكامل، وتبقي ثابتة طوال فترة المشروع ويعتبر هذا النظام من النظم المكلفة ولا يصلح للنباتات العالية ويستخدم عادة في المشاريع الزراعية طويلة الأجل التي تزرع محاصيل ذات عائد اقتصادي مرتفع.

شكل(8) نظام الري بالرش الثابت

2- الرش النقال: وله أنواع كثير مثل الخط المنقول يدوياً، خط الري المسحوب من نهايته، وخط الري المنقول جانبياً وفي هذه النظم يتم شراء الخطوط والرشاشات التي تكفي ري جزء من الحقل فقط ثم يتم نقل النظام عند انتهاء الري إلى جزء آخر من الحقل ثم ريه وبعد ذلك ينقل النظام وهكذا وتتميز هذه النظم بانها أقل تكلفة من النظام الثابت إلا أنها تحتج إلى عمالة أكثر.

شكل(9) نظام الري بالرش المنقول يدوياً

شكل(10) نظام الري بالرش المنقول جانبياً

3- نظم الرش دائمة الحركة وهي نظم عند تشغيلها تستمر في الحركة في أجزاء مختلفة من الحقل لتغطي مساحة الحقل بالمياه وهي تتنوع بين نظم منقولة باليد مثل مدفع الرش الى نظم دائمة الاتصال بنقط مركزية مثل ذراع الري المحوري.

شكل(11) نظام الري بالرش المحوري

شكل(12) نظام الري بمدفع الرش

سادسا: الوصلات Fittings:

تحتاج خطوط أنابيب شبكة الري بالتنقيط إلى العديد من الوصلات المختلفة الأشكال والأحجام لربطها وتوصيلها ببعض، وتصنع كلها من مادة ال .P.V.C شكل (13).

شكل (13): بعض أنواع الوصلات المستخدمة في شبكة الري

أنواع أنابيب الري تحت السطحي:

- أنابيب بلاستيكية صلبة.
- أنابيب بلاستيكية على هيئة شريط.
- أنابيب مسامية.

شكل (14) صور توضح أنابيب الري تحت السطحي أثناء وضعها

مواصفات الأنابيب:

- نوع الأنابيب مسامية والقطر الداخلي 16 مم والخارجي 22 مم ووزنها 160 جم.
- ضغط التشغيل الأدنى 40 كيلو باسكال وضغط التشغيل الأقصى 200 كيلو باسكال.
- معدل رشح (تصرف) الأنبوب 2 لتر/ساعة/متر عند ضغط 60 – 80 كيلو باسكال.

مزايا أنواع الأنابيب:

- الأنابيب الصلبة متانتها عالية، وتقاوم الانثناء والتلف ولها القدرة على التحكم بانتظامية النقاطات (تكلفتها عالية).
- شريط المنقطات رقيق يستخدم لموسم واحد (تكلفته قليلة).
- الأنابيب المسامية تقاوم الانسداد بسبب الجذور مع احتمالية انسدادها بجزيئات التربة.

كيفية تنفيذ الري بالتنقيط تحت السطحي:

1. إعداد الحقل جيداً، ويتم تخطيط خطوط الزراعة والتنقيط قبل بداية أعمال تركيبات الخراطيم.
2. يتم فرد خراطيم التنقيط داخل خندق الحفر برفق وعناية ويجب أن يكون طرفي الخرطوم خارج الحفر وفوق سطح الأرض، ويجب أن يكون حفر الخندق منتظماً.
3. يتم ردم الخندق يدوياً في البداية وبهدوء وبالدرجة التي لا تؤدي لانثناء الخرطوم أو عصره، وبعد ذلك يمكن أن يتم باقي الردم باستخدام الآلات المناسبة.

4. يجب وضع محبس هواء من النوع الذي يسمح بدخول الهواء للشبكة أو خروجه منها ويوضع في الأماكن المرتفعة بالمزرعة ولا أقل من محبس هواء 2" كل 200 متر وذلك لحماية النقاطات من اختراق حبيبات التربة داخلها.
5. يتم توصيل خراطيم التنقيط بالخطوط الفرعية مع المحافظة على أن تكون نهايات الخراطيم فوق سطح الأرض صحيح مفتوحة.
6. يتم تشغيل النظام وغسيل جميع الخطوط والخراطيم جيداً والتأكد من خروج جميع الشوائب. وبعد ذلك يتم غلق النهايات بالتوالي واحدة تلو الأخرى .ويفضل هنا أن يتم ربط جميع النهايات بماسورة أخري بها محبس يدوي بفتحة يتم غسل جميع الخراطيم. ويوضع محبس هواء على هذا الخط المُجمع. ولأن هناك ضغط للتربة على الخراطيم. وهذا الضغط مقداره ثابت علي الخراطيم فيجب زيادة ضغط تشغيل النقاطات بمقدار 50% عما هو مصمم عليه .فإذا كان ضغط تشغيل النقاط مثلاً 1 بار، فيجب أن يتم توفير ضغط للنقاط بمقدار 1.5 بار ليعطي نفس التصرف المُصمم عليه.

تصميم نظام الري بالتنقيط :

طريقة تصميم نظام ري بالتنقيط:

- اختيار نبات وتحديد البيانات التالية:

مواعيد الزراعة، مسافات الزراعة، عمق الجذور، نسبة الاستنفاذ المسموح بها، معامل المحصول

ويمكن الحصول على معظم هذه المعلومات من الجداول المنشورة في ال FAO 56 .

- تحديد نوع التربة منها يتم الحصول على الاتي:

المحتوى الرطوبي عن السعة الحقلية، المحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول المستديم.

- الظروف المناخية:

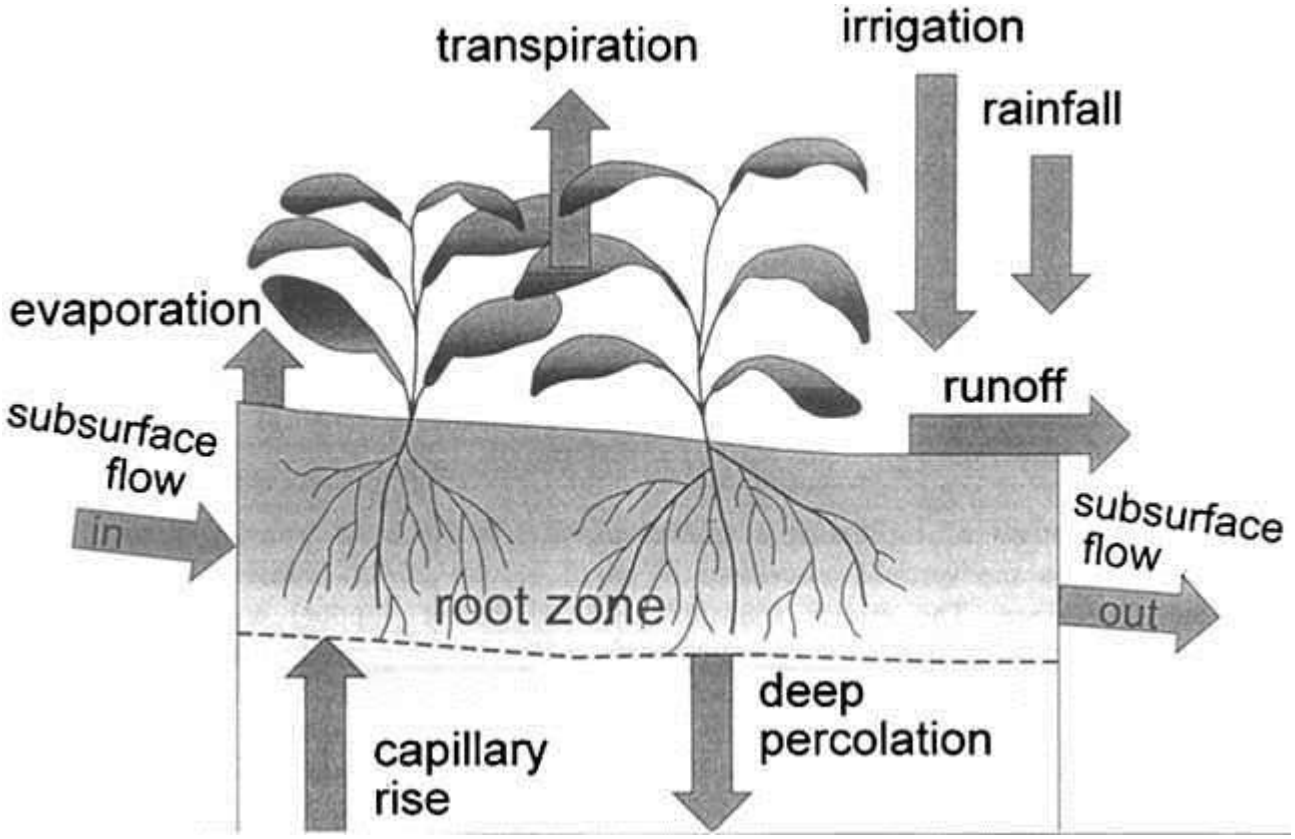
رطوبة، حرارة، مطر، اشعاع شمسي، سرعة الرياح.

- يتم حساب الاحتياج المائي للنبات باستخدام معادلات البخر نتح ومعامل المحصول.
- يتم حساب الماء المتاح والماء المتيسر.
- تطبيق الاتزان المائي للتربة وتحديد اقل فترة بين الريات.
- حساب قيمة عمق ماء الري المضاف.
- حساب كمية مياه الري اليومية المطلوبة.
- حساب الفترة المتاحة للري واختيار الفترة المستخدمة للتصميم.
- حساب عمق ماء الري المضاف التصميمي.
- اختيار منقط وتحديد سعة وضاغط التشغيل.
- التعويض في معادلة سعة المنقط وتحديد المساحة المبتلة.
- التعويض في معادلة المساحة المبتلة وتحديد عدد المنقطات في نقطة الري الواحدة وعدد المنقطات على الخط.
- حساب تصرف الخط والفاقد المسموح به من ضاغط التشغيل.

- التعويض في معادلة هازن وليم وتحديد قطر الخط.
- حساب الفواقد بناء على قطر الخط مرة أخرى.
- حساب إجمالي الضاغط المطلوب.
- اختيار المضخة المناسبة.

التوازن المائي للتربة:

التوازن المائي للتربة هو علاقة بين المدخلات والمخرجات التي تساهم في تغيير المحتوى الرطوبي للتربة.



شكل (15) الاتزان المائي للتربة

ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية:

$$\theta_n = \theta_{n-1} + P + I - RO - D - ET_{crop} \qquad 1$$

حيث:

θ_n المحتوي الرطوبي عند أي يوم (مم).

θ_{n-1} المحتوي الرطوبي عند اليوم السابق لليوم المطلوب (مم).

P مقدار الامطار (مم).

Iعمق ماء الري المضاف (مم).

ROمقدار الجريان السطحي.

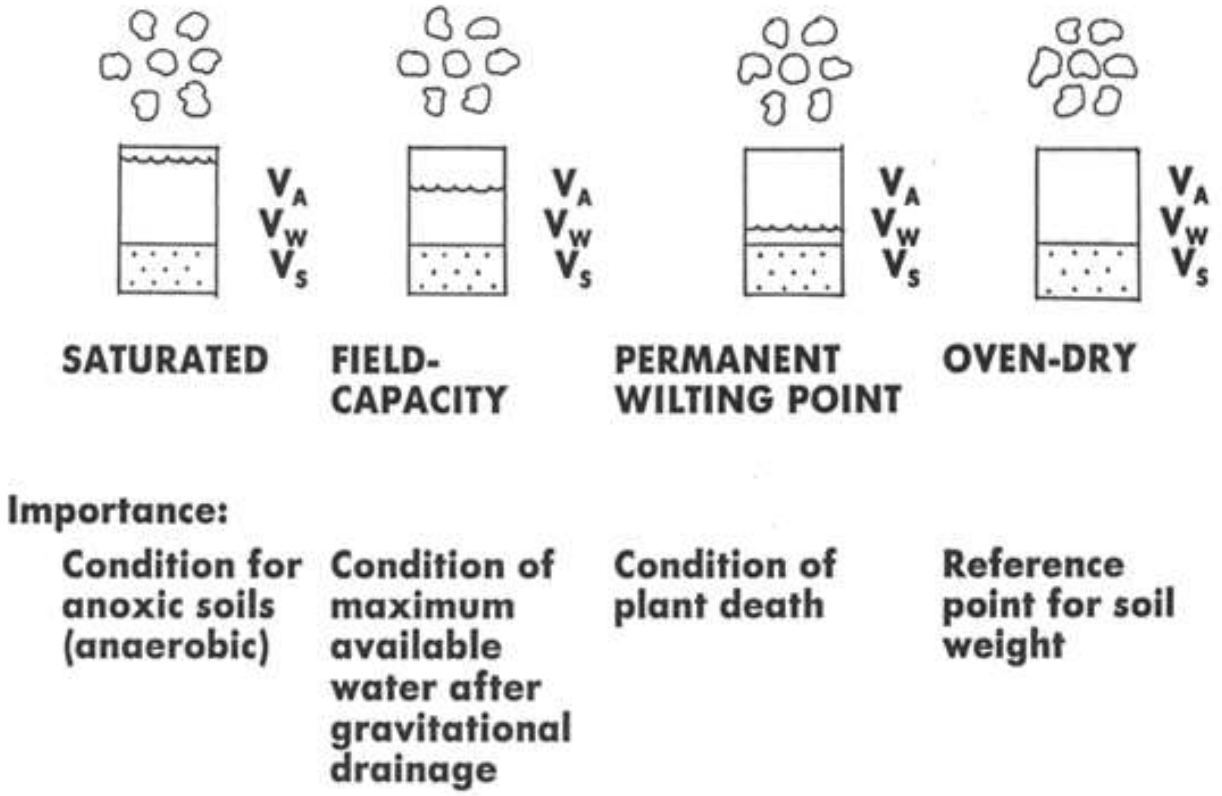
Dمقدار التسرب العميق.

ET_{crop}مقدار البخر نتح (مم).

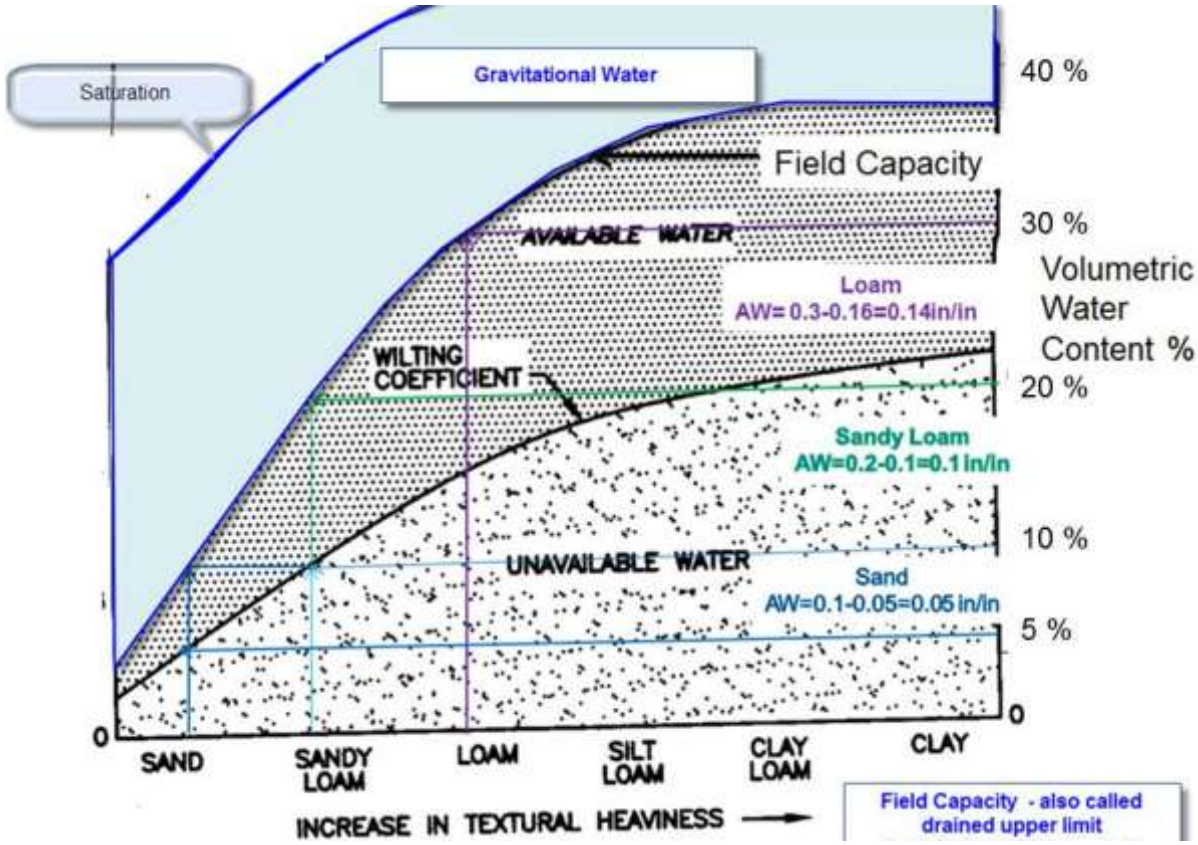
وفي الظروف الخاصة بالمناطق الجافة والتي تعاني من ندرة المياه يمكن تجاهل المكونات التي تسبب فقد المياه حيث يتم تصميم نظم الري بحيث تمنع الجريان السطحي والتسرب العميق وكذلك يمكن تجاهل المطر عندما لا يكون مؤثراً فتصبح المعادلة المختصرة.

$$\theta_n = \theta_{n-1} + I - ET_{crop} \qquad 2$$

حساب الماء المتاح والمتيسر:



شكل (16) المستويات المختلفة لرطوبة التربة



شكل (17) تحديد السعة الحقلية ونقطة الذبول أنواع مختلفة من التربة

يمكن حساب الماء المتاح في التربة من المعادلة التالية:

$$AW = (\theta_{fc} - \theta_w) \times d$$

حيث:

AW الماء المتاح (مم).

θ_{fc} المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية على أساس الحجم (نسبة بدون وحدات).

θ_w المحتوى الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول المستديم على أساس الحجم (نسبة بدون وحدات).

d عمق منطقة الجذور (مم).

أما الماء المتيسر فيمكن حسابه من الماء المتاح عن طريق نسبة الاستنفاذ المسموح بها والتي تتراوح بين 0.3 للنباتات الحساسة للعطش و0.6 للنباتات المتحملة للعطش.

الماء المتيسر:

$$RAW = (\theta_{fc} - \theta_w) \times d \times D_p$$

حيث:

D_pنسبة الاستنفاذ (بدون وحدات).

ويعتبر الماء المتاح هو خزان الماء المتوفر بالتربة لاستخدام النبات بينما الماء المتيسر هو كمية المياه التي يمكن للنبات استخلاصها دون الدخول في إجهاد العطش.

مثال 1: نبات عمق جذوره 1.5 متر ومنزروع بتربة محتواها الرطوبي عند السعة الحقلية 56 % ومحتواها الرطوبي عند نقطة الذبول المستديم 28% احسب الماء المتاح للنبات.

$$AW = \left(\theta_{fc} - \theta_{w}\right) \times d$$

$$AW = (0.56 - 0.28) \times 1500$$

$$AW = 420\ mm$$

مثال 2 : في التربة السابقة احسب الماء المتيسر للنبات اذا كانت نسبة الاستنفاذ 0.6

$$RAW = AW \times D_p = 420 \times 0.6 = 252\ mm$$

المحتوي الرطوبي عند الريθ_I:

ويعرف بأنه المحتوى الرطوبي الذي تصل إليه التربة بعد استهلاك الماء المتيسر ويمكن حسابه بطرح الماء المتيسر من المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية (يفترض في نظم الري الحديث عدم الري بعد نقطة السعة الحقلية حيث يعتبر الماء الزائد عن ذلك ماء جذب أرضي ولا يستفيد منه النبات) ويشترط لإجراء عملية الطرح التعبير عن المحتوى الرطوبي والماء المتيسر بنفس الوحدات.

مثال3:

في التربة السابقة احسب المحتوى الرطوبي عند الري.

يتم التعبير عن المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية كارتفاع عمود من الماء لكل 1.5 متر (عمق منطقة الجذور).

$$(\theta_{fc})_{mm/1.5m} = (\theta_{fc})_{volume} \times d$$

$$(\theta_{fc})_{mm/1.5m} = 0.56 \times 1500 = 840mm/1.5m$$

المحتوى الرطوبي عند الري كارتفاع عمود من الماء لكل 1.5 متر.

$$(\theta_I)_{mm/1.5m} = (\theta_{fc})_{mm/1.5m} - RAW = 840 - 252 = 588mm/1.5m$$

المحتوى الرطوبي عند الري:

$$\theta_I = \frac{(\theta_I)_{mm/1.5m}}{d} = \frac{588}{1500} = 0.39$$

الفترة بين الريات:

تعتمد الفترة بين الريات على كمية الماء المتيسر ومعدل البخر نتح ويتم استخدام معادلات الاتزان المائي للتربة (المعادلتين 1,2) لحساب الفترة بين الريات كما هو موضح بالمثال التالي.

مثال 4:

نبات منزروع في تربه محتواها الرطوبي عند السعة الحقلية 48% والمحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول المستديم 18% وعمق منطقة الجذور للنبات 80 سم، ونسبة الاستنفاذ 50 % وكانت قيم البخر نتح المحصولي عند أعلى فترة في الموسم كما يلي:

يوم 1: 30 مم/يوم.

يوم 2: 33 مم/يوم.

يوم 3: 42 مم/يوم.

يوم 4: 65 مم/ يوم.

يوم 5: 43 مم/يوم.

يوم 6: 40 مم/ يوم.

يوم 7: 42 مم/يوم.

احسب أقل فترة بين الريات II_{min}

نفرض أن التربة عند اليوم الأول كانت عند السعة الحقلية، فتكون قيمة محتواها الرطوبي كارتفاع لعمق منطقة الجذور:

$$(\theta_{fc})_{mm/0.8m} = (\theta_{fc})_{volume} \times d = 0.48 \times 800 = 384\, mm/0.8m$$

الماء المتيسر يساوي:

$$RAW = \left(\theta_{fc} - \theta_w\right) \times d \times D_p = (0.48 - 0.18) \times 800 \times 0.5 = 120\, mm$$

المحتوي الرطوبي عند الري:

$$(\theta_I)_{\frac{mm}{0.8m}} = (\theta_{fc})_{\frac{mm}{0.8m}} - RAW = 384 - 120 = 264mm/0.8m$$

ونبدأ في ايجاد المحتوى الرطوبي عن اليوم 2:

$$\theta_2 = \theta_1 + I - ET_{crop}$$

$$\theta_2 = 384 + 0 - 30 = 354mm/0.8m$$

المحتوى الرطوبي عن اليوم 3:

$$\theta_3 = 354 + 0 - 33 = 321mm/0.8m$$

المحتوى الرطوبي عن اليوم 4:

$$\theta_4 = 321 + 0 - 42 = 279mm/0.8m$$

المحتوى الرطوبي عن اليوم 5:

$$\theta_5 = 279 + 120 - 65 = 334mm/0.8m$$

يلحظ ان الري تم عند بداية اليوم الخامس والا كان المحتوي الرطوبي للتربة سينخفض عن المحتوى الرطوبي عند الري وتكون اقل فترة بين الريات 4 ايام .

المحتوى الرطوبي عن اليوم 6:

$$\theta_6 = 334 + 0 - 43 = 291mm/0.8m$$

عمق ماء الري المضاف d_n : وهي كمية مياه الري الواجب اضافتها في الرية الواحدة، وهي أكثر قليلاً من الماء المتيسر، حيث يتم حسابها آخذين في الاعتبار كفاءة التوصيل لنظام الري وكذلك الاحتياجات الغسيلية للتربة نتيجة و جود الأملاح في الماء أو التربة وتحسب من المعادلة التالية:

$$d_n = \frac{\text{RAW}}{E_a \times E_u} \times \frac{1}{1 - LR} \qquad 3$$

حيث:

E_a كفاءة اضافة المياه.

E_u كفاءة التوزيع.

LR الاحتياجات الغسيلية.

مثال 5:

احسب عمق ماء الري المضاف لتربة الماء المتيسر بها 250 مم وكفاءة التوزيع 0.9 وكفاءة اضافة المياه 0.8 والاحتياجات الغسيلية 0.22

$$d_n = \frac{\text{RAW}}{E_a \times E_u} \times \frac{1}{1-LR} = \frac{250}{0.8 \times 0.9} \times \frac{1}{1-0.22} = 445.157mm$$

كمية مياه الري اليومية المطلوبة DDIR : وهي كمية المياه المطلوب اضافتها يومياً حتى يحصل النبات على احتياجاته و يتم حسابها من المعادلة التالية

$$DDIR = \frac{RAW}{II_{min}} \qquad 4$$

مثال 6:

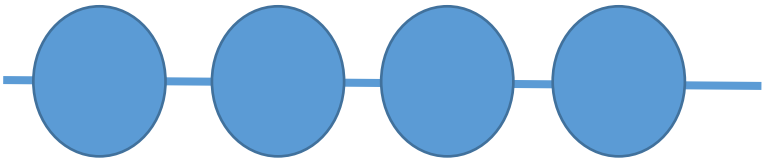
في المثال السابق إذا كانت أقل فترة بين الريات 5 أيام احسب كمية مياه الري اليومية المطلوبة.

$$DDIR = \frac{RAW}{II_{min}} = \frac{250}{5} = 50mm/day$$

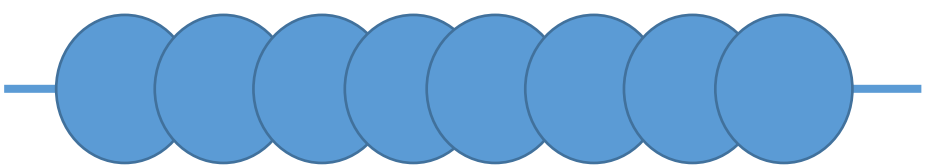
ويلاحظ أن حساب كمية مياه الري اليومية المطلوبة لم يدخل فيه الاحتياجات الغسيلية، حيث تعتبر كمية المياه المضافة للغسيل زائدة ويجب أن تبقي في التربة من أجل عمليات الغسيل، وعليه لا يستخدمها النبات.

عدد النقاطات للنبات الواحد ك يتم وضع النقاطات للنباتات في أحد وضعين رئيسين:

1- مخارج مياه من نقط ابتلال منعزلة: ويتم ابتلال اجزاء من المساحة المخصصة للنبات بحيث لا تقل نسبة المساحة المبتلة عن 33% من المساحة المخصصة للنبات الواحد. وتستخدم هذه الترتيبة للنقاطات مع الاشجار الكبيرة ذات مسافات الزراعة الكبيرة مثل أشجار الفاكهة والنخيل وينتج عنها جزر ابتلال تفصلها مساحات جافة عن نقط الابتلال الاخر.



2- خط ابتلال متصل: ويتم في هذه الحالة وضع النقاطات على مسافات بينها وبين بعضها تقدر بحوالي 0.8 من قطر دائرة ابتلال المنقط وينتج عن ذلك خط ابتلال متصل ويكون عرض الخط مساوي لقطر دائرة الابتلال وتستخدم للزراعات الكثيفة والخضراوات التي تزرع على مسافات متقاربة.



الفترة المتاحة للري H:

وهي الزمن متوفر قبل الاحتياج إلى الري مرة أخرى مقدراً بالساعة ويتم حسابها كتالي:

$$H \leq \frac{0.24\, P_f d_n}{DDIR} \qquad 5$$

حيث:

P_f النسبة المئوية للمنقطات العاملة في نفس الوقت منسوبة إلى إجمالي المنقطات بالشبكة.

ويلحظ أن معادلة حساب الفترة المتاحة للري تحدد الحد الأقصى للفترة المتاحة حيث تحتوي المعادلة على علامة أصغر من أو يساوي، ويتم اختيار الفترة التي يتم الري فيها والتي ستستخدم في التصميم بحيث لا تزيد عن الناتج من المعادلة السابقة يعتمد اختياراها على ظروف العمالة وعدد ساعات التشغيل في يوم العمل.

عمق ماء الري المضاف التصميمي D_n :

ويتم حسابه بعكس المعادلة السابقة بعد اختيار الفترة بين الريات التصميمية كما يلي:

$$D_n = \frac{H_d(DDIR)}{0.24\, P_f} \qquad 6$$

حساب المساحة التي يتم ريها من نقطة ري الواحدة A_i

وهي المساحة المبتلة عن طريق نقطة ري واحدة (وحدة ري بجانب أحد النباتات وقد تحتوي على منقط واحد او عدد من المنقطات).

ويتم حسابها كما يلي:

$$A_i = \frac{l \times S \times P}{N_e} \qquad 7$$

حيث:

l المسافة بين الخطوط.

S المسافة بين نقاط الري.

P نسبة المساحة المروية.

N_e عدد المنقطات في نقطة الري الواحدة.

سعة المنقط (تصرف المنقط) C:

وهي التصرف او الحجم المار من خلال المنقط في وحدة الزمن ويقدر بالتر لكل ساعة او الجالون لكل ساعة ويتم حسابه كما يلي:

$$C = \frac{D_n A_i}{(H_d - T_m)} \qquad 8$$

حيث:

T_m زمن الصيانة للنظام.

تصرف خط التنقيط Q_L.

تصرف خط التنقيط = تصرف المنقط X عدد المنقطات على الخط.

مثال 7:

يتم تصميم نظام ري ولديك المعلومات التالية:

عمق مار الري المضاف 127 مم.

كمية مياه الري اليومية المطلوبة 7.62 مم/يوم.

عدد المنقطات في كل نقطة ري 7.

يتم ري الحقل بالكامل على 5 مرات في كل رية.

نسبة المساحة المظللة 30%.

مسافات الزراعة 6X6 متر.

احسب سعة المنقط المستخدم.

نحسب فترة الري المتاحة.

$$H \leq \frac{0.24\, P_f d_n}{DDIR} = \frac{0.24 \times 20 \times 127}{7.62} = 80\ hr$$

يمكن اختيار فترة الري التصميمية على الا تزيد القيمة عن 80 ساعة (نختار للتصميم 72)

$$H_d = 72hr$$

نحسب عمق ماء الري المضاف التصميمي.

$$D_n = \frac{H_d(DDIR)}{0.24\,P_f} = \frac{72 \times 7.62}{0.24 \times 20} = 114.3mm$$

نفرض زمن الصيانة 0.5 ساعة يومياً إذا في 3 ايام زمن الصيانة 1.5 ساعة.

$$A_i = \frac{l \times S \times P}{N_e} = \frac{6 \times 6 \times 0.3}{7} = 1.54\,m^2$$

$$C = \frac{D_n A_i}{(H_d - T_m)} = \frac{114.3 \times 1.54}{1000 \times (72 - 1.5)} = 0.002496 \frac{m^3}{hr} = 2.5\,l/hr$$

حساب قطر خطوط التنقيط (الفرعيات):

للحصول على انتظام جيد للري يجب أن لا يزيد الفرق في الضغط بين أول الخط وآخره عن 10% من ضاغط تشغيل المنقط ولذلك فإن المواصفات القياسية لتصميم نظم الري تقترح أن لا يزيد فاقد الاحتكاك عن ±5% من ضاغط تشغيل المنقط كفرق عن المنقط الوسيط في الخط.

حساب قيمة فاقد الاحتكاك في خطوط التنقيط (معادلة هازن وليم).

$$h_f = 1.21 \times 10^{10} \times \left(\frac{Q_L}{C}\right)^{1.852} \times \frac{1}{D^{4.87}} \times L \qquad 9$$

حيث:

h_f فاقد الاحتكاك (متر).

C ثابت يعتمد على نوع الماسورة وقيمته للمواسير البلاستيكية 140-150 .

D قطر الماسورة (مم).

L طول الخط (متر).

تصرف الخط (لتر/ثانية).

هذه المعادلة خاصة بماسورة ليس بها فتحات، أما إذا وجد بها فتحات فتصبح المعادلة.

$$h_f = 1.21 \times 10^{10} \times \left(\frac{Q_L}{C}\right)^{1.852} \times \frac{1}{D^{4.87}} \times L \times F$$

حيث F معامل يتم استخراجه من الجداول بناء على عدد الفتحات في الماسورة.

مثال 8:

خط ري به 25 منقط سعة الواحد منها 4 لتر/ساعة و ضاغط تشغيل المنقط 1 جوي (10 متر ماء) قيمة F 0.85 و طول الخط 50 متر.

التوصيات ±5% من ضاغط تشغيل المنقط.

اقصى قيمة ممكنة لفاقد الاحتكاك =10 X0.1= 1 متر.

$$h_f = 1.21 \times 10^{10} \times \left(\frac{Q_L}{C}\right)^{1.852} \times \frac{1}{D^{4.87}} \times L \times F = 1m$$

$$1m = 1.21 \times 10^{10} \times \left(\frac{25 \times 4}{60 \times 60 \times 150}\right)^{1.852} \times \frac{1}{D^{4.87}} \times 50 \times 0.85$$

وبحل المعادلة السابقة نحصل على القطر الذي يحقق المعادلة 10مم.

تصميم الخط الرئيسي والخط تحت الرئيسي:

ويعتمد تصميم الخط الرئيسي على اقتصاديات التصميم مع ملاحظة الاعتبارات الهندسية الخاصة بعدم زيادة سرعة الماء في المواسير عن 1.5 متر/ ثانية. وتتناسب كمية فواقد الطاقة في خطوط المواسير عكسياً مع قطر الخط حيث بزيادة قطر الخط لنفس التصرف تنخفض سرعة المياه وعليه تقل الفواقد سواء كانت فواقد الاحتكاك أو الفواقد الثانوية. ويتم هنا حساب اقتصاديات التصميم بناء على العوامل التالية:

1. بزيادة قطر الخط يتم زيادة حجم المواسير التي يتم شراؤها وبالتالي يزداد سعرها ويزداد مدفوع رأس المال المطلوب لبداية المشروع.
2. بزيادة القطر تقل الفواقد وعليه تقل متطلبات الطاقة ومن ثم حجم المضخة المطلوبة وبالتالي سعرها مما يقلل من رأس المال المدفوع في بداية المشروع.
3. بزيادة قطر الخط يتم تقليل الفواقد وعليه تقل متطلبات الطاقة مما يقلل من كميات الوقود المطلوبة للتشغيل ويقلل من تكلفة التشغيل.

وعند اختيار الخط المناسب يتم حساب التكلفة لعدد من أقطار الخطوط المختلفة ثم حساب التكلفة الكلية لكل حجم من الخطوط، ويتم اختيار الخط الذي يعطي أقل تكلفة سنوية ويكون هو الخط الاقتصادي الأمثل.

استراتيجيات تصميم نظم الري:

الري عملية معقدة يجب أن تؤخذ في الاعتبار مجموعة من العوامل التي تتعلق بالنبات والظروف المناخية والبيئة المحيطة وطبيعة ومدى توفر مصادر المياه، كما أن مجموعة من العوامل الاقتصادية والبشرية تدخل في الاعتبار عند الري مثل توفر العمالة ودرجة تدريبها وسعر المنتج الزراعي وإمكانيات التسويق وأسعار الطاقة والوقود ويوجد لنظم الري عامل يسمى بالعامل المحدد وهو العامل الأساسي من كل العوامل الداخلة في تصميم النظام والذي يوجد به ندرة او محدودية حيث يصبح هذا العامل هو المحدد الرئيسي لاختيارات المصمم عند المفاضلة بين الأنواع المختلفة من التصاميم والاجهزة والعوامل الرئيسية المؤثرة على تصميم وتنفيذ شبكات الري هي:

1. النبات.
2. التربة.
3. المناخ.

4. مصادر المياه ونوعيتها.
5. عوامل اقتصادية وبشرية.

ويوجد عديد من الاستراتيجيات المختلفة لتصميم نظم الري حسب وجهة نظر المصمم والهدف من النظام، وسوف نستعرض بعض من هذه الاستراتيجيات.

1. التصميم الاقتصادي الأمثل: و هذه الاستراتيجية تركز أساساً على أكبر ربحية ممكنه من المشروع ويتم تصميم الخطوط و اختيار المضخات والمكونات لكي تحقق أعلى عائد اقتصادي حتى لوكان هذا على حساب الإنتاجية (ليس بالضرورة ان أقصي إنتاجية تحقق اعلى عائد اقتصادي) ويدخل في الاعتبار عند استخدام هذه الاستراتيجية أسعار المكونات المختلفة لنظم الري من مواسير ومضخات وفلاتر .....الخ كما يدخل في الاعتبار عمر المشروع والفائدة على راس المال وسعر وحدة الناتج من المحصول و أسعار الأسمدة و المبيدات المطلوبة و أسعار النقل و الوقود.

2. التصميم لتعظيم العامل المحدد: وفي هذه الطريقة يتم تعيين العامل الذي يعاني من المحدودية أو الندرة من المدخلات المطلوبة للري وتصميم النظام بحيث يعطي أكبر إنتاجية بأقل قدر ممكن من هذا العامل، ومن أمثلة هذه الاستراتيجية في التصميم، التصميم لتعظيم العائد من وحدة المياه وتستخدم في المناطق التي تعاني من الجفاف ونقص المياه حيث أنه من المعروف ان إنتاجية المحصول تزيد بزيادة كمية المياه المتوفرة له ففي البداية تكون معدلات الزيادة عالية لكل وحدة زيادة في كمية المياه ثم يبدأ معدل الزيادة لكل وحدة مياه في التناقص حتى نصل إلى قمة الإنتاجية ثم تنخفض الإنتاجية بعد ذلك عند زيادة كمية المياه ويتم التصميم على جزء من الاحتياج المائي للنبات فيما يعرف بالري الناقص.

تشغيل وصيانة شبكات الري:

تمم صيانة شبكات الري على عدة مستويات منها ما هو واجب اثناء التصميم لمنع المشاكل في النظام بعد التشغيل ومنها ما هو دوري خلال التشغيل ومنها ما هو طارئ نتيجة ظروف التشغيل.

كما يمكن تقسيم صيانة نظم الري إلى وقائي وهو خطوات يتم اتخاذها لمنع وقوع المشاكل في النظام أو علاجي وذلك استجابة لحالات التشغيل المختلفة: وعموماً فان حسن تصميم واختيار مكونات النظام يؤثر بشدة على متطلبات الصيانة وتكلفتها لاحقاً وفيما يلي بعض العوامل المطلوب مراعاتها عند التصميم لتقليل الصيانة المطلوبة:

- يجب مراعات اختيار نوع المنقطات والرشاشات المناسبة لطبيعة المياه المتوفرة حيث إن الفتحات الضيقة لمثل هذه الأجهزة تعاني من الانسداد إذا تم استخدام مياه تحتوي على نسبة عالية من الأملاح ويمكن لهذه النوعيات من المياه استخدام منقطات ذاتية التنظيف أو الاهتمام بإضافة الأحماض والكيماويات الخاصة بإزالة الأملاح إلى مياه الري بصفة دورية وتحقن الأحماض السائلة الخالية من الشوائب الصلبة وتتوفر الاحماض بتركيزات مختلفة تختلف طبقاً لنوع الحمض وأشهرها:
- حامض الهيدروكلوريك تركيز 33%.
- حامض الفسفوريك تركيز 85%.
- حامض النيتريك 60%.
- حامض الكبريتيك 65%.

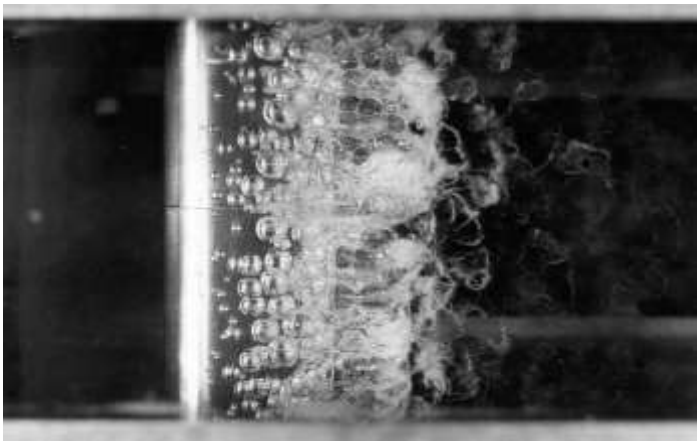
وتضاف الأحماض ذات التركيزات السابق ذكرها إلى مياه الري بتركيز 0.6% ، وفي حالة الحصول على تركيزات مختلفة يتم تعديل ال0.6% لتناسب تركيز الحامض.

خطوات إضافة الحامض إلى خطوط الري:

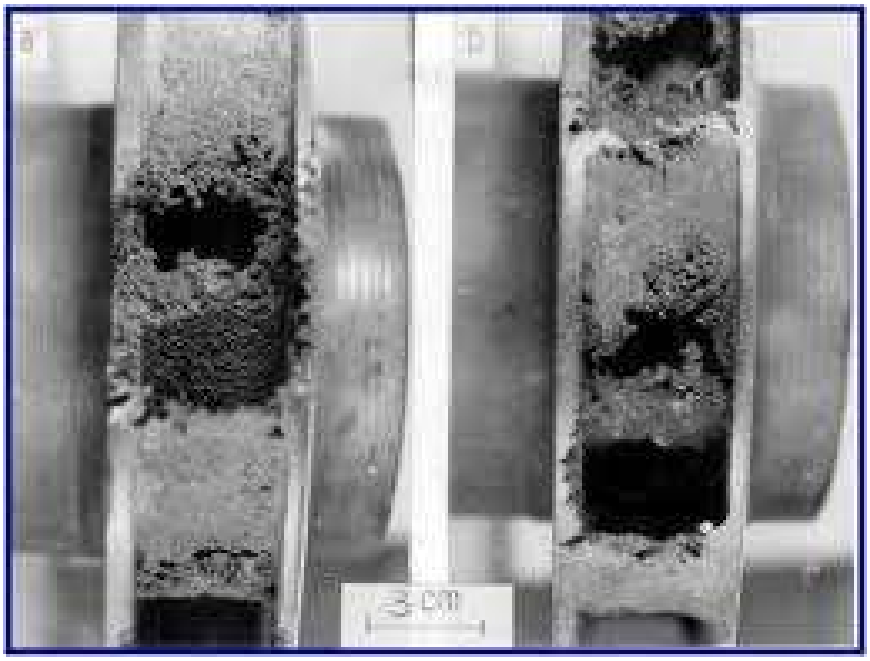
1. يجب غسل كل مكونات نظام الري كما سيأتي ذكره لاحقاً.
2. يتم حساب كمية الحامض الواجب إضافتها إلى مياه الري طبقاً لمعدل الحقن من مضخة الحقن وتصرف الخط.
3. بعد اضافة كامل كمية الحامض المطلوبة يتم غلق مضخة الحقن ويترك النظام يعمل حتى يتم توزيع الحامض في كامل النظام.
4. بعد التأكد من توزيع الحامض في النظام يتم إعادة غسل النظام مرة اخري لتتخلص من أثر الحامض في النظام.

ملحوظة: يجب إضافة الحامض للماء وليس الماء للحامض حيث يمكن أن ينتج عن ذلك إصابات وحروق خطيرة ويجب غسل المعدات المستخدمة في الحقن جيداً حيث ان الحامض يمكن إن يسبب ضرراً وتآكلاً للمواد المعدنية.

- اختيار الفلاتر المناسبة لنوع المياه حيث تختلف الفلاتر الرملية (Media)عن الفلاتر الشبكية (screen) في نوعية وحجم الشوائب التي يمكنها التخلص منها ويختلف نوع وحجم الفلتر مع اختلاف نوع المياه المستخدمة وكمية التصرف المار بالخط وكذلك نوع الرشاشات او المنقطات المستخدمة اختيار نوع المضخة المناسبة خصوصاً لعمق السحب وعمل ارتفاع احتياطي من المياه فوق سطح المضخة في الآبار حتى لا يؤدي انخفاض مستوى الماء في مخروط السحب إلى تلاشي صافي ضغط السحب الموجب للمضخة مما يسمح بتكون فقاعات من بخار الماء في خط السحب وانفجارها في خطوط الضغط فيما يعرف بظاهرة التكهف والتي تؤدي إلى تآكل جسم المضخة.

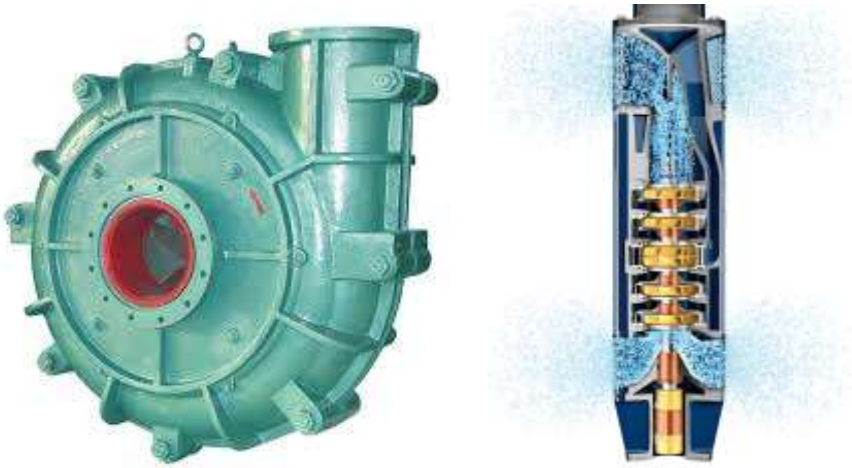


شكل (18) تكون فقاعات من بخار الماء في خطوط الري (التكهف)



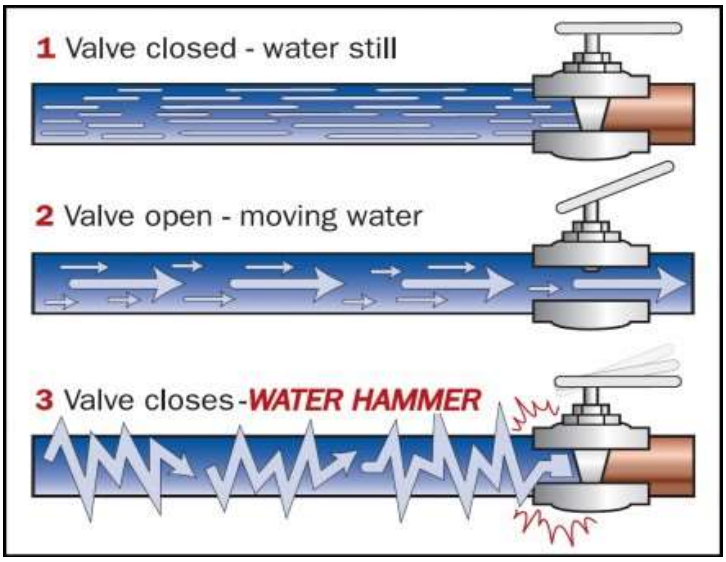
شكل (19) أثر التكهف على جسم مضخة طاردة مركزية

- و تستخدم المضخات الطاردة المركزية شكل (20) حيث إنها الأقل كلفة مادام السحب المطلوب من المضخة في حدود صافي ضغط السحب الموجب للمضخة فإذا زاد عن ذلك يتم استخدام المضخات الغاطسة شكل (20) و التي تتكون من مجموعة من المضخات الطاردة المركزية موصلة على التوالي بحيث أن كل مضخة تطرد إلى خط سحب المضخة التي تليها و يتم و ضع هذه المضخة، في داخل البئر على عمق مناسب تحت سطح الماء ويمكن تشغيلها إما بمحرك من أعلى ويتصل بعمود إدارة ينزل حتى المضخة، أو بمحرك كهربي موجود مع مجموعة المضخة داخل البئر و يتصل بمصادر التيار في الأعلى بسلك.



شكل (20) المضخات الغاطسة (إلى اليمين) والمضخات الطاردة المركزية

- يجب مراعاة استخدام الصمامات المناسبة في الأماكن المختلفة من الخطوط وعدم استخدام صمامات يمكن غلقها بسرعة في الخطوط ذات الضغوط المرتفعة خصوصاً عند عدم توفر العمالة المدربة حيث يؤدي الغلق الفجائي لصمام امام التصرف المتدفق لظاهرة الطرق والتي قد تؤدي إلى انفجار الخط بكامله.



شكل (21) شرح مبسط لظاهر الطرق

شكل (22) خروج المياه من خط مواسير نتيجة ظاهرة الطرق

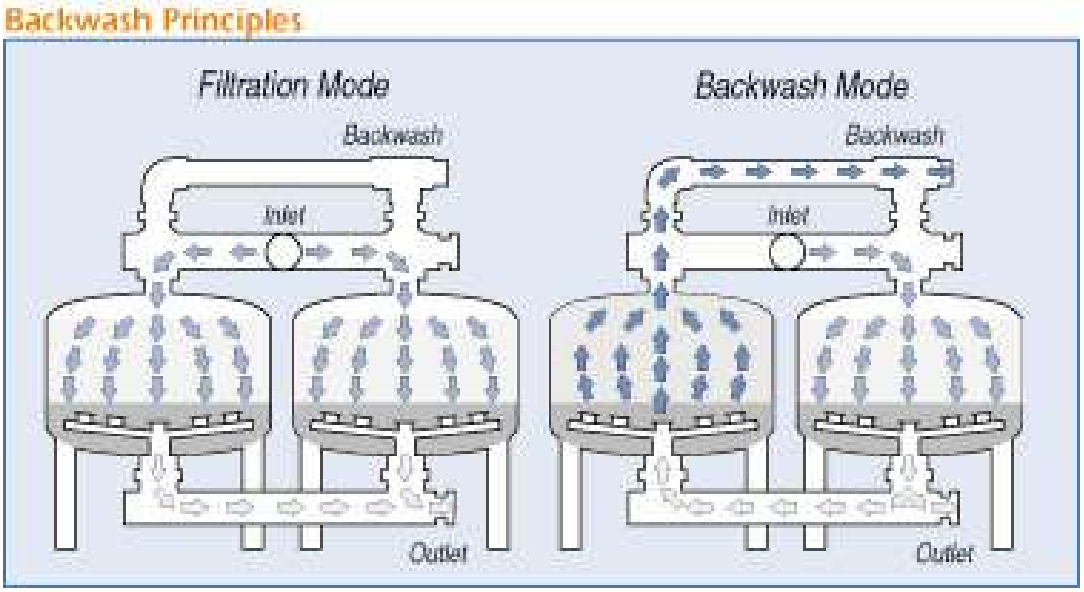
شكل (23) الضرر الناتج من الطرق على خط رئيسي

- يجب فحص الخطوط والمحابس بصفة دورية للتأكد من عدم وجود تسريبات أو كسور في الخطوط كما يجب فحص خطوط التنقيط والرشاشات بحثاً عن علامات انسداد أو تسريب ما أن غياب النباتات في جزء منزروع من الحقل او علامات العطش على النباتات غالباً ما تدل على حدوث انسداد في بعض أو كل الخط.
- يجب مراعات غسيل الخط بصف دورية وذلك عن طريق فك الرشاشات في خطوط الرش أو فتح نهايات الخطوط في خطوط التنقيط ثم دفع الماء بكميات أكبر من التصرف المعتاد للخط وذلك حتى يتم حمل الشوائب والعوالق في الخطوط إلى خارج الخط مع مراعات الضغوط حتى لا تؤثر على سلامة الخط ويوضح جدول 1 ضغوط الغسيل لخطوط ري بالتنقيط ويستحسن ألا تزيد سرعة المياه المستخدمة لعملية الغسيل عن 1.5 متر/ ثانية في الخط الرئيسي وتحت الرئيسي و 0.5 متر / ثانية في خطوط التنقيط و يتم حساب الزمن اللازم لعملية الغسيل في كل من الخط الرئيسي و تحت الرئيسي بقسمة طول الخط بالمتر على كمية التصرف متر مكعب/ دقيقة فينتج زمن الغسيل مقدراً بالدقائق، أما بالنسبة لخطوط التنقيط فيمكن فتح الخطوط مدة لا تزيد عن 30 دقيقة في حالة فتح خمس خطوط تنقيط من نهايتها ويفضل أن يتم الغسيل مرة شهرياً على الأقل.

Dripperline description	Pipe diameter (mm)	Wall thickness (mm)	Wall thickness (mil)	Max. working pressure (bar)	Max. flushing pressure (bar)
12060	12	0.15	6.0	1.4	1.6
12080	12	0.20	8.0	1.7	2.0
12125	12	0.31	12.5	2.5	2.9
12150	12	0.38	15.0	3.0	3.5
12200	12	0.50	20.0	3.0	3.5
12250	12	0.63	25.0	3.5	4.6
16060	16	0.15	6.0	0.8	0.9
16080	16	0.20	8.0	1.0	1.2
16100	16	0.25	10.0	1.2	1.4
16125	16	0.31	12.5	1.8	2.1
16150	16	0.38	15.0	2.2	2.5
16200	16	0.50	20.0	2.5	3.3
16250	16	0.63	25.0	2.8	3.6
22080	22	0.20	8.0	0.8	0.9
22100	22	0.25	10.0	1.0	1.2
22135	22	0.34	13.5	1.5	1.7
22150	22	0.38	15.0	1.8	2.1
22250	22	0.63	25.0	2.5	2.9
25135	25	0.34	13.5	1.2	1.4
25150	25	0.38	15.0	1.4	1.6
35135	35	0.34	13.5	0.9	1.0
35150	35	0.38	15.0	1.0	1.2
12010	12	1.00	39.0	3.5	4.6
16009	16	0.90	35.0	3.0	3.9
16010	16	1.00	39.0	3.5	4.6
16012	16	1.20	47.0	4.0	5.2
17012	17	1.20	47.0	4.0	5.2

جدول(1) يوضح الضغوط المسموح بها عند غسيل خطوط الري بالتنقيط

- يجب مراعاة فرق الضغط قبل وبعد الفلتر، حيث تنص التوصيات على عدم السماح لهذا الفرق بتعدي 0.7 جوي، لأن ذلك مؤشر على انسداد الفلتر وانخفاض كفاءته، ويجب عندها تنظيف الفلتر حيث يتم دفع الماء في الاتجاه العكسي لطرد الشوائب من الفلتر.



شكل (24) اتجاهات السريان أثناء الفلترة والغسيل في فلتر رملي