الفصل العاشر

# أنابيب واقتصاديات نظم الري بالرش

## Pipes and Sprinkle Irrigation System Economics

### (١٠,١) مقدمة: Introduction

وضعت مواصفات قياسية ثابتة لمواد الأنابيب لكي يستطيع المهندسين اختيار المادة المناسبة للتطبيق المطلوب والوثوق في مقدرة الأنبوب بأن يحقق الغرض المتوقع منه. وضعت هذه المواصفات بحيث تتناسب أبعاد الأنابيب ونوع المادة مع قوتها ومقدرتها في مقاومة الأثقال. أن مواد أنابيب اللدائن البلاستيكية الشائعة هي بولي فنيل كلوريد (*PVC*) والبولي إيثلين (*PE*). تستخدم هذه المواد في مجموعة واسعة من التطبيقات في نظم الري. بسبب سهولة تصنيع أنابيب *PVC* تستخدم في العديد من مشاريع الري في جميع أنحاء العالم. المواصفات المذكورة في هذا الجزء تطبق خاصة على أنابيب اللدائن البلاستيكية. بينما الأنواع الأخرى من مواد الأنابيب لها مواصفات مشابهة يمكن الحصول عليها من مراجع أخرى مثل مواصفات جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية.

### أنواع أنابيب الري بالرش :

هناك أنواع كثيرة من الأنابيب تستخدم في شبكات الري بالرش سواء كأنابيب رئيسية أو شبه رئيسية أو فرعية، ولكن هناك ثلاثة أنواع رئيسية تستخدم في نظم الري بالرش، الشكل رقم (١٠,١) هي:

### ١. أنابيب مرنة ومتنقلة: Flexible and Portable Pipes

هـــذه الأنابيب عادة تصنع من البلاستيك وتتميز بخفة وزنها وإمكانية دفنها تحـــت ســـــطح الأرض مما جعلها الآن تســـتخدم بكثرة في الري. وتصنع هذه الأنابيب في الغالب من المواد التالية :-

- البلاستيك القاسي PVC Polyvinyl Chloride
- البولي ايثلين PE Polyethylene
- الاسبستوس ABS Acrylonitrite Butadiene Styrene

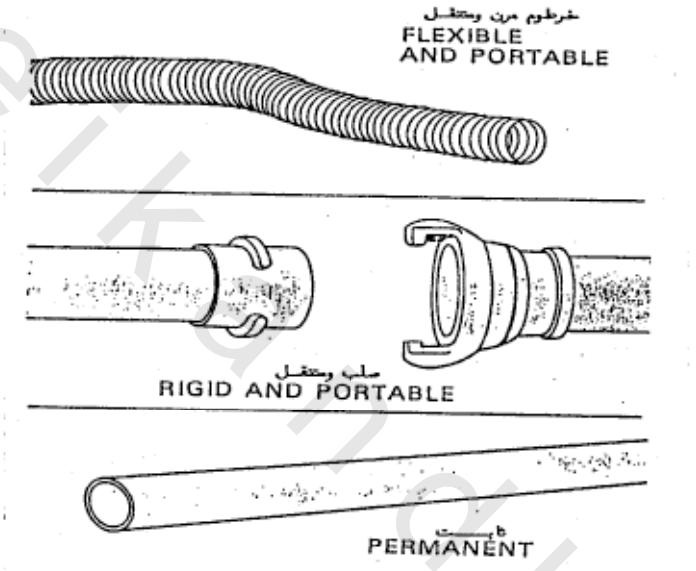
ويمكـــن الحصـــول على أنابيب البلاستيك لمدى واسع من ضغوط التشغيل القصـــوى وكذلك أقطار مختلفة. ليس هناك أدوات لتوصيل هذه الأنابيب كما هو الحـــال مع أنابيب الألمنيوم، لذلك لاتستخدم بكثرة مع النظام المتنقل ولكن يمكن أن تســـتخدم مـــع النظام الثابت. كذلك نجد أن اتصال الأنابيب عن طريق تركيبات داخلية مما يؤدي إلى انخفاض القطر عند نقاط الاتصال وبالتالي لاتستخدم بكثرة مع النظام المتنقل.

ويـــراعى عند دفن هذه الأنابيب تحت ســـطح الأرض أن تكون على عمق يـــتراوح من ٤٦-٧٦ سم وذلك لحماية الأنابيب من تأثير مرور المركبات والآليات الزراعية عليها، ولكن ليس بالعمق الذي يضيف ثقل زائد من التربة على الأنابيب .

### ٢. أنابيب صلبة ومتنقلة: Rigid and Portable Pipes

تتمـــيز هذه الأنابيب بأنها صلبة غير قابلة للانثناء وكذلك خفة وزنها حتى يمكن نقلها من مكان إلى آخر. أكثر الأنواع استخداما هي الأنابيب المصنوعة من الألمنـــيوم وتستخدم بكثرة في نظام الري بالرش المتنقل. وتوضع هذه الأنابيب فوق ســـطح الأرض وتوجد بأقطار مختلفة تتراوح من ٥١-٢٥٤ مم (٢-١٠ بوصة) وبـــأطوال مختلفة. وتصنع نهايات هذه الأنابيب بحيث يمكن وصلها ببعضها بسهولة

بواســـطة حلقـــات وشبكات ميكانيكية ذات خطاف بعمل وصلة قوية كما هو موضح بالشكل (١٠,١). أقصى ضغط تشغيل مسموح به لأنابيب الألمنيوم حوالي ١٠٠٠ كيلوبسكال (١٥٠رطل/بوصة$^{٢}$) وهو حوالي $\frac{1}{3}$ إلى $\frac{1}{2}$ ضغط الدفع.




**الشكل رقم (١٠,١) أنواع أنابيب الري بالرش.**

### ٣. أنابيب ثابتة: Permanent Pipes

الأنابيـــب الثابتة تستخدم فوق سطح الأرض أو تحت سطح الأرض. هذه الأنابيب قد تكون من الصلب المجلفن (Galvanized Steel) أو من النحاس (Copper) أو من أسمنت الأسبستوس (Asbestos Cement).

ومن مميزات هذه الأنابيب هو تحملها للضغوط المختلفة. ولكن من عيوبها هـــو تعرضـــها للتآكل والصدأ وخاصة الصلب المجلفن. وكذلك ثقل وزنها وعدم نقلها بسهولة.

مـــن الأخطاء الشائعة في نظم الري بالرش استعمال أنابيب ذات أقطار أصغر مـــن المطلوب، وهذا لمجرد رخص ثمنها عن الأنابيب ذات الأقطار الأكبر، ولا يوجد اهـــتمام كاف لتقدير الفواقد الكبيرة التي تحدث في الضغط. وتظهر نتائج مثل هذا الخطـــأ عندما لا يتوفر الضغط اللازم لتشغيل الرشاشات بكفاءة. علاوة على ذلك فـــان اســـتخدام أنابيب صغيرة القطر لا يترك مجالا في المستقبل لزيادة سعة النظام المستعمل وقد تحدث مشاكل إضافية نتيجة تزايد خشونة جدران الأنبوب مع الزمن.

وللوصـــول إلى الضغط المطلوب في مثل الحالات السابقة لابد من استخدام مضـــخات أكبر لتناسب الزيادة الكبيرة في الفواقد، ولايقتصر الأمر على تكلفة شراء مضخات جديدة فقط بل ستكون هناك أيضا تكلفة زائدة للوقود المطلوب للحصول على ضغط مرتفع عند المضخة.

كذلـــك لابـــد أن تكون أنابيب الري المستخدمة ذات قوة كافية لتتحمل ضغوط التشغيل والطرق المائي المتوقعة أثناء تشغيل نظام الري. كذلك تكون ذات عمـــر أو مـــدة استخدام تساوي أو تزيد عن أعمار أجزاء شبكة الري الأخرى. فمثلاً الأنابيب المدفونة لابد أن تقاوم الأوزان الزائدة مثل وجود الآت زراعية أثناء خدمة المزرعة، بينما الأنابيب المتنقلة يجب أن تكون خفيفة الوزن ومقاومة للتآكل وعوامـــل التعرية. لذلك لابد من اعتبار العامل الاقتصادي عند اختيار نوع مادة الأنبوب والقطر ونوع نظام الري.

### (١٠,٢) مواصفات الأنابيب: Pipe Standads

هـــناك مواصـــفات قياسية سعودية والتي تعتمد على المواصفات القياسية العالمـــية (*ISO*). هذه المواصفات معروفة دولياً يتم اتباعها من قبل المهندسين عند اختيار الأنابيب المستخدمة في نظم الري. تعتمد هذه المواصفات على نوع مادة الأنـــبوب وقدرتها على تحمل الضغوط الناتجة من سريان المياه أثناء تشغيل نظام الـــري وكذلك أبعاد الأنبوب (مثل قطر الأنبوب وسمك جدران الأنبوب). أكثر

هـــذه المواصـــفات القياسية استخداماً هي مواصفات جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية ومواصفات المنظمة الدولية (*ISO*) .

تختلف هذه المواصفات حسب نوع مادة الأنبوب ، فمثلاً هناك مواصفات الأنابيب البلاستيكية المستخدمة مع نظم الري والتي انتشر استخدامها في السنوات الأخيرة ، بالإضافة إلى مواصفات أنابيب الصلب والأنواع الأخرى من الأنابيب.

نظراً لأهمية الأنابيب البلاستيكية وزيادة استخداماتها مع نظم الري المختلفة سوف نذكر النقاط الأساسية لهذه المواصفات التي قد تساعد المهندس الزراعي عند اختيار الأنبوب أثناء تصميم نظام الري.

## مواصفات الأنابيب البلاستيكية:

انتشـــر استخدام هذا النوع من الأنابيب وذلك لخفة وزنها وإمكانية دفنها تحت سطح الأرض ، بالإضافة إلى أن تكاليف الشراء أقل بالمقارنة بأنابيب الصلب. المـــواد الـــتي تصـــنع مـــنها هذه الأنابيب هي *PVC*، *PE*، *ABS*. أن معظم أنابيب البلاستيك مقاومة للتآكل بسبب الأملاح والمواد المضافة مع مياه الري. هناك عيب رئيسي لهذا النوع من الأنابيب هو التمدد والانكماش بسبب تغيرات درجة الحرارة وكذلـــك انخفـــاض القوة الميكانيكية لهذه الأنابيب. ويمكن تقسيم هذه الأنابيب حسب الضغط المسموح به لمادة الأنبوب ومقدرتها على مقاومة الضغط الناتج من سريان المياه إلى الآتي:

أ . أنابيب ذات ضغط منخفض :

أقطارهـــا تتراوح من ١١٤ مم إلى ٦٣٠ مم (٤ إلى ٢٤ بوصة)، بينما الضغط المسموح به على جدران الأنبوب لايتجاوز ٥٤٥ كيلوبسكال (٧٩ رطل/بوصة٢).

ب. أنابيب ذات ضغط عالي :

أقطارها تتراوح من ٢١ مم إلى ٧١٠ مم (٠,٥ إلى ٢٨ بوصة)، بينما الضغط الداخلي المســـموح به على جدران الأنبوب من ٥٥٠ إلى ٢١٧٠ كيلوبسكال

(٨٠ – ٣١٥ رطـــل/بوصـــة٢) شاملاً الطرق المائي. والطـــرق المائي يحدث بسبب التغيرات الفجائية في سرعة السريان مما ينتج عنه تغيرات فجائية وسريعة في الضغط.

الأنابيـــب البلاســـتيكية ذات الضغط العالي هي الأكثر استخداماً مع نظم الـــري بالـــرش ولابد من وجود المعايير التالية لهذه الأنابيب عند اختيار الأنبوب المناسب وهي كالتالي:

١. أن يكون الأنبوب ذو ضغط تشغيل وسرعة سريان يفي باحتياجات التصميم بدون حـــدوث انهـــيار للأنبوب. وكعامل أمان مقابل ضغط الاندفاع أو الطرق المائي. كذلك يجب أن لايتجاوز ضغط التشغيل ٧٢٪ من الضغط المصنف للأنبوب، كما يجب أن لاتتعدى سرعة السريان التصميمية عند سعة النظام ١,٥ متر/ثانية.
٢. يجب أن تكون سعة الأنبوب كافية لإيصال حجم الماء المطلوب.
٣. أن تكون فواقد الاحتكاك لاتقل عن تلك المحسوبة بمعادلة هيزن – ويليام.
٤. أن تكـــون المخـــارج على الأنبوب لها سعة كافية لإعطاء السريان المطلوب لجميع الرشاشات أو الأنابيب الفرعية عند ضغط التشغيل التصميمي.

**الأنابيب ودرجة تحمل الضغط وجهد الشد التصميمي:**

يـــتحكم في أبعاد الأنبوب البلاستيكي كل من الضغط الناتج من سريان المياه على جدران الأنبوب الداخلية وكذلك قطـــر ونوع مادة الأنبوب. ويسمى أقصـــى ضـــغط يمكـــن مقاومته بواسطة الأنبوب أثناء ســـريان المياه دون انهيار للأنبوب لفترة طويلة من الزمن بـــ (*PR*) Pressure Rating . أما أقصى جهد شـــد تصميمي مسموح به لمـــادة الأنبـــوب على جـــدران الأنبوب دون حدوث انهيار للأنبوب فيسمى (*S*) Hydrostatic Design Stress .

وهناك علاقة بين قطر الأنبوب وسمك الأنبوب يمكن كتابتها كالتالي:

$$SDR = \frac{d}{t} \qquad (١٠,١)$$

حيث أن :

$SDR$ = نسبة البعد القياسي (Standard Dimension Ratio) ويطلق عليها في بعض المراجع نسبة البعد $DR$ (Dimension Ratio).

$d$ = قطر الأنبوب الداخلي أو الخارجي حسب الاستخدام (مم).

$t$ = أقل سمك جدار للأنبوب (مم).

ويقع تحت كل فئة ضغط معينة مدى واسع من الأقطار لكل منها نفس النسبة القياسية ($SDR$) وبدلالة هذه النسبة والقطر الخارجي ($do$) لأي أنبوب يمكن إيجاد قطره الداخلي ($di$) بالعلاقة التالية:

$$d_i = d_o - 2t = d_o - 2\left(\frac{d_o}{SDR}\right) \qquad (١٠,٢)$$

أقل سمك جدار يمكن استخدامه في هذه العلاقة للأنابيب البلاستيكية هو ١,٥٢ مم (٠,٠٦ بوصة). هناك نسب أبعاد تم اختيارها كمواصفات وبالتالي جدولتها في جداول يمكن الرجوع إليها كمواصفات قياسية عند اختيار نسبة البعد القياسي المطلوب.

أيضاً هناك علاقة تربط نسبة البعد القياسي والضغط الواقع على جدران الأنبوب كالتالي:

١ . عند استخدام القطر الخارجي للأنبوب يمكن إيجاد أقصى ضغط ($PR$) من العلاقة التالية:

$$PR = \frac{2S}{SDR - 1} = \frac{2S}{\frac{d_o}{t} - 1} \qquad (١٠,٣)$$

٢ . عند استخدام القطر الداخلي للأنبوب تكون العلاقة :

$$PR = \frac{2S}{SDR + 1} = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1} \qquad (١٠,٤)$$

حيث أن:

$PR$ = أقصى ضغط تشغيل (كيلوبسكال).

$S$ = جهد الشد التصميمي المسموح به لمادة الأنبوب (كيلوبسكال).

$d_i$ ، $d_o$ = قطر الأنبوب الخارجي والداخلي على التوالي (مم).

$t$ = أقل سمك جدار للأنبوب (مم).

هناك جداول تصنف الأنابيب البلاستيكية حسب نوع مادة الأنبوب ورقم تصنيف الأنبـــوب تبين مقدار جهد الشد التصميمي ($S$) لكل أنبوب، الجدول رقم (١٠,١). ومقـــدار ضـــغط التشغيل ($PR$) حسب نسبة البعد القياسي لكل أنبوب كما في الجدول رقم (١٠,٢). ومن هذه الجداول يمكن معرفة $PR$ أو $S$ لكل أنبوب بعد معرفة رقم الأنبوب ونوع مادة الأنبوب والقطر المستخدم.

**الجدول رقم (١٠,١) أقصى شد تصميمي للأنابيب البلاستيكية حسب تصنيف جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية.**

| المكون | دلالة الرمز المعياري | جهد الشد التصميمي (S) | |
|---|---|---|---|
| | | (M.Pa) | (PSI) |
| PVC | PVC 1120 | 13.8 | 2000 |
| PVC | PVC 1220 | 13.8 | 2000 |
| PVC | PVC 2120 | 13.8 | 2000 |
| PVC | PVC 2116 | 11.0 | 1600 |
| PVC | PVC 2112 | 8.6 | 1250 |
| PVC | PVC 2110 | 6.9 | 1000 |
| PE | PE 3408 | 5.5 | 800 |
| PE | PE 3406 | 4.3 | 630 |
| PE | PE 3306 | 4.3 | 630 |
| PE | PE 2306 | 4.3 | 630 |
| PE | PE 2305 | 3.4 | 500 |
| ABS | ABS 1316 | 11.0 | 1600 |
| ABS | ABS 2112 | 8.6 | 1250 |
| ABS | ABS 1210 | 6.9 | 1000 |

obeikandl.com

**الجدول رقم (١٠,٢) الأنابيب البلاستيكية حسب الضغط المسموح به لكل أنبوب عند سريان المياه.**

| نسبة البعد القياسي (SDR) | | الضغط المسموح به داخل الأنابيب PR (ك.بسكال) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | أنابيب البلاستيك | | | | أنابيب البولي ايلين | | | أنابيب الاسبستوس | |
| بالنسبة للقطر الخارجي للأنبوب (OD) | بالنسبة للقطر الداخلي للأنبوب (ID) | PVC 1120 PVC 1220 PVC 2120 | PVC 2116 | PVC 2112 | PVC 2110 | PE 3408 | PE 3408 PE 3306 PE 2306 | PE 2305 | ABS 1316 | ABS 2112 | ABS 1210 |
| | 5.3 | | | | | 1725 | 1380 | 1105 | | | |
| | 7.0 | | | | | 1380 | 1105 | 860 | | | |
| 11.0 | 9.0 | | | | | 1105 | 860 | 690 | | | |
| 13.5 | 11.5 | 2170 | 1725 | 1380 | 1105 | | | | 1725 | 1380 | 1105 |
| 17.0 | 15.0 | 1725 | 1380 | 1105 | 860 | 690 | 550 | 435 | 1380 | 1105 | 860 |
| 21.0 | | 1380 | 1105 | 860 | 690 | 550 | 440 | | 1105 | 860 | 690 |
| 26.0 | | 1105 | 860 | 690 | 550 | 440 | 345 | | 860 | 690 | 550 |
| 32.5 | | 860 | 690 | 550 | 435 | 345 | 275 | | 690 | 550 | 440 |
| 41.0 | | 690 | 550 | 435 | 345 | 275 | 215 | | 550 | 440 | 345 |
| 51.0 | | 550 | 435 | 345 | 275 | | | | 440 | 345 | 275 |
| 64.0 | | 435 | 345 | 275 | 205 | | | | | | |
| 81.0 | | 345 | 275 | 205 | 170 | | | | 275 | 205 | 170 |
| 93.5 | | 295 | | | | | | | | | |

- درجة حرارة الماء هي ٢٣° م.
- ١ رطل/بوصة$^{٢}$ = ٦,٨٩٤٨ كيلوبسكال.

ولتوضيح كيفية استخدام الجداول يمكن اعطاء المثال التالي.

**مثال:**

أنبوب من الـ *PVC* مصنوع من مادة ذات رقم *PVC2116* . فإذا كان القطر الداخلي للأنبوب ٢٥ سم . أوجد ضغط التشغيل (*PR*) للأنبوب للحالتين:

أ . الأنبوب من ذات الضغط المنخفض وسمك الجدران ١,٨ مم .

ب. الأنبوب من ذات الضغط العالي وسمك الجدار ٩,٦ مم .

## الحـــل

من جدول (١٠,١) للأنبوب *PVC 2116* يكون :

$$S = 11\ M.Pa = 11000\ K.Pa$$

أولاً: الأنبوب ذات الضغط المنخفض:

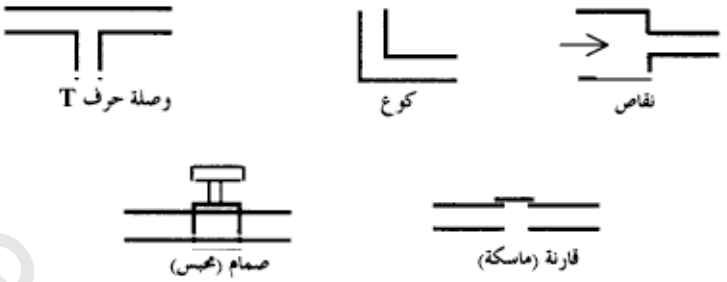
$$PR = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1} = \frac{2 \times 11000}{\frac{250}{1.8} + 1} = \frac{22000}{139 + 1} = 157\ kpa = 23\ psi$$

ثانياً: الأنبوب ذات الضغط العالـــي:

$$PR = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1} = \frac{2 \times 11000}{\frac{250}{9.6} + 1} = \frac{22000}{26 + 1} = 815\ kpa = 117\ psi$$

### (١٠,٣) ملحقات الأنابيب Pipe Fittings

وهي عبارة عن أطوال قصيرة من الأنابيب والوصلات تستخدم في الخطوط الرئيســـية وخطوط الرشاشات. ومن أمثلة الملحقات المستخدمة كثيراً في شبكات الـــري بالـــرش النقاصات *Reducers* وتستخدم للتوصيل بين أنبوبين ذوى قطرين مختلفين، بينما الأكواع *Elbows* تستخدم عندما يتطلب الأمر تغييراً في أتجاه الأنبوب والزوايا الشائعة الاستعمال في الانحناءات هي ٩٠ و ٤٥ درجة. أما وصلة حرف *T* فهـــي تســـتخدم لعمل أنبوب فرعي من الخط الرئيسي أو خط الرشاشات مثل حوامـــل الرشاشات، بينما القارنات *Couplers* فستخدم لوصل طولين من الأنابيب الممـــتدة في اتجاه واحد وهي تستعمل بكثرة مع أنابيب الألمنيوم في النظام المنقول يدوياً. أما الصمامات *Valves* فتستخدم للتحكم في التصرفات والضغوط في أنابيب شبكات الري بالرش. والشكل رقم (١٠,٢) يوضح بعض الامثلة لتلك الملحقات.




**الشكل رقم (١٠,٢) بعض ملحقات أنبيب شبكة الري بالرش.**

## (١٠,٤) مواصفات ملحقات الأنابيب: Pipe Fitting Standards

هـــناك مواصفات قياسية معروفة لكل ملحق يتم اتباعها من قبل المهندسين عـــند اختـــيار الملحق والهدف منه. تعتمد هذه المواصفات على نوع مادة الملحق وقدرتهـــا عـــلى تحمل الضغوط الناتجة من سريان المياه وكذلك تعتمد على أبعاد الأنـــبوب المســـتخدم، وأكـــثر هذه المواصفات استخداماً هي مواصفات جمعية المهندســـين الزراعيين الأمريكية ومواصفات المنظمة الدولية. ويمكن اتباع الطريقة المستخدمة في تحديد مواصفات الأنابيب مع الملحقات حيث تتشابه الطريقتان سواء كانت الأنابيب بلاستيكية أو من الصلب. وتبين المراجع الهيدروليكية المختلفة قيماً تجريبـــية لمعـــامل المقاومـــة $K_r$ خلال الأنواع المختلفة من الملحقات، أما بشكل منحنيات تتغير فيها قيم $K_r$ بتغيير نوع مادة الأنبوب، أو في صورة جداول تبين قيم مفـــردة. ولكـــن عند مقارنة القيم المقدمة لكل نوع من خلال تلك المصادر يتبين وجود بعض التباين بين هذه القيم. ولذلك يفضل الحصول على المعلومات الخاصة بكل ملحق على حدة من قبل الشركة المنتجة. والجدول رقم (١٠,٣) يوضح مثلاً

obeikandl.com

مواصفات قياسية لصمام طرد الهواء وتخفيف الهواء عن جمعية المهندسين الزراعيين الامريكية، حيث يبين الجدول الأقطار الدنيا الموصي بها للصمامات لنظم الري ذات الضغط العالي وكذلك المنخفض. والجداول التالية من الجدول رقم (١٠,٤) إلى الجدول رقم (١٠,٦) تبين قيم معامل المقاومة $K_r$ حسب نوع الملحق وقطر الأنبوب، وهذه القيم مأخوذة من بيانات الشركة المنتجة من المرجع الاجنبي رقم (٥).

**الجدول رقم (١٠,٣) مواصفات قياسية لصمام طرد وتخفيف الهواء (عن ASAE، مواصفة رقم S376.1).**

| نظم الضغط العالي | | | |
|---|---|---|---|
| قطر الأنبوب | | أقل قطر لمخرج الصمام | |
| (مم) | (بوصة) | (مم) | (بوصة) |
| ١٠٢ | ٤ أو أقل | ١٣ | ٠,٥ |
| ١٢٧ — ٢٠٣ | ٥ — ٨ | ٢٥ | ١,٠ |
| ٢٥٤ — ٥٠٠ | ١٠ — ٢٠ | ٥١ | ٢,٠ |
| ٥٣٠ | ٢١ أو أكبر | ٠,١ × قطر الأنبوب | |
| **نظم الضغط المنخفض** | | | |
| قطر الأنبوب | | أقل قطر لمخرج الصمام | |
| (مم) | (بوصة) | (مم) | (بوصة) |
| ١٥٢ | ٦ أو أقل | ٥١ | ٢,٠ |
| ١٧٨ — ٢٥٤ | ٧ — ١٠ | ٧٦ | ٣,٠ |
| ٣٠٥ | ١٢ أو أكثر | ١٠٢ | ٤,٠ |

obeikandl.com

الجدول رقم (١٠,٤) قيم معامل المقاومة $K_r$ حسب نوع الملحق المستخدم حسب المعادلة $h_f = K_r \frac{v^2}{2g}$، الصمامات قياسية مع فتح كامل.

| نوع الملحق | L/d | أقطار الأنابيب القياسية (مم) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ١٣ | ١٩ | ٢٥ | ٣٢ | ٣٨ | ٥١ | ٧٦-٦٤ | ١٠٢ | ١٥٢ | ٢٥٤-٢٠٤ | ٤٠٨-٣٠٤ |
| | | قيم $K_r$ | | | | | | | | | | |
| محابس بوابية | ٨ | ٠,٢٢ | ٠,٢٠ | ٠,١٨ | ٠,١٨ | ٠,١٥ | ٠,١٥ | ٠,١٤ | ٠,١٤ | ٠,١٢ | ٠,١١ | ٠,١٠ |
| محابس سكينية | ٣٤٠ | ٩,٢ | ٨,٥ | ٧,٨ | ٧,٥ | ٧,١ | ٦,٥ | ٦,١ | ٥,٨ | ٥,١ | ٤,٨ | ٤,٤ |
| محابس زاوية | ٥٥ | ١,٤٨ | ١,٣٨ | ١,٢٧ | ١,٢١ | ١,١٦ | ١,٠٥ | ٠,٩٩ | ٠,٩٤ | ٠,٨٣ | ٠,٧٧ | ٠,٧٢ |
| محابس زاوية | ١٥٠ | ٤,٠٥ | ٣,٧٥ | ٣,٤٥ | ٣,٣٠ | ٣,١٥ | ٢,٨٥ | ٢,٧٠ | ٢,٥٥ | ٢,٢٥ | ٢,١٠ | ١,٩٥ |
| محابس كروية | ٣ | ٠,٠٨ | ٠,٠٨ | ٠,٠٧ | ٠,٠٧ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ |
| محبس فراشي | | | | | | | ٠,٨٦ | ٠,٨١ | ٠,٧٧ | ٠,٦٨ | ٠,٦٣ | ٠,٣٥ |
| محبس مستقيم | ١٨ | ٠,٤٩ | ٠,٤٥ | ٠,٤١ | ٠,٤٠ | ٠,٣٨ | ٠,٣٤ | ٠,٣٢ | ٠,٣١ | ٠,٢٧ | ٠,٢٥ | ٠,٢٣ |
| ثلاثة المنافذ | ٣٠ | ٠,٨١ | ٠,٧٥ | ٠,٦٩ | ٠,٦٦ | ٠,٦٣ | ٠,٥٧ | ٠,٥٤ | ٠,٥١ | ٠,٤٥ | ٠,٤٢ | ٠,٣٩ |
| محبس متفرع | ٩٠ | ٢,٤٣ | ٢,٢٥ | ٢,٠٧ | ١,٩٨ | ١,٨٩ | ١,٧١ | ١,٦٢ | ١,٥٣ | ١,٣٥ | ١,٢٦ | ١,١٧ |

محسوبة من بيانات شركة كرانا. ورقة علمية رقم ٤١٠.

obeikandi.com

**الجدول رقم (١٠,٥) قيم معامل المقاومة $K_r$ حسب نوع الملحق المستخدم حسب المعادلة $h_f = K_r \frac{v^2}{2g}$، الصمامات قياسية مع فتح كامل.**

| نوع الملحق | نوع الانحناء | L/d | أقطار الأنابيب القياسية (مم) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ١٣ | ١٩ | ٢٥ | ٣٢ | ٣٨ | ٥١ | ٧٦-٦٤ | ١٠٢ | ١٥٢ | ٢٥٤-٢٠٤ |
| | | | قيم $K_r$ | | | | | | | | | |
| كوع قياسي | ٩٠ | ٣٠ | ٠,٨١ | ٠,٧٥ | ٠,٦٩ | ٠,٦٦ | ٠,٦٣ | ٠,٥٧ | ٠,٥٤ | ٠,٥١ | ٠,٤٥ | ٠,٤٢ |
| | ٤٥ | ١٦ | ٠,٤٣ | ٠,٤٠ | ٠,٣٧ | ٠,٣٥ | ٠,٣٤ | ٠,٣٠ | ٠,٢٩ | ٠,٢٧ | ٠,٢٤ | ٠,٢٢ |
| | ٩٠ | ١٦ | ٠,٤٣ | ٠,٤٠ | ٠,٣٧ | ٠,٣٥ | ٠,٣٤ | ٠,٣٠ | ٠,٢٩ | ٠,٢٧ | ٠,٢٤ | ٠,٢٢ |
| انحناء عودة | | ٥٠ | ١,٣٥ | ١,٢٥ | ١,١٥ | ١,١٠ | ١,٠٥ | ٠,٩٥ | ٠,٩٠ | ٠,٨٥ | ٠,٧٦ | ٠,٧٠ |
| انحناء T قياسي | خلال الرئيس | ٢٠ | ٠,٥٤ | ٠,٥٠ | ٠,٤٦ | ٠,٤٤ | ٠,٤٢ | ٠,٣٨ | ٠,٣٦ | ٠,٣٤ | ٠,٣٠ | ٠,٢٨ |
| | خلال التفرع | ٦٠ | ١,٦٢ | ١,٥٠ | ١,٣٨ | ١,٣٢ | ١,٢٦ | ١,١٤ | ١,٠٨ | ١,٠٢ | ٠,٩٠ | ٠,٨٤ |
| انحناءات ذات ٩٠ درجة، انحناءات أنبوب، أكواع ذو الشفة، أكواع ملحمة. | r/d = 1 | ٢٠ | ٠,٥٤ | ٠,٥٠ | ٠,٤٦ | ٠,٤٤ | ٠,٤٢ | ٠,٣٨ | ٠,٣٦ | ٠,٣٤ | ٠,٣٠ | ٠,٢٨ |
| | r/d = 2 | ١٢ | ٠,٣٢ | ٠,٣٠ | ٠,٢٨ | ٠,٢٦ | ٠,٢٥ | ٠,٢٣ | ٠,٢٢ | ٠,٢٠ | ٠,١٨ | ٠,١٧ |
| | r/d = 3 | ١٢ | ٠,٣٢ | ٠,٣٠ | ٠,٢٨ | ٠,٢٦ | ٠,٢٥ | ٠,٢٣ | ٠,٢٢ | ٠,٢٠ | ٠,١٨ | ٠,١٧ |
| | r/d = 4 | ١٤ | ٠,٣٨ | ٠,٣٥ | ٠,٣٢ | ٠,٣١ | ٠,٢٩ | ٠,٢٧ | ٠,٢٥ | ٠,٢٤ | ٠,٢١ | ٠,٢٠ |
| | r/d = 6 | ١٧ | ٠,٤٦ | ٠,٤٣ | ٠,٣٩ | ٠,٣٧ | ٠,٣٦ | ٠,٣٢ | ٠,٣١ | ٠,٢٩ | ٠,٢٦ | ٠,٢٤ |
| | r/d = 8 | ٢٤ | ٠,٦٥ | ٠,٦٠ | ٠,٥٥ | ٠,٥٣ | ٠,٥٠ | ٠,٤٦ | ٠,٤٣ | ٠,٤١ | ٠,٣٦ | ٠,٣٤ |
| | r/d = 10 | ٣٠ | ٠,٨١ | ٠,٧٥ | ٠,٦٩ | ٠,٦٦ | ٠,٦٣ | ٠,٥٦ | ٠,٥٤ | ٠,٥١ | ٠,٤٥ | ٠,٤٢ |
| | r/d = 12 | ٣٤ | ٠,٩٢ | ٠,٨٥ | ٠,٧٨ | ٠,٧٥ | ٠,٧١ | ٠,٦٥ | ٠,٦١ | ٠,٥٨ | ٠,٥١ | ٠,٤٨ |
| | r/d = 14 | ٣٨ | ١,٠٣ | ٠,٩٥ | ٠,٨٧ | ٠,٨٤ | ٠,٨٠ | ٠,٧٢ | ٠,٦٨ | ٠,٦٥ | ٠,٥٧ | ٠,٥٣ |
| | r/d = 16 | ٤٢ | ١,١٣ | ١,٠٥ | ٠,٩٧ | ٠,٩٢ | ٠,٨٨ | ٠,٨٠ | ٠,٧٦ | ٠,٧١ | ٠,٦٣ | ٠,٥٩ |
| | r/d = 18 | ٤٦ | ١,٢٤ | ١,١٥ | ١,٠٦ | ١,٠١ | ٠,٩٧ | ٠,٨٧ | ٠,٨٣ | ٠,٧٨ | ٠,٦٩ | ٠,٦٤ |
| | r/d = 20 | ٥٠ | ١,٣٥ | ١,٢٥ | ١,١٥ | ١,١٠ | ١,٠٥ | ٠,٩٥ | ٠,٩٠ | ٠,٨٥ | ٠,٧٥ | ٠,٧٠ |
| انحناء تاجي | $\alpha = 0$ | ٢ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٤ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ | ٠,٠٣ |
| | $\alpha = 15°$ | ٤ | ٠,١١ | ٠,١٠ | ٠,٠٩ | ٠,٠٩ | ٠,٠٨ | ٠,٠٨ | ٠,٠٧ | ٠,٠٧ | ٠,٠٦ | ٠,٠٦ |
| | $\alpha = 30°$ | ٨ | ٠,٢٢ | ٠,٢٠ | ٠,١٨ | ٠,١٨ | ٠,١٧ | ٠,١٥ | ٠,١٤ | ٠,١٤ | ٠,١٢ | ٠,١١ |
| | $\alpha = 45°$ | ١٥ | ٠,٤١ | ٠,٣٨ | ٠,٣٥ | ٠,٣٣ | ٠,٣٢ | ٠,٢٩ | ٠,٢٧ | ٠,٢٦ | ٠,٢٣ | ٠,٢١ |
| | $\alpha = 60°$ | ٢٥ | ٠,٦٨ | ٠,٦٣ | ٠,٥٨ | ٠,٥٥ | ٠,٥٣ | ٠,٤٨ | ٠,٤٥ | ٠,٤٣ | ٠,٣٨ | ٠,٣٥ |
| | $\alpha = 75°$ | ٤٠ | ١,٠٩ | ١,٠٠ | ٠,٩٢ | ٠,٨٨ | ٠,٨٤ | ٠,٧٦ | ٠,٧٢ | ٠,٦٨ | ٠,٦٠ | ٠,٥٦ |
| | $\alpha = 90°$ | ٦٠ | ١,٦٢ | ١,٥٠ | ١,٣٨ | ١,٣٢ | ١,٢٦ | ١,١٤ | ١,٠٨ | ١,٠٢ | ٠,٩٠ | ٠,٨٤ |

محسوبة من بيانات شركة كرانا. ورقة علمية رقم ٤١٠.

obeikandl.com

الجدول رقم (١٠,٦) قيم معامل المقاومة $K_r$ حسب نوع الملحق المستخدم حسب المعادلة $h_f = K_r \frac{v^2}{2g}$، الصمامات قياسية مع فتح كامل.

| نوع الملحق | L/d | أقل سرعة للماء متر/ث | أقطار الأنابيب القياسية (مم) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ١٣ | ١٩ | ٢٥ | ٣٢ | ٣٨ | ٥١ | ٧٦-٦٤ | ١٠٢ | ١٥٢ | ٢٥٤-٢٠٤ |
| | | | قيم $K_T$ | | | | | | | | | |
| محابس الايقاف | ٤٠٠ | ٢,١٢ | ١٠,٨ | ١٠ | ٩,٢ | ٨,٨ | ٨,٤ | ٧,٥ | ٧,٢ | ٦,٨ | ٦,٠ | ٥,٦ |
| | ٢٠٠ | ٢,٨٩ | ٥,٤ | ٥ | ٤,٦ | ٤,٤ | ٤,٢ | ٣,٨ | ٣,٦ | ٣,٤ | ٣,٠ | ٢,٨ |
| | ٣٥٠ | ٢,٣١ | ٩,٥ | ٨,٨ | ٨,١ | ٧,٧ | ٧,٤ | ٦,٧ | ٦,٣ | ٦,٠ | ٥,٣ | ٤,٩ |
| | ٣٠٠ | ٢,٣١ | ٨,١ | ٧,٥ | ٦,٩ | ٦,٦ | ٦,٣ | ٥,٧ | ٥,٤ | ٥,١ | ٤,٥ | ٤,٢ |
| | ٥٥ | ٥,٣٧ | ١,٥ | ١,٤ | ١,٣ | ١,٢ | ١,٢ | ١,١ | ١,٠ | ٩٤٠ | ٨٣٠ | ٧٧٠ |
| محابس فحص | ١٠٠ | ١,٣٥ | ٢,٧ | ٢,٥ | ٢,٣ | ٢,٢ | ٢,١ | ١,٩ | ١,٨ | ١,٧ | ١,٥ | ١,٤ |
| | ٥٠ | ١,٨٥ | ١,٤ | ١,٣ | ١,٢ | ١,١ | ١,١ | ١,٠ | ٠,٩ | ٠,٩ | ٧٥٠ | ٧٠٠ |
| محابس رفع | ٦٠٠ | ١,٥٤ | ١٦,٢ | ١٥ | ١٣,٨ | ١٣,٢ | ١٢,٦ | ١١,٤ | ١٠,٨ | ١٠,٢ | ٩,٠ | ٨,٤ |
| | ٥٥ | ٥,٤٠ | ١,٥ | ١,٤ | ١,٣ | ١,٢ | ١,٢ | ١,١ | ١,٠ | ٩٤٠ | ٨٣٠ | ٧٧٠ |
| عبس قدمي | ٤٢٠ | ٠,٥٨ | ١١,٣ | ١٠,٥ | ٩,٧ | ٩,٣ | ٩,٣ | ٨,٠ | ٧,٦ | ٧,١ | ٦,٣ | ٥,٩ |

محسوبة من بيانات شركة كرانا. ورقة علمية رقم ٤١٠.

قيم $K$ هي لحالة الفتح الكامل للقرص، وهي عالية للتصرفات المنخفضة في حالة الفتح الجزئي للقرص.

### (١٠,٥) تركيب أنابيب الري Pipeline Installation :

هناك بعض المواصفات عند حفر الأرض لتركيب ودفن أنابيب الري لنظام الري بالرش تحت سطح الأرض تتعلق بعمق وعرض الحفر وهي:

١ . عمق الحفر Trench depth

عمق الحفر المطلوب لكل أنبوب مرتبط بقطر الأنبوب كالتالي:

| قطر الأنبوب (مم) | أقل عمق مطلوب (متر) |
|---|---|
| ١٣ - ٦٤ | ٠,٤٦ |
| ٧٦ - ١٠٢ | ٠,٦١ |
| أكبر من ١٠٢ | ٠,٧٦ |

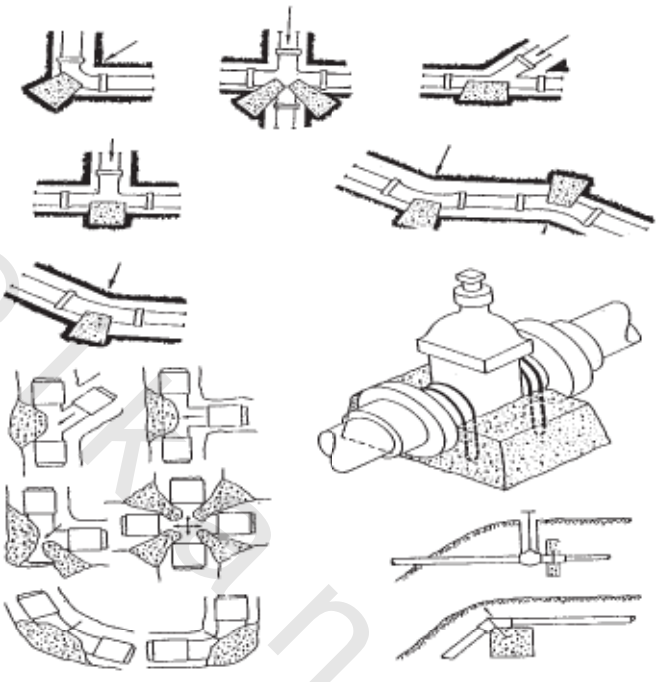
أمـــا في حالة وجود الأنبوب في مكان لعبور الآلات يكون اقل عمق مطلوب هو ٠,٧٦ متر فوق سطح الأنبوب وذلك لجميع الأقطار.

٢ . عرض الخندق Trench Width

يفضـــل أن لايـــزيد عرض الحفرة (الخندق) للأنبوب عن ٠,٩١ متر، كما يجب أن لايقل عرض الحفر عن ضعف قطر الأنبوب.

٣ . القواعد الخرسانية Thrust Blocks

يجب أن يكون الأنبوب منتظم ويستند بصورة متواصلة على دعامات (قواعد خرســـانية) مع عدم استخدام الكتل الخشبية أو الترابية للحصول على الميل المطلوب. وهذه الدعامة عبارة عن قاعدة خرسانية تتكون من الأسمنت، وتوضع في الاتجاه المقابل للســـريان لمنع أنبوب الري من تغيير مكانه بسبب الضغط الواقع عليه نتيجة تغيير اتجاه السريان. وتتحمل الدعائم الخرسانية القوة الدافعة بدلاً من الأنبوب وبالتالي لا يحدث انهيار أو انفجار للأنبوب. والشكل رقم (١٠,٣) يوضح مواقع هذه الدعائم عند تغيير اتجاه السريان على طول الأنبوب. وتوصي معظم الشركات المنتجة للأنابيب باستخدام هذه الدعائم عند تغيير زاوية اتجاه السريان بأكثر من ١٠ درجات.



**الشكل رقم (١٠,٣) أشكال مختلفة لمواقع الدعائم عند تغيير اتجاه السريان على طول الأنبوب.**

والدعائم المساندة ضرورية في المواضع التالية:

- عند تغيير اتجاه السريان في أنبوب الري (عند وجود الأكواع ، القسامات .... الخ).
- عند تغيير قطر الأنبوب (عند استخدام المنقصات).
- عند نهاية الأنبوب (عند استخدام سدادة ، صمام).
- عند وجود صمام للتحكم في التصرف في الأنبوب.

توضع هذه الدعائم المساندة بمحاذاة جدار الخندق الذي تم حفره يدوياً مع ملاحظة أن مناطق اتصال الأنابيب The Pipe Coupling يجب أن لاتكون متصلة بهذه

الدعائم كما هو موضح بالشكل رقم (١٠,٣). نوع وحجم دعائم المساندة يعتمد على قطر الأنبوب، ضغط التشغيل في الأنبوب، نوع التركيبات Fitting، درجة الانحناء، ونوع التربة المستخدمة. ويمكن حساب المساحة اللازمة لتحمل الثقل كالتالي:

١ . قوة الدفع *Thrust* الكلية الناتجة ($T_f$) = ضغط التشغيل في الأنبوب ($P_o$) × القيمة المناسبة لمعامل قوة الدفع ($C_T$) من الجدول رقم (١٠,٧).

$$T_f = P_o \times C_T \qquad (١٠,٥)$$

٢ . إيجاد قوة احتمال التربة ($S_b$) المستخدمة من الجدول رقم (١٠,٨).

**الجدول رقم (١٠,٧) قيم معامل قوة الدفع ($C_T$) في أنابيب الري حسب درجة الانحناء وحسب مواصفات جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية.**

| قطر الأنبوب | | معامل قوة الدفع ($C_T$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| بوصة | مم | وصلة نهاية أو قسام | كوع ٩٠° | كوع ٤٥° | كوع ٢٢,٥° |
| ١,٥ | ٤٨ | ٢,٩٤ | ٤,١٦ | ٢,٢٥ | ١,١٥ |
| ٢,٠ | ٦٠ | ٤,٥٦ | ٦,٤٥ | ٣,٥٠ | ١,٧٨ |
| ٢,٥ | ٧٣ | ٦,٦٥ | ٩,٤٠ | ٥,١٠ | ٢,٦٠ |
| ٣,٠ | ٨٩ | ٩,٨٠ | ١٣,٩٠ | ٧,٥١ | ٣,٨٢ |
| ٣,٥ | ١٠٢ | ١٢,٨ | ١٨,١٠ | ٩,٨١ | ٤,٩٩ |
| ٤ | ١١٤ | ١٦,٢ | ٢٣,٠٠ | ١٢,٤٠ | ٦,٣١ |
| ٥ | ١٤١ | ٢٤,٧٠ | ٣٥,٠٠ | ١٨,٩٠ | ٩,٦٣ |
| ٦ | ١٦٨ | ٣٤,٨٠ | ٤٩,٢٠ | ١٨,٩٠ | ١٣,٦٠ |
| ٨ | ٢١٩ | ٥٩,٠٠ | ٨٣,٥٠ | ٤٥,٢٠ | ٢٣,٠٠ |
| ١٠ | ٢٧٣ | ٩١,٥٠ | ١٣٠,٥٠ | ٧٠,٠٠ | ٣٥,٨٠ |
| ١٢ | ٣٢٤ | ١٢٩,٠٠ | ١٨٢,٠٠ | ٩٨,٥٠ | ٥٠,٣٠ |
| ١٤ | ٣٦٣ | ١٦٠,٠٠ | ٢٢٦,٥٠ | ١٢٢,٦٠ | ٦٢,٦٠ |
| ١٥ | ٣٨٩ | ١٨٣,٩٠ | ٢٦٠,٠٠ | ١٤٠,٧٠ | ٧١,٩٠ |
| ١٦ | ٤٠٦ | ٢٠١,١٠ | ٢٨٤,٤٠ | ١٥٣,٨٠ | ٧٨,٦٠ |
| ١٨ | ٤٧٥ | ٢٧٤,٧٠ | ٣٨٨,٤٠ | ٢١٠,١٠ | ١٠٧,٤٠ |
| ٢٠ | ٥١٨ | ٣٢٦,٩٠ | ٤٦٢,٢٠ | ٢٥٠,١٠ | ١٢٧,٨٠ |
| ٢١ | ٥٦٠ | ٣٨١,٨٠ | ٥٣٩,٩٠ | ٢٩٢,١٠ | ١٤٩,٣٠ |
| ٢٤ | ٦٣٠ | ٤٨٣,٢٠ | ٦٨٣,٢٠ | ٣٦٩,٦٠ | ١٨٨,٩٠ |
| ٢٧ | ٧١٠ | ٦١٣,٧٠ | ٨٦٧,٨٠ | ٤٦٩,٥٠ | ٢٣٩,٩٠ |

openkan.com

الجدول رقم (١٠,٨) قدرة احتمال التربة ($S_b$) حسب تصنيف جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية.

| نوع التربة | الإجهاد المسموح به ($S_b$) (ك.بسكال) | (رطل/قدم٢) |
|---|---|---|
| حجرية | ٥٠٠ | ١٠٠٠٠ |
| رملية صخرية | ٢٠٠ | ٤٠٠٠ |
| رملية خشنة | ١٥٠ | ٣٠٠٠ |
| طينية متوسطة الخشونة | ١٠٠ | ٢٠٠٠ |
| طينية ناعمة | ٥٠ | ١٠٠٠ |
| عضوية (داكنة) | صفر | صفر |

٣ . مساحة تحمل الثقل ($A_r$) = قوة الدفع الناتجة {من خطوة (١)} / قوة احتمال التربة {من خطوة (٢)}

$$A_r = \frac{T_F}{S_b} \qquad (١٠,٦)$$

**دفن الأنابيب:**

كذلك عند دفن أنابيب الري يمكن الاختيار بين الطريقة اليدوية أو الميكانيكية. ويجب أن يتم اختيار مواد الدفن لتكون خالية من الحجارة أو الحصى التي لها أقطار تزيد عن ٢٥مم والكتل الترابية التي تزيد أقطارها عن ٥٠ مم. مع وضع مواد الدفن بشكل طبقات متجانسة وبطريقة لاتسمح بوجود أي فراغات. ويجب أن يكون الدفن مستوي ومماثل لسطح الأرض.

**مثال:**

المطلوب حساب مساحة تحمل الثقل المطلوبة لدعامة مساندة عند كوع ٩٠° في أنبوب ري قطره ٢٧٣ مم وله ضغط تشغيل ٥٨٦ كيلوبسكال. وقد تم وضع الأنبوب في حفرة ذات تربة رملية خشنة.

## الحـــل

من الجدول (١٠,٧) لكوع ٩٠° وقطر أنبوب ٢٧٣ مم: $C_T = 130.5$

$$T_f = P_o \times C_T = 586 \times \frac{130.5}{1000} = 76.18\ KN$$

من الجدول (١٠,٨) لتربة رملية خشنة تكون قوة احتمال التربة هي:

$$S_b = 150\ kPa$$

$$A_{\gamma} = \frac{T_F}{S_b} = \frac{76.18\ KN}{150\ kPa} = 0.51\ m^2$$

وبالتالي تكون المساحة المتأثرة بقوة الدفع هي ٠,٥١ م$^2$ من الدعامة المسندة.

### مواد الدعائم المساندة

مـــواد الدعـــائم المساندة الموصى بها هي الأسمنت المسلح الذي له قوة تحمل ضغط على الأقل ١٣,٨ ميجا بسكال (٢٠٠٠ رطل/بوصة$^2$). ونسبة خلط الأسمنت لابـــد أن تكـــون ١ أسمنت: ٢ رمل: ٤ زلط (حصى). يجب أن تبنى الدعائم بحيث يكون سطح التحمل لأقصى مدى محتمل يتوافق مع أقصى قوة مبذولة بواسطة خط الأنبوب. اتجاه هذه القوى مبينة بواسطة الأسهم في الشكل رقم (١٠,٣).

### (١٠,٦) تكاليف الأنابيب : Pipeline Costs

تعـــتمد تكاليف الأنابيب بشكل أساسي على نوع مادة الأنبوب وعلى طريقة تركيـــبه إن كان على سطح الأرض أو مدفوناً ، وكذلك على مقدار قطر الأنبوب. وهناك تكاليف أخرى كالنقل والخزن والصيانة وغيرها. ويفضل التعبير عن جميع هذه التكاليف بالريال لكل متر واحد أو ١٠٠ متر من طول الأنبوب المنشأ أو المستخدم.

إذا كـــان الأنبوب موضوع على سطح الأرض فإن مجموع التكاليف تشمل سعر الأنبوب، وتكاليف النقل، والتركيب، والصيانة، والتخزين (إن وجد). أما إذا كـــان الأنـــبوب مدفوناً تحت السطح فإن مجموع التكاليف تشمل سعر الأنبوب، وتكاليف النقل، والحفر ، وفرشة الأنبوب في الحفرة، والتركيب، والردم، والصيانة، والتخزين (إن وجد).

وهناك كثير من الإرشادات والشروط والمواصفات الفنية التي تحدد وتصف كل عملية من هذه العمليات. وعلى المهندس المصمم والمنفذ أن يكون على اطلاع ومعـــرفة بهذه المواصفات. ومن أشهر هذه المواصفات وأكثرها شيوعاً في مثل هذه الأعمـــال مواصـــفات المواد والفحص الأمريكية *ASTM* والمواصفات البريطانية *BS* وكذلك المواصفات العالمية *ISO* .

ولغـــرض تحويل تكاليف الأنابيب الأولية إلى ما يعادلها من تكاليف سنـــوية منتظمة أو ثابتة تضرب التكاليف الأولية بمعامل اقتصادي يسمى معـــامل استرجاع رأس المال *Capital Recovery Factor* . ويعتمد هذا المعامل (*CRF*) على عمر استخدام الأنـــبوب ونســـبة الربح السنوية. ويعتمد عمر الاستخدام الاقتصادي للأنبوب على نوع مادة الأنبـــوب وكذلك إذا كان مدفوناً أو على السطح. ويتضمن الجدول رقم (١٠,٩) قيماً تقريبية لعمر الاستفادة المتوقع لمختلف أنواع الأنابيب.

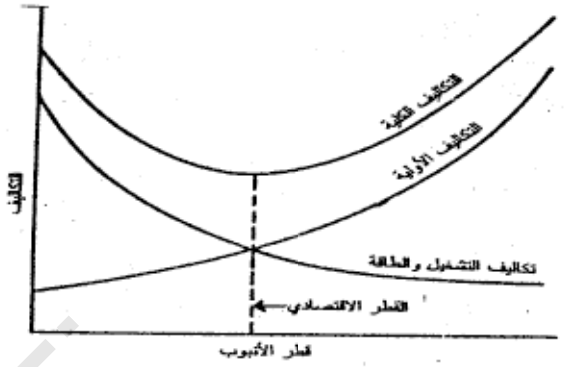
### (١٠,٧) اختيار الأنبوب الاقتصادي: Economic Pipe Selection

يعتبر اختيار القطر المناسب لأنبوب الري من أهم القرارات الهندسية عند تصميم نظـــام الري. غالباً لايُعطى هذا القرار الأهمية المطلوبة خاصة في نظم الري ذات التصميم الســـهل. والسبب في ذلك أن معظم المصممين يلجأوون إلى طريقة سهلة وسريعة عند اختـــيار قطر الأنبوب مثل طريقة فرض سرعة السريان أو طريقة فاقد الاحتكاك لوحدة الطول، وذلك لاعتقادهم أن الطريقة الاقتصادية لاختيار القطر المناسب تحتاج إلى جهد ووقـــت. وتعتمد هذه الطريقة الاقتصادية على اختيار القطر الذي يسبب أقل تكاليف كلـــية (تكالـــيف ثابـــتة + تكالـــيف تشغيل) مع الأخذ في الاعتبار فواقد الاحتكاك واقتصاديات المشروع لنظام الري كما يوضح ذلك الشكل رقم (١٠,٤). وبالتالي يكون القطـــر أو مجموعة الأقطار الاقتصادية المناسبة لشبكة أنابيب نظام الري هي التي تسبب أقل تكاليف كلية.

**الجدول رقم (١٠,٩) دليل إرشادي عن العمر الافتراضي لبعض مكونات نظم الري.**

| مكـــونات نـــظـــم الـــري | العمر الافتراضي ساعة | العمر الافتراضي سنة | تكاليف الصيانة السنوية ٪ |
|---|---|---|---|
| ١. الآبار ومواسيرها | | ١٥ – ٢٥ | ١,٥ – ٠,٥ |
| ٢. المحركات | | | |
| أ. محرك ديزل | ٢٨٠٠٠ | ١٠ – ٢٠ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| ب. محرك كهربائي | ٥٠٠٠٠ | ٢٠ – ٢٥ | ٢,٥ – ١,٥ |
| ج. محرك جازولين | | | |
| تبريد هواء | ٨٠٠٠ | ٣ – ٥ | ٩,٠ – ٦,٠ |
| تبريد ميـــاه | ١٨٠٠٠ | ٨ – ١٠ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| د. محرك بروبان | ٢٨٠٠٠ | ١٢ – ١٥ | ٧,٠ – ٤,٠ |
| ٣. المضخات | | | |
| أ. الطاردة المركزية | ٣٢٠٠٠ | ١٠ – ٢٠ | ٥,٠ – ٣,٠ |
| ب. التربينية | | | |
| * | ١٦٠٠٠ | ٣ – ١٠ | ٧,٠ – ٥,٠ |
| * الأعمدة وخلافه | ٣٢٠٠٠ | ٦ – ٢٠ | ٥,٠ – ٣,٠ |
| ج. الإنشاءات | | ١٥ – ٢٥ | ١,٥ – ٠,٥ |
| د. وحدات نقل القدرة | | | |
| * سيور على شكل حرف V | ٦٠٠٠ | ٢ – ٤ | ٧,٠ – ٥,٠ |
| * سيور مستوية من المطاط | ١٠٠٠٠ | ٤ – ٦ | ٧,٠ – ٥,٠ |
| * سيور مستوية من النسيج | ١٠٠٠٠ | ٣ – ٥ | ٧,٠ – ٥,٠ |
| * سيور مستوية من الجلـــد | ٣٠٠٠٠ | ٨ – ١٢ | ٧,٠ – ٥,٠ |
| ٤. الإنشاءات الخرسانية | | ١٥ – ٢٥ | ١,٠ – ٠,٥ |
| ٥. القنوات الحقلية المكشوفة (الدائمة): تكاليف الصيانـــة والإصلاح السنوية كنسبة مئوية من تكاليف الشراء للمكون | | ١٥ – ٢٥ | ٢,٠ – ١,٠ |
| ٦. المواسير: | | | |
| أ. الأسبستوس المدفون | | ١٥ – ٤٠ | ٠,٧٥ – ٠,٢٥ |
| ب. الألومنيوم | | ١٠ – ١٢ | ٢,٥ – ١,٥ |
| ج. البلاستيك المدفونة | | ١٥ – ٤٠ | ٠,٧٥ – ٠,٢٥ |
| د. الصلب المدهون المدفون | | ١٥ – ٢٥ | ٠,٧٥ – ٠,٥ |
| هـ. الصلب المدهون الغير مدفون | | ٨ – ١٢ | ٢,٥ – ١,٥ |
| و. المواسير الخرسانية | | ١٥ – ٢٥ | |
| ز. الصلب المجلفن الغير مدفون | | ١٠ – ٢٠ | ٢,٠ – ١,٠ |
| ٧. الخزانات | | لايوجد | ٢,٠ – ١,٠ |
| ٨. تسوية الأراضي | | لايوجد | ٢,٠ – ١,٠ |
| ٩. التنقيط | | | |
| أ. الخطوط الفرعية | | ٨ – ١٠ | ٢,٥ – ١,٥ |
| ب. المنقطات | | ٥ – ٨ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| ج. طلمبة حقن السماد | | ٣ – ٥ | |
| د. خزان السماد | | ٥ – ١٠ | |
| هـ. الفلاتر | | ١٢ – ١٥ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| ١٠. الرش | | | |
| أ. نظام الري بالرش المنقول ميكانيكياً | | ١٢ – ١٦ | ٩,٠ – ٦,٠ |
| ب. نظام الري بالرش دائم الحركة. | | ١٠ – ١٥ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| ج. الرشاشات | | ٨ – ١٠ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| د. نظم الرش المنقولة | | ١٢ – ١٦ | ٨,٠ – ٥,٠ |
| هـ. نظم الرش ذات حركة مستمرة | | ١٠ – ١٥ | ٨,٠ – ٥,٠ |

obeikandl.com




**الشكل رقم (١٠,٤) العلاقة بين قطر الأنبوب والتكاليف الكلية لأنابيب نظام الري المستخدم والتكاليف الأولية وتكاليف التشغيل والطاقة.**

وقد تختلف الأنابيب الفرعية عن الرئيسية في أن الضغط المطلوب توفيره عند مدخل الأنبوب الفرعي يعتمد على الضغوط المطلوبة عند جميع المخارج (الرشاشات) الموجودة على طول الخط الفرعي أكثر من اعتماده على فاقد الاحتكاك خلاله، ولذلك فإنه رغم أهمية تكاليف الطاقة عند تحديد قطر الخط الرئيسي إلا انه ليس له أهمية خاصة في تحديد أقطار الخطوط الفرعية الذي يبنى عادة على الاعتبارات الهيدروليكية. وأهم هذه الاعتبارات المحافظة على فارق ضغط لايتعدى الفاقد المسموح به على طول الخط الفرعي. وبالتالي يكون القطر الاقتصادي للخطوط الفرعية هو الذي يحقق أقل تكاليف ابتدائية ممكنة ويفي بالاعتبارات الهيدروليكية. أما عند تحديد قطر الخط الرئيسي فلابد من اختيار القطر الذي يحقق أقل مجموع لكل من التكاليف الثابتة وتكاليف الطاقة بدون تجاوز حدود سرعة السريان المسموح بها، مع الأخذ في الاعتبار عدد سنوات التشغيل والعمر الافتراضي للأنبوب والمعدل المرغوب لاسترجاع راس المال المنفق في المشروع.

عند اختيار القطر المناسب لابد من اعتبار العوامل التالية:

١. قطر الأنبوب.
٢. سمك جدار الأنبوب.
٣. كمية الطاقة المفقودة بسبب فواقد الاحتكاك.
٤. حجم ونوع المضخة.
٥. سعر وحدة الطاقة المستخدمة ومعدل التضخم السنوي المتوقع.
٦. ساعات التشغيل السنوية.
٧. أسعار الأنابيب.
٨. القطر الافتراضي للأنابيب.
٩. معدل سعر الفائدة السنوي (إن وجد).

وعند اختيار نظام الري بالرش لابد من اتباع طريقة التحليل الاقتصادي التي تعتمد على المبدأ الداعي بأن يكون تحديد أقطار الأنابيب على الأساس الذي يجعل من مجموع تكاليف أنابيب الشبكة وتكاليف الطاقة اللازمة للضخ أقل ما يمكن.

ومن الضروري قبل التوسع في شرح خطوات هذه الطريقة إلى معرفة جميع تكاليف الأنابيب التي تُدفع عادة مرة واحدة في بداية عمر المشروع وإضافة ذلك إلى تكاليف الطاقة والتشغيل التي تُدفع غالباً سنوياً. وبالتالي يمكن حساب التكاليف الكلية (التكاليف الأولية + تكاليف الطاقة والتشغيل) أثناء دراسة الجدوى الاقتصادية لنظام الري لفترة التحليل الاقتصادية ، أو حساب التكاليف الكلية مع عدد سنوات فترة التحليل وذلك بتحويل التكاليف الأولية للنظام إلى ما يعادلها من تكاليف سنوية بالإضافة إلى تكاليف الطاقة والتشغيل السنوية. وبالتالي يمكن معرفة التكلفة السنوية لمشروع نظام الري.

أن المعلومات الأساسية اللازمة لدراسة الجدوى الاقتصادية لنظام الري بالرش هي:

١ . التكاليف السنوية للأنابيب بمختلف الأقطار المستخدمة (السعر بالريال لكل متر أو لكل ١٠٠ متر من طول الأنبوب).

٢ . عدد ساعات التشغيل السنوية للنظام.

٣ . سعر وحدة الطاقة المستهلكة (ريال لكل كيلووات.ساعة بالنسبة للطاقة الكهربائية).

٤ . الكفاءة الإجمالية لوحدة الضخ.

٥ . نوع مادة الأنبوب ومعامل الخشونة التصميمي.

واختيار القطر الاقتصادي الأمثل لكل خط يتطلب إجراء حسابات وتنظيم جدول مماثل للجدول رقم (١٠,١٠) حيث أن الحسابات في العمود الرابع والخامس والسادس والسابع تعتمد على تصرف الأنبوب المستخدم. وفي هذا الجدول تم إيجاد الفاقد بالاحتكاك (العمود الرابع) والذي يؤثر بالتالي في تكاليف الطاقة اللازمة للضخ. ومن هذا يمكن اعتماد تكاليف الطاقة اللازمة لمقاومة فاقد الاحتكاك (العمود الخامس) فقط في التحليل الاقتصادي (أي استخدام $H_f$ بدلاً من $TDH$ عند إيجاد $BP$) وبالتالي يمكن تنظيم التحليل الاقتصادي على شكل الجدول رقم (١٠,١٠).

وحيث أن تكاليف الأنبوب وتكاليف طاقة الضخ اللازمة للتغلب على الاحتكاك يتغيران خطياً مع طول الأنبوب فيمكن إجراء الحسابات اللازمة لإيجاد القطر الاقتصادي للأنبوب باعتماد طول معين ومناسب (مثل ١٠٠ متر) من الأنبوب وبغض النظر عن الطول الفعلي لذلك الأنبوب.

obeikandi.com

**الجدول رقم (١٠,١٠) حسابات إيجاد القطر الاقتصادي لأنبوب الري بالرش (الحسابات لكل ١٠٠ متر من طول الأنبوب).**

| قطر الأنبوب (مم) | التكاليف الأولية (ريال/١٠٠م) | التكاليف السنوية (ريال/١٠٠م) | الفاقد بالاحتكاك في الأنبوب (متر) | قدرة المضخة المقاومة للاحتكاك (كيلووات) | التكاليف السنوية لطاقة الضخ (ريال) | مجموع التكاليف السنوية (ريال) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (١) | (٢) | (٣) | (٤) | (٥) | (٦) | (٧) |
| $d_1$<br>$d_2$<br>$d_3$<br>$d_4$ | من قائمة أسعار الأنابيب | بضرب عمود (٢) × معامل استرجاع رأس المال (CRF) | من معادلة فاقد الاحتكاك | من معادلة قدرة المضخة لإيجاد BP | من معادلة التكاليف السنوية لطاقة الضخ لإيجاد EC | مجموع العمودين (٣) + (٦) |

ومن هذا الجدول يمكن مقارنة التكاليف السنوية (العمود السابع) لكل قطر وبالتالي يتم اختيار الأنبوب الاقتصادي المناسب.

## (١٠,٨) الجدوى الاقتصادية لنظام الرش

**Economic feasibility of Sprinkler Systems**

عند التخطيط لأي نظام ري فإنه يجب إجراء تقييم مالي واقتصادي للمشروع. فالدراسة الاقتصادية تساعد في اختيار نظام الري المناسب من ضمن الاختيارات المختلفة بينما الدراسة المالية تساعد في تحديد الظروف المالية المطلوبة لتطوير وتشغيل نظام الري بالمزرعة. ويتم اختيار نوع نظام الري المناسب عن طريق التقييم الاقتصادي والمالي لنظم الري المختلفة من حيث مقارنة تكاليف الامتلاك أو الإيجار والتشغيل والصيانة لمختلف هذه النظم.

التقيـــيم الاقتصادي لنظام الري يتطلب تقدير كل التكاليف وكذلك العائد المـــتوقع من المشروع. وهذه الدراسات الاقتصادية لابد أن تتضمن دراسة مقارنة للتكالـــيف والعـــائد المتوقع لمختلف نظم الري وتركيب محصولي مختلف. ونتائج الدراسة الاقتصادية سوف تزود المزارع بالمعلومات الضرورية والتي تجعله يختار نظام الري والتركيب المحصولي المناسب.

ولإجـــراء الدراسة الاقتصادية يجب تقدير التكاليف السنوية وكذلك العائد الســـنوي للمشـــروع. عند تقدير التكاليف السنوية للمشروع يجب معرفة العمر الافتراضـــي لاســـتهلاك مكونـــات نظام الري وكذلك تكاليف فائدة رأس المال المستثمر في هذه المكونات. وفي بعض المناطق فان معدات الري تؤجر ولذلك فان رأس المـــال المستثمر في هذه الحالة سوف يقل لهذه المكونات التي يمكن تأجيرها. وبالتالي فان تكاليف تأجير هذه المكونات سوف تصبح جزء من التكاليف السنوية.

وتكالـــيف نظـــام الري السنوية يجب أن تشمل كل التكاليف المترتبة على امـــتلاك أو إيجـــار المكونات وكذلك تكاليف تشغيل وصيانة نظام الري. كذلك بالإضـــافة إلى تكاليف نظام الري يجب إضافة التكاليف المترتبة على إنتاج المحاصيل الـــتي سوف يتم ريها وذلك حتى يمكننا معرفة الميزانية المطلوبة أو التكاليف الكلية اللازمة لإنتاج كل محصول.

وفيما يلي بيان بالعناصر التي يجب أخذها في الاعتبار عند تقدير التكاليف السنوية لأي مشروع ري:

١ . تكاليف المياه والتي تشمل تكاليف الحصول على المياه من حفر للآبار بالإضافة إلى انه في بعض البلدان يكون الحصول على المياه بمقابل مادي.

٢ . التكاليف السنوية الثابتة للامتلاك أو التأجير لنظام الري وهي تشمل تكاليف استهلاك المكونات وتكاليف فائدة رأس المال.

٣ . تكاليف الطاقة اللازمة لتشغيل نظام الري.

٤ . تكاليف الإصلاح والصيانة والعمالة اللازمة لنظام الري.

٥ . الضرائب والتأمين.

٦ . تكاليف إنتاج المحاصيل المزروعة تحت نظام الري.

### (١٠,٩) إيجاد وتحليل التكاليف: Cost Determination and Analysis

ويمكـــن إيجاد التكاليف الكلية عند دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع نظام الري بالرش من المعادلة التالية:

$$T_C = F_C + P_C \qquad (١٠,٧)$$

حيث أن:

$T_C$ = التكاليف الكلية.

$F_C$ = التكاليف الثابتة.

$P_C$ = التكاليف المتغيرة.

ويمكن إيجاد التكاليف سنوياً أو لعدد معين من السنوات لمشروع نظام ري بالرش. ولكن يفضل إيجاد هذه التكاليف سنوياً. ويمكن تقسيم التكاليف الكلية إلى نوعين رئيسين هما:

#### أولاً – التكاليف الثابتة Fixed Costs :

وهي تشمل تكاليف شراء مكونات نظام الري بالرش وحفر البئر ومضخة الحقـــن والأنابيب والرشاشات المطلوبة. ولحساب التكاليف الكلية الثابتة السنوية لأي نظام ري يجب معرفة مايلي:

أ. الاستهلاك Depreciation

هو الفقد في قيمة المكون بسبب التشغيل أو الاستخدام. ويمكن إيجاده كالتالي:

$$\text{الاستهلاك السنوي} = \frac{\text{القيمة الأولية – قيمة المكون في نهاية العمر الافتراضي}}{\text{العمر الافتراضي للمكون (سنوات)}}$$

obeikandi.com

إن استهلاك مكونات نظام الري تعتمد على العمر الافتراضي لهذه المكونات. والجـــدول رقم (١٠,٩) يعطي العمر الافتراضي لبعض مكونات نظم الري المختلفة. والاختلاف في العمر الافتراضي للمكون يتوقف على درجة الصيانة والإصـــلاح وطبـــيعة التشغيل وطول فترة الاستعمال خلال سنة. ويجب أن يكون معلوماً أن العمر الافتراضي للمكون (المذكور بالجدول بعدد السنوات) يعتمد على أساس أن عدد ساعات التشغيل السنوية هي ٢٠٠٠ ساعة.

ب. فترة التحليل Analysis Period :

فـــترة تحليل المشروع يجب اختيارها لإجراء الدراسة الاقتصادية للمشروع. وحيـــث أن فـــترة تحليل مشروع نظم الري بالمكونات الداخلية للمشروع تتراوح عادة بين ٢٠ – ٣٠ سنة ، وللمشاريع الكبيرة بين ٤٠ – ١٠٠ سنة وفي هذه الفترة يتم فيها المقارنة بين فوائد المشروع وتكاليفه.

ج . القيمة الحاضرة (الحالية) للاستبدال Present Worth :

لـــتقدير التكاليف السنوية لمشروع نظام ري حيث أن بعض المكونات داخل المشـــروع تستهلك في فترة اقـــل من فترة تحليل المشروع مما يتطلب تقدير تكاليف استبدال هذه المكونات وكذلك تقدير زمن الاستبدال وما يتبعه من حســـاب القـــيمة الحالية المطلوبة لإحداث الاستبدال لهذه المكونات ويمكن حســـاب القيمة الحالية Present Worth Value من المعادلة التالية وهي تستخدم في حالة عدم وجود تضخم في الأسعار:

$$PW = S \times PWF \qquad (١٠,٨)$$

$$PWF = (1 + i)^{-n} \qquad (١٠,٩)$$

حيث أن:

$PW$ = القيمة الحالية المطلوبة في زمن الاستبدال *Present Worth Value*

*PWF* = معامل القيمة الحالية للاستبدال *The Present Worth Factor*

$i$ = فائدة رأس المال.

$n$ = العمر الافتراضي للمكون أو عدد السنوات التي سيتم بعدها استبدال المكون.

$S$ = تكاليف الاستبدال.

وهذه القيمة (*PW*) لابد أن تضاف لقيمة رأس المال المطلوب للمشروع (التكاليف الأولية). وبالمثل فان هناك مكونات أخرى لها عمر افتراضي اكبر من فترة تحليل المشروع. ولذا فأن قيمة هذا المكون عند نهاية فترة التحليل تعرف بـ *Salvage Value* والتي سوف تبقى بعد نهاية فترة تحليل المشروع لذا يجب أن تحسب وتخصم من رأس المال المطلوب للمشروع وتكاليف القيمة الحالية *Present Worth Costs* .

وقد تكون *Salvage Value* لهذا المكون موجبة، أو صفر، أو سالبة. فإذا كانت موجبة تخصم من التكاليف الأولية للمشروع. أما إذا كانت سالبة تحسب قيمة إصلاحها حتى يتم إعادة استخدامها مرة أخرى بعد انقضاء فترة التحليل وتضاف إلى التكاليف الأولية.

حساب التكاليف السنوية الثابتة:

يمكن تقدير التكاليف السنوية لرأس المال المستثمر في مشروع نظام ري من القيمة الحالية *Present Worth Value* لرأس المال المستثمر بالإضافة إلى فائدة رأس المال المستثمر خلال فترة التحليل. والأسلوب الشائع الاستخدام لتقدير التكاليف السنوية لرأس المال المستثمر هو حساب القيمة السنوية للاستهلاك على اعتبار أن قيمته متساوية على طول فترة التحليل وكذلك فائدة رأس المال. ويمكن تقدير هذه القيمة للتكاليف السنوية باستخدام معامل استرداد رأس المال *The Capital Recovery Factor* (*C R F*) ويمكن حسابه كما يلي:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \qquad (١٠,١٠)$$

$$CRF = \frac{FC}{PW} \qquad (١٠,١١)$$

التكاليف السنوية الثابتة ($FC$) هي تكاليف منتظمة على عدد السنوات المقترحة وقد تكون فترة التحليل الاقتصادي ($n$) وبالتالي التكاليف السنوية للمشروع هي:

$$FC = PW \cdot CRF \qquad (١٠,١٢)$$

**ثانياً – التكاليف المتغيرة Variable Costs :**

وهي تشمل التكاليف التالية:

١ . تكاليف الطاقة Energy Costs :

تقدر تكاليف الطاقة بحساب كمية الطاقة (كهرباء أو وقود) السنوية المطلوبة لمشروع نظام الري وكذلك تكاليف وحدة الطاقة.

وكمية الطاقة السنوية المطلوبة يمكن تقديرها من احتياجات الري السنوية وكفاءة الري وكفاءة وحدة الضخ الكلية والضاغط الديناميكي الكلي المطلوب كما بالمعادلة التالية :

$$PE = \frac{k \cdot A \cdot D_n \cdot TDH}{E_{Pa} \cdot Ep} \qquad (١٠,١٣)$$

حيث أن :

$PE$ = الطاقة السنوية المطلوبة (كيلو كالوري ($k.cal$)).

$k$ = معامل تحويل يتوقف على الوحدات المستخدمة (وهو يساوي $23.42$).

$A$ = المساحة المروية (هكتار).

$D_n$ = عمق مياه الري المطلوب تخزينها في منطقة المجموع الجذري (مم).

$TDH$ = الضاغط الديناميكي الكلي المطلوب (متر).

$E_{Pa}$ = كفاءة الإضافة التصميمية (٪).

$Ep$ = كفاءة وحدة الضخ (٪).

obeikandl.com

والقـــيمة الناتجة للطاقة من المعادلة السابقة (كيلو كالوري) يمكن تحويلها إلى وحدات الطاقة الأخرى المستعملة كمقياس للشراء. والجدول رقم (١٠,١١) يوضح التحويلات المختلفة لهذه الوحدات لمختلف مصادر الطاقة.

ويجـــب عـــند اختيار وتقييم نظام للري أن يؤخذ في الاعتبار اختلاف سعر وحـــدة الطاقـــة على طول فترة التحليل حيث أن هناك اتجاه مستمر لزيادة تكاليف وحدة الطاقة.

**الجدول رقم (١٠,١١) التحويلات المختلفة لوحدات مصادر الطاقة.**

| مصدر الطاقة | وحدات القياس | الطاقة الحرارية كيلو كالوري (k.cal) |
|---|---|---|
| الكهربـــاء | كيلووات.ساعة | ٨٦٠ |
| الـــديـــزل | لتر | ٩٠١٧ - ٩٢٥٠ |
| الجازولين | لتر | ٨٢٧٤ |
| البيوتـــان | لتر | ٦٨١٤ |
| البروبـــان | لتر | ٦١٤٣ |
| الغاز الطبيعي | م٣ | ٨٨٩٦ |

ويمكن إيجاد تكاليف الطاقة لتشغيل المضخة من المعادلة التالية:

**تكاليف التشغيل/ساعة = القدرة الفرملية للمضخة بالحصان × الوقود المستهلك باللتر/ساعة × تكاليف الوقود/لتر.**

أو يمكن كتابتها كالتالي:

*Cost/hr of Operation = BHP × [Fuel Consumeal in L/hr] × [Cost of fuel per litre]*

٢ . تكاليف التشغيل Operating Costs :

وهـــذه التكاليف تشمل تكاليف العمالة وكذلك باقي التكاليف التي يتطلبها تشـــغيل الـــنظام مـــثل النقل وباقي الخدمات الأخرى والعمالة التي يتطلبها مشـــروع الـــري. تتوقف هذه التكاليف على طبيعة النظام المستخدم ونوع المحصول المزروع والفترة بين الريات وعدد الريات اللازمة للمحصول وفترة الري للرية الواحدة.

٣ . تكاليف الصيانة والإصلاح : Maintenance and Repair Costs

تـــتوقف تكالـــيف الصـــيانة والإصلاح لأي نظام للري على عدد ساعات التشـــغيل الســـنوية للنظام والمكونات لنظام الري وأسلوب تشغيل النظام. ولتقدير التكاليف السنوية للصيانة والإصلاح فانه من المعتاد أن تؤخذ كنسبة مـــئـــوية مـــن قـــيمـــة رأس المال المستثمـــر لمختلف مكونات النظـــام. وجـــدول (١٠,٩) يوضـــح التكاليف السنوية للصيانة والإصلاح لمختلف المكونات. كذلك فان تكاليف التزييت *Lubrication* لمحركات الديزل تتراوح من ٥-١٥٪ من تكاليف الوقود.

٤ . الضرائب والتأمين : Taxes and Insurance

التكالـــيف السنوية للضرائب تختلف من دولة لأخرى طبقاً للقواعد المتبعة في الدولة وكذلك التأمين. إلا أنه بصفة عامة تتراوح تكاليف الضرائب والتأمين من ١,٥ - ٢,٥٪ من قيمة رأس المال المستثمر للنظام.

## تكاليف التضخم Escalation Costs :

ســـبق القول أن التكاليف الثابتة والمتغيرة هي تكاليف امتلاك وتشغيل نظام الري تخضـــع لزيادة الأسعار بمرور السنين وهذه الزيادة ستستمر في المستقبل. وإذا كان تكالـــيف كل البنود الـــلازمة لامتلاك وتشغيل النظام سوف تزداد بصفة منتظمة مـــع الزمن إلا أنه من سوء الحظ أن تكاليف الطاقـــة والعمالة من الممكن أن تزيد

بمعـــدل أسرع من باقي البنود الأخرى وهو ما يمكن أن يؤثر في تصميم نظام الري مثل أقطار المواسير الرئيسية والفرعية ووحدة الضخ.

ولحســـاب التكاليف مع الأخذ في الاعتبار التضخم المتوقع في الأسعار على مدار فـــترة التحلـــيل للمشروع فانه يستخدم تعبير قيمة التضخم الحالية *The Escalated Present Worth Value, PWF (r)* ويمكن حسابه كما يلي:

$$PWF(r) = \left(\frac{1+r}{1+i}\right)^{uL} \qquad (١٠,١٤)$$

حيث أن :

$PWF(r)$ = معامل أو قيمة التضخم الحالية *the escalated present worth value* .

$r$ = معدل التضخم السنوية *the annual rate escalation* .

$i$ = الفائدة السنوية لرأس المال *the annual interest rate*.

$uL$ = العمر الافتراضي للمكون (سنة).

وقـــيمة التضخم الحالية يمكن استعمالها لتقدير اثر التضخم في الأسعار على التكالـــيف الثابـــتة لـــلمكونات المختلفة حيث أنه يمكن استعمالها لتقدير تكاليف الاســـتبدال للمكونات المختلفة لنظام الري. كذلك يمكن استعمال قيمة التضخم الحالية لتقدير قيمة الـــ *Salvage value* للمكونات المختلفة.

ويمكن حساب معامل تكاليف التشغيل السنوية على أساس تضخم الأسعار بصـــفة منتظمة على مدار فترة التحليل من المعادلة التالية حيث أن ذلك يأخذ في الاعتبار تكاليف الطاقة، الماء، الصيانة، الإصلاح، العمالة، ..... إلخ :

$$EAF(r) = \left[\frac{(1+r)^n - (1+i)^n}{(r-i)}\right] \times \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad For \quad r \neq i \qquad (١٠,١٥)$$

obeikandl.com

حيث أن :

$EAF\ (r)$ = معـــامل تكاليف التشغيل السنوية مع وجود تضخم منتظم للأسعار عـــلى طول فترة التحليل للمشروع. ومنه يمكن حساب التكاليف السنوية في حالة وجود تضخم للأسعار كما يلي:

$$EAC\ (r) = S\ *\ EAF\ (r) \qquad (١٠,١٦)$$

$EAC\ (r)$ = التكاليف السنوية في حالة تضخم منتظم للأسعار طوال فترة التحليل للمشروع.

عـــندما يكون $r$ = صفر (حيث لا يوجـــد تضخم أو زيادة في الأسعار) فإن:

$$EAF\ (r) = 1$$

ويجـــب ملاحظة أن $EAF\ (r)$ ، $EAC\ (r)$ هي تكاليف خاصة بالتشغيل السنوي لنظام الري.

وللمـــزيد من التوســـع في اقتصـــاديات الري بالرش يمكن الرجـــوع إلى المرجع (١١، ١٩،٢٠) لمن يريد مزيد من التعمق.

## (١٠,١٠) أمثلة محلولة:

**مثال ١ :**

مضخة ذات مجموعة تجاويف كانت تكلفتها الأولية ٢٠٠٠٠ ريال. فإذا كان من المتوقع استبدالها بعد عشر سنوات. وكانت فترة التحليل للمشروع ٢٠ سنة. ماهي قـــيمة التضخم الحالية للاستبدال إذا علمت أن معدل سعر الفائدة ١٢٪ ، ومعدل سعر التضخم (الزيادة في الأسعار) ٩٪.

### الحـــل

$i = 0.12$ , $r = 0.09$ , $uL = 10$ , $S = 20000$

معامل التضخم الحالي $PWF\ (r)$ :

$$PWF\,(r) = \left(\frac{1+r}{1+i}\right)^{aL} = \left(\frac{1+0.09}{1+0.12}\right)^{10} = \left(\frac{1.09}{1.12}\right)^{10} = 0.76$$

قيمة المكوّن الحالية عند وجود التضخم $PW\,(r)$ :

$$PW\,(r) = S \cdot PWF\,(r) = 20000 \times 0.76 = 15200\ SR$$

**مثال ٢:**

إذا الوقـــود المســـتخدمة لمـــزرعة ما تكلف ١٥٠٠٠ ريال في السنة على حسب التكالـــيف الحالـــية. ولكن هذه التكاليف من المتوقع زيادتها بمعدل تضخم ٩٪ في السنة لفترة التحليل وهي ٢٠ سنة. أحسب معامل تكاليف التشغيل. وماهي قيمة الوقود السنوية لتشغيل المزرعة إذا كان سعر الفائدة ١٢٪.

**الحـــل**

معامل تكاليف الوقود السنوية $EAF\,(r)$ :

$$\because EAF\,(r) = \left[\frac{(1+r)^n - (1+i)^n}{(r-i)}\right] \times \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right]$$

$$\therefore EAF\,(r) = \left[\frac{(1+0.09)^{20} - (1+0.12)^{20}}{(0.09-0.12)}\right] \times \left[\frac{0.12}{(1+0.12)^{20} - 1}\right] = 1.8699$$

تكاليف الوقود السنوية $EAC\,(r)$ :

$$EAC\,(r) = S \cdot EAF\,(r) = 15000 \times 1.8699 = 28048.5\ SR$$

**مثال ٣:**

أنـــبوب من البلاستيك القاسي $(PVC)$ من مركب $PVC2110$ يتحمل ضغط عالي ، وقطـــره الداخـــلي يساوي ١٠ سم. وسمك جداره ٥ مم . أحسب درجة تحمل الضغط للأنبوب.

obeikandl.com

**الحـــل**

$$PR = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1} \qquad \because \frac{d_i}{t} = \frac{100\ mm}{5\ mm} = 20$$

ومن جدول رقم (١٠,١) للمركب *PVC2110* نحدد أقصى شد تصميمي:

$$S = 6.9MPa = 6900kPa$$

إذا درجة تحمل الضغط للأنبوب:

$$PR = \frac{2(6900kPa)}{20+1} = \frac{13800}{21} = 657.14\ kPa$$

**مثال ٤ :**

أنـــبوب من البلاستيك القاسي من مركب *PVC1220* وقطره الخارجي ١٢ بوصة يتحمل ضغط عالي مقداره ١٥٠ رطل/بوصة٢. أحسب أقل سمك لجدار الأنبوب ليتحمل هذا الضغط.

**الحـــل**

$$\because PR = \frac{2S}{\frac{d_o}{t} - 1}$$

درجة تحمل الضغط = $PR$ = ١٥٠ رطل/بوصة٢.

ومن جدول رقم (١٠,١) لـــ *PVC 1220* نحدد أقصى شد تصميمي $S = 2000\ psi$

$$\therefore 150\ psi = \frac{2 \times 2000\ psi}{\left(\frac{12}{t}\right) - 1}$$

$$\therefore t = 0.4337\ in = 11\ mm$$

obeikandl.com