

أنابيب واقتصاديات نظم الري بالرش

Pipes and Sprinkle Irrigation System Economics

Introduction (١٠, ١) مقدمة:

وضعت مواصفات قياسية ثابتة لمواد الأنابيب لكي يستطيع المهندسين اختيار المادة المناسبة للتطبيق المطلوب والوثوق في مقدرة الأنابيب 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 فينيل كلوريد (PVC) والبولي إيثيلين (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

هذه الأنابيب عادة تصنع من البلاستيك وتتميز بخفة وزنها وإمكانية دفنها تحت سطح الأرض مما جعلها الآن تستخدم بكثرة في الري. وتصنع هذه الأنابيب في الغالب من المواد التالية :-

Polyvinyl Chloride	PVC	- البلاستيك القاسي
Polyethylene	PE	- البولي ايثيلين
Acrylonitrile Butadiene Styrene	ABS	- الاسبتوس

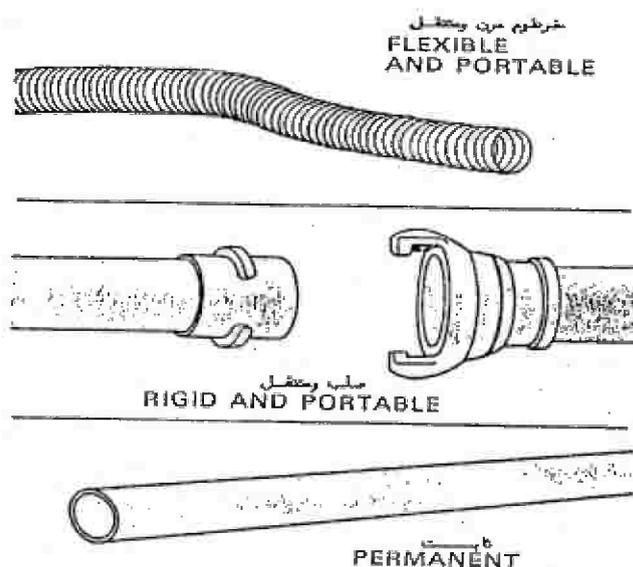
ويمكن الحصول على أنابيب البلاستيك لمدى واسع من ضغوط التشغيل القصوى وكذلك أقطار مختلفة. ليس هناك أدوات لتوصيل هذه الأنابيب كما هو الحال مع أنابيب الألمنيوم، لذلك لا تستخدم بكثرة مع النظام المتنقل ولكن يمكن أن تستخدم مع النظام الثابت. كذلك نجد أن اتصال الأنابيب عن طريق تركيبات داخلية مما يؤدي إلى انخفاض القطر عند نقاط الاتصال وبالتالي لا تستخدم بكثرة مع النظام المتنقل.

ويراعى عند دفن هذه الأنابيب تحت سطح الأرض أن تكون على عمق يتراوح 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

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

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



الشكل رقم (١٠،١) أنواع أنابيب الري بالررش.

٣. أنابيب ثابتة: Permanent Pipes

الأنابيب 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 هو تعرضها للتآكل والصدأ وخاصة الصلب المجلفن. وكذلك ثقل وزنها وعدم نقلها بسهولة.

من الأخطاء الشائعة في نظم الري بالرش استعمال أنابيب ذات أقطار أصغر من المطلوب، وهذا مجرد رخص ثمنها عن الأنابيب ذات الأقطار الأكبر، ولا يوجد اهتمام كاف لتقدير الفوائد الكبيرة التي تحدث في الضغط. وتظهر نتائج مثل هذا الخطأ عندما لا يتوفر الضغط اللازم لتشغيل الرشاشات بكفاءة. علاوة على ذلك فإن استخدام أنابيب صغيرة القطر لا يترك مجالاً في المستقبل لزيادة سعة النظام المستعمل وقد تحدث مشاكل إضافية نتيجة تزايد خشونة جدران الأنابيب مع الزمن. وللوصول إلى الضغط المطلوب في مثل الحالات السابقة لابد من استخدام مضخات أكبر لتناسب الزيادة الكبيرة في الفوائد، ولا يقتصر الأمر على تكلفة شراء مضخات جديدة فقط بل ستكون هناك أيضاً تكلفة زائدة للوقود المطلوب للحصول على ضغط مرتفع عند المضخة.

كذلك لابد أن تكون أنابيب الري المستخدمة ذات قوة كافية لتحمل ضغوط التشغيل والطرق المائي المتوقعة أثناء تشغيل نظام الري. كذلك تكون ذات عمر أو مدة 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 وعوامل التعرية. لذلك لابد من اعتبار العامل الاقتصادي عند اختيار نوع مادة الأنابيب والقطر ونوع نظام الري.

(١٠،٢) مواصفات الأنابيب: Pipe Standads

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

هذه المواصفات 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 استخدامها 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:

انتشر استخدام هذا النوع من الأنابيب وذلك لحفة وزنها وإمكانية دفنها تحت سطح الأرض ، بالإضافة إلى أن تكاليف الشراء أقل بالمقارنة بأنابيب الصلب. المواد التي تصنع منها 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 وكذلك انخفاض 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 :

أقطارها تتراوح من ١١٤ مم إلى ٦٣٠ مم (٤ إلى ٢٤ بوصة)، بينما الضغط المسموح به على جدران الأنبوب لا يتجاوز ٥٤٥ كيلوبسكال (٧٩ رطل/بوصة^٢).

ب. أنابيب ذات ضغط عالي :

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

(٨٠ - ٣١٥ رطل/بوصة^٢) شاملاً الطرق المائي. والطرق المائي يحدث بسبب التغيرات الفجائية في سرعة السريان مما ينتج عنه تغيرات فجائية وسريعة في الضغط.

الأنابيب البلاستيكية ذات الضغط العالي هي الأكثر استخداماً مع نظم الري بالرش ولا بد 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 حدوث انهيار للأنبوب. وكعامل أمان مقابل ضغط الاندفاع أو الطرق المائي. كذلك يجب أن لا يتجاوز ضغط التشغيل ٧٢٪ من الضغط المصنف للأنبوب، كما يجب أن لا تتعدى 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 لا تقل عن تلك المحسوبة بمعادلة هيزن - ويليام.
٤. أن تكون المخارج على الأنبوب لها سعة كافية لإعطاء السريان المطلوب لجميع الرشاشات أو الأنابيب الفرعية عند ضغط التشغيل التصميمي.

الأنابيب ودرجة تحمل الضغط وجهد الشد التصميمي:

يستحكم في أبعاد الأنبوب البلاستيكي كل من الضغط الناتج من سريان المياه على جدران الأنبوب الداخلية وكذلك قطر ونوع مادة الأنبوب. ويسمى أقصى ضغط يمكن مقاومته بواسطة الأنبوب أثناء سريان المياه دون انهيار للأنبوب لفترة طويلة من الزمن بـ PR (Pressure Rating). أما أقصى جهد شد تصميمي مسموح به لمادة الأنبوب على جدران الأنبوب دون حدوث انهيار للأنبوب فيسمى (S) Hydrostatic Design Stress.

وهناك علاقة بين قطر الأنبوب وسمك الأنبوب يمكن كتابتها كالتالي:

$$SDR = \frac{d}{t} \quad (١٠,١)$$

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 (d_o) لأي أنبوب يمكن إيجاد قطره الداخلي (d_i) بالعلاقة التالية:

$$(10,2) \quad d_i = d_o - 2t = d_o - 2\left(\frac{d_o}{SDR}\right)$$

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:

$$(10,3) \quad PR = \frac{2S}{SDR - 1} = \frac{2S}{\frac{d_o}{t} - 1}$$

٢ . عند استخدام القطر الداخلي للأنبوب تكون العلاقة :

$$(10,4) \quad PR = \frac{2S}{SDR + 1} = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1}$$

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 الأنبوب تبين مقدار جهد الشد التصميمي (S) لكل أنبوب، الجدول رقم (١٠،١). ومقدار ضغط 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

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

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

- 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 الجدران ٩,٦ مم .

الحل

من جدول (١٠،١) للأنبوب PVC 2116 يكون :

$$S = 11 \text{ M.Pa} = 11000 \text{ K.Pa}$$

أولاً: الأنبوب ذات الضغط المنخفض:

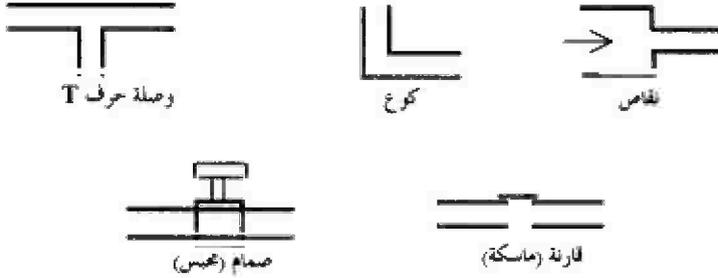
$$PR = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1} = \frac{2 \times 11000}{\frac{250}{1.8} + 1} = \frac{22000}{139 + 1} = 157 \text{ kpa} = 23 \text{ psi}$$

ثانياً: الأنبوب ذات الضغط العالي:

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

(١٠،٣) ملحقات الأنابيب Pipe Fittings

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



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

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

هناك مواصفات قياسية معروفة لكل ملحق يتم اتباعها من قبل المهندسين عند اختيار الملحق والهدف منه. تعتمد هذه المواصفات على نوع مادة الملحق وقدرتها على تحمل الضغوط الناتجة من سريان المياه وكذلك تعتمد على أبعاد الأنسبب المستخدم، وأكثر هذه المواصفات استخداماً هي مواصفات جمعية المهندسين 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 تجريبية لمعامل المقاومة K_f خلال الأنواع المختلفة من الملحقات، أما بشكل منحنيات تتغير فيها قيم K_f بتغيير نوع مادة الأنبوب، أو في صورة جداول تبين قيم مفردة. ولكن 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

مواصفات قياسية لصمام طرد الهواء وتخفيف الهواء عن جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية، حيث يبين الجدول الأقطار الدنيا الموصى 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			
أقل قطر لمخرج الصمام		قطر الأنبوب	
(بوصة)	(مم)	(بوصة)	(مم)
٠,٥	١٣	٤ أو أقل	١٠٢
١,٠	٢٥	٨ - ٥	٢٠٣ - ١٢٧
٢,٠	٥١	٢٠ - ١٠	٥١٠ - ٢٥٤
٠,١ × قطر الأنبوب		٢١ أو أكثر	٥٣٠

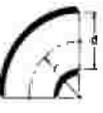
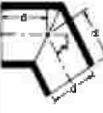
نظم الضغط المنخفض			
أقل قطر لمخرج الصمام		قطر الأنبوب	
(بوصة)	(مم)	(بوصة)	(مم)
٢,٠	٥١	٦ أو أقل	١٥٢
٣,٠	٧٦	١٠ - ٧	٢٥٤ - ١٧٨
٤,٠	١٠٢	١٢ أو أكثر	٣٠٥

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.

القطر الأساسي القياسية (مم)											L/d	نوع الملحق
٤٠٨-٣٠٤	٢٥٤-٢٠٤	١٥٢	١٠٢	٧٦-٦٤	٥١	٣٨	٣٢	٢٥	١٩	١٣		
قيم K_r												
٠,١٠	٠,١١	٠,١٢	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٥	٠,١٥	٠,١٨	٠,١٨	٠,٢٠	٠,٢٢	٨	عكس بوابة 
٤,٤	٤,٨	٥,١	٥,٨	٦,١	٦,٥	٧,١	٧,٥	٧,٨	٨,٥	٩,٢	٣٤-	عكس سكنية 
٠,٧٢	٠,٧٧	٠,٨٣	٠,٩٤	٠,٩٩	١,٠٥	١,١٦	١,٢١	١,٢٧	١,٣٨	١,٤٨	٥٥	عكس زاوية 
١,٤٥	٢,١٠	٢,٢٥	٢,٥٥	٢,٧٠	٢,٨٥	٣,١٥	٣,٣٠	٣,٤٥	٣,٧٥	٤,٠٥	١٥٠	عكس زاوية 
٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٧	٠,٠٧	٠,٠٨	٠,٠٨	٣	عكس كروية 
٠,٣٥	٠,٦٣	٠,٦٨	٠,٧٧	٠,٨١	٠,٨٦							عكس فراشي 
٠,٦٣	٠,٦٥	٠,٦٧	٠,٦١	٠,٦٢	٠,٦٤	٠,٦٨	٠,٦٠	٠,٤١	٠,٤٥	٠,٤٩	١٨	عكس مستقيم 
٠,٣٩	٠,٤٤	٠,٤٥	٠,٥١	٠,٥٤	٠,٥٧	٠,٦٣	٠,٦٦	٠,٦٩	٠,٧٥	٠,٨١	٣٠	ثلاثة اتجاهات 
١,١٧	١,٢٦	١,٣٥	١,٥٢	١,٦٢	١,٧١	١,٨٩	١,٩٨	٢,٠٧	٢,٢٥	٢,٤٣	٩٠	عكس متفرع 

محمولة من بيانات شركة كرانال. ورقة علمية رقم ٤١٠.

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

أقطار الأنابيب القياسية (مم)										L/d	نوع الانحناء	نوع الملحق
٢٥٤-٢٠٤	١٥٢	١٠٢	٧٦-٦٤	٥١	٣٨	٣٢	٢٥	١٩	١٣			
قيم K_r												
٠,٤٢	٠,٤٥	٠,٥١	٠,٥٤	٠,٥٧	٠,٦٣	٠,٦٦	٠,٦٩	٠,٧٥	٠,٨١	٣٠	٩٠	كروك قياسي
٠,٢٢	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٣٧	٠,٤٠	٠,٤٣	١٦	٤٥	
٠,٢٢	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٣٧	٠,٤٠	٠,٤٣	١٦	٩٠	
٠,٧٠	٠,٧٦	٠,٨٥	٠,٩٠	٠,٩٥	١,٠٥	١,١٠	١,١٥	١,٢٥	١,٣٥	٥٠		الغناء عودة 
٠,٢٨	٠,٣٠	٠,٣٤	٠,٣٦	٠,٣٨	٠,٤٢	٠,٤٤	٠,٤٦	٠,٥٠	٠,٥٤	٢٠	حلال الرئيس	انحناء T قياسي 
٠,٨٤	٠,٩٠	١,٠٢	١,٠٨	١,١٤	١,٢٦	١,٣٢	١,٣٨	١,٥٠	١,٦٢	٦٠	حلال الفرع	
٠,٢٨	٠,٣٠	٠,٣٤	٠,٣٦	٠,٣٨	٠,٤٢	٠,٤٤	٠,٤٦	٠,٥٠	٠,٥٤	٢٠	r/d = 1	
٠,١٧	٠,١٨	٠,٢٠	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٨	٠,٣٠	٠,٣٢	١٢	r/d = 2	
٠,١٧	٠,١٨	٠,٢٠	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٨	٠,٣٠	٠,٣٢	١٢	r/d = 3	
٠,٢٠	٠,٢١	٠,٢٤	٠,٢٥	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٣٥	٠,٣٨	١٤	r/d = 4	
٠,٢٤	٠,٢٦	٠,٢٩	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٣٦	٠,٣٧	٠,٣٩	٠,٤٣	٠,٤٦	١٧	r/d = 6	
٠,٣٤	٠,٣٦	٠,٤١	٠,٤٣	٠,٤٦	٠,٥٠	٠,٥٢	٠,٥٥	٠,٦٠	٠,٦٥	٢٤	r/d = 8	
٠,٤٢	٠,٤٥	٠,٥١	٠,٥٤	٠,٥٦	٠,٦٣	٠,٦٦	٠,٦٩	٠,٧٥	٠,٨١	٣٠	r/d = 10	
٠,٤٨	٠,٥١	٠,٥٨	٠,٦١	٠,٦٥	٠,٧١	٠,٧٥	٠,٧٨	٠,٨٥	٠,٩٢	٣٤	r/d = 12	
٠,٥٣	٠,٥٧	٠,٦٥	٠,٦٨	٠,٧٢	٠,٨٠	٠,٨٤	٠,٨٧	٠,٩٥	١,٠٣	٢٨	r/d = 14	
٠,٥٩	٠,٦٣	٠,٧١	٠,٧٦	٠,٨٠	٠,٨٨	٠,٩٢	٠,٩٧	١,٠٥	١,١٣	٤٢	r/d = 16	
٠,٦٤	٠,٦٩	٠,٧٨	٠,٨٣	٠,٨٧	٠,٩٧	١,٠١	١,٠٦	١,١٥	١,٢٤	٤٦	r/d = 18	
٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٨٥	٠,٩٠	٠,٩٥	١,٠٥	١,١٠	١,١٥	١,٢٥	١,٣٥	٥٠	r/d = 20	
٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٤	$\alpha = 0$	انحناء تاجي 
٠,٠٦	٠,٠٦	٠,٠٧	٠,٠٧	٠,٠٨	٠,٠٨	٠,٠٩	٠,٠٩	٠,١٠	٠,١١	٤	$\alpha = 15^\circ$	
٠,١١	٠,١٢	٠,١٤	٠,١٤	٠,١٥	٠,١٧	٠,١٨	٠,١٨	٠,٢٠	٠,٢٢	٨	$\alpha = 30^\circ$	
٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣٢	٠,٣٣	٠,٣٥	٠,٣٨	٠,٤١	١٥	$\alpha = 45^\circ$	
٠,٣٥	٠,٣٨	٠,٤٣	٠,٤٥	٠,٤٨	٠,٥٣	٠,٥٥	٠,٥٨	٠,٦٣	٠,٦٨	٢٥	$\alpha = 60^\circ$	
٠,٥٦	٠,٦٠	٠,٦٨	٠,٧٢	٠,٧٦	٠,٨٤	٠,٨٨	٠,٩٢	١,٠٠	١,٠٩	٤٠	$\alpha = 75^\circ$	
٠,٨٤	٠,٩٠	١,٠٢	١,٠٨	١,١٤	١,٢٦	١,٣٢	١,٣٨	١,٥٠	١,٦٢	٦٠	$\alpha = 90^\circ$	

محسوبة من بيانات شركة كراناف. ورقة علمية رقم ٤١٠.

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.

أقطار الأنابيب القياسية (مم)										أقل سرعة		نوع الملحق
٢٥٤-٢٠٤	١٥٢	١٠٢	٧٦-٦٤	٥١	٣٨	٣٢	٢٥	١٩	١٣	للماء	L/d	
قيم K_r										مترات		
												محابس الأيقاف
٥,٦	٦,٠	٦,٨	٧,٢	٧,٥	٨,٤	٨,٨	٩,٢	١٠	١٠,٨	٢,١٢	٤٠٠	
٢,٨	٣,٠	٣,٤	٣,٦	٣,٨	٤,٢	٤,٤	٤,٦	٥	٥,٤	٢,٨٩	٢٠٠	
٤,٩	٥,٣	٦,٠	٦,٣	٦,٧	٧,٤	٧,٧	٨,١	٨,٨	٩,٥	٢,٣١	٣٥٠	
٤,٢	٤,٥	٥,١	٥,٤	٥,٧	٦,٣	٦,٦	٦,٩	٧,٥	٨,١	٢,٣١	٢٠٠	
٧٧	٨٣	٩٤	١,٠	١,١	١,٢	١,٢	١,٣	١,٤	١,٥	٥,٣٧	٥٥	
												محابس فحص
١,٤	١,٥	١,٧	١,٨	١,٩	٢,١	٢,٢	٢,٣	٢,٥	٢,٧	١,٣٥	١٠٠	
٧٥	٧٥	١,٩	١,٩	١,٠	١,١	١,١	١,٢	١,٣	١,٤	١,٨٥	٥٠	
												محابس رفع
٨,٤	٩,٠	١٠,٢	١٠,٨	١١,٤	١٢,٦	١٣,٢	١٣,٨	١٥	١٦,٢	١,٥٤	٦٠٠	
٧٧	٨٣	٩٤	١,٠	١,١	١,٢	١,٢	١,٣	١,٤	١,٥	٥,٤٠	٥٥	
												محابس قسي
٥,٩	٦,٣	٧,١	٧,٦	٨,٠	٩,٣	٩,٣	٩,٧	١٠,٥	١١,٣	١,٥٨	٤٢٠	

محمولة من بيانات شركة كروانا، ورقة علمية رقم ٤١٠.

قيم K_r هي لحالة الفتح الكامل للفرص، وهي عالية للتصرفات المنخفضة في حالة الفتح الجزئي للفرص.

(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:

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

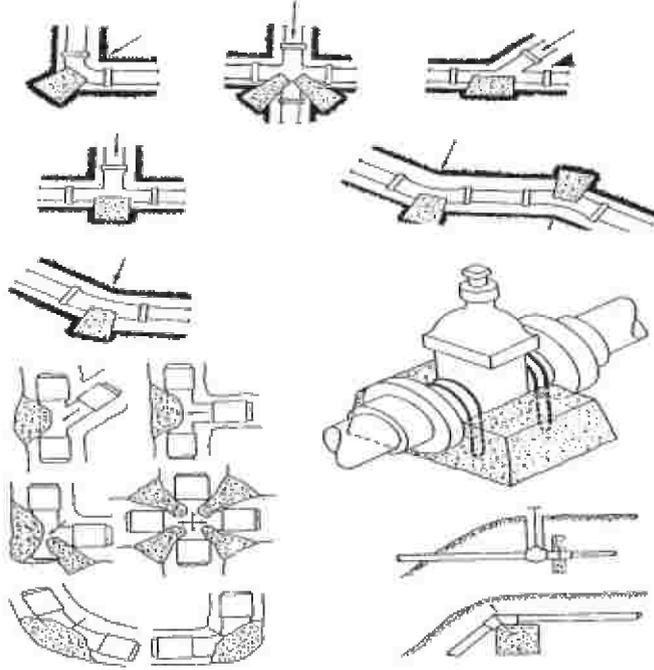
أما في حالة وجود الأنبوب في مكان لعبور الآلات يكون أقل عمق مطلوب هو ٠,٧٦ متر فوق سطح الأنبوب وذلك لجميع الأقطار.

٢ . عرض الخندق Trench Width

يفضل أن لا يزيد عرض الحفرة (الخندق) للأنبوب عن ٠,٩١ متر، كما يجب أن لا يقل عرض الحفر عن ضعف قطر الأنبوب.

٣ . القواعد الخرسانية Thrust Blocks

يجب أن يكون الأنبوب منتظم ويستند بصورة متواصلة على دعائم (قواعد خرسانية) مع عدم استخدام الكتل الخشبية أو الترابية للحصول على الميل المطلوب. وهذه الدعامة عبارة عن قاعدة خرسانية تتكون من الأسمنت، وتوضع في الاتجاه المقابل للسريان لمنع أنبوب الري من تغيير مكانه بسبب الضغط الواقع عليه نتيجة تغيير اتجاه السريان. وتحمل 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 الدعام عند تغيير اتجاه السريان على طول الأنابيب.

والدعائم المساندة ضرورية في المواضع التالية:

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

توضع هذه الدعائم المساندة بمحاذاة جدار الخندق الذي تم حفره يدوياً مع ملاحظة أن مناطق اتصال الأنابيب The Pipe Coupling يجب أن لا تكون 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 $(P_o) \times$ القيمة المناسبة لمعامل قوة الدفع (C_T) من الجدول رقم (١٠,٧).

$$(10,5) \quad T_f = P_o \times C_T$$

٢. إيجاد قوة احتمال التربة (S_R) 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.

معامل قوة الدفع (C_T)	قطر الأنبوب		وصلة نهاية أو قسام	قطر الأنبوب	
	كوع ٢٢,٥ ⁰	كوع ٤٥ ⁰		م	بوصة
١,١٥	٢,٢٥	٤,١٦	٢,٩٤	٤٨	١,٥
١,٧٨	٣,٥٠	٦,٤٥	٤,٥٦	٦٠	٢,٠
٢,٦٠	٥,١٠	٩,٤٠	٦,٦٥	٧٢	٢,٥
٣,٨٢	٧,٥١	١٣,٩٠	٩,٨٠	٨٩	٣,٠
٤,٩٩	٩,٨١	١٨,١٠	١٢,٨	١٠٢	٣,٥
٦,٣١	١٢,٤٠	٢٣,٠٠	١٦,٢	١١٤	٤
٩,٦٣	١٨,٩٠	٣٥,٠٠	٢٤,٧٠	١٤١	٥
١٣,٦٠	١٨,٩٠	٤٩,٢٠	٣٤,٨٠	١٦٨	٦
٢٣,٠٠	٤٥,٢٠	٨٣,٥٠	٥٩,٠٠	٢١٩	٨
٣٥,٨٠	٧٠,٠٠	١٣٠,٥٠	٩١,٥٠	٢٧٣	١٠
٥٠,٣٠	٩٨,٥٠	١٨٢,٠٠	١٢٩,٠٠	٣٢٤	١٢
٦٢,٦٠	١٢٢,٦٠	٢٢٦,٥٠	١٦٠,٠٠	٣٦٣	١٤
٧١,٩٠	١٤٠,٧٠	٢٦٠,٠٠	١٨٣,٩٠	٣٨٩	١٥
٧٨,٦٠	١٥٣,٨٠	٢٨٤,٤٠	٢٠١,١٠	٤٠٦	١٦
١٠٧,٤٠	٢١٠,١٠	٣٨٨,٤٠	٢٧٤,٧٠	٤٧٥	١٨
١٢٧,٨٠	٢٥٠,١٠	٤٦٢,٢٠	٣٢٦,٩٠	٥١٨	٢٠
١٤٩,٣٠	٢٩٢,١٠	٥٣٩,٩٠	٣٨١,٨٠	٥٦٠	٢١
١٨٨,٩٠	٣٦٩,٦٠	٦٨٣,٢٠	٤٨٣,٢٠	٦٣٠	٢٤
٢٣٩,٩٠	٤٦٩,٥٠	٨٦٧,٨٠	٦١٣,٧٠	٧١٠	٢٧

الجدول رقم (١٠،٨) قدرة احتمال الترب (S_b) حسب تصنيف جمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية.

الإجهاد المسموح به (S_b)		نوع التربة
(رطل/قدم ^٢)	(ك.ب.سكال)	
١٠٠٠٠	٥٠٠	حجرية
٤٠٠٠	٢٠٠	رملية صخرية
٣٠٠٠	١٥٠	رملية خشنة
٢٠٠٠	١٠٠	طينية متوسطة الخشونة
١٠٠٠	٥٠	طينية ناعمة
صفر	صفر	عضوية (ناكبة)

قوة الدفع الناتجة {من خطوة (١)}

$$3. \text{ مساحة تحمل الثقل } (A_r) = \frac{\text{قوة الدفع الناتجة}}{\text{قوة احتمال التربة}}$$

{من خطوة (٢)}

$$(10,6) \quad A_r = \frac{T_F}{S_b}$$

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 ٢٥ مم والكتل الترابية التي تزيد أقطارها عن ٥٠ مم. مع وضع مواد الدفن بشكل طبقات متجانسة وبطريقة لا تسمح بوجود أي فراغات. ويجب أن يكون الدفن مستوي ومماثل لسطح الأرض.

مثال:

المطلوب حساب مساحة تحمل الثقل المطلوبة لدعامة مساندة عند كوع 90° في أنبوب ري قطره ٢٧٣ مم وله ضغط تشغيل ٥٨٦ كيلوبسكال. وقد تم وضع الأنبوب في حفرة ذات تربة رملية خشنة.

الحل

من الجدول (١٠,٧) لكوع 90° وقطر أنبوب ٢٧٣ مم: $C_T = 130.5$

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

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

$$S_b = 150 \text{ kPa}$$

$$A_f = \frac{T_f}{S_b} = \frac{76.18 \text{ KN}}{150 \text{ kPa}} = 0.51 \text{ m}^2$$

وبالتالي تكون المساحة المتأثرة بقوة الدفع هي ٠,٥١ م^٢ من الدعامة المسندة.

مواد الدعائم المساندة

مواد الدعائم المساندة الموصى بها هي الأسمنت المسلح الذي له قوة تحمل ضغط على الأقل ١٣,٨ ميغا بسكال (٢٠٠٠ رطل/بوصة^٢). ونسبة خلط الأسمنت لا بد أن تكون ١ أسمنت: ٢ رمل: ٤ زلط (حصي). يجب أن تبني الدعائم بحيث يكون سطح التحمل لأقصى مدى محتمل يتوافق مع أقصى قوة مبدولة بواسطة حط الأنبوب. اتجاه هذه القوى مبينة بواسطة الأسهم في الشكل رقم (١٠,٣).

(١٠,٦) تكاليف الأنابيب : Pipeline Costs

تعتمد تكاليف الأنابيب بشكل أساسي على نوع مادة الأنبوب وعلى طريقة تركيبه إن كان على سطح الأرض أو مدفوناً، وكذلك على مقدار قطر الأنبوب. وهناك تكاليف أخرى كالنقل والحزن والصيانة وغيرها. ويفضل التعبير عن جميع هذه التكاليف بالريال لكل متر واحد أو ١٠٠ متر من طول الأنبوب المنشأ أو المستخدم. إذا كان الأنبوب موضوع على سطح الأرض فإن مجموع التكاليف تشمل سعر الأنبوب، وتكاليف النقل، والتركيب، والصيانة، والتخزين (إن وجد). أما إذا كان الأنبوب 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 ومعرفة بهذه المواصفات. ومن أشهر هذه المواصفات وأكثرها شيوعاً في مثل هذه الأعمال مواصفات المواد والفحص الأمريكية *ASTM* والمواصفات البريطانية *BS* وكذلك المواصفات العالمية *ISO*.

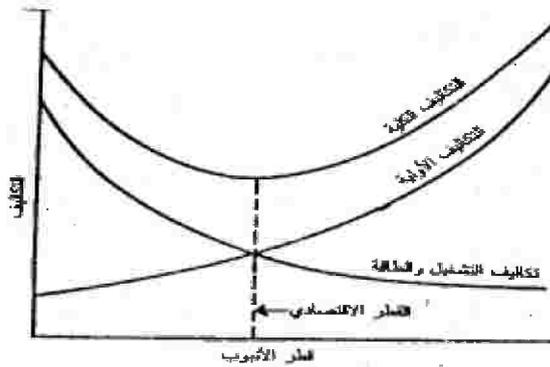
ولغرض تحويل تكاليف الأنابيب الأولية إلى ما يعادلها من تكاليف سنوية منتظمة أو ثابتة تضرب التكاليف الأولية بمعامل اقتصادي يسمى معامل استرجاع رأس المال *Capital Recovery Factor*. ويعتمد هذا المعامل (*CRF*) على عمر استخدام الأنابيب ونسبة الربح السنوية. ويعتمد عمر الاستخدام الاقتصادي للأنبوب على نوع مادة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

(١٠،٧) اختيار الأنابيب الاقتصادي: *Economic Pipe Selection*

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

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

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



الشكل رقم (٤، ١٠) 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 أنه ليس له أهمية خاصة في تحديد أقطار الخطوط الفرعية الذي يبنى عادة على الاعتبارات الهيدروليكية. وأهم هذه الاعتبارات المحافظة على فارق ضغط لا يتعدى الفاقد المسموح به على طول الخط الفرعي. وبالتالي يكون القطر الاقتصادي للخطوط الفرعية هو الذي يحقق أقل تكاليف ابتدائية ممكنة وفيه بالاعتبارات الهيدروليكية. أما عند تحديد قطر الخط الرئيسي فلا بد 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 رأس المال المنفق في المشروع.

عند اختيار القطر المناسب لا بد 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 لا بد 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 مائل 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 لتغلب على الاحتكاك يتغيران خطياً مع طول الأنبوب فيمكن إجراء الحسابات اللازمة لإيجاد القطر الاقتصادي للأنبوب باعتماد طول معين ومناسب (مثل ١٠٠ متر) من الأنبوب وبعض النظر عن الطول الفعلي لذلك الأنبوب.

الجدول رقم (١٠،١٠) حسابات إيجاد القطر الاقتصادي لأنبوب الري بالررش (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 (كيلوات)	التكاليف السنوية لطاقة الضخ (ريال)	مجموع التكاليف السنوية (ريال)
(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)
d_1	من قائمة أسعار الأنابيب	بضرب عمود (٢) \times 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)
d_2						
d_3						
d_4						

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.

التقييم الاقتصادي لنظام الري يتطلب تقدير كل التكاليف وكذلك العائد المتوقع من المشروع. وهذه الدراسات الاقتصادية لا بد أن تتضمن دراسة مقارنة للتكاليف والعائد المتوقع لمختلف نظم الري وتركيب محصولي مختلف. ونتائج الدراسة الاقتصادية سوف تزود المزارع بالمعلومات الضرورية والتي تجعله يختار نظام الري والتركيب المحصولي المناسب.

ولإجراء الدراسة الاقتصادية يجب تقدير التكاليف السنوية وكذلك العائد السنوي للمشروع. عند تقدير التكاليف السنوية للمشروع يجب معرفة العمر الافتراضي لاستهلاك مكونات نظام الري وكذلك تكاليف فائدة رأس المال المستثمر في هذه المكونات. وفي بعض المناطق فان معدات الري تؤجر ولذلك فان رأس المال المستثمر في هذه الحالة سوف يقل لهذه المكونات التي يمكن تأجيرها. وبالتالي فان تكاليف تأجير هذه المكونات سوف تصبح جزء من التكاليف السنوية. وتكاليف نظام الري السنوية يجب أن تشمل كل التكاليف المترتبة على امتلاك أو إيجار المكونات وكذلك تكاليف تشغيل وصيانة نظام الري. كذلك بالإضافة إلى تكاليف نظام الري يجب إضافة التكاليف المترتبة على إنتاج المحاصيل التي سوف يتم ربيها 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 الآبار 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

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

$$(١٠,٧) \quad T_C = F_C + P_C$$

حيث أن:

$$T_C = \text{التكاليف الكلية.}$$

$$F_C = \text{التكاليف الثابتة.}$$

$$P_C = \text{التكاليف المتغيرة.}$$

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 رئيسيين هما:

أولاً - التكاليف الثابتة Fixed Costs :

وهي تشمل تكاليف شراء مكونات نظام الري بالرش وحفر البئر ومضخة الحقن والأنابيب والرشاشات المطلوبة. وحساب 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:

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

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

ب. فترة التحليل Analysis Period :

فترة تحليل المشروع يجب اختيارها لإجراء الدراسة الاقتصادية للمشروع. وحيث أن فترة 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 :

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

$$(١٠,٨) \quad PW = S \times PWF$$

$$(١٠,٩) \quad PWF = (1 + i)^{-n}$$

حيث أن:

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

The Present Worth Factor = معامل القيمة الحالية للاستبدال

i = فائدة رأس المال.

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

S = تكاليف الاستبدال.

وهذه القيمة (PW) لا بد أن تضاف لقيمة رأس المال المطلوب للمشروع (التكاليف الأولية). وبالمثل فإن هناك مكونات أخرى لها عمر افتراضي أكبر من فترة تحليل المشروع. ولذا فإن 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* (CRF) ويمكن حسابه كما يلي:

$$(10, 10) \quad CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$(10,11) \quad CRF = \frac{FC}{PW}$$

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

$$(10,12) \quad FC = PW \cdot CRF$$

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 السري وكفاءة وحدة الضخ الكلية والضاغط الديناميكي الكلي المطلوب كما بالمعادلة التالية :

$$(10,13) \quad PE = \frac{k \cdot A \cdot D_n \cdot TDH}{E_{Pa} \cdot E_p}$$

حيث أن :

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

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

A = المساحة المرورية (هكتار).

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

TDH = الضاغط الديناميكي الكلي المطلوب (متر).

E_{Pa} = كفاءة الإضافة التصميمية (%).

E_p = كفاءة وحدة الضخ (%).

والقيمة 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. ويجب عند اختيار وتقييم نظام للري أن يؤخذ في الاعتبار اختلاف سعر وحدة الطاقة 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)
الكهرباء	كيلووات. ساعة	٨٦٠
الديزل	لتر	٩٢٥٠ - ٩٠١٧
الجازولين	لتر	٨٢٧٤
البيوتان	لتر	٦٨١٤
البروبان	لتر	٦١٤٣
الغاز الطبيعي	م ^٣	٨٨٩٦

ويمكن إيجاد تكاليف الطاقة لتشغيل المضخة من المعادلة التالية:

$$\text{تكاليف التشغيل/ساعة} = \text{القدرة الفرمالية للمضخة بالحصان} \times \text{الوقود المستهلك بالتر/ساعة} \times \text{تكاليف الوقود/لتر.}$$

أو يمكن كتابتها كالتالي:

$$\text{Cost/hr of Operation} = \text{BHP} \times [\text{Fuel Consumed in L/hr}] \times [\text{Cost of fuel per litre}]$$

٢ . تكاليف التشغيل Operating Costs :

وهذه التكاليف تشمل تكاليف العمالة وكذلك باقي التكاليف التي يتطلبها تشغيل النظام مثل النقل وباقي الخدمات الأخرى والعمالة التي يتطلبها مشروع الري. تتوقف هذه التكاليف على طبيعة النظام المستخدم ونوع المحصول المزروع والفترة بين الريات وعدد الريات اللازمة للمحصول وفترة الري للري الواحدة.

٣ . تكاليف الصيانة والإصلاح : Maintenance and Repair Costs

تتوقف تكاليف الصيانة والإصلاح لأي نظام للري على عدد ساعات التشغيل السنوية للنظام والمكونات لنظام الري وأسلوب تشغيل النظام. ولتقدير التكاليف السنوية للصيانة والإصلاح فإنه من المعتاد أن تؤخذ كنسبة مئوية من قيمة رأس المال المستثمر لمختلف مكونات النظام. وحسب (١٠،٩) يوضح التكاليف السنوية للصيانة والإصلاح لمختلف المكونات. كذلك فإن تكاليف التزييت *Lubrication* لمحركات الديزل تتراوح من ٥-١٥٪ من تكاليف الوقود.

٤ . الضرائب والتأمين : Taxes and Insurance

التكاليف 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 :

سبق القول أن التكاليف الثابتة والمتغيرة هي تكاليف امتلاك وتشغيل نظام الري تخضع لزيادة الأسعار بمرور السنين وهذه الزيادة ستستمر في المستقبل. وإذا كان تكاليف كل البتود اللازمة لامتلاك وتشغيل النظام سوف تزداد بصفة منتظمة مع الزمن إلا أنه من سوء الحظ أن تكاليف الطاقة والعمالة من الممكن أن تزيد

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

ولحساب التكاليف مع الأخذ في الاعتبار التضخم المتوقع في الأسعار على مدار فترة التحليل للمشروع فإنه يستخدم تعبير قيمة التضخم الحالية *The Escalated Present Worth Value, PWF (r)* ويمكن حسابه كما يلي:

$$(١٠,١٤) \quad PWF(r) = \left(\frac{I+r}{I+i} \right)^{ul}$$

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).

وقيمة التضخم الحالية يمكن استعمالها لتقدير أثر التضخم في الأسعار على التكاليف الثابتة للمكونات المختلفة حيث أنه يمكن استعمالها لتقدير تكاليف الاستبدال للمكونات المختلفة لنظام الري. كذلك يمكن استعمال قيمة التضخم الحالية لتقدير قيمة الـ *Salvage value* للمكونات المختلفة.

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

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

حيث أن :

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

$$EAC(r) = S * EAF(r) \quad (10, 16)$$

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

عندما يكون $r = 0$ (حيث لا يوجد تضخم أو زيادة في الأسعار) فإن:

$$EAF(r) = 1$$

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

وللمزيد من التوسع في اقتصاديات الري بالرش يمكن الرجوع إلى المرجع (١١، ٢٠، ١٩) لمن يريد مزيد من التعمق.

(١٠، ١٠) أمثلة محلولة:

مثال ١:

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

الحل

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

معامل التضخم الحالي $PWF(r)$:

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

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

$$PW(r) = S \cdot PWF(r) = 20000 \times 0.76 = 15200 \text{ SR}$$

مثال ٢:

إذا الوقود المستخدمة لمزرعة ما تكلف ١٥٠٠٠ ريال في السنة على حسب التكاليف الحالية. 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٪.

الحل

معامل تكاليف الوقود السنوية $EAF(r)$:

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

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

تكاليف الوقود السنوية $EAC(r)$:

$$EAC(r) = S \cdot EAF(r) = 15000 \times 1.8699 = 28048.5 \text{ SR}$$

مثال ٣:

أنبوب من البلاستيك القاسي (PVC) من مركب PVC2110 يتحمل ضغط عالي ، وقطره الداخلي يساوي ١٠ سم. وسمك جداره ٥ مم . أحسب درجة تحمل الضغط للأنبوب.

الحل

$$PR = \frac{2S}{\frac{d_i}{t} + 1} \quad \therefore \frac{d_i}{t} = \frac{100 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = 20$$

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

$$S = 6.9 \text{ MPa} = 6900 \text{ kPa}$$

إذا درجة تحمل الضغط للأنبوب:

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

مثال ٤ :

أنبوب من البلاستيك القاسي من مركب PVC1220 وقطره الخارجي ١٢ بوصة يتحمل ضغط عالي مقداره ١٥٠ رطل/بوصة^٢. أحسب أقل سمك لجدار الأنبوب ليتحمل هذا الضغط.

الحل

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

درجة تحمل الضغط = $PR = 150 =$ رطل/بوصة^٢.

ومن جدول رقم (١٠،١) لـ PVC 1220 نحدد أقصى شد تصميمي $S = 2000 \text{ psi}$

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

$$\therefore t = 0.4337 \text{ in} = 11 \text{ mm}$$