تكلفة إنتاج مياه الشرب

أ. عدنان جمال الساعاتي

تحتاج مشاريع إنتاج مياه الشرب وتنقيتها ونقلها وتوزيعها للمستهلكين في المناطق الحضرية إلى استثمارات مالية كبيرة . وتعد تكلفة الإنشاء والتشغيل عنصراً هاماً في تحديد الجدوى الإقتصادية لمشاريع المياه ، والمفاضلة بين الحلول البديلة لتامينها ، وتحديد مراحل تطوير مكونات هذه المشاريع لمواجهة احتياجات المياه الحالية والمستقبلية .

يهدف هذا المقال إلى إعطاء فكرة مختصرة ومبسطة لعناصر التكلفة وحجم الاستثمارات المالية المطلوبة لإنشاء وتشغيل مشاريع إنتاج المياه الجوفية ومحطات تحلية مياه البحر . كما يهدف إلى توضيح أهم العوامل التي تؤدي إلى تباين تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب من مصدر لآخر .

نظام إمداد مياه الشرب

ينظر إلى مشاريع تأمين مياه الشرب للمدن كنظام متكامل يبدأ من مصدر الماء وحتى وصوله عذباً نقياً للمستهلكين في منازلهم وأماكن أنشطتهم المختلفة ، ولايمكن تجزئة النظام إلا لأغراض الدراسة وتحديد المسؤليات والتنفيذ والمتابعة . ويتألف نظام إمداد مياه الشرب كما هو مبين في الشكل (١) من أربعة أجزاء رئيسية هي :

* **أعمال أعداد مصدر الماء :** وتشمل تجهيز حقل الآبار وخطوط تجميع المياه في مشاريع المياه الجوفية أو سدود تجميع مياه الأمطار أو مآخذ مياه البحر في مشاريع تحلية المياه المالحة .

* **محطة التنقية :** ويتم فيها تنقية الماء الخام طبقاً لنوعية وأهداف التنقية ، وغالباً ما تشتمل محطات تنقية المياه الجوفية العميقة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح باستخدام التناضح العكسي أو الفرز الكهربائي ثم التعقيم . وتشمل مشاريع محطات التنقية بناء خزانات تجميع المياه المنقاة ومحطة الضخ إلى المناطق الحضرية ، أما محطات تحلية مياه البحر في المملكة ، وبخاصة المحطات كبيرة الحجم فغالباً ما يستخدم فيها التبخير الوميضي متعدد المراحل لإزالة الأملاح الذائبة يليها الإعذاب بالتناضح العكسي .

* **خطوط نقل المياه :** وتشمل محطات الضخ ويتم إنشاؤها لنقل المياه إلى المدن المراد تزويدها بمياه الشرب كخطوط نقل المياه من محطة التحلية بالجبيل إلى الرياض .

* **شبكة توزيع المياه على المستفيدين :** تشمل شبكة الأنابيب الرئيسة والفرعية ومحلقاتها كمحطات الضخ والخزانات والمحابس والصمامات .

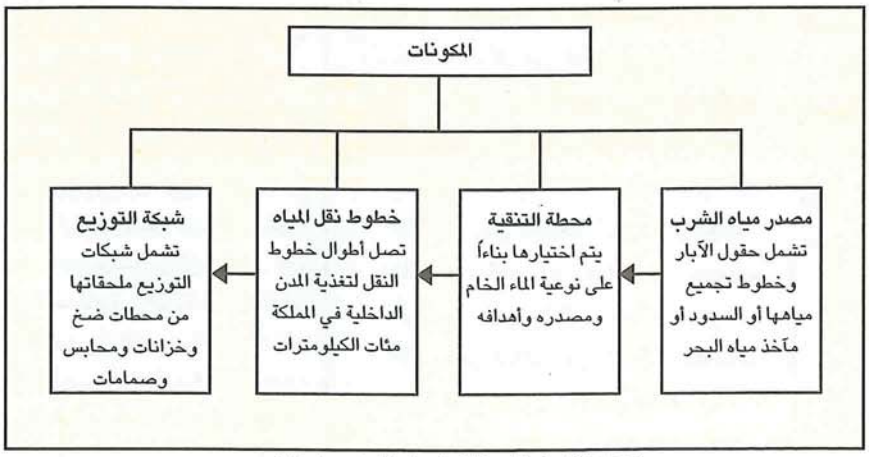
عناصر تكلفة مشاريع المياه

يمكن تقسيم تكلفة مشاريع مياه الشرب إلى عنصرين رئيسين هما التكلفة الرأسمالية وتكلفة التشغيل والصيانة كما هو موضح في الشكل (٢) :

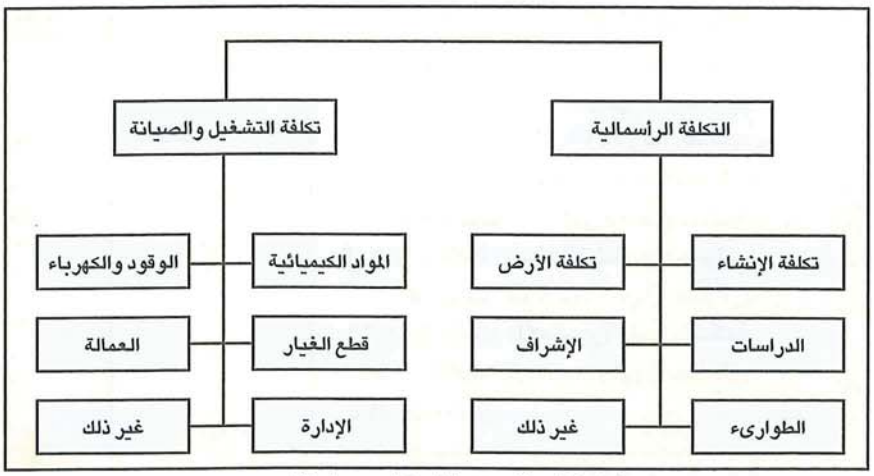
* **التكلفة الرأسمالية:** وتشمل التكلفة المباشرة للإنشاء بالإضافة إلى تكاليف الدراسات والتصاميم والإشراف على التنفيذ ومصاريف الطوارىء وغيرها من التكاليف .

* **تكلفة التشغيل والصيانة:** وتشمل عدداً من العناصر أهمها تكلفة أجور العاملين والوقود والكهرباء والمواد الكيميائية وقطع الغيار كاستبدال أغشية التناضح العكسي بالإضافة إلى المصاريف الإدارية .

وغالباً ما تشمل عقود مشاريع إنتاج مياه الشرب من مصادر المياه الجوفية في المملكة تكلفة إنشاء حقول الآبار وخطوط تجميعها بالإضافة إلى تكلفة محطات



شكل (١) مكونات نظام إمداد المدن بمياه الشرب .



● شكل (٢) عناصر تكلفة مشاريع مياه الشرب .

التنقية وخطوط نقل مياهها المنقاة للمناطق الحضرية كعقد مشروع محطة التنقية في عنيزة .

ويمكن حساب تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب كحاصل جمع التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة والتكلفة الرأسمالية بعد تحويلها إلى تكلفة سنوية (يعبر عنها بتكلفة الأصول الرأسمالية طبقاً لمبادىء الاقتصاد الهندسي) وقسمة الناتج على كمية المياه التي يتم إنتاجها من محطة التنقية في السنة . وتتأثر تكلفة الأصول الرأسمالية بفرضيات العمر الاقتصادي لعناصر المشروع ومعدل الفائدة . ويعد تكلفة إنتاج المتر المكعب معياراً مهماً لقياس تكلفة مشاريع المياه وعاملاً رئيساً في تحديد سياسات تسعير المياه .

تكاليف محطات نموذجية مختارة

تختلف تكاليف محطات مياه الشرب باختلاف نوع المياه والمنطقة المنشأ بها المحطة . ويمكن ابراز نموذجي تلك التكاليف في المثاليين التاليين :-

● محطة تنقية مياه جوفية في المملكة

يوضح الجدول (١) التكاليف التقديرية لأحد المشاريع النموذجية لإنتاج مياه الشرب من مصدر مياه جوفية عميقة قدرت ملوحتها بحوالي ١٣٠٠ جزء في المليون تقريباً ، حيث تم تصميم محطة التنقية بطاقة إنتاجية تقدر بحوالي ٥١ ألف متر مكعب يومياً ، وقدرت تكلفة إنشاء حقل الآبار المكون من عشرة آبار بحوالي ٢١,٨ مليون ريال . أما محطة التنقية المشتملة على عمليات التيسير والترشيح وإزالة الأملاح بالتناضح العكسي والكلورة وخزانات مياه الشرب ومحطة الضخ ومحطة توليد الطاقة الكهربائية ومباني الإدارة والمختبرات وورش الصيانة فقدرت تكاليفها بحوالي ١١٠ مليون ريال ، بينما قدرت تكلفة الخط الناقل للمياه إلى مشارف المدينة بطول ١٥ كيلومتر بحوالي ١١,٦ مليون ريال . من جانب آخر قدرت تكلفة التشغيل والصيانة بحوالي ١٠,٢ مليون ريال سنوياً بسعر الكهرباء المدعوم من قبل الدولة . وعليه فان تكلفة إنتاج المتر المكعب من المياه المنقاة في هذه المحطة تقدر بحوالي ١,٨٤ ريال لسعر الكهرباء غير المدعوم . وحوالي ١,٦ ريال للسعر المدعوم. مما يجدر ذكره أن هناك أيام مخصصة لصيانة الآبار وأن التكلفة الموضحة لاتشمل تكلفة توزيع المياه في شبكة التوزيع في المدينة المستفيدة .

العناصر	التكلفة *
أ – مصدر الماء	
تكلفة إنشاء حقل آبار مكون من عشرة آبار	٢١,٨
ب – محطة التنقية	
التيسير	٨,٧
الترشيح	٩,٩
التناضح العكسي	٤٣,١
التخلص من مياه الرجيع	١٠,٥
تخزين المياه المنقاه	٤,٣
محطة الضخ	٦,٣
محطة توليد الطاقة الكهربائية	١٢,٨
المباني	١٤,٧
إجمالي التكلفة	١١٠,٣
ج– خط نقل المياه من محطة التنقية	
تكلفة خط النقل بطول حوالي ١٥ كيلومترا	١١,٦
د – التكلفة الرأسمالية للمشروع	
إجمالي تكلفة الإنشاء (١+ ب + ج)	١٤٣,٧
التكلفة الرأسمالية التقديرية (١٢٠٪ تكلفة الإنشاء)	١٧٢,٤٤
استرجاع الأصول الرأسمالية سنوياً (٧٪ ، ٢٠ سنة)	١٦,٢٨
هـ – تكلفة التشغيل والصيانة	
التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة بسعر الكهرباء المدعوم	١٠,٢
التكلفة السنوية للتشغيل والصيانة بسعر الكهرباء بدون دعم	١٤,٢٨
و – تكلفة انتاج المتر المكعب من الماء	
إجمالي التكلفة بدون دعم (مليون ريال سنوياً)	٣٠,٥٦
إجمالي التكلفة بالدعم (مليون ريال سنوياً)	٢٦,٤٨
انتاج المياه السنوي (مليون متر مكعب سنوياً)	١٦,٦٤
متوسط تكلفة الإنتاج بدون دعم (ريال /م٣)	١,٨٤
متوسط تكلفة الإنتاج بالدعم (ريال /م٣)	١,٥٩

* مليون ريال أو كما هو موضح.

● جدول (١) عناصر تكلفة مشروع نموذجي لإنتاج مياه شرب في المملكة

● محطة تنقية مياه جوفية بولاية فلوريدا

يوضح الجدول (٢) المعلومات المتعلقة بمحطة نموذجية بطاقة تصميمية حوالي ٤٥ ألف متر مكعب يومياً لإعذاب مياه جوفية تصل ملوحتها إلى ١٦٠٠ جزء في المليون باستخدام التناضح العكسي ، حيث قدرت تكلفة الإنتاج بحوالي ١,٢٠ ريال/م٣ من المياه .

وتجدر الملاحظة أن ارتفاع تكلفة الإنتاج في المحطة النموذجية في المملكة مقارنة بهذه المحطة يمكن أن يعزى للتكاليف الرأسمالية الإضافية لإنشاء وحدة تقطير مياه الرجيع وبحيرة التخلص من المياه العادمة في المحطة .

ويوضح الجدول (٢) أيضاً تكلفة إنتاج المياه بتحلية مياه البحر في محطة مقامة في ولاية فلوريدا على ساحل المحيط الأطلسي طاقتها التصميمية حوالي ٣٨ ألف متر مكعب يومياً ، حيث قدرت تكلفة الإنتاج بحوالي ٣,٨١ ريال/م٣ . وتجدر الإشارة إلى أن محطات إنتاج مياه البحر بالتناضح العكسي قد أضحت منذ منتصف التسعينات الميلادية منافساً للمحطات التي تستخدم التبخير الوميضي متعدد المراحل ، نتيجة لإنخفاض تكلفتها الرأسمالية وإنخفاض تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب فيها ،

عناصر التكلفة	مياه حوفية	مياه بحر
خصائص المشروع :		
السعة التصميمية (متر مكعب يومياً)	٤٥٥٠٠	٣٧٨٥٠
اجمالي الأملاح الذائبة (جزء في المليون)	١٦٠٠	٣٢٠٠٠
تقنية إزالة الملوحة	تناضح عكسي	تناضح عكسي
التكلفة الرأسمالية :		
إجمالي التكلفة الرأسمالية (مليون ريال)	٨٦,٩٤	١٨٦,٣٨
استرجاع الأصول الرأسمالية (مليون ريال سنوياً)	١٠,٠٧	١٧,٢٥
تكلفة التشغيل والصيانة :		
العمالة والصيانة (مليون ريال سنوياً)	٣,٧١	٦,٠٠
المواد الكيميائية والمستهلكات (مليون ريال سنوياً)	١,٢٢	٣,٣٨
استبدال أغشية التناضح العكسي (مليون ريال سنوياً)	١,١٣	٧,١٣
سعر الوقود والكهرباء (مليون ريال سنوياً)	٣,١٦	١٧,٢٥
إجمالي تكلفة التشغيل والصيانة (مليون ريال سنوياً)	٩,٢٢	٣٣,٧٦
تكلفة انتاج المتر المكعب من الماء		
إجمالي التكلفة السنوية (مليون ريال سنوياً)	١٩,٢٩	٥١,٠١
انتاج المياه السنوي (مليون ريال سنوياً)	١٦,١١	١٣,٤٠
متوسط تكلفة الإنتاج (ريال لكل متر مكعب)	١,٢٠	٣,٨١

● جدول (٢) تفاصيل تكاليف محطات نموذجية لإنتاج مياه الشرب

ويبين الشكل (٣) مقارنة لتكلفة الإنتاج في المشاريع الثلاثة المختارة .

العوامل المؤثرة على تكلفة الإنتاج

تعتمد تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب على العديد من العوامل التي قد تزيد التكلفة إلى أضعاف التكلفة في محطة أخرى ، ومن أهم هذه العوامل ما يلي :-

● نوعية ماء المصدر

تحدد نوعية الماء الخام عمليات التنقية المطلوبة ، وعموماً فكلما ارتفعت ملوحة الماء كلما ارتفعت التكلفة الرأسمالية وتكلفة التشغيل والصيانة وخاصة إستهلاك الطاقة الكهربائية ، وبالتالي تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب .

● تكلفة الطاقة الكهربائية

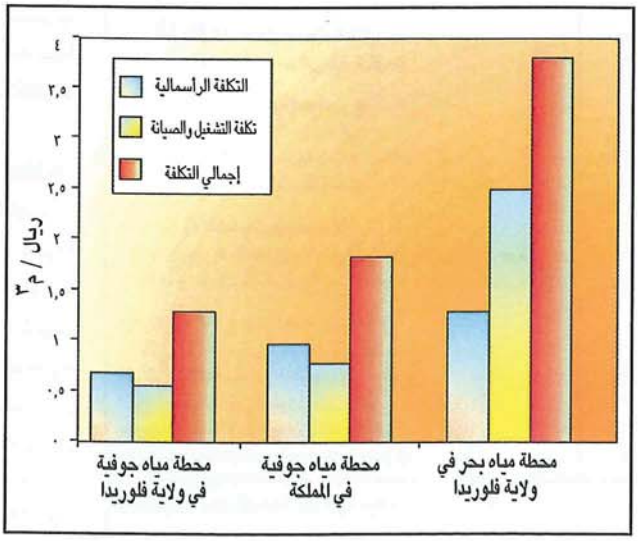
تعد تكلفة إستهلاك الطاقة الكهربائية من أهم العوامل في اختيار عمليات تنقية مياه الشرب وإعذابها ، وتجدر ملاحظة أن تكلفة إنتاج المياه تنخفض عند استخدام الوقود والكهرباء المدعومة من قبل الدولة تشجيعاً للقطاعات الصناعية في المملكة ، حيث تمثل هذه التكلفة نسبة لا تتجاوز حوالي ٢٠٪ من تكلفة الطاقة عند استخدام الأسعار العالمية .

● خصائص الموقع

يتم إنشاء بعض المحطات في مناطق نائية تتطلب توفير مرافق مساندة كمحطات توليد الطاقة الكهربائية وسكن العاملين مما يؤدي إلى زيادة تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة ، كما يؤدي بعد مصدر الماء ومحطة التنقية عن مناطق التغذية إلى ارتفاع تكلفة خطوط نقل المياه ومحطات ضخها .

● حجم المشروع وإنتاجه الفعلي

يؤثر حجم المشروع على متوسط تكلفة الإنتاج ، فكلما زادت الطاقة التصميمية للإنتاج كلما انخفضت التكلفة طبقاً لقاعدة إقتصاديات الحجم ، وكلما اقترب الإنتاج الفعلي من الطاقة التصميمية كلما أدى ذلك إلى خفض تكلفة المتر المكعب من المياه الناتجة . فعلى سبيل المثال ، يقدر متوسط تكلفة إنتاج مياه التحلية في محطة الشقيق -١ التي تغذي بعض مدن عسير (طاقة المحطة الإنتاجية حوالي ٧٦ ألف متر مكعب يومياً) حوالي ٣,٩٦ ريال للمتر المكعب بينما يقدر متوسط التكلفة في محطة الجبيل -٢ التي تغذي مدينة الرياض (طاقة المحطة الإنتاجية حوالي ٨٠٦ ألف متر مكعب يومياً) حوالي ٣,٦١ ريال للمتر المكعب ، ولاتشمل التكلفة المقدرة تكاليف نقل المياه وتوزيعها على سكان هذه المدن .



● شكل (٣) تكلفة إنتاج المتر المكعب من مياه الشرب في محطات نموذجية .

الاستنتاجات

مما تقدم إيضاحه يمكن الوصول إلى الاستنتاجات التالية :

١- إن تكلفة إنتاج مياه الشرب من مصادر المياه الجوفية تقل عن تكلفة إنتاج مياه البحر المحلاة لنفس الطاقة التصميمية حتى ولو تم اعتبار تكاليف نقل المياه في حالة تزويد المدن الداخلية في المملكة بمياه الشرب .

٢- إن تكلفة إنتاج مياه الشرب من مشاريع المياه الجوفية أو مياه البحر غالباً ما تزيد عن ١,٨ ريال للمتر المكعب ويمكن أن ترتفع إلى أكثر من ١٠ ريال للمتر المكعب في المشاريع الصغيرة بأسعار الوقود والكهرباء المدعومة من قبل الدولة ودون اعتبار تكاليف نقل وتوزيع المياه .

٣- إن تعريفة استهلاك مياه الشرب في المملكة تبلغ حوالي ١٢,٥ هللة للمتر المكعب عندما لا يتجاوز الاستخدام ١٠٠ متر مكعب للوحدة السكنية تمثل عبئاً مالياً حيث أن هذه التعريفة لا تتجاوز حوالي ٥٪ من التكلفة الفعلية لإنتاج مياه الشرب بينما تتحمل الدولة باقي التكلفة ، مما يؤكد أهمية ترشيد استخدام مياه الشرب والمحافظة عليها وحسن استغلالها .