البحوث والدراسات

تقييم استدامة نظام إدارة الموارد المائية في القطاع البلدي في دولة الكويت

محمد ملبس الشمري*
أ. د. وليد خليل الزباري**
أ. د. علاء عبدالله الصادق***

ملخص

تعتبر دولة الكويت من أكثر البلدان ندرة في المياه، ويقع نصيب الفرد فيها من المياه المتجددة تحت خط الفقر المائي المدقع (٥٠٠ م^3/سنة/للفرد). إن تلبية الزيادة السريعة في الطلب على المياه لمختلف القطاعات المستهلكة، وارتفاع التكلفة المالية والاقتصادية والبيئية المصاحبة لسياسة تعظيم الموارد المائية، يمثل أحد التحديات الرئيسة التي تواجه تخطيط وإدارة المياه في دولة الكويت. هدف البحث إلى تقييم الوضع المائي في دولة الكويت، ووضع الخيارات والبدائل الإدارية المتاحة لاستدامته. ولتحقيق ذلك شملت المنهجية تقييم الوضع الحالي لقطاع المياه بالتركيز على القطاع البلدي، وتحديد أهم المشاكل والقضايا فيه، بالإضافة إلى تحليل سياسات إدارة موارد المياه الحالية في دولة الكويت، وتطوير نموذج رياضي ديناميكي يمثل قطاع المياه البلدي في دولة الكويت باستخدام نموذج WEAP، ومن ثم تقييم فاعلية الخيارات الإدارية المتاحة لموازنة الطلب والعرض وخفض التكاليف المالية والبيئية والاقتصادية، مقارنة بسيناريو مرجعي يمثل استمرار الأوضاع والسياسات على ما هي عليه حالياً. وقد بينت نتائج البحث أن التكاليف التي تتحملها دولة الكويت حالياً وستتحملها مستقبلاً، بحسب معدلات النمو السكاني وأنماط الاستهلاك،

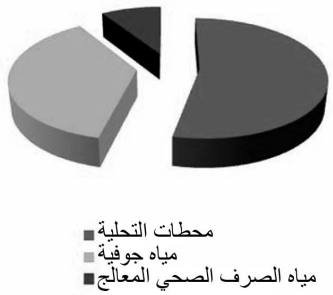
* باحث بوزارة التربية، محافظة العاصمة، دولة الكويت.
** أستاذ إدارة الموارد المائية، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين.
*** أستاذ إدارة الموارد المائية، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين.

يمكن خفضها بشكل كبير وفاعل، من خلال تطبيق أي من التدخلات الإدارية المقترحة، المتمثلة في إعادة تقييم نظام التعرفة في القطاع البلدي (٧٪ خفض في كمية الطلب، رفع الوعي المائي للمستهلكين (١٠٪)، تطبيق الأجهزة المرشدة للمياه في المنازل (٢٠٪)، خفض معدل التسربات في شبكة التوزيع (٥٪)، أو تطبيق جميع هذه الخيارات معاً، وتعتبر أقل تكلفة نسبياً من الاعتماد على إجراءات زيادة العرض المتبعة حالياً، والمتمثلة في توسعة محطات التحلية والمعالجة. وستؤدي هذه الإجراءات إلى رفع كفاءة المياه في كل من جانبي العرض والطلب، خفض الأعباء المالية على الميزانية الوطنية، والمحافظة على أصول الموارد الطبيعية من الطاقة (المصدر الأساسي للدخل في دولة الكويت)، كما أنها ستقلل من التكاليف البيئية المصاحبة لقطاعي المياه البلدية ومعالجة مياه الصرف الصحي. ويوصي البحث بضرورة اتباع التخطيط والإدارة المتكاملين لتحقيق مستويات أعلى من الاستدامة لقطاع المياه البلدي في دولة الكويت.

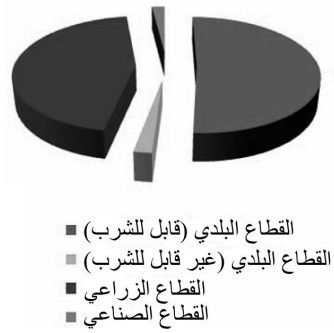
١ – المقدمة:

تقع دولةُ الكويت ضمن نطاق المناطق الجافة فقيرة الموارد المائية، حيث تقل فيها الأمطار إذ يبلغ معدلها السنوي ١٢٠ ملم (الشمري، ١٩٩٩)، وترتفع فيها معدلات البخر، حيث يبلغ المتوسط السنوي للبخر ٢٢٦٦ ملم (KISR, 1990)؛ مما يؤدي إلى عدم وجود المياه السطحية الدائمة فيها. وتُعتبر المياه الجوفية التي تتدفق من المملكة العربية السعودية المورد الطبيعي الوحيد المتوافر لها. وإذا ما تم الأخذ في الاعتبار حجم السكان، تُصنّفُ دولةُ الكويت ضمن الدول ذات الفقر المائي الحاد (أقل من ٥٠٠ متر مكعب للفرد في العام). مع زيادة مداخيل النفط وخصوصاً في عقد السبعينيات من القرن الماضي، مرت الكويت بمعدلات نمو اقتصادي واجتماعي عالية أدت إلى زيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة، وتوسع القاعدة الاقتصادية بشكل متسارع. ولقد صاحب هذا النمو طلب متزايد على المياه، وفي ظل محدودية الموارد المائية الطبيعية (عيدان، ٢٠٠٨؛ المقصيد، ٢٠١٢)، لجأت دولة الكويت إلى المياه غير التقليدية المتمثلة أساساً في تحلية مياه البحر؛ لتغطية احتياجات القطاع البلدي المتنامية، ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها؛ للمساهمة في تلبية الاحتياجات الزراعية (KhHarafi, 2012; El-Sadek, 2014). وبشكل عام، تنقسم استخدامات

المياه في دولة الكويت إلى ثلاثة قطاعات أساسية، وهي البلدي والزراعي والصناعي. يشمل القطاع البلدي جميع الجهات المستهلكة للمياه من شبكة المياه البلدية، مثل القطاع التجاري، القطاع السياحي، القطاع المنزلي، القطاع الحكومي، وغيرها من القطاعات المستخدمة للشبكة البلدية. وفي العام ٢٠١١ بلغ إجمالي إمدادات دولة الكويت من المياه للقطاع البلدي حوالي ٦١٨ مليون متر مكعب، بينما استحوذ القطاع الزراعي على حوالي ٥١٨ مليون متر مكعب، واستحوذ القطاع الصناعي على كميات قليلة نسبياً مقارنة بالقطاعين البلدي والزراعي؛ حيث استهلك هذا القطاع ٢١,٥ مليون متر مكعب للعام نفسه (Al-Ruwaih et al., 2012). يأتي القطاع البلدي في المرتبة الأولى حالياً من حيث كمية استهلاك المياه (٥٣٪ من إجمالي استهلاك المياه)، ويأتي بعده القطاع الزراعي (٤٥٪) ثم القطاع الصناعي (٢٪) (الشكل ١).



الشكل (١أ) – مصادر المياه في دولة الكويت (١١٥٧,٥ مليون متر مكعب/سنة) للعام ٢٠١١



الشكل (١ب) – استخدامات القطاعات المختلفة للمياه في دولة الكويت للعام ٢٠١١

لتلبية الزيادة المطردة في معدلات الطلب على المياه، تركزت جهود السلطات المختصة بإدارة موارد المياه بشكل أساسي على الجوانب المتعلقة بتطوير وزيادة إمدادات المياه، حيث انصبت جهود السلطات على إنتاج المياه الجوفية، والتوسع في إنشاء محطات التحلية، والتوسع في معالجة مياه الصرف الصحي

وإعادة استخدامها (عيدان والزباري، ٢٠١٢). إلا أن اتباع هذا الأسلوب، أي التركيز على جانب تعظيم المتاح من الموارد المائية، وبدون إيلاء جانب إدارة الطلب والترشيد وكفاءة الاستخدام الاهتمام الكافي، قد أضحى مصحوباً بالعديد من التكاليف المالية والاقتصادية والبيئية العالية، بالإضافة إلى أنه أدى إلى ظهور العديد من الممارسات غير المستدامة، مثل ارتفاع معدل استهلاك الفرد، وتدني كفاءة استخدام المياه، وزيادة معدلات النمو في الطلب على المياه عن معدلات نمو السكان (Al-Otaibi et al., 2013; 2014).

حالياً تستطيع دولة الكويت أن تلبي الاحتياجات المائية لتتكيف مع هذه الأوضاع، ويتمثل ذلك في قدرتها على التوسع في بناء محطات التحلية، يساعدها في ذلك قوة اقتصادها وامتلاكها الموارد المالية وموارد الطاقة. إلا أن هذه الأوضاع قد تكون غير قابلة للاستمرار بسبب التكاليف المالية والاقتصادية والبيئية المتزايدة مع الوقت للتوسع في بناء محطات التحلية، وبسبب الاستنزاف السريع لموارد الطاقة، مصدر الدخل الرئيس للدولة. وتشير بعض الدراسات (Darwish et al., 2010) إلى أن استمرار معدلات الطلب على المياه البلدية بالمعدلات الحالية سيؤدي إلى أن استهلاك محطات التحلية للطاقة سينافس إنتاج الكويت من النفط الخام (٢,٥مليون برميل يومياً) بحلول العام ٢٠٣٥. ولذا، فإنه من الضروري النظر في كفاءة نظام إدارة الموارد المائية في القطاع البلدي في دولة الكويت، والبحث في سبل رفع كفاءته واستدامته لخدمة أهداف وعملية التنمية فيها. ويقصد باستدامة القطاع البلدي تحت ظروف دولة الكويت المائية توفير المياه بالكمية الكافية والنوعية المطلوبة، وذلك بأقل التكاليف المالية والاقتصادية والبيئية، لتحقيق أقصى منفعة وقيمة مضافة من استخدام المياه، والمساهمة في التنمية الوطنية العامة على المدى البعيد. يهدف هذا البحث إلى تقييم مستوى إدارة المياه في القطاع البلدي في دولة الكويت، وقياس مستوى كفاءته واستدامته حالياً ومستقبلاً، من خلال استخدام مؤشرات تمثل التكاليف المصاحبة للقطاع، واقتراح الخيارات الإدارية التي تتناسب مع الظروف الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية والسياسية السائدة لتحقيق الإدارة المستدامة للقطاع البلدي في دولة الكويت.

٢ – منهج البحث:

تم تقييم الخيارات المائية الإستراتيجية لتحقيق الإدارة المستدامة لقطاع المياه في دولة الكويت، من خلال بناء نموذج ديناميكي يحاكي نظام القطاع المائي بالدولة، وإجراء سيناريوهات مستقبلية حتى العام ٢٠٣٠، باستخدام برنامج WEAP (SEI, 2012) الذي يتم استخدامه في فحص وتقييم كفاءة السياسات المتبعة حالياً في القطاعات الثلاثة (البلدي، الزراعي، الصناعي)، ومن ثم تقييم كفاءة الخيارات الإستراتيجية المقترحة والمبنية على سيناريوهات مستقبلية. تم اتباع المنهج الآتي لتحقيق هدف الدراسة:

بناء نموذج رياضي ديناميكي لقطاع المياه للقطاع البلدي في دولة الكويت باستخدام برنامج (WEAP).

١ – بناء نموذج رياضي يمثل ويحاكي نظام القطاع المائي، والتنبؤ بالمتطلبات المائية المستقبلية للقطاعات المستهلكة، وحساب التكاليف الاقتصادية والبيئية في القطاع البلدي باستخدام المؤشرات المناسبة (السيناريو المرجعي).

٢ – فحص وقياس كفاءة الخيارات والبدائل الإدارية المناسبة (السيناريوهات المستقبلية)؛ بهدف تقليل العجز المائي واستدامة القطاع البلدي في دولة الكويت حتى العام ٢٠٣٠.

تحديد الخيارات المتاحة لدولة الكويت للموازنة المائية في القطاع البلدي.

تحليل الخيارات والبدائل المتاحة ومقارنتها بالتكاليف الاقتصادية والبيئية للسيناريو المرجعي، وتحديد أكثر هذه الخيارات فاعلية/أولوية لرفع كفاءة واستدامة إدارة القطاع البلدي في دولة الكويت.

٢–١– بناء النموذج الرياضي ومحاكاة قطاع المياه البلدية في دولة الكويت

تم بناء نموذج يهدف إلى محاكاة الحالة المرجعية لإدارة المياه في القطاع المائي بدولة الكويت، باستخدام برنامج (WEAP)، استناداً إلى البيانات المتوافرة والنظام المائي المتبع، من زيادة طاقات محطات التحلية والخطط الموضوعة

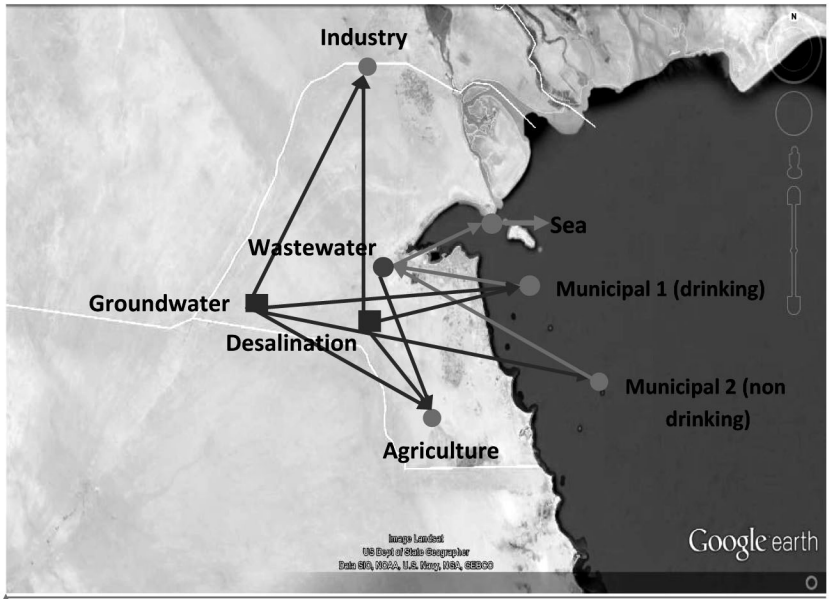
للقطاع المائي. ويفترض هذا النموذج استمرارية الوضع في القطاع المائي على ما هو عليه دون أي تدخلات إدارية.

البيانات والافتراضات:

أُعتمد في بناء النموذج عدد من الافتراضات والمحددات التي تم إجراؤها في بناء هذا النموذج متمثلة في الآتي:

* تم التعامل مع القطاع البلدي على أنه وحدة جغرافية واحدة، حيث لم يأخذ هذا النموذج في الاعتبار التوزيع الجغرافي للمناطق السكنية في المحافظات الست للدولة.
* تم استخدام بيانات الفترة ما بين ٢٠٠٥ وحتى ٢٠١٢ لمعايرة calibration وتحقيق validation النموذج. وتمثلت البيانات في عدد السكان، معدل استهلاك الفرد، معدل التسرب من الشبكة، وكمية المياه التي تنتجها محطات تحلية المياه، وكمية المياه الجوفية المستخدمة في القطاع البلدي سواء للخلط أو للتزويد المباشر، بالإضافة إلى كمية مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة من القطاع البلدي.
* كان معدل النمو للسكان ٤,٦٪ للفترة مابين ٢٠٠٥-٢٠١٢ وتم الحصول عليه من وزارة التخطيط؛ حيث ارتفع عدد السكان من ٢,٩ مليون نسمة إلى ٣,٨ ملايين نسمة خلال هذه الفترة.
* تم اعتماد المدخلات بشكل سنوي للقطاعات الثلاثة المستهلكة للمياه الرئيسية، ولم يتم احتساب كمية الطلب المستقبلي على المياه على أساس مواسم السنة (صيف، شتاء) التي يختلف فيها الطلب على المياه في كل القطاعات بصفة عامة، وتحديداً القطاع الزراعي والبلدي بصفة خاصة.
* بلغ معدل استهلاك الفرد للمياه المحلاة في القطاع البلدي ١٦٢,٥ متراً مكعباً/السنة، وتم حسابه من بيانات وزارة الكهرباء والماء.
* بلغ معدل استهلاك الفرد للمياه الجوفية المائلة للملوحة في القطاع البلدي ٣٧,٣ متراً مكعباً/السنة، وتم حسابه مما توافر من بيانات من الموازنة المائية لدولة الكويت.

يوضح الشكل (٢) المخطط البياني لشكل النظام المائي في دولة الكويت. وتوضح الدوائر الحمراء القطاعات المائية الرئيسية الثلاثة، حيث تم تقسيم القطاع البلدي إلى جزءين يتم تلبية الأول من مياه التحلية، والثاني من المياه الجوفية. فيما تمثل الدوائر البنية محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وتوضح المربعات الخضراء المصادر المائية، ويوضح المربع الأخضر خزان المياه الجوفية، وتتشكل المصادر المائية والقطاعات بخطوط خضراء توضح الروابط والعلاقات بين الطلب والعرض في القطاع المائي، وتبين الخطوط الحمراء التدفقات الراجعة إلى محطات معالجة الصرف الصحي أو إلى البحر. ينال القطاع البلدي المرتبة الأولى حالياً من حيث كمية الاستخدام/ استهلاك المياه، يندرج تحته مباشرة في المرتبة الثانية القطاع الزراعي، ويحتل القطاع الصناعي المرتبة الثالثة. ويوضح الجدول (١) الطلب السنوي على المياه في كل قطاع خلال الفترة ٢٠٠٥– ٢٠١١.



الشكل (٢) – المخطط البياني لشكل النظام المائي في الكويت

الجدول (١)
الموازنة المائية السنوية لدولة الكويت خلال الفترة ٢٠٠٥– ٢٠١١
(مليون متر مكعب)

القطاع	السنة	المياه المحلاة	المياه المعالجة	المياه الجوفية	المجموع
البلدي (تحلية)	٢٠٠٥	٤١٩,٦	–	٤٦,٦	**٤٦٦,٢**
	٢٠٠٦	٤٣٠	–	٤٧,٨	**٤٧٧,٨**
	٢٠٠٧	٤٥٠,٧	–	٥٠	**٥٠٠,٧**
	٢٠٠٨	٤٨٢,٥	–	٥٣,٦	**٥٣٦,١**
	٢٠٠٩	٤٩٥	–	٥٥	**٥٥٠**
	٢٠١٠	٥٠٤,٩	–	٥٦	**٥٦٠,٩**
	٢٠١١	٥١٩	–	٥٧,٦	**٥٧٦,٦**
البلدي (مياه جوفية)	٢٠٠٥	–	–	١٠٧,٦	**١٠٧,٦**
	٢٠٠٦	–	–	١٠٦	**١٠٦**
	٢٠٠٧	–	–	٩٦,٧	**٩٦,٧**
	٢٠٠٨	–	–	٧٩,٥	**٧٩,٥**
	٢٠٠٩	–	–	٧٣,٨	**٧٣,٨**
	٢٠١٠	–	–	٤٦,٨	**٤٦,٨**
	٢٠١١	–	–	٤٠,٩	**٤٠,٩**
القطاع الزراعي	٢٠٠٥	٣٠,٥	٩٠	٣٣٠	**٤٥٠,٥**
	٢٠٠٦	٣١	٩٠	٣٤٠	**٤٦١**
	٢٠٠٧	٣٢,٧	١٠٠	٣٥٠	**٤٨٢,٧**
	٢٠٠٨	٣٥	١٢٠	٣٦٠	**٥١٥**
	٢٠٠٩	٣٦	١٤٦	٣٧٠	**٥٥٢**
	٢٠١٠	٣٦,٦	١٤٦	٣٨٠	**٥٦٢,٦**
	٢٠١١	٣٧,٦	١٤٦	٣٨٠	**٥٦٣,٦**
القطاع الصناعي	٢٠٠٥	١٠	–	٩	**١٩**
	٢٠٠٦	١٠,٤	–	٩	**١٩,٤**
	٢٠٠٧	١٠,٩	–	٩	**١٩,٩**
	٢٠٠٨	١١,٧	–	٩	**٢٠,٧**

تابع/ الجدول (١)
الموازنة المائية السنوية لدولة الكويت خلال الفترة ٢٠٠٥- ٢٠١١
(مليون متر مكعب)

القطاع	السنة	المياه المحلاة	المياه المعالجة	المياه الجوفية	المجموع
	٢٠٠٩	١٢	–	٩	**٢١**
	٢٠١٠	١٢	–	٩	**٢١**
	٢٠١١	١٢,٥	–	٩	**٢١,٥**
المجموع	٢٠٠٥	٤٦٠,١	٩٠	٤٩٣,٢	**١٠٤٣,٣**
	٢٠٠٦	٤٧١,٤	٩٠	٥٠٢,٨	**١٠٦٤,٢**
	٢٠٠٧	٤٩٤,٣	١٠٠	٥٠٥,٧	**١١٠٠**
	٢٠٠٨	٥٢٩,٢	١٢٠	٥٠٢,١	**١١٥١,٣**
	٢٠٠٩	٥٤٣	١٤٦	٥٠٧,٨	**١١٩٦,٨**
	٢٠١٠	٥٥٣,٥	١٤٦	٤٩١,٨	**١١٩١,٣**
	٢٠١١	٥٦٩,١	١٤٦	٤٨٧,٥	**١٢٠٢,٦**

المصدر: (Al-Ruwaih et al., 2012).

٢-٢- السيناريو المرجعي:

بعد معايرة النموذج والتأكد من تمثيله للنظام المائي في دولة الكويت، تم استخدامه للتنبؤ بالأوضاع المائية في دولة الكويت. ويفترض هذا السيناريو استمرارية الوضع في القطاع المائي على ماهو عليه دون أي تدخلات إدارية، ومن ثم اقتراح مجموعة من الإجراءات الإدارية المقترحة لخفض الطلب على المياه بشكل عام، وإجراء التوقعات المستقبلية بدون ومع هذه الخيارات من العام ٢٠١٣ حتى العام ٢٠٣٠؛ بهدف النظر في علاقة العرض بالطلب في القطاع المائي بعد مرور عقدين من الزمان. بالإضافة إلى الافتراضات السابق ذكرها في بناء النموذج ومعايرته، تم اتخاذ عدد من الافتراضات والمحددات التي تم إجراؤها في السيناريو المرجعي (٢٠١٣- ٢٠٣٠) متمثلة في الآتي:

* افتراض معدل نمو سكاني ثابت، حيث تم تثبيت الزيادة السكانية بدولة الكويت للفترة مابين ٢٠٠٥-٢٠١٢ بمعدل ٣,٢٪، (ارتفع عدد السكان من ٢,٨ مليون نسمة إلى ٣,٨ ملايين نسمة خلال هذه الفترة).

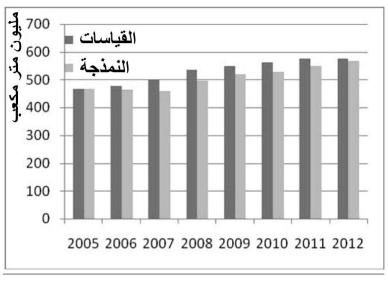
* تم افتراض ثبات معدل استهلاك الفرد للمياه المحلاة في القطاع البلدي (١٦٢,٥ م^{٣}/السنة) حتى العام ٢٠٣٠، تم حسابها من بيانات وزارة الكهرباء والماء، فيما تم احتساب كمية المياه المستهلكة بالقطاع الزراعي بناءً على مساحة الأراضي المزروعة فعلياً للفترة المذكورة أعلاه، حيث يستهلك الهكتار الواحد في المتوسط ٣٥ ألف متر مكعب في السنة.
* تم اعتماد معدل نمو ثابت للقطاع الزراعي ويبلغ ٣,٢٪، وتم حسابه من قبل الباحث للفترة ٢٠٠٥- ٢٠١٢ يتم اعتماده إلى العام ٢٠٣٠، من البيانات التي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للزراعة والثروة السمكية.
* تم حساب معدل النمو في القطاع الصناعي من قبل الباحث وبلغ ٢٪ للفترة ٢٠٠٥- ٢٠١٢، يتم اعتماده إلى العام ٢٠٣٠. وتم حسابه من الموازنة المائية لدولة الكويت.
* تم استخدام البيانات المتوافرة لخطط وزارة الكهرباء والماء (التحلية) ووزارة الأشغال (مياه الصرف الصحي المعالجة)، وهي تخص السعة المركبة لمحطات التحلية وطاقة معالجة مياه الصرف الصحي المنتجة حالياً والمتوقع دخولها ضمن الميزان المائي.
* تم حساب النسبة المجمعة من المياه البلدية من قبل الباحث وبلغت ٣٧٪.

٣ - النتائج والمناقشة:

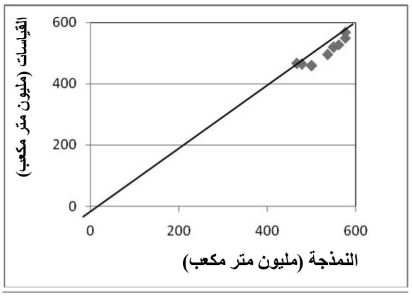
٣-١- معايرة النموذج الرياضي WEAP:

الهدف من مرحلة المعايرة هو التحقق من صحة وتطوير نموذج لتقريب العلاقات الفعلية بين مختلف مكونات نظام توزيع المياه. واستخدمت الدراسة أحدث البيانات المتاحة للفترة ٢٠٠٥- ٢٠١٢ للمعايرة والتحقق من صحة النموذج؛ من أجل ضمان تمثيل النموذج بشكل أمثل للقطاعات المختلفة، ومن ثم التأكد من دقة وصحة التوقعات المستقبلية. وتم إدخال البيانات التاريخية للفترة ٢٠٠٥- ٢٠١٢ في برنامج WEAP للحصول على معدلات استهلاك المياه للسنوات سابقة الذكر، باستخدام متغيرات المدخلات والافتراضات. وتمت عملية

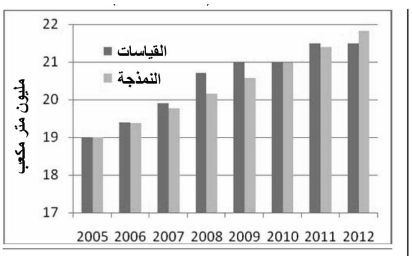
معايرة وتحقيق النموذج في مرحلة واحدة؛ وذلك لتوافر البيانات سنوياً فقط خلال فترة الدراسة (٢٠٠٥– ٢٠١٢)، وهي عبارة عن ثماني قراءات لا تتيح عمل مرحلتين للمعايرة، ثم التحقيق كلاً على حدة. يبين الشكلان (٣أ) و (٣ب) مقارنة بين الوضع الحالي للبيانات المائية المسجلة والمدخلة للنموذج من خلال البيانات المتسلسلة زمنياً، مع نتائج النموذج المعد للقطاع البلدي. كما يبين الشكلان (٤أ) و (٤ب) مدى التطابق بين الوضع الحالي للبيانات المائية المسجلة خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢) والمدخلة للنموذج من خلال البيانات المتسلسلة زمنياً مع نتائج النموذج المعد للقطاع الزراعي. ويبين الشكلان (٥أ) و (٥ب) مدى التطابق بين الوضع الحالي للبيانات المائية المسجلة خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢) والمدخلة للنموذج من خلال البيانات المتسلسلة زمنياً مع نتائج النموذج المعد للقطاع الصناعي. يتبين من نتائج المعايرة الإحصائية بين البيانات التاريخية والمحاكاة أن النموذج قادر على محاكاة النظام المائي في حدود المستويات الإحصائية الآمنة (لا تزيد نسبة الخطأ على ١٠٪)، وبدرجة ثقة عالية نسبياً في القطاعات الثلاثة زادت على ٩٠٪. وعليه، يمكن الاعتماد على النموذج المعد في التنبؤ بالطلب على المياه، ورسم السيناريوهات المستقبلية لإدارة المياه في القطاعات المختلفة.



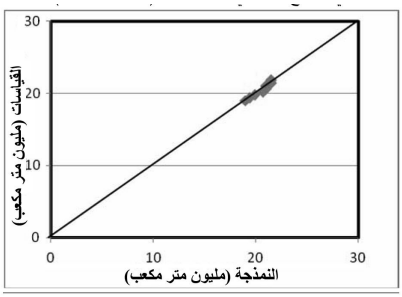
الشكل (٣ أ) – قياسات ونمذجة كميات الطلب في القطاع البلدي خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢)



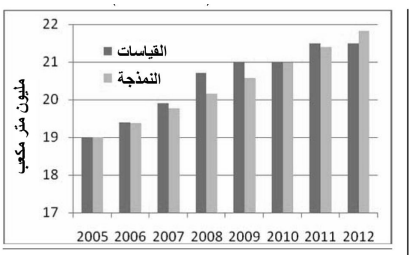
الشكل (٣ ب) – مقارنة نتائج النموذج بالقياسات المائية لكميات الطلب في القطاع البلدي خلال الفترة (٢٠٠٥–٢٠١٢)



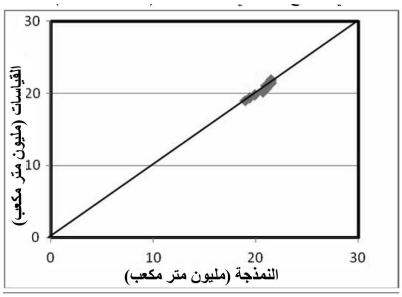
الشكل (٤ أ) – قياسات ونمذجة كميات الطلب في القطاع الزراعي خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢)



الشكل (٤ ب) – مقارنة نتائج النموذج بالقياسات المائية لكميات الطلب في القطاع الزراعي خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢)



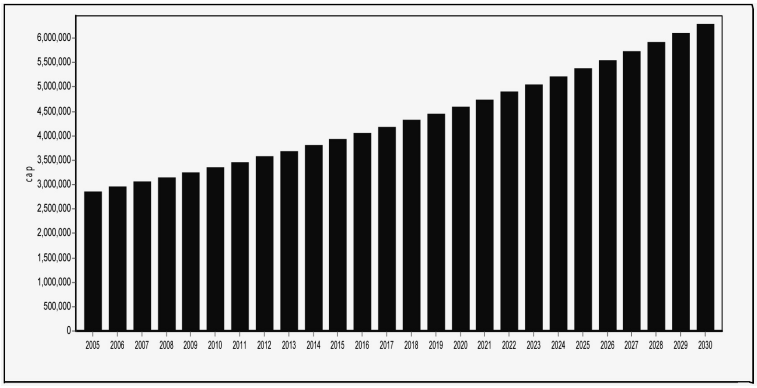
الشكل (٥ أ) – قياسات ونمذجة كميات الطلب في القطاع الصناعي خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢)



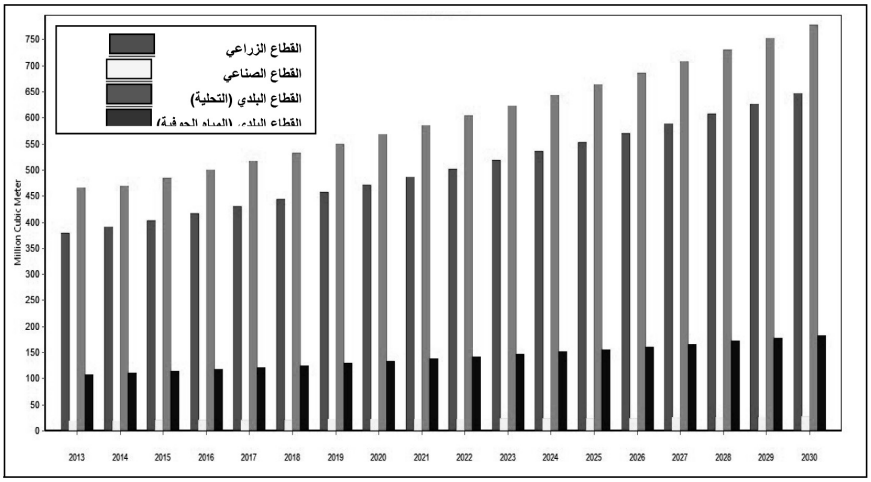
الشكل (٥ ب) – مقارنة نتائج النموذج بالقياسات المائية لكميات الطلب في القطاع الصناعي خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢)

تشير نتائج حسابات النموذج المرجعي إلى أنه من المتوقع أن يزداد عدد السكان في الكويت ليصل إلى ٦,٤ ملايين خلال الفترة ٢٠٠٥– ٢٠٣٠ على أساس معدل نمو سكاني ٣,٢٪. ويبين الشكل (٦) عدد السكان المتوقع خلال الفترة ٢٠١٣– ٢٠٣٠ على أساس هذا المعدل. ومن الطبيعي أن يصاحب الزيادة السكانية ارتفاع في الطلب على المياه البلدية. وأوضحت النتائج أن الطلب على المياه في القطاع البلدي (التحلية) سيصل في العام ٢٠٣٠ إلى حوالي ٧٧٧ مليون متر مكعب، أما الطلب على المياه الجوفية للقطاع البلدي فسيصل في

العام ٢٠٣٠ إلى حوالي ١٨٣ مليون متر مكعب، بإجمالي ٩٦٠ مليون متر مكعب مياه موجهة لهذا القطاع (الشكل ٧). من جهة أخرى سيرتفع الطلب على المياه في القطاع الزراعي في العام ٢٠٣٠ إلى ٦٤٦ مليون متر مكعب، وسيحتل القطاع الصناعي المرتبة الأخيرة بنصيب ٢٧ مليون متر مكعب بحلول العام ٢٠٣٠. وبإعادة النظر في الخطط المستقبلية المدرجة في إستراتيجيات وزارة الكهرباء والماء، التي تسعى إلى زيادة الطاقة الكلية للتحلية عن طريق بعض الإصلاحات لوحدات التقطير في محطة الشويخ بمقدار ٢٩,٥٥٠ متراً مكعباً للوحدة، وزيادة السعة المركبة في محطتي الدوحة الغربية والزور الجنوبية، وإضافة وحدات جديدة في محطة الزور الجنوبية والصبية ومحطة الشعيبة الشمالية، فإنه من المتوقع ارتفاع الطلب في القطاع البلدي خلال الفترة (٢٠١٥– ٢٠٣٠) من ٤٨٤ مليون متر مكعب إلى ٧٧٧ مليون متر مكعب، في حين أن الخطة المعدة من قبل الدولة حول زيادة سعات المحطات لإنتاج المياه سوف ترفع كمية المياه المتوقع إنتاجها من المحطات من ٤٩٩ مليون متر مكعب إلى ٧٤٨ مليون متر مكعب خلال الفترة نفسها (وزارة الكهرباء والماء، ٢٠١٤ أ وب)، وهذا يعني أنه من المتوقع أن دولة الكويت ستواجه عجزاً في توفير المياه البلدية بعد العام ٢٠٢٢ (الشكل ٨) في حالة الاستمرار بالنمط الحالي للاستهلاك في هذا القطاع.

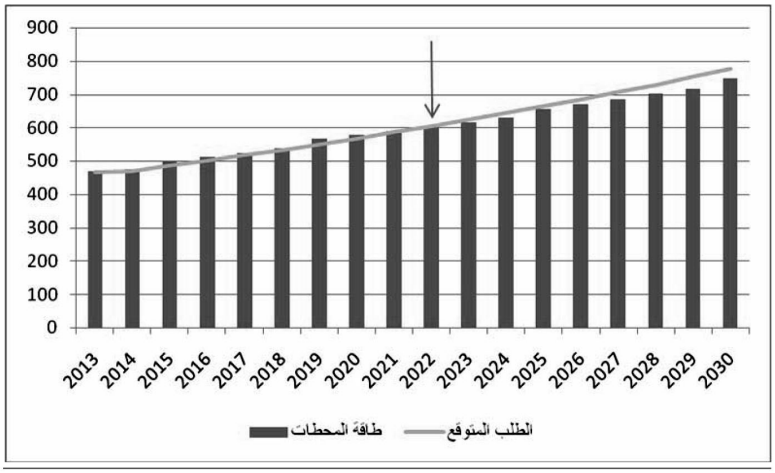


الشكل (٦) – عدد السكان خلال الفترة (٢٠٠٥– ٢٠١٢) والمتوقع للفترة ٢٠١٣– ٢٠٣٠

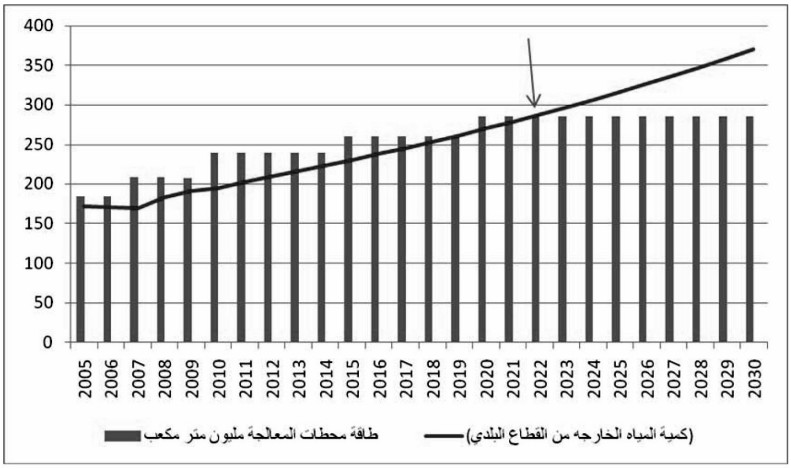


الشكل (٧) – كمية الطلب على المياه في القطاعات المستهلكة للمياه حتى عام ٢٠٣٠

أما بالنسبة لمعالجة مياه الصرف الصحي فإنه بحسب الطلب البلدي المتوقع سترتفع كمية مياه الصرف الصحي المجمعة من حوالي ١٧٢ مليون متر مكعب في العام ٢٠٠٥ إلى ٣٧٠ مليون متر مكعب في العام ٢٠٣٠ (الشكل ٩) في حال استمرار النسبة المجمعة من المياه البلدية التي تبلغ ٣٧٪ منها. وفي الوقت نفسه يتوقع أن تصل طاقة محطات المعالجة في العام ٢٠٢٢ إلى حوالي ٢٨٥ مليون متر مكعب، وسوف تبلغ كمية مياه الصرف الصحي المجمعة في العام نفسه ٢٨٧ مليون متر مكعب، أي أن المياه المجمعة ستفوق طاقة محطات المعالجة المخطط لها، وسيؤدي ذلك إلى زيادة حمولات التلوث على البيئة الساحلية والبحرية والتدهور البيئي لها، مالم تتخذ الدولة إجراءات إدارية للحيلولة دون ذلك، سواء في جانب العرض بزيادة سعة المحطات، أو في جانب الطلب بتقليل الطلب على المياه في القطاع البلدي.



الشكل (٨) – تطور الطلب على المياه وطاقة محطات التحلية (مليون متر مكعب)



الشكل (٩) – كمية المياه المجمعة وقدرة محطات المعالجة (مليون متر مكعب)

(Ministry of Public works, 2002)

٣-٢- الخيارات الإدارية المقترحة للقطاع البلدي:

يطرح هذا القسم مجموعة من الخيارات الإدارية المتاحة، التي من شأنها رفع كفاءة القطاع المائي في دولة الكويت، وخفض التكاليف المصاحبة المالية

والبيئية والاقتصادية، ولقد تم تحديد مجموعة من الخيارات للقطاع البلدي متمثلة في: تخفيض معدل التسربات من الشبكة، إعادة تقييم نظام التعرفة، رفع الوعي المائي لدى المستهلكين، تركيب الأجهزة المرشدة للمياه، وفيما يأتي تحليل لنتائج كل خيار على حدة. يبين الجدول (٢) الخيارات الإدارية المقترحة التي من الممكن تطبيقها للقطاع البلدي. ولا تختلف هذه السيناريوهات عن السيناريو المرجعي في معدل النمو السكاني. ويبين الجدول أيضاً، نسب الخفض المتوقعة عند تطبيق الخيارات الموضحة بالجدول.

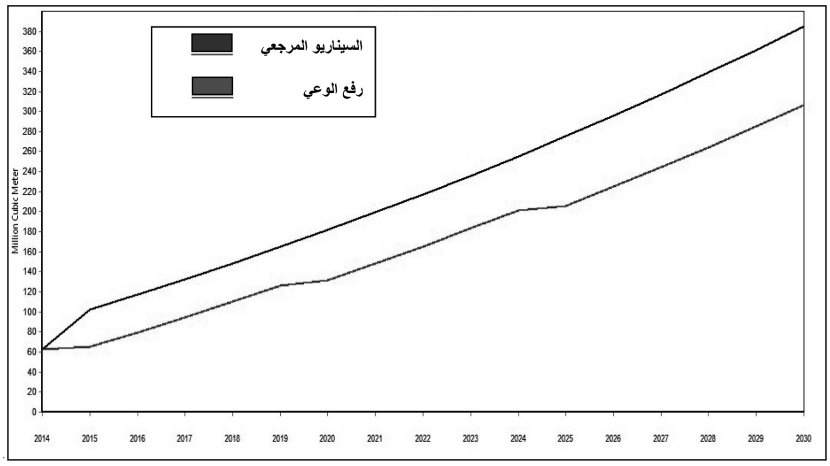
الجدول (٢)
الخيارات الإدارية المقترحة للقطاع البلدي

الرقم	القطاع	الخيارات المقترحة	نسبة التوفير المتوقعة عند تطبيق الخيارات المقترحة
١	القطاع البلدي	– رفع الوعي المائي لدى المستهلكين	تم التقسيم على فترات متساوية الفترة: الأولى — النسبة: ٣,٣٣ — السنة: ٢٠١٥ الفترة: الثانية — النسبة: ٦,٦٧ — السنة: ٢٠٢٠ الفترة: الثالثة — النسبة: ١٠ — السنة: ٢٠٢٥
		– تطبيق نظام التعرفة	٧٪
		– أجهزة مرشدة	تم التقسيم على فترات الفترة: الأولى — النسبة: ١٠ — السنة: ٢٠١٥ الفترة: الثانية — النسبة: ١٥ — السنة: ٢٠٢٠ الفترة: الثالثة — النسبة: ٢٠ — السنة: ٢٠٢٥
		– تخفيض معدل التسربات من الشبكة	تم التقسيم على فترات متساوية الفترة: الأولى — النسبة: ٣,٣٣ — السنة: ٢٠١٥ الفترة: الثانية — النسبة: ٦,٦٧ — السنة: ٢٠٢٠ الفترة: الثالثة — النسبة: ١٠ — السنة: ٢٠٢٥

تسهم جميع الخيارات بشكل غير مباشر في المحافظة على البيئة، فسيؤدي انخفاض الطلب على المياه إلى خفض معدلات الانبعاثات الغازية الناتجة من عملية التحلية وتلوث الهواء، وانخفاض معدلات كميات مياه الصرف الصحي، وتقليل التلوث البيئي للبيئة البحرية.

٣-٢-١- سيناريو رفع الوعي المائي لدى المستهلكين:

المواطن هو العامل الأساسي في أي تنمية بشرية تشهدها أي دولة؛ نظراً لأنه هو المستهلك الرئيسي للمياه، والمحرك الأساسي لزيادة الطلب على المياه في القطاع البلدي من خلال نمط الاستهلاك. ولذلك لابد من زيادة الوعي المائي وإنشاء مجتمع موجه مائياً يدرك أهمية المياه ويقدر قيمتها، ويساعد في تقليل الطلب عليها بدرجة معقولة، ما يؤدي إلى ترشيد الاستهلاك، وتغيير أنماط الاستهلاك، والابتعاد عن الهدر المائي، ومن ثم تقليل الطلب على المياه في دولة الكويت. ومن أهم الوسائل التي تعمل على رفع الوعي المائي المناهج التعليمية والوسائل الإعلامية والورش التدريبية. وتدل بعض الدراسات على أن الوعي المائي يمكن أن يسهم في تقليل الاستهلاك بنسبة ١٠٪ في القطاع البلدي (Kominski, 2004). وتبذل وزارة الكهرباء والماء في دولة الكويت العديد من الجهود في سبيل ترشيد الاستهلاك المائي خاصة في فصل الصيف متمثلة في حملات التوعية. يبين الشكل (١٠) انخفاض كمية الطلب في القطاع البلدي في العام ٢٠٣٠ من ٣٨٥ مليون متر مكعب إلى ٣٠٦ ملايين متر مكعب عند تطبيق رفع الوعي المائي لدى المستهلكين، وهو ما يمثل ١٠٪ من إجمالي الطلب على المياه. ويبلغ إجمالي كمية المياه التي يمكن توفيرها خلال الفترة ٢٠١٤-٢٠٣٠ حوالي ٨٩٠ مليون متر مكعب.

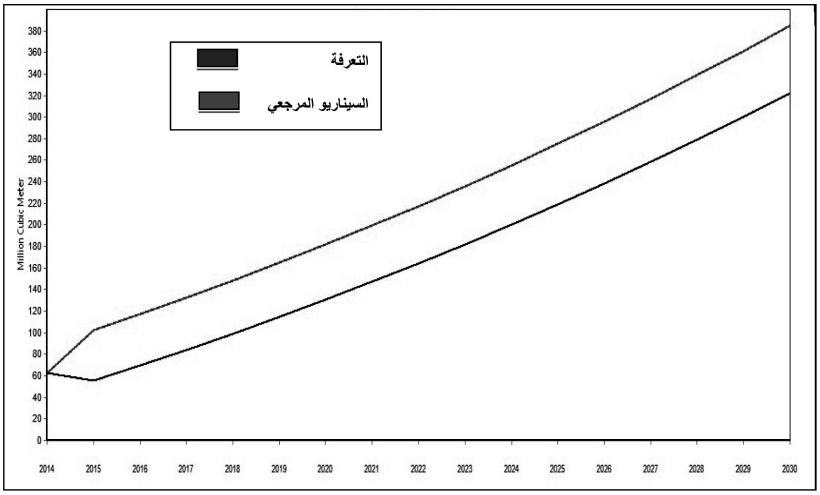


الشكل (١٠) – مساهمة رفع الوعي المائي في تقليل كمية الطلب في القطاع البلدي

٣-٢-٢- سيناريو إعادة تقييم نظام التعرفة:

إن تطبيق آلية للأسعار يمكنها أن تلعب دوراً مؤثراً في إدارة الطلب على المياه، كما أجمع على ذلك خبراء إدارة الموارد المائية، مع العلم بأن هذا التأثير سيكون فعالاً بعد حدود معينة، نظراً لأن المياه البلدية سلعة غير مرنة كونها سلعة أساسية. وحالياً يتم اتباع تعرفة ثابتة بمعدل ٠,٨ دينار كويتي (٢,٧ دولار) للألف جالون إمبراطوري (٤,٥م^3) بدون النظر إلى كمية الاستهلاك الشهري للمنزل، ونظام التعرفة المقترح يقوم على أساس شرائح الاستهلاك؛ حيث يكون استهلاك المياه الشهري للمنزل من ١ إلى ٨٠٠٠ جالون إمبراطوري (٠,٠٠٤م^3 إلى ٣٦,٣م^3) بسعر ٠,٨ دينار كويتي (٢,٧ دولار)، ومن ٨٠٠١ إلى ١٢٠٠٠ جالون إمبراطوري (٣٦,٤م^3 إلى ٥٤,٥م^3) بسعر ١,٢٥٠ دينار كويتي، وأكثر من ١٢٠٠٠ جالون إمبراطوري (٥٤,٥م^3) بسعر ١,٥ دينار كويتي. وأشارت إحدى الدراسات إلى أن نسبة خفض الطلب يمكن أن تصل إلى ٣٥٪ (Milutinovic, 2006). ويتوقع من تطبيق هذه التعرفة المقترحة انخفاض الطلب على المياه بنسبة ٧٪ (Bushehri, 2007)، حيث تم اعتماد هذه النسبة في النموذج. يبين الشكل (١١) انخفاض كمية الطلب من ٣٨٥ مليون متر مكعب إلى

٣٢٣ مليون متر مكعب في العام ٢٠٣٠ عند تطبيق نظام التعرفة. وتبلغ كمية المياه التراكمية التي يمكن توفيرها خلال الفترة ٢٠١٤– ٢٠٣٠ حوالي ٨٦٢ مليون متر مكعب.



الشكل (١١) – مساهمة تطبيق نظام التعرفة في انخفاض الطلب في القطاع البلدي خلال الفترة (٢٠١٤– ٢٠٣٠)

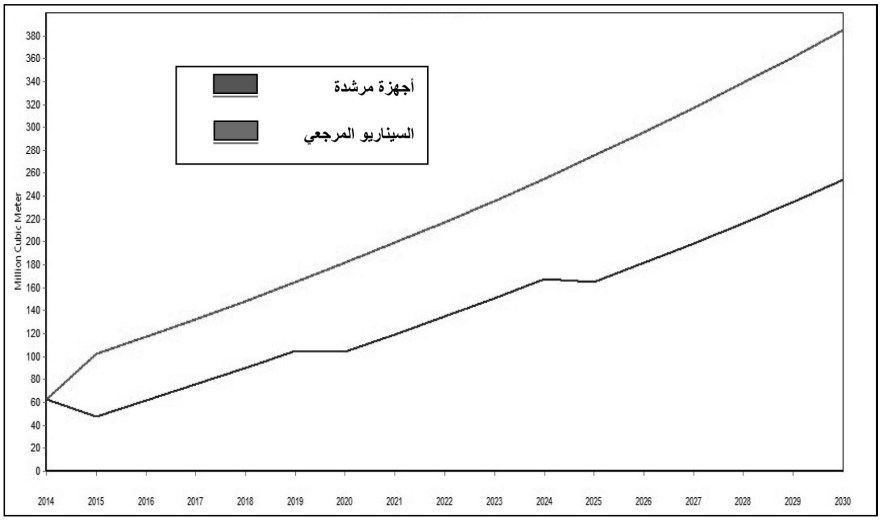
٣–٢–٣– سيناريو استخدام تقنيات ترشيد الاستهلاك:

يعتبر استخدام التقنيات المرشدة للاستهلاك ذا تأثير مباشر في عملية تخفيض الطلب على المياه في القطاع البلدي، وتسهم هذه التقنيات في خفض الاستهلاك بنسب تتراوح بين ٢٠ و ٣٠٪ (أبوعبادة والحاجي، ٢٠٠١)، وتم استخدام النسبة ٢٠٪ في نمذجة هذا السيناريو لتبني أقل نسبة تخفيض يمكن تحقيقها. ويمكن تطبيق هذا الخيار إما بتبني الحكومة تكاليف شراء وتركيب الأجهزة المرشدة للمياه، وإما أن يتحمل المستهلك التكاليف من خلال وضع التشريعات التي توصي المباني الجديدة والقائمة بالتركيب. وفي حال رغبة الدولة في تبني هذه السياسة بشكل أساسي، يوصى بإجراء دراسة موسعة لحصر إجمالي التكلفة المالية لتركيب الأجهزة المرشدة من قبل الدولة، وما لهذه

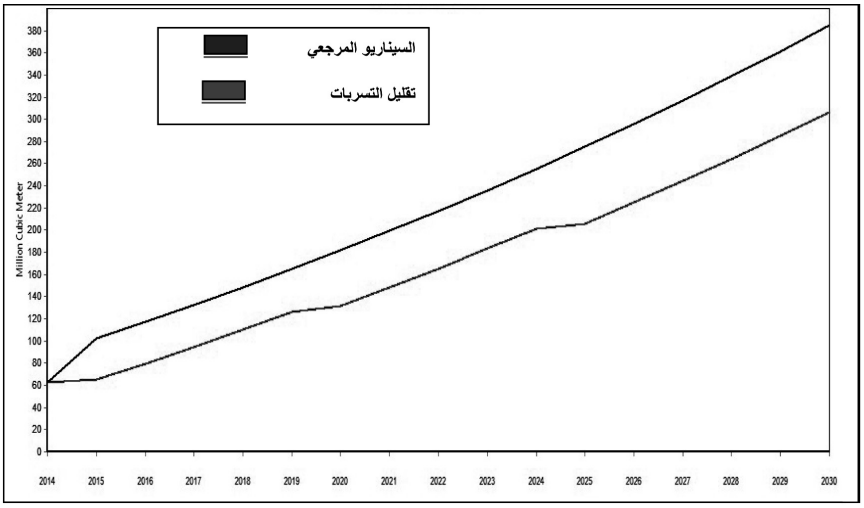
السياسة من دور بارز في رفع الوعي المائي عند تنفيذها. يبين الشكل (١٢) انخفاض كمية الطلب من ٣٨٥ مليون متر مكعب إلى ٢٥٤ مليون متر مكعب في العام ٢٠٣٠ عند تطبيق استخدام تقنيات ترشيد الاستهلاك، التي تسهم في خفض الطلب على المياه بنسبة ٢٠٪. وتبلغ كمية المياه الإجمالية التي يمكن توفيرها خلال الفترة ٢٠١٤– ٢٠٣٠ حوالي ١٤١٨ مليون متر مكعب.

٣–٢–٤– سيناريو تخفيض معدل التسربات من الشبكة:

كانت وزارة الكهرباء والماء تستعمل في الشبكات القديمة بصفة عامة أنابيب الأسبست ماعدا بعض المناطق المنخفضة والمناطق الصناعية، ولقد بدأت الوزارة منذ فترة في تنفيذ هذه الشبكات من أنابيب الدكتايل بالنسبة للمياه العذبة، وقليلة الملوحة في المشاريع الجديدة. أما الشبكات الرئيسية فمعظمها من أنابيب الدكتايل المبطنة بالاسمنت، والباقي إما من الأسبست أو الحديد المغلف داخلياً وخارجياً، وبلغت أطوال هذه الشبكة الفرعية والرئيسية حوالي ١٧ ألف كيلو متر في نهاية العام ٢٠١١ أغلبها من الدكتايل (وزارة الكهرباء والماء، ٢٠١٤ ب)، ولقد بلغت نسبة الفاقد من الشبكة ١٥٪ (وزارة الكهرباء والماء، ٢٠١٤ ب). وتدل بعض الدراسات والتجارب الميدانية على إمكانية تقليل نسبة التسرب في شبكات التوزيع إلى مستويات تصل إلى ٥٪ كما حدث في مدينة فاكوكا في اليابان، أو ١٠٪ في بعض العواصم الأوروبية (Kominski, 2004). وتم اعتماد نسبة ٥٪ في النموذج، يبين الشكل (١٣) انخفاض كمية الطلب على المياه في القطاع البلدي نتيجة لتخفيض معدل التسربات من الشبكة خلال الفترة ٢٠١٤– ٢٠٣٠.



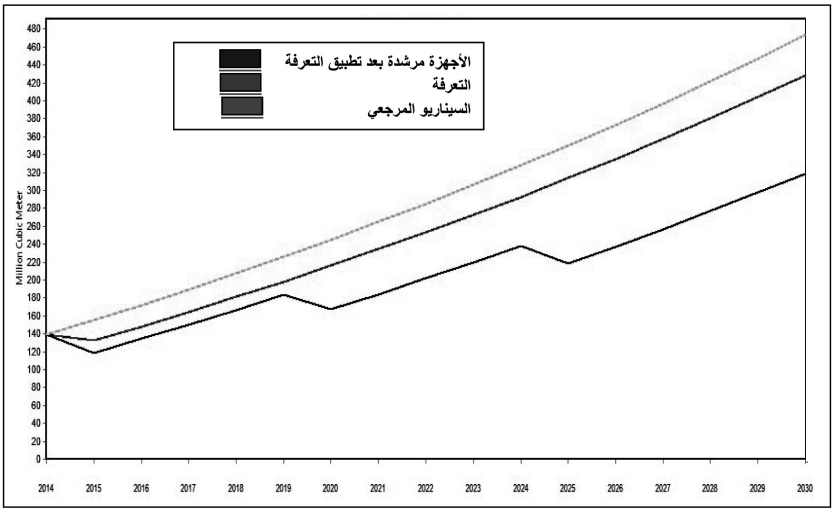
الشكل (١٢) – كمية الطلب في القطاع البلدي خلال الفترة (٢٠١٤– ٢٠٣٠) عند تطبيق استخدام تقنيات ترشيد الاستهلاك



الشكل (١٣) – مساهمة تقليل نسبة التسرب في شبكات التوزيع بنسبة ٥٪ على كمية الطلب في القطاع البلدي

٣-٢-٥- سيناريو تطبيق جميع خيارات القطاع البلدي:

في هذا السيناريو تم خصم نسبة التسربات (١٥٪) من نصيب الفرد، وإدخال القيمة الفعلية لنصيب الفرد في النموذج للقطاع البلدي، ومن ثم تطبيق الأجهزة المرشدة التي يتم من خلالها تخفيض الطلب على المياه بنسبة ٢٠٪ بعد تطبيق نظام التعرفة، الذي يتم من خلاله تخفيض الطلب على المياه بنسبة ٧٪. يبين الشكل (١٤) انخفاض كمية الطلب من ٤٧٣ مليون متر مكعب إلى ٤٢٨ مليون متر مكعب في العام ٢٠٣٠ عند تطبيق خيار نظام التعرفة، وانخفاض كمية الطلب إلى ٣١٨ مليون متر مكعب بعد تطبيق الأجهزة المرشدة بعد خيار التعرفة. وتبلغ كمية المياه الإجمالية التي يمكن توفيرها خلال الفترة ٢٠١٤- ٢٠٣٠ حوالي ١٤٧٣ مليون متر مكعب.



الشكل (١٤) – كمية الطلب على المياه عند تطبيق خيار الأجهزة المرشدة بعد تطبيق نظام التعرفة

٣-٣- التكاليف المصاحبة للسيناريو المرجعي:

من الآثار المترتبة على زيادة الطلب على المياه في القطاع البلدي التوسع في محطات التحلية، وارتفاع معدلات تلوث البيئة البحرية، نتيجة المياه الراجعة

ذات الحرارة والتركيز الملحي العاليين، ومخلفات المواد الكيماوية المستخدمة في المحطات، بالإضافة إلى زيادة التلوث الهوائي نتيجة زيادة معدلات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت في نطاق هذه المحطات. وكلما زاد الطلب على المياه في القطاع البلدي ازدادت التكاليف المالية لإنتاج وتوزيع المياه، وبالإضافة لذلك تزداد التكاليف البيئية للتحلية المتمثلة في تلوث مياه البحر، والانبعاثات الغازية المتمثلة في انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون. يبين الجدول (٣) التكاليف المترتبة على السيناريو المرجعي خلال الفترة ٢٠١٣– ٢٠٣٠. كما يصاحب ذلك استهلاك لأصول الموارد الطبيعية من الطاقة التي تعتبر المصدر الأساسي للدخل في دولة الكويت. ومن المتوقع أن ترتفع التكاليف المالية من حوالي ١,٢٥٨ مليار دولار في العام ٢٠١٣ إلى حوالي ٢٠,٩٨ مليار دولار بحلول العام ٢٠٣٠ بالأسعار الحالية، ومن المتوقع أن تزداد كمية الانبعاثات الغازية متمثلة في ثاني أكسيد الكربون (غاز الدفيئة) من حوالي ٧ ملايين طن ثاني أكسيد الكربون حالياً (٢٠١٣) إلى حوالي ١١,٧ مليون طن ثاني أكسيد الكربون في العام ٢٠٣٠. من جهة أخرى سيتطلب إنتاج هذه الكميات من المياه استخدام طاقة سترتفع من ٠,٩٦٢ مليون طن نفط مكافئ حالياً (٢٠١٣) إلى حوالي ١,٦ مليون طن نفط مكافئ في العام ٢٠٣٠.

الجدول (٣)

التكاليف المترتبة على السيناريو المرجعي خلال الفترة ٢٠١٣– ٢٠٣٠

السنة	كمية الطلب على المياه (Mm3/y)	مليار دولار ($2.7/m^3$)	مليون طن CO2 (15kgm co2CO2/m3)	مليون طن نفط مكافئ ($2.064 kgm oe/m^3$)
٢٠١٣	٤٦٥,٨٧	١,٢٥٨	٦,٩٨٨	٠,٩٦٢
٢٠١٤	٤٦٩,٥٣	١,٢٦٨	٧,٠٤٢	٠,٩٦٩
٢٠١٥	٤٨٤,٥٦	١,٣٠٨	٧,٢٦٨	١,٠٠٠
٢٠١٦	٥٠٠,٠٧	١,٣٥٠	٧,٥٠١	١,٠٣٢
٢٠١٧	٥١٦,٠٧	١,٣٩٣	٧,٧٤١	١,٠٦٥
٢٠١٨	٥٣٢,٥٨	١,٤٣٨	٧,٩٨٨	١,٠٩٩

تابع/ الجدول (٣)

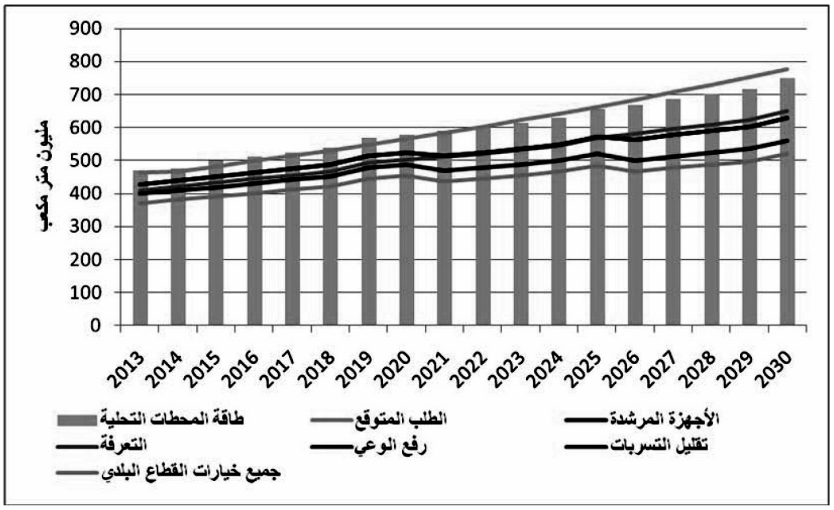
التكاليف المترتبة على السيناريو المرجعي خلال الفترة ٢٠١٣- ٢٠٣٠

السنة	كمية الطلب على المياه (Mm3/y)	مليار دولار ($2.7/m^3$)	مليون طن CO2 (15kgm co2CO2/m3)	مليون طن نفط مكافئ (2.064 kgm oe/m^3)
٢٠١٩	٥٤٩,٦٢	١,٤٨٤	٨,٢٤٤	١,١٣٤
٢٠٢٠	٥٦٧,٢١	١,٥٣١	٨,٥٠٨	١,١٧١
٢٠٢١	٥٨٥,٣٦	١,٥٨٠	٨,٧٨٠	١,٢٠٨
٢٠٢٢	٦٠٤,٠٩	١,٦٣١	٩,٠٦١	١,٢٤٧
٢٠٢٣	٦٢٣,٤٣	١,٦٨٣	٩,٣٥١	١,٢٨٧
٢٠٢٤	٦٤٣,٣٨	١,٧٣٧	٩,٦٥٠	١,٣٢٨
٢٠٢٥	٦٦٣,٩٦	١,٧٩٣	٩,٩٥٩	١,٣٧٠
٢٠٢٦	٦٨٥,٢١	١,٨٥٠	١٠,٢٧٨	١,٤١٤
٢٠٢٧	٧٠٧,١٤	١,٩٠٩	١٠,٦٠٧	١,٤٦٠
٢٠٢٨	٧٢٩,٧٧	١,٩٧٠	١٠,٩٤٦	١,٥٠٦
٢٠٢٩	٧٥٣,١٢	٢٠,٣٣	١١,٢٩٦	١,٥٥٤
٢٠٣٠	٧٧٧,٢٢	٢٠,٩٨	١١,٦٥٨	١,٦٠٤
الإجمالي	**١٠٨٥٨,١٩**	**٢٩,٣١٧**	**١٦٣**	**٢٢,٤١١**

٤-٣- تحليل التكاليف المصاحبة للقطاع البلدي:

يبين (الشكل ١٥) الطاقة المستقبلية اللازمة لمحطات التحلية في تلبية احتياجات القطاع البلدي تحت الخيارات الإدارية المطروحة، وكذلك تحت ظروف السيناريو المرجعي. فتبين أنه عند تطبيق أي من هذه الخيارات لن تحتاج دولة الكويت إلى استثمارات إضافية للطاقة المخطط لها في طاقة محطات التحلية، وستكون طاقة محطات التحلية كافية للإيفاء بالمتطلبات المائية للقطاع البلدي، وسيكون أقل الخيارات تأثيراً هو خيار رفع التعرفة، بينما أعلاها تأثيراً هو تطبيق جميع الخيارات الإدارية معاً. عند تطبيق خيار التعرفة فإنه من المتوقع أن يكون مقدار التوفير التراكمي ٨٦٢ مليون متر مكعب بحلول العام ٢٠٣٠، وسيرافق خفض الطلب على المياه في القطاع البلدي انخفاض في التكلفة

الإجمالية لإنتاج المياه؛ حيث من المتوقع أن يبلغ التوفير الإجمالي في التكلفة حوالي ٢,٣ مليار دولار خلال الفترة ٢٠١٣– ٢٠٣٠ (الجدول ٤). كما أنه من المتوقع أن تبلغ كمية الانبعاثات الغازية متمثلة في ثاني أكسيد الكربون التي من الممكن توفيرها، حوالي ١٣ مليون طن ثاني أكسيد الكربون، ومن جهة أخرى ستبلغ كمية الطاقة التي من المتوقع توفيرها لإنتاج هذه الكميات من المياه حوالي ١,٧ مليون طن نفط مكافئ.



الشكل (١٥) – قدرة محطات التحلية والخيارات الإدارية

وفي حال طبقت دولة الكويت جميع خيارات القطاع البلدي، فمن المتوقع أن يكون مقدار التوفير التراكمي للمياه ١٤٧٣ مليون متر مكعب في العام ٢٠٣٠، وسيصاحب خفض الطلب على المياه في القطاع البلدي انخفاض في التكلفة الإجمالية لإنتاج المياه؛ حيث من المفترض أن تبلغ التكلفة الإجمالية للتوفير حوالي٣,٩ مليارات دولار خلال الفترة ٢٠١٣– ٢٠٣٠، ومن المفترض أن تبلغ كمية الانبعاثات الغازية متمثلة في غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي ٢٢ مليون طن ثاني أكسيد الكربون، ومن المتوقع أيضاً أن تبلغ كمية الطاقة التي يمكن توفيرها لإنتاج هذه الكميات من المياه حوالي ٣ ملايين طن نفط مكافئ. أما

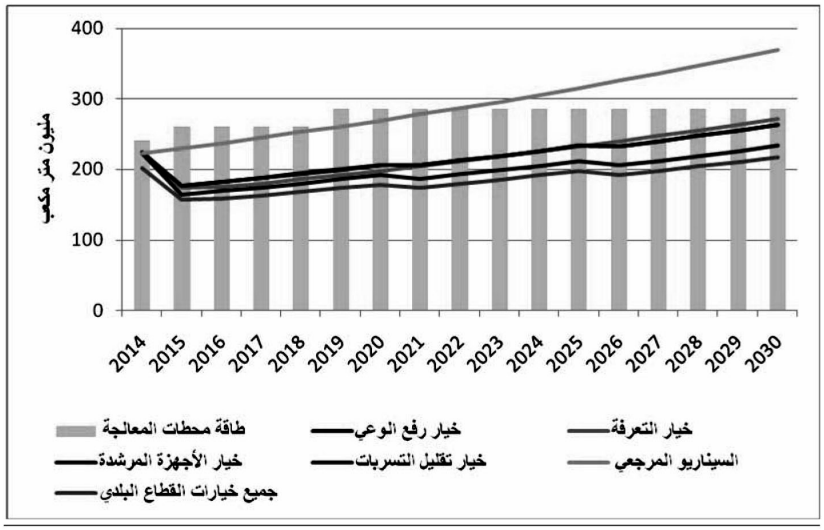
بالنسبة لمياه الصرف الصحي فإن إجراء أي من التدخلات الإدارية المذكورة سابقاً من المتوقع أن يؤدي إلى خفض الكميات المتدفقة إلى محطات المعالجة؛ بحيث تستطيع السعة المخطط لها لمحطات المعالجة أن تستوعب الكميات المتدفقة، ولن تكون هناك كميات فائضة تصرف إلى البيئة البحرية مباشرة. وعند تطبيق خيار نظام التعرفة فإنه من المتوقع أن تنخفض كمية المياه المتدفقة إلى محطات المعالجة من ٣٧٠ مليون متر مكعب إلى ٢٧١ مليون متر مكعب في العام ٢٠٣٠، وعند تطبيق جميع الخيارات الإدارية فمن المتوقع أن تصل كمية المياه المتدفقة في العام نفسه إلى حوالي ٢١٧ مليون مكعب. (الشكل ١٦).

الجدول (٤)

التكاليف المالية والبيئية للخيارات في القطاع البلدي في دولة الكويت

الخيار للفترة (٢٠١٣-٢٠٣٠)	مقدار التوفير التراكمي (مليون متر مكعب)	مليار دولار ($2.7/m^3$)	مليون طن CO2 (15kgm co2CO2/m3)	مليون طن نفط مكافئ (2.064 kgm oe/m^3)
إعادة تقييم نظام التعرفة	٨٦٢	٢,٣٢٧	١٢,٩٣٠	١,٧٧٩
رفع الوعي المائي لدى المستهلكين	٨٩٠	٢,٤٠٣	١٣,٣٥٠	١,٨٣٦
تخفيض معدل التسربات من الشبكة	٨٩٠	٢,٤٠٣	١٣,٣٥٠	١,٨٣٦
استخدام تقنيات ترشيد الاستهلاك	١٤١٨	٣,٨٣٨	٢١,٢٧٠	٢,٩٢٦
جميع خيارات القطاع البلدي	١٤٧٣	٣,٩٧٧	٢٢,٠٩٥	٣,٠٤٠

من التحليل السابق لنتائج السيناريوهات، يتبين أن التكاليف (المالية والبيئية والاقتصادية) التي تتحملها دولة الكويت حالياً، وسوف تتحملها مستقبلاً، بحسب اتجاهات النمو السكاني وأنماط الاستهلاك، يمكن خفضها بشكل كبير وفاعل من خلال تطبيق الإجراءات الإدارية المذكورة سابقاً كلاً على حدة، أو تطبيق جميع هذه الخيارات معاً، التي تعتبر أقل تكلفة نسبياً من إجراءات زيادة العرض (توسعة محطات التحلية ومحطات المعالجة) المتبعة حالياً. وبشكل عام، ستؤدي هذه الإجراءات إلى خفض الأعباء المالية على الميزانية الوطنية للكويت، والمحافظة على أصول الموارد الطبيعية من الطاقة.



الشكل (١٦) – قدرة محطات المعالجة والمياه الفائضة

٤ – الاستنتاج والتوصيات:

لمواجهة النمو السكاني المتزايد ونمط استهلاك المياه في القطاع البلدي، تركز السياسات المائية حالياً في دولة الكويت على جانب إدارة العرض، والمتمثل أساساً في التوسع في بناء محطات التحلية، دون إيلاء جانب إدارة الطلب والكفاءة الاهتمام الكافي. ويصاحب هذا الأسلوب الإداري للمياه في القطاع البلدي تكاليف مالية واقتصادية وبيئية باهظة. تبين من دراسة السيناريوهات المستقبلية أن خيارات إدارة الطلب المتمثلة في رفع الوعي المائي لدى المستهلكين، وإعادة تقييم نظام التعرفة واستخدام تقنيات ترشيد الاستهلاك وتخفيض معدل التسربات من الشبكة بإمكانها تقليل هذه التكاليف بشكل كبير، كما أنها أقل تكلفة من خيار التوسع في محطات التحلية. كما تبين من تحليل هذه السيناريوهات المستقبلية أنه من المتوقع أن تواجه دولة الكويت عجزاً وعدم قدرة على الإيفاء بالمتطلبات المائية للقطاع البلدي بدءًا من العام ٢٠٢٢، بحسب ما هو مخطط له من زيادة طاقة محطات التحلية، وستحتاج إلى استثمارات

إضافية، في حين إذا تم تطبيق أي من الخيارات الإدارية فإنها لن تحتاج إلى طاقة إضافية عما هو مخطط. كما أنه من المتوقع أن يؤدي السيناريو المرجعي لمحاكاة الطلب على المياه في القطاع البلدي إلى زيادة مياه الصرف الصحي الناتجة عن الاستهلاك البلدي عن سعة محطات المعالجة المخطط لها مستقبلاً؛ مما سيؤدي إلى ظهور مشكلة استيعاب هذه المياه بدءاً من العام ٢٠٢٢، وسيؤدي ذلك إلى الإضرار بالبيئة البحرية بسبب صرف المياه الفائضة إليها مباشرة دون معالجة. وإذا تم اعتماد أي من الخيارات الإدارية المستقبلية، فإن سعة محطات المعالجة ستستوعب مياه الصرف الصحي المتدفقة بحسب الخطط المعدة من قبل الدولة. ويتضح من تحليل نتائج السيناريوهات أن التكاليف (المالية والبيئية والاقتصادية) التي تتحملها دولة الكويت حالياً، وسوف تتحملها مستقبلاً، بناءً على معطيات النمو السكاني وأنماط الاستهلاك، يمكن خفضها بشكل كبير، من خلال تنفيذ الإجراءات الإدارية والمتمثلة في رفع الوعي المائي لدى المستهلكين، أو إعادة تقييم نظام التعرفة، أو الأجهزة المرشدة، أو الحد من التسرب في شبكة التوزيع، أو جميعها معاً، التي تعد أقل تكلفة نسبياً من إجراءات زيادة العرض (توسعة محطات التحلية والمعالجة) المتبعة في الوقت الراهن. وبشكل عام ستؤدي هذه الإجراءات إلى خفض وتقليل الأعباء المالية على الميزانية الوطنية للدولة، بالإضافة إلى المحافظة على أصول الموارد الطبيعية من الطاقة (المصدر الأساسي للدخل في الدولة)، كما أنها ستقلل من التكاليف البيئية المصاحبة لإنتاج المياه للقطاع البلدي ومعالجة مياه الصرف الصحي.

المراجع

أولاً – المراجع العربية:

- أبوعبادة، إبراهيم؛ الحاجي، حسن. (٢٠٠١). مزايا ترشيد استهلاك المياه بالنسبة للفرد والمجتمع. مؤتمر الخليج الخامس للمياه. دولة قطر ٢٤–٢٨ مارس ٢٠٠١.
- الشمري، طلال. (١٩٩٩). اقتصاديات المياه في دولة الكويت من منظور الأمن المائي. مشروع دبلوم. كلية الدراسات العليا. جامعة الخليج العربي. مملكة البحرين.
- المقصيد، ليلى. (٢٠١٢). أنماط استهلاك المياه المنزلية في دولة الكويت. رسالة ماجستير. جامعة الخليج العربي. مملكة البحرين.
- عيدان، حامد. (٢٠٠٨). دراسة الخيارات الإستراتيجية لإدارة المياه في القطاع البلدي في دولة الكويت. رسالة ماجستير. جامعة الخليج العربي. مملكة البحرين.
- عيدان، حامد؛ الزباري، وليد. (٢٠١٢). الإستراتيجيات البديلة للإدارة المستدامة لقطاع المياه البلدية في الكويت. ورقة مؤتمر الخليج التاسع للمياه: جمعية علوم وتقنية المياه. مملكة البحرين.
- وزارة الكهرباء والماء – إدارة الإحصاء ومركز المعلومات. (٢٠١٤أ). المياه. العدد ٣٧ "ب". دولة الكويت.
- وزارة الكهرباء والماء. (٢٠١٤ب). المؤشرات الكمية الأساسية لوزارة الكهرباء والماء. إدارة الدراسات والبحوث. الكويت.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Al-Ruwaih, F., Al-Harbi, M., and Eidan, H. (2012). Urban Water Sector Vulnerability and Adaptation to Climate Change in the State of Kuwait. Project: Climate Change First Communique, State of Kuwait.

- Al-Otaibi, I., El-Sadek, A. and Zubari, W. (2014). Virtual Water Trade in the State of Kuwait: Prospects and Challenges. Emirates Journal for Engineering Research, 19 (1): 11-19.
- Al-Otaibi, I., El-Sadek, A. and Zubari, W. (2013). Calculation and Evaluation of Virtual Water Flow in the GCC Countries. Emirates Journal for Engineering Research, 18 (2): 21-34.
- Bushehri, M. (2007). Reforming Consumption Subsidies in State of Kuwait: the Case of Electricity and Water. Journal of Development and Economic Policies, 9(2):5-25.
- Darwish, M. A., Al-Najem, N. M., and Lior, N. (2010). Towards Sustainable Seawater Desalting in the Gulf Area. Desalination, 235:58-87.
- El-Sadek, A. (2014). Water Use Optimization Based on the Concept of Partial Root Zone Drying. Ain Shams Engineering Journal, 5 (1):55-62.
- Kharafi, M.A. (2012). Sulaibiya Waste Water Treatment & Reclamation Plant, Kuwait.
- KISR. (1990). Assessment of Groundwater Resources in Kuwait using Remote Sensing Technology. 4, Hydrometeorology. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait.
- Kominski, L. (2004). Public Sector Water Conservation: Technology and Practices Outside the Great Lakes - St. Lawrence Region. Great Lakes Protection Fund. <http://www.glc.org/wateruse/conservation/pdf/BestTechnologiesReport.pdf>. Accessed on November 11, 2014.
- Milutinovic, M. (2006). Water Demand Management in Kuwait. Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 130pp.
- Ministry of Public Works. (2002). Kuwait Treated Effluent Utilisation Master Plan. Sanitary Engineering. State of Kuwait, CD Rom.
- Stockholm Environment Institute (SEI), (2012).Water Evaluation and Planning. <http://www.weap21.org>. Accessed on June 10th, 2014.