دراسة تحليلية لواقع ومستقبل المياه الجوفية في البحرين[1]

دكتــور
هشام حنضل عبدالباقي
أستاذ الاقتصاد ـ جامعة المنصورة ـ مصر
وأستاذ الاقتصاد المساعد- جامعة البحرين – البحرين

ABSTRACT

The supplies of the groundwater in Bahrain are coming through three aquifers: Al- Damam aquifer, Um-Ramda aquifer and Al-newgeen aquifer. The first is the most important aquifer which provides around 75% of total supply of groundwater. The supply groundwater in Bahrain faces many challenges which give the present paper its importance. The main objectives of the paper are to study the challenges face the supply of groundwater in Bahrain, to analyze the main factors effect on the production of the groundwater, to measure the relative strength of the factor effect on underground water and to draw some policy implications and recommendations that help the policy-makers in Bahrain to take the suitable policies for managing the groundwater in the kingdom. The results state that the population was the main factor determines the groundwater output through the period 1980-2009 and the main two factors effect of the future output of the groundwater in Bahrain are population and production level of other types of water i.e. desalinated and potable water. On contrast, the results show that per capita groundwater consumption has no effect on groundwater output.

ملخص:

تعتمد البحرين في تلبية احتياجاتها من المياه الجوفية على ثلاثة خزانات رئيسة هي: خزان الدمام وخزان الروس (أم الرضمة) وخزان النيوجين. ويعد الخزان الأول هو الأهم، حيث يوفر نحو ٧٥% من المياه الكلية. وقد تم حفر أول بئر إرتوازي إنتاجي في العام ١٩٢٥م وتوالت بعد ذلك عمليات حفر الآبار

[1] تم تمويل هذا البحث من قبل عمادة البحث العلمي بجامعة البحرين – مملكة البحرين.

بمعدل يتزايد، مما تضاعفت معه المياة المسحوبة من مخزون المياه الجوفية إلى حد أصبحت تهدد سلامة الوضع المائي مع استغلال تلك المياه بمعدلات تفوق قدرة الطبيعة على تعويضها. وأدى هذا الإختلال بين الطلب على المياه والتعويض الطبيعي للمياة الجوفية إلى إتساع فجوة العجز المائي (عبدالغفار، عبدالحميد أحمد، ١٩٩٩).

تتمثل أهداف البحث في دراسة أهم التحديات التي تواجه إنتاج المياه الجوفية في مملكة البحرين، وتحليل العوامل المؤثرة على إنتاج تلك المياه، وقياس الأهمية النسبية لتأثير تلك العوامل، ثم دراسة تأثير التغيرات في العوامل المختلفة التي يمكن أن تحدثها في الكمية المنتجة من المياه الجوفية في المستقبل، وأخيرا قياس درجة إستجابة إنتاج المياه الجوفية لتلك الصدمات في الأجل الطويل. أظهرت نتائج البحث أن حجم السكان هو العامل الحاسم المؤثر في إنتاج المياه الجوفية خلال الفترة من ١٩٨٠ – ٢٠٠٩ في البحرين يلية إنتاج المياه الأخرى غير الجوفية، كما بينت أن الدراسة أيضا أن هذين العاملين محددان هامان لإنتاج المياه الجوفية في البحرين في المستقبل، ومن ثم فعلي متخدي القرارات المتعلقة بإنتاج المياه الجوفية أخذ ذلك في الإعتبار عند تخطيط لأنتاج المياه الجوفية. وعلى النقيض أقرت الدراسة أن متوسط الاستهلاك الفردي من المياه الجوفية لا يمارس تأثيرا على إنتاج المياه الجوفية في البحرين.

١. مقدمة وأهمية البحث:

يقدر مخزون المياه في العالم بـ١٣٨٠ مليون كم مكعب، أما مخزون المياه العذبة فيقدر بـ ٣٤ مليون كم مكعب فقط، أي ان المياه العذبة تشكل فقط ٢.٥% من المخزون الكلي للمياه والنسبة الباقية هي مياه مالحة تتمثل في البحار والمحيطات، بينما تشكل الأنهار والبحيرات العذبة نحو ٠.٦٦% من المخزون العالمي، وبصفة عامة فإن ٦٩% من المياه العذبة غير متاح للاستخدام لأنها مغطاة بالجليد دائم في المناطق القطبية. أما بالنسبة للمياه الجوفية فتشكل ٣٠% من المخزون العالمي للمياه.

تعاني دول الخليج العربي من ندرة الموارد المائية العذبة، فتبين البيانات أن نصيب الفرد من المياه العذبة المتاحة في الكويت وقطر والبحرين والإمارات والسعودية في عام ٢٠٠٠ هي ١٠٠ و١٠٠ و١٣٩ و٣٠٠ و٣٢٠ مترمكعب سنويا على التوالي، بينما تسجل تلك القيم في كندا والنرويج ٨٤٤٩٥ مترمكعب و٧٩١١٠ مترمكعب على التوالي، وفي بعض الدول العربية غير الخليجية مثل العراق ولبنان تسجل ٢٤٠٠ مترمكعب و٨٠٠ مترمكعب على التوالي (**احصاءات البنك الدولي، ٢٠٠٩**).

تتسم دول مجلس التعاون الخليجي -فضلا عن مشكلتي ندرة الموارد المائية وارتفاع تكلفة الانتاج مقارنة بأسعار بيع المياه- بصفة عامة من خاصيتين هامتين تؤثران في إنتاج واستهلاك المياه المتاحة وهما إرتفاع معدل الاستهلاك الفردي من المياه، تشير الأحصاءات

أن متوسط الاستهلاك الفردي للمياه في المملكة العربية السعودية عام ٢٠٠٦ بلغ ٩٢٨ مترمكعب، وفي الامارات ٧٤٠ مترمكعب عام ٢٠٠٥، بينما سجل ٢١٣ متر مكعب و ٦٢٢ مترمكعب في كل من المملكة المتحدة عام ٢٠٠٧ والنرويج عام ٢٠٠٦ على التوالي (**البنك الدولي، ٢٠٠٥**). أما الخاصية الثانية فتتمثل في سوء استخدام المياه العذبة المتاحة، فتشير البيانات أن المملكة العربية السعودية تستخدم ٨٨% من إجمالي مسحوبات المياه العذبة في القطاع الزراعي، و٣% في القطاع الصناعي و٩% في القطاع المنزلي، بينما تمثل تلك النسب في عمان ٨٨% و١% و١٠% في قطاعات الزراعة والصناعة والمنزلي على التوالي. تكون هذه النسب أكثر تناسبا في مملكة البحرين، حيث تسجل ٤٥% و٦% و ٥٠% في قطاعات الزراعة والصناعة والمنزلي على التوالي (**احصاءات البنك الدولي، سنوات مختلفة**).

تعتمد البحرين في تلبية احتياجاتها من المياه الجوفية على ثلاثة خزانات رئيسة هي: خزان الدمام وخزان الروس (أم الرضمة) وخزان النيوجين. ويعد الخزان الأول هو الأهم، حيث يوفر نحو ٧٥% من المياه الكلية. وقد تم حفر أول بئر إرتوازي إنتاجي في العام ١٩٢٥م وتوالت بعد ذلك عمليات حفر الآبار بمعدل يتزايد، مما تضاعفت معه المياة المسحوبة من مخزون المياه الجوفية إلى حد أصبحت تهدد سلامة الوضع المائي مع استغلال تلك المياه بمعدلات تفوق قدرة الطبيعة على تعويضها. وأدى هذا الإختلال بين الطلب على المياه والتعويض الطبيعي للمياة الجوفية إلى إتساع فجوة العجز المائي (**عبدالغفار، عبدالحميد أحمد، ١٩٩٩**).

يواجه إنتاج واستهلاك المياه الجوفية في مملكة البحرين العديد من المشكلات منها قلة مصادر المياه وإنخفاض وعدم إنتظام هطول الأمطار وسوء إستخدام المياه مع إرتفاع متوسط الاستهلاك الفردي وتدني أسعر بيع المياه مع إرتفاع تكلفة إنتاجها، فضلا عن تزايد نسب الأملاح المذابة في المياه الجوفية بمرور الوقت (**زباري، وليد خليل، ١٩٩٩**). كل تلك المشكلات وغيرها يفرض على متخذي القرارات في المملكة ضرورة إتباع سياسات حازمة لتجنب تفاقم مشكلة المياه في المملكة مستقبلا، ومن هنا تأتي أهمية البحث الحالي من خلال دراسة أهم التحديات التي تواده المياه الجوفية في المملكة والتي تعد أحد مصادر المياه في المملكة.

٢. أهداف البحث

في ضوء مشكلة البحث يمكن تحديد أهدافه الرئيسة في:

١- تحليل الوضع الحالي للمياه الجوفية في مملكة البحرين، من خلال دراسة أهم المشكلات التي تواجه إنتاج واستهلاك المياه الجوفية في البحرين.
٢- تحديد الأهمية النسبية للعوامل المؤثرة في إنتاج المياه الجوفية في البحرين.
٣- دراسة مدي تأثير العوامل المختلفة في الكمية المنتجة من المياه الجوفية في المستقبل.
٤- تقديم بعض التوصيات التي تساعد متخذي القرارات في إتخاذ السياسات الناجعة المتعلقة بإنتاج واستهلاك المياه الجوفية في المملكة.

٣- الإطار النظري

٣/١- مفهوم ومنشأ المياه الجوفية

المياه الجوفية هي المياه التي تتواجد تحت سطح الأرض، وبالتحديد في الجزء العلوي من القشرة الأرضية والمعروف بمنطقة الشق الصخري، وقد تظهر فوق سطح الأرض في المناطق المنخفضة. ومصدر هذه المياه: (١) الأمطار وتمثل المصدر الرئيس، والتي تنجم عن تعرض مياه المحيطات والبحار لأشعة الشمس فتتبخر وتتجمع تلك الأبخرة المتصاعدة في الغلاف الجوي مكونة السحب والتي تتكثف تحت ظروف معينة وتسقط على شكل أمطار وثلوج وتعرف بالمياه السماوية وهي المصدر الرئيس للمياه العذبة على سطح الأرض، حيث يجري جزءا منها إلى مجاري الأنهار والوديان والبحيرات، أما الجزء الأخر فيتغلغل في التربة السطحية ليبقى معظمه في منطقة النباتات ويسحب مرة ثانية إلى السطح بواسطة النباتات أو بالخاصية الشعرية للتربة، وتستمر نسبة صغيرة في التغلغل إلى أسفل منطقة الجذور تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، حيث تدخل الخزان المائي الأرضي. (٢) ومياه الصهير وهي المياه التي تصعد إلى أعلى بعد مراحل تبلور الصهير المختلفة، كما هو الحال في المياه المصاحبة لإنفجار بركاني، حيث تنتج مباشرة من إنطلاق أبخرة المياه التي كانت محبوسة داخل الصخور المنصهرة عندما تبرد قبل وصولها إلى سطح الأرض. (٣) والماء المقرون وهو الماء الذي يصاحب عملية تكوين الرسوبيات في المراحل المبكرة ويحبس بين أجزائها ومسامها.

تعتبر المياه الجوفية نقية وخالية من التلوث الضارة، ولكنها قد تتعرض للتلوث نتيجة بعض العوامل الخارجية منها: (١) وجود عيوب في تصاميم آبار المياه وعدم الاهتمام بعزل الآبار المهجورة. (٢) استخدام طرق غير صحيحة للتخلص من القاذورات والمياه المبتذلة والنواتج الصناعية والزراعية والحيوانية. (٣) وجود أبار المياه بالقرب من المجاري الصحية. (٤) وجود الآبار في مجاري السيول والفيضانات.

٣/٢- صعوبة التعامل مع المياه الجوفية

عدد الباحثون عوامل عديدة تجعل التعامل مع المياه الجوفية سواء بالدراسة او التحكم في نقائها أمرا صعبا ومن تلك العوامل: (١) أن ملوثات المياه الجوفية ترجع لفترات زمنية طويلة، حيث أن الملوث ربما سافر لأعوام ولمسافات طويلة ليستقر أخيرا في البئر المحتوي على المياه الجوفية ليلوثها، كما أن الملوث أصلا متغير يعتمد تحركه وكياته وسرعته على عوامل عديدة لا يمكن التنبؤ بها أو حتى حصرها. (٢) مدي الضرر الذي سيحدثه الملوث في المياه الجوفية يعتمد أيضا على عوامل عديدة وكلها متغيرات لعوامل أخرى. (٣) كما ان التأثير على ملوثات المياه الجوفية يعتمد على استعمالات المياه نفسها فهل سوف تستخدم في الرى أو الشرب. (٤) الممارسة الخاطئة أثناء تنقية المياه الجوفية ربما تؤدي إلى فقدان المياه لفترات طويلة. (٥) أخيرا لا يقدر الأنسان العادي مدى الوقت والجهد والتكلفة المبذولة في الحصول على وتنقية المياه الجوفية ومن ثم قد يمارس أثارا سلبية على تلك المياه دون وعي حقيقي بأهميتها وتكلفتها الاقتصادية (**Gorlach and Interwies., 2003**). وقد قدمت العديد من الدراسات نماذج مختلفة لإدارة المياه الجوفية إدارة اقتصاديه من الناحية الكمية والنوعية (**Zachariah and Rollins., 1999**)

٣/٣- المياه الجوفية سلعة عامة أم خاصة

اعتاد الافراد الإهتمام بما يملكونه وإعطاء اهتمام أقل اوحتى عدم إهتمام بالأشياء التي لا يملكونها أو لا يتكلفون شيئا لتوفيرها، وهذا يعني إنخفاض قيمة أو حتى الشعور بإنخفاض قيمة تلك الأشياء التي لا يتحملون شيئا لتوفيرها أوحتى للحفاظ عليها. وقد اهتم الاقتصاديون بالإجابة على سؤال ما إذا كانت المياه تعتبر سلعة اقتصادية خاصة أو عامة (**Zekic, et al., 2014 & Doss and Milne., 2001**)

تتميز السلع العامة عن السلع الخاصة بتوافر خاصيتين الأولى هي عدم التنافس فى الاستهلاك بمعنى أن قيام أحد الأشخاص بزيادة الكمية المستهلكة من السلعة العامة لايؤثر على الكمية المتاحة للاستهلاك للأشخاص الآخرين وذلك بعكس السلع الخاصة فزيادة الكمية المستهلكة من أحد السلع الخاصة يعنى نقص الكمية المتاحة للاستهلاك من قبل الأشخاص الآخرين. والثانية هي عدم القدرة على الاستبعاد بمعنى أنه لا يمكن لأحد أن يستبعد أو يحرم شخص آخر من استهلاك السلع العامة وذلك أيضا على عكس حالة السلع الخاصة فيمكن لصاحب السلعة الخاصة منع أو حرمان الآخرين من الإنتفاع/ استهلاك تلك السلعة. وأمثلة السلع العامة كثيرة مثل الأمن العام والشرطة والطرق العامة والكبارى والهواء .... وغيرها مما يتوافر فيهما الخاصيتين سالفى الذكر. وفى حالة تلك السلع فإن السوق يفشل فى توفيرها

وذلك أن توافر خاصيتى عدم التنافس فى الاستهلاك وعدم الاستبعاد يجعل كل الأفراد يريدون استهلاك تلك السلع بدون دفع مقابل لذلك ويطلق على هذه الحالة "مشكلة الركوب مجانا" ومن هنا فلا يمكن للسوق أى للقطاع الخاص من توفير تلك النوعية من السلع ومن ثم لا بد أن تقوم الحكومة بنفسها بتوفيرها.

٣/٤- المياه الجوفية مورد ناضب

يمكن تقسيم الموارد الاقتصادية عامة من حيث المدى الزمنى إلى موارد متجددة أو متدفقة وهى موارد إما أن وجودها يكون بصفة مستمرة وبكميات كبيرة أو أنها تجدد نفسها تلقائيا. وعلى النقيض من ذلك هناك موارد غير متجددة أو ناضبة ويؤدى إستخدامها إلى انخفاض الاحتياطى منها ويمكننا تقسيم الموارد الناضبة إلى موارد لا يمكن إعادة استخدامها مثال ذلك البترول حيث استخدام البترول لأول مرة يعنى فناءه وعدم إمكانية إستخدامه مرة ثانية وهناك موارد يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى مثال ذلك الحديد والنحاس.

تتسم المياه الجوفية، في أغلب الدول العربية، محدودة ومعظمها غير متجدد (ناضب) لعدم توفر موارد طبيعية متجددة كالأمطار تقوم على تغذية هذه المكامن وتزيد من مواردها. لذلك يجب أن ينصب اهتمام القائمين على إدارة الموارد المائية على المحافظة على موارد المياه الجوفية وزيادة كمياتها، بل وتحسين نوعيتها واعتبارها مخزونا استراتيجيا في مكامن آمنة. ونظرا لأهمية المياه الجوفية اقتصاديا قامت العديد من الأبحاث بتقديم طرق ونماذج مختلفة لتحديد القيمة الاقتصادية للمياه الجوفية **(Berstrom, et al., unpublished report & NCGRT., 2013)**

تتميز المياه الجوفية كمورد ناضب بسمات فريدة منها (**عبدالباقي، ٢٠١٣**) **أولا**: وجود تكلفة فرصة بديلة للاستنزاف حيث يواجه منتج المورد الناضب بتكلفة استخراج رصيد ثابت فى أى نقطة زمنية حيث أن زيادة عملية استخراج المورد إنما تعنى انخفاض حجم الاحتياطى المخزون منه وهذا ينعكس فى تحديد شروط التوازن وتعظيم الأرباح فإن كانت النظرية الإقتصادية تقرر أن المنشأة التى تعمل فى ظروف المنافسة الكاملة تحقق شروط توازنها وتعظم أرباحها عند تساوى السعر مع الإيراد الحدى مع التكلفة الحدية فإن الأمر يختلف فى حالة الموارد الناضبة حيث لابد من أخذ تكلفة الفرصة البديلة للاستنزاف فى الحسبان ومن هنا يصبح التوازن عند السعر = التكلفة الحدية + تكلفة الفرصة البديلة للاستنزاف. **ثانيا:** إن عملية استخراج الموارد الناضبة تؤدي إلى آثار خارجية على كثير من الأنشطة الإقتصادية، **ثالثا**: المقارنة بين إما الإستخراج فى الوقت الحاضر أو الاستخراج فى المستقبل، فالدولة عليها أن تتخذ قرارات تتعلق بالكمية التى تستخرجها فى الوقت الحاضر

ومن ثم تحدد الكمية التى تتركها كمخزون فى باطن الأرض وهذه القرارات تستند إلى مقارنة بين الأرباح التى تتحقق من الاستخراج حالياً وتلك الأرباح المتوقعة من تأجيل الإستخراج، أي أن طبيعة إقتصاديات الموارد الناضبة هي استخدام "الديناميكية" بما يعنى أن عنصر الزمن يشكل عاملاً هاما فى دراسة تلك الموارد وما يستلزم ذلك من ضرورة توافر نماذج ديناميكية وإن كانت النماذج الإستاتيكية تستخدم فى البداية لتوضيح بعض المفاهيم إلا أن النماذج الديناميكية تشكل الجانب الأساسى فى دراسة الموارد الناضبة ولا ريب أن ذلك يتطلب التعمق فى تلك واستنباط ما يتوافق مع طبيعتها من نماذج.

بصفة عامة فإن نضوب المورد الطبيعي يعني استنفاد الاحتياطي بعد استخراج المورد الموجود في المكمن، ومع ذلك فإن النضوب لا يعني فقط استنفاد الرصيد المتوفر في المكمن، وإنما أيضا ارتفاع تكلفة الاستخراج عن قيمته، فمثلا إمتزاج الماء المستخدم في عملية الاستخراج بالنفط بنسبة عالية تعني إنخفاض الكمية المنتجة من النفط، ومن ثم ارتفاع تكلفة عملية الاستخراج، وقد تصل إلى عدم جدوى عملية الاستخراج برمتها.

٤ـ الوضع الحالي للمياه الجوفية في البحرين: أبعاد المشكلة

فيما يلي نناقش أبعاد مشكلة المياه الجوفية في مملكة البحرين

٤/١ ـ قلة مصادر المياه

تعاني البحرين من ندرة المياه وارتفاع درجات الحرارة في المتوسط السنوي. وتؤكد الدراسات أن تغير المناخ سيؤدي الى ارتفاع متوسط درجات الحرارة السنوي الى حد كبير مما يمكن ان يؤدي الى مستويات اعلى من استخدام المياه الجوفية في القطاع الزراعي، وهو الامر الذي سيشكل خطورة كبيرة على المياه الجوفية ما لم تبادر البحرين باتخاذ تدابير عاجلة.

وتقدر المياه الجوفية المتاحة حالياً في منطقة الخليج العربي بحوالي ٣٥ مليار متر مكعب سنوياً، بينما المخزون الجوفي من هذه المياه يفوق ٧٧٠٠ مليار متر مكعب، إلا أنّ المتجدّد منه حوالي 42مليار متر مكعب .تختلف نوعية المياه الجوفية من حوض إلى آخر، كما أنّ معظم المياه الجوفية توجد في المنطقة الوسطى، ويعود تكوينها إلى عصور قديمة. ولا زالت المعلومات غير مكتملة حول حالة هذه المياه الجوفية، مما يحتّم وضع برامج لتنمية الأحواض الجوفيّة وتغذيتها من الأمطار بطرق مختلفة حتى يُمكن الاعتماد على هذه المياه عند الحاجة بناء على احتمالات الهطول الممكنة، ممّا يستدعي إجراء التسجيلات الدقيقة لها ومتابعتها وتقويمها. ومن أهم خزانات المياه الجوفية الموجودة في المنطقة: أحواض المنطقة الشرقية، وحوض الحماد، والرياض، والربع الخالي .يقدر إجمالي الطاقة التخزينية لها بحوالي ٥٠٠ مليار متر مكعب.

٤/٢ ـ الإنتاج من المياه الأخرى غير الجوفية

في إطار البحث عن مصادر مائية جديدة، فإن دول الخليج تُعتبر من أكبر مناطق العالم إنتاجاً للمياه غير التقليدية، إما بواسطة معالجة مياه البحر، أو بواسطة تنقية مياه الصرف الصحي وإعادة استخدام مياه الري الزراعي. وعلى الرغم من أن تنمية هذه المصادر المائية غير التقليدية تُكلّف مبالغ باهظة بمقارنتها بالموارد المائية التقليدية، إلا أنه سيكون لها شأن يُعتمد عليه في المستقبل بسبب تزايد الطلب على المياه على مرّ الزمن نظراً لشحّ المصادر الأخرى للمياه.

وبالنظر إلى تحلية مياه البحر، نجد أن تكلفة التحلية تشكل عبئا متزايدا على ميزانية المملكة، فقد شهدت ميزانية المملكة في عام ١٩٧٥ دخول مشروعات مائية عالية التكلفة لم تعهدها من قبل وذلك بإنشاء أول محطة لتحلية مياه البحر وهي محطة سترة، بطاقة ٥ ملايين جالون يوميا، زاد خمسة أضعاف في عام ١٩٨٥، وذلك بإضافة أربع وحدات تحلية للمحطة، ثم زادت الطاقة الإنتاجية إلى ٦٥ مليون متر مكعب سنويا. وتشير الإحصاءات إلى إرتفاع متواصل في المصروفات العامة الموجهة لقطاع المياه.

بدأت مملكة البحرين تنفيذ المخطط الرئيس لمشروع الصرف الصحي في عام ١٩٧٦، وبحلول عام ١٩٧٩ أنشئت خطوط الصرف الصحي الرئيسة ومحطات الضخ، وتم استصلاح أراضي خور المقطع في توبلي لمعالجة مياه الصرف الصحي. وفي عام ١٩٨٢ تم تنفيذ مشروع استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأغراض الزراعية، وبدأ الاستخدام الفعلي لتلك المياة في عام ١٩٨٥، ثم تم توسيع المشروع عام ١٩٨٩م. بلغ إجمالي المياه المعالجة بمحطة توبلي ١٦٠ ألف متر مكعب يوميا، يعالج منها ثنائيا ١٢٨ ألف متر مكعب وتلقي في البحر، بينما تعالج الكميات المتبقية ثلاثيا، يستخدم منها نحو ١٠ ألف متر مكعب في ري الأعلاف، بينما يوجه الباقي لري أشجار الزينة. وبالرغم من أهمية المياه المعالجة ثنائيا على الزراعة لاحتوائها على مكونات عضوية مخصبة للتربة ولإنخفاض تركيز المعادن الثقيلة فيها، إلا أن الكميات الفعلية المنتجة منها لا تتجاوز ٨.٧% مقارنة بإجمالي المياه الموجهة للزراعة (**تقرير الري في منطقة الشرق الأوسط، ١٩٩٧**).

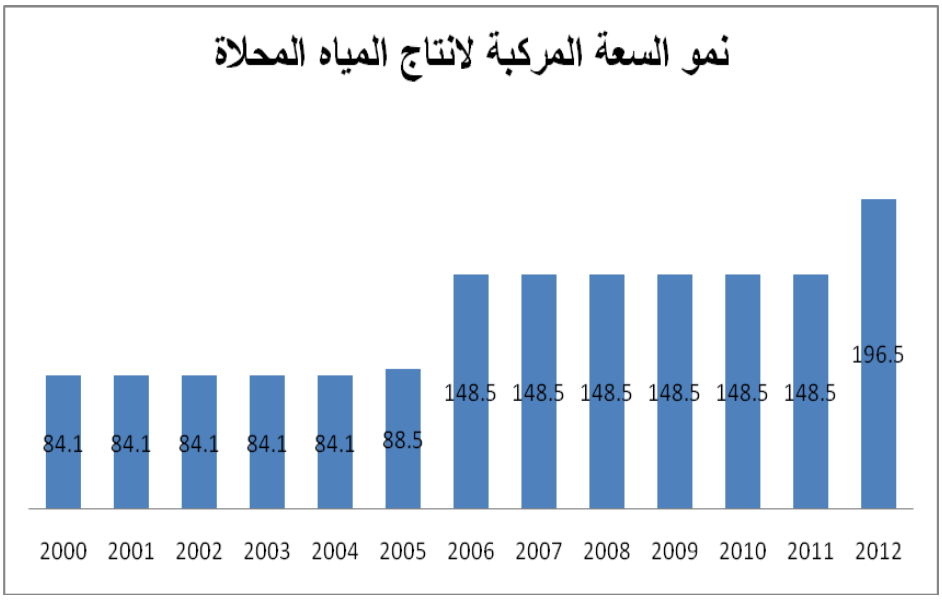
يبين الجدول رقم (١) تطور كميات الإنتاج من المياه حسب مصادرها خلال الفترة ١٩٨٠-٢٠٠٩م. تؤكد بيانات الجدول إنخفاض نسبة المياه الجوفية المنتجة من إجمالي المياه المنتجة في مملكة البحرين خلال الفترة المعنية، حيث إنخفضت تلك النسبة من ٩٣% عام ١٩٨٠٩ و١٩٨١ إلى ٣٦% عام ٢٠٠٠ وتستمر في الإنخفاض لتسجل ٨% فقط في العام ٢٠٠٩. وفي المقابل تتزايد في النهاية نسب إنتاج المياه المحلاه والمياه المعالجة من إجمالي المياه المنتجة في البحرين خلال الفترة المذكورة.

جدول رقم (١) تطور إنتاج المياه حسب مصادرها في المملكة خلال الفترة ١٩٨٠ – ٢٠٠٩م

السنة	المياه الجوفية		مياه صالحة للشرب		المياه المحلاة		المياه المعالجة		إجمالي الإنتاج	المتوسط اليومي
	الإنتاج	%	الإنتاج	%	الإنتاج	%	الإنتاج	%		
1980	9023.55	93	0	0	721.57	7	0	0	9745.12	٣26.6
1981	10902.3	93	0	0	878.98	7	0	0	11781.29	32.28
1982	12149.1	91	0	0	1192.81	9	0	0	13341.88	36.55
1983	12345.2	90	0	0	1372.42	10	0	0	13717.65	37.58
1984	12721.5	82	0	0	2080	13	793.04	5	15594.55	42.61
1985	8174.64	46	0	0	6054.47	34	3384.33	19	17613.44	48.26
1986	7782.48	42	0	0	7476.82	40	3436.4	18	18695.7	51.22
1987	10083	51	0	0	6566.4	33	3144.79	16	19794.19	54.08
1988	9967.87	48	0	0	7884.74	38	2939.67	14	20792.28	56.97
1989	11279.7	51	0	0	8032.72	37	3648.17	12	22960.61	62.91
1990	10603.3	47	0	0	8698	39	3219.3	14	22520.55	61.70
1991	9749	44	0	0	8395.6	38	3927.4	18	22072	60.47
1992	9526.6	41	0	0	8316.47	36	5304.41	23	23147.48	63.24
1993	11738.8	48	0	0	8534.91	35	4306.01	18	24579.75	67.34
1994	11194.5	46	0	0	8743.05	36	4408.33	18	24345.85	66.70
1995	12022.1	51	0	0	7641.69	32	3909.85	17	23573.61	64.59
1996	11075.7	46	0	0	8002.54	33	5050.21	21	24128.46	65.92
1997	11865.8	48	0	0	8254.27	34	4455.72	18	24575.78	67.33
1998	11995.7	48	0	0	8499.74	34	4708.13	19	25203.61	69.05
1999	12183.1	47	0	0	8431.07	33	5048.78	20	25662.96	70.31
2000	10049.4	36	5119.51	18	7779.71	28	4981.5	18	27930.09	76.31
2001	9941.51	33	8084.66	27	6709.4	23	5028.8	17	29764.37	81.55
2002	10279.5	34	9075.64	30	6024.41	20	5004.72	16	30384.25	83.24
2003	10424.8	32	8834.16	28	8047.28	25	4805.22	15	32111.47	87.98
2004	10622.1	31	10522.08	31	8015.89	24	4716.59	14	33876.64	366.00
2005	10964.2	31	11463.76	33	8559.35	24	4068.58	12	35055.91	96.04
2006	10568.6	29	11786.91	32	8078.62	22	7117.55	19	37551.7	102.88
2007	8895.67	23	13979.38	37	7857.01	21	7265.1	19	37997.16	104.10
2008	6273.11	15	24462.12	57	6044.25	14	7401.43	17	44180.91	120.71
2009	3925.69	8	32098.45	67	5540.32	12	6989.46	15	48553.92	133.02

المصدر: مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الأمانة العامة، تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها، ٢٠١٤.

ويوضح الشكل رقم (٢) تزايد السعة المركبة لإنتاج المياه المحلاه في المملكة خلال الفترة من ٢٠٠٠ – ٢٠١٢م. زادت السعة المركبة لانتاج تلك المياه من ٨٤.١ مليون جالون يوميا إلى ٨٨.٥ مليون جالون يوميا ثم إلى ١٩٦.٥ مليون جالون في اليوم في العام ٢٠١٢م.



شكل رقم (٢) السعة المركبة لأنتاج المياه المحلاه في المملكة خلال الفترة من ٢٠٠٠ – ٢٠١٢م

المصدر: مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الأمانة العامة، تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها، ٢٠١٤.

كذلك فإن الجدول رقم (٢) يؤكد مدي إهتمام المملكة بإنتاج المياه غير التقليدية، حيث يبين الجدول عدد المحطات العاملة في تحلية ومعالجة المياه في المملكة وسعتها ونوع التقنية المستخدمة، فضلا عن تاريخ إنشاء كل منها.

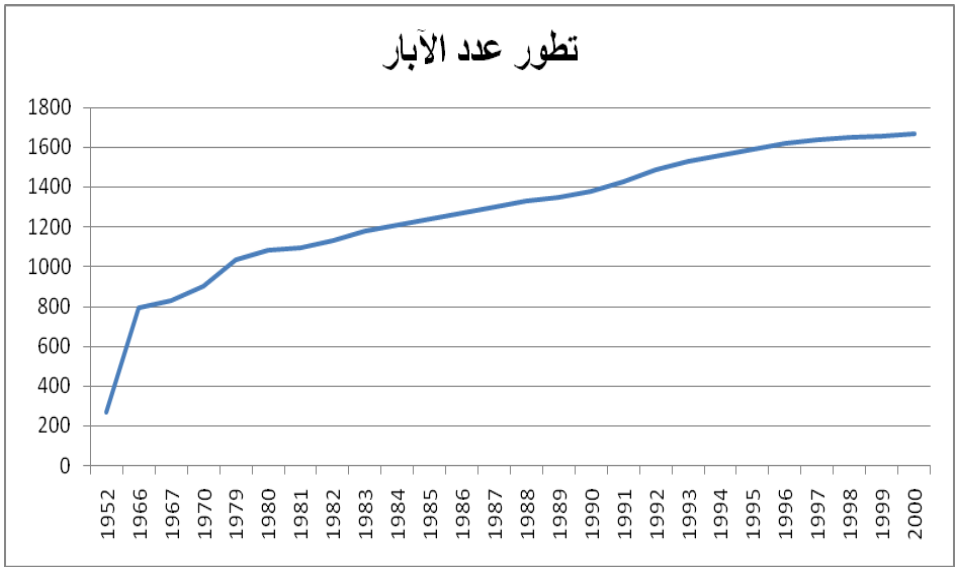
جدول رقم (٢) المحطات العاملة في مملكة البحرين

اسم المحطة	سعتها		نوع التقنية	عدد الوحدات	تاريخ الإنشاء
	م.ج.ي	م.م.ي			
سترة	25	113636	MSF	5	1975-1985
رأس أبو جرجور	16.5	75000	RO	10	1984
الدور	10	45455	RO	8	1989
الحد	90	409091	MSF + MED	10 + 4	2000 – 2005
ألبا	7	31818	MED	4	2004
حوار	0.01368	62	VC	2	1985
الدور PWC	48	218182	RO		2011
المجموع	196.51	893244			

المصدر: مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الأمانة العامة، تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها، ٢٠١٤.

٤/٣ـ استنزاف المياه الجوفية

على الرغم من ندرة المياه في مملكة البحرين إلا إن عملية إنتاج المياه الجوفية اتسمت بالاستنزاف أو على الأقل بالإنتاج غير الرشيد، حيث يعكس الشكل رقم (١) تطور عدد الأبار في مملكة البحرين خلال الفترة ١٩٥٢ – ٢٠٠٠، وتشير البيانات ان عدد الأبار تزايد من ٢٧٠ بئرا عام ١٩٥٢ إلى ١٢٤٢ بئرا في عام ١٩٨٥، ويواصل التزايد ليصل إلى ١٦٦٨ في عام ٢٠٠٠م.



المصدر: وزارة الإسكان والزراعة، إدارة مصادر المياه، التقارير السنوية

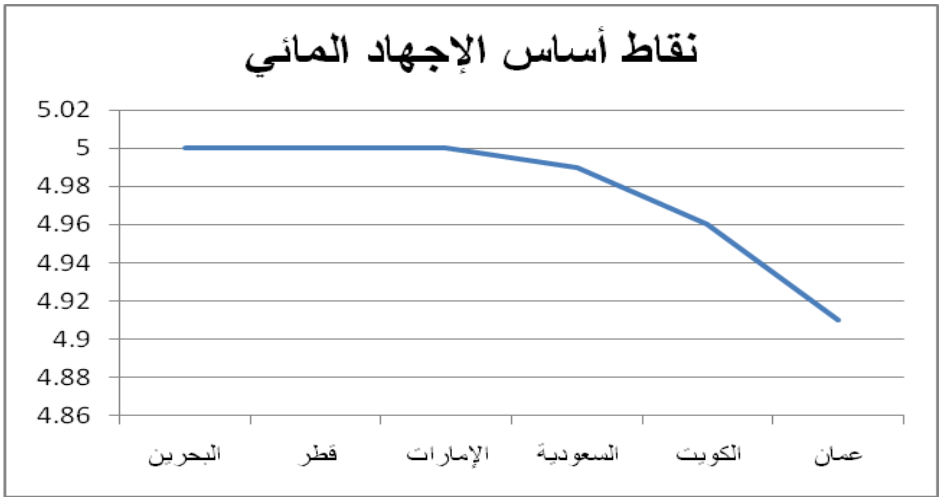
٤/٤ـ انخفاض وعدم انتظام الهطول

يتراوح معدل الهطول المطري في منطقة الخليج العربي عامة ما بين ١- ١٠٠ ملم سنويا، وتعتبر المصدر الرئيس للتغذية الطبيعية للعديد من الأحواض المائية الجوفية بالمنطقة، ومن ثم فإن حوالي ٨٥ % من مساحتها شديدة الجفاف ولا تصلح للزراعة المطرية. ويبلغ متوسط هطول الامطار السنوي في مملكة البحرين اقل من ٨٠ ملم.

٤/٥ ـ ضعف المخزون الإستراتيجي للمياه

وقد يكون من أكبر التحدّيات التي تواجه دول المجلس ومنها مملكة البحرين هي ضعف المخزون الإستراتيجي للمياه في بعض دول المجلس، وهي القدرة الاستيعابية للدولة من كمية المياه للاستعمال الفوري. ففي الإمارات، مثلا، والتي تعتبر الدّولة الأكثر تطوّراً في المنطقة في هذا المجال؛ يصل مخزون المياه الإستراتيجي إلى حوالي الشّهر في العام ٢٠١٢م، بينما لا يتعدى المخزون الإستراتيجي الحالي للبحرين يوماً واحداً في العام المذكور، ممّا يعني الحاجة إلى إعادة تعبئة المخزون يوميّاً لتفادي نفاذه، ممّا يثير أسئلة أساسيّة حول جاهزيّة الدّولة لأية كوارث أو حالات طارئة محتملة لا قدر الله.

قام معهد الموارد العالمية Water Resources Institute (WRI) في العام ٢٠١٣ بترتيب الدول وأحواض الأنهار العالمية طبقا لتعرضها للمخاطر المتعلقة بالمياه. وعرف التقرير أساس الإجهاد المائي بانه نسبة إجمالي المياه التي يتم سحبها سنويا إلى إجمالي المتاح من المعروض المتجدد سنويا، ويعني حصول الدولة مثلا على أربع درجات في هذا الترتيب أن أكثر من ٨٠% من المياه المتاحة يتم سحبها سنويا (شكل رقم ٢).



شكل رقم (٢) مستوى الإجهاد المائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربي

المصدر: http://www.wri.org

٤/٦- ارتفاع معدلات التبخر

نظرا للظروف االمناخية وظروف الطقس في البحرين فإنّ معدلات التبخّر تتراوح ما بين ١٠٠٠ملم سنوياً على الشريط الساحلي وحوالى ٣٠٠٠ ملم سنوياً في المناطق الصحراويّة. **وفي مملكة البحرين** يبلغ متوسط التبخر نحو ١٨٥٠ ملم في السنة مما يؤدي الى ارتفاع العجز في الميزانية لامدادات المياه الطبيعية.

٤/٧- ارتفاع معدلات النمو السكاني

يمثل النمو السكاني السريع والتوسع العمراني الى جانب التوسع في الزراعة المروية والتصنيع عاملا هاما من عوامل تزايد الطلب على المياه في ظل الضعف المتزايد للمياه اذ يتم استيفاء متطلبات المياه في المملكة في المقام الاول من محطات التحلية تليها المياه الجوفية ومياه الصرف الصحي المعالجة محليا. وأكدت الدراسات أن ارتفاع مستوى سطح البحر والذي يهدد البحرين في السنوات المقبلة، سيمثل خطرا على المياه الجوفية في البحرين، حيث سيزيد من معدل استخدامها بنسبة ٢٥ % في العام ٢٠٢٥. يوضح الجدول رقم (٣) تطور أعداد السكان في البحرين، حيث إرتفع عدد السكان من ١٤٣١٣٥ نسمة في عام ١٩٥٩م إلى ٦٥٠٦٠٤ نسمة في عام ٢٠٠١م، ثم إلى ١٣١٤٥٦٢ نسمة في عام ٢٠١٤م. ويعكس الجدول أيضا تزايد نسبة غير البحرينيين إلى إجمالي السكان، حيث زادت تلك النسبة من ١٧.١% عام ١٩٥٩م إلى ٣٧.٧% عام ٢٠٠١م ثم إلى ٥٢% في عام ٢٠١٤م، وهنا لابد لنا أن ندق ناقوس الخطر للتزايد المستمر لعدد السكان الأجانب في البحرين وما يمثله ذلك من ضغط على الموارد المائية.

جدول رقم (٣) تطور عدد السكان في مملكة البحرين ١٩٥٩- ٢٠١٤م

السنة	بحريني		غير بحريني		إجمالي
	عدد	% من الإجمالي	عدد	% من الإجمالي	
1959	118734	82.95	24401	17.05	143135
1965	143814	78.93	38389	21.07	182203
1981	238420	67.97	112378	32.03	350798
1991	323305	63.64	184732	36.36	508037
2001	405667	62.35	244937	37.65	650604
2010	570687	46.45	657856	53.55	1228543
2011	584688	48.93	610332	51.07	1195020
2012	599629	49.60	609335	50.40	1208964
2013	614830	49.06	638361	50.94	1253191
2014	630744	47.98	683818	52.02	1314562

المصدر: الجهاز المركزي للمعلومات، الإدارة العامة للاحصاء، الحسابات القومية، سنوات مختلفة

٤/٨- سوء استخدام المياه

يعد سوء استخدام المياه من أهم العوامل التي تزيد مشكلة المياه تعقيدا في دول الخليج العربي ككل، حيث يستهلك المواطن في تلك الدول ما بين ٥٠٠ الى ٦٠٠ لتر من الماء يوميا في حمامات السباحة وفي ري الحدائق وخلافه رغم أنه لا يحتاج الا الى ٥٠ لترا في اليوم. ويعد ترشيد استهلاك المياه العمل الأكثر فاعلية في الحفاظ على المياه النادرة في دول الخليج، فالعوامل المستندة على التقنية في علاج مشكلة المياه في الخليج العربي لا تنطوي على الاستدامة كما هو الحال في العوامل الاجتماعية والاقتصادية، فزيادة وعي المواطن بأهمية ترشيد المياه والتعامل معها كسلعة نادرة قابلة للنضوب يعد أمرا حيويا ويؤثر على الاستدامة في الاستهلاك الرشيد للمياه. يبين الجدول رقم (٤) سوء استخدام المياه حسب مصدرها في مملكة البحرين، حيث ان نسبة ١٤% تقريبا من إجمالي استخدامات المياه بمصادرها المختلفة تخصص للحدائق (**Al Zubari, W, 2003 & 2004**).

جدول رقم (٤) استخدامات المياه حسب المصدر (مليون مترمكعب)

السنة	المياه الجوفية	المياه المحلاة	المياه المعالجة	المجموع	نصيب الحدائق	نصيب الحدائق (% إجمالي الاستخدامات)
١٩٨٧	٢١٣	٤٤.١	٠.٧	٢٥٧.٨	٣٨.٥٦٥	14.96
١٩٨٨	٢٠٢.٩	٤٩.٢	١.٥	٢٥٣.٦	٣٧.٨١٥	14.91
١٩٨٩	٢١٣.٤	٤٨.٦	٢.٣	٢٦٤.٣	٣٩.٣	14.87
١٩٩٠	٢١٩.٥	٥٤.٢	٤.٤	٢٧٨.١	٤١.٠٥٥	14.76
١٩٩١	٢١٤.٨	٥٦	٥.٩	٢٧٦.٧	٤٠.٦٢	14.68
١٩٩٢	٢٣١.١	٦١.٣	٧.٥	٢٩٩.٩	٤٣.٨٦	14.62
١٩٩٣	٢٤٣	٥٨.٣	٨.٣	٣٠٩.٦	٤٥.١٩٥	14.60
١٩٩٤	٢٥٦.٣	٥٩.٨	١٢.٩	٣٢٩	٤٧.٤١٥	14.41
١٩٩٥	٢٦٦.٩	٥٢.٧	١١.٩	٣٣١.٥	٤٧.٩٤	14.46
١٩٩٦	٢٧٤.٦	٦٠.٦	١٣.٢	٣٤٨.٤	٥٠.٢٨	14.43
١٩٩٧	٢٨٧.٩	٥٨.٩	١٢.٨	٣٥٩.٦	٥٢.٠٢	14.47
١٩٩٨	٢٩٣.٤	٦١.٤	١٢.٢	٣٦٧	٥٣.٢٢	14.50
١٩٩٩	٢٧٢.٣	٦٢.٧	١٤	٣٤٩	٥٠.٢٥	14.40
٢٠٠٠	٢٦٢.٨	٨٩.٢	١٤.٦	٣٦٦.٦	٥٢.٨	14.40
٢٠٠١	٢٣١.٩	٩٣.٩	١٥.٤	٣٤١.٢	٤٨.٨٧	14.32
٢٠٠٢	٢٤٤.٩	٩٣.٧	١٤.١	٣٥٢.٧	٥٠.٧٩	14.40
٢٠٠٣	٢٣٩.٥	١٠٢.٤	١٨.٨	٣٦٠.٧	٥١.٢٨٥	14.22
٢٠٠٤	٢٣١.٦	١٠٥.٥	٢٢.٦	٣٥٩.٧	٥٠.٥٦٥	14.06
٢٠٠٥	٢٠٨.٥	١٠٩	٢٤	٣٤١.٥	٤٧.٦٢٥	13.95
٢٠٠٦	٢١٦.٥	١١٨.٦	٢٩.٥	٣٦٤.٦	٥٠.٢٦٥	13.79
٢٠٠٧	١٧٦.١	١٣٢.٣	٣٦	٣٤٤.٤	٤٦.٢٦	13.43
٢٠٠٨	١٦٣.٩	١٦٧.٨	٣٦	٣٦٧.٧	٤٩.٧٥٥	13.53
٢٠٠٩	١٥١.٥	٢٠٣	٣٦	٣٩٠.٥	٥٣.١٧٥	13.62

المصدر: عبدالغفار، عبدالحميد أحمد، ترشيد استهلاك المياه في الحدائق المنزلية، ٢٠١٣.

٤/٩ ـ ارتفاع معدلات متوسط استهلاك الفردي

تعتبر مملكة البحرين الأقل استهلاكا للمياه بين دول الخليج، حيث يسجل متوسط استهلاك الفرد ٣٨٦ مترا مكعبا سنويا، بينما يسجل المتوسط في الإمارات وعمان وقطر والكويت ٧٤٠ و٥١٦ و٣٧٧ و٤٤١ مترا مكعبا سنويا للفرد على التوالي، بينما يسجل المتوسط أعلى قيمة في المملكة العربية السعودية ليقدر بـ٩٢٨ سنويا، ومع ذلك يعد إستهلاك المواطن البحريني للمياه مرتفعا مقارنة باستهلاك المياه في بعض دول العالم المتقدم، فالمتوسط السنوي لاستهلاك الفرد في النرويج ٦٢٢ مترا مكعبا سنويا وفي المملكة المتحدة

٢١٣ مترا مكعبا سنويا (**البنك الدولي، ٢٠٠٥**). تشير بينانات الجدول رقم (٥) أن استهلاك الفرد في البحرين من المياه قد تزايد خلال الفترة ١٩٨٠-١٩٩٠م من ٧٩.٨٩ جالون يوميا في عام ١٩٨٠م إلى ١٤٤.٧٢ جالون يوميا في عام ١٩٩٠م، ثم يبدأ في التذبذب خلال الفترة ١٩٩١-٢٠٠٥ ليسجل في نهاية تلك الفترة ١٢٦.٧٥ جالون يوميا.

جدول رقم (٥) معدل الاستهلاك اليومي للفرد من المياه خلال الفترة ١٩٨٠ – ٢٠٠٥م

السنة	السكان	الانتاج اليومي من المياه الجوفية والمحلاة (مليون جالون)	استهلاك الفرد (جالون/يوم)	النسبة المئوية للزيادة السنوية
1980	334.205	9.745	79.89	0
1981	350.798	11.781	92.01	15.17
1982	358.483	13.342	101.97	10.82
1983	366.336	13.717	102.59	0.61
1984	374.361	15.595	114.13	11.25
1985	382.563	17.613	126.14	10.52
1986	390.943	18.696	131.02	3.87
1987	399.508	19.794	135.74	3.6
1988	408.26	20.792	139.53	2.79
1989	417.203	21.961	144.22	3.36
1990	426.343	22.521	144.72	0.35
1991	435.683	22.072	138.8	-4.09
1992	453.508	23.148	139.84	0.75
1993	472.063	24.58	142.66	2.01
1994	491.377	24.346	135.74	-4.85
1995	511.48	23.574	126.27	-6.98
1996	532.407	24.129	124.17	-1.67
1997	554.189	24.576	121.5	-2.15
1998	576.863	25.204	119.7	-1.48
1999	600.465	25.663	117.09	-2.18
2000	625.032	27.93	122.43	4.56

المصدر: هيئة الكهرباء والماء، الكتاب الاحصائي، ٢٠٠٥

تابع جدول رقم (٥) معدل الاستهلاك اليومي للفرد من المياه خلال الفترة ١٩٨٠ – ٢٠٠٥م

السنة	السكان	الانتاج اليومي من المياه الجوفية والمحلاة (مليون جالون)	استهلاك الفرد (جالون/يوم)	النسبة المئوية للزيادة السنوية
2001	650.604	29.764	125.34	2.38
2002	677.222	30.387	122.93	-1.92
2003	704.93	32.111	124.8	1.52
2004	733.771	33.877	126.49	1.35
2005	763.792	35.056	126.75	-0.59

٤/١٠- تزايد نسب الأملاح المذابة في المياه الجوفية

تعد مشكلة تزايد الأملاح الذائبة في المياه تحديا كبيرا يواجه مملكة البحرين، فقد بلغت نسبة تلك الأملاح ٢٨٠٩ ملليجرام / لتر خلال الفترة ١٩٨٦ – ١٩٩٢ وهي نسبة مرتفعة وقد ترتب على ذلك أغلاق العديد من الآبار لعدم صلاحيتها للاستخدام البشري (**زباري، وليد وآخرون، ١٩٩٥**). وبالنظر إلى تحلية مياه البحر، نجد أن تكلفة التحلية تشكل عبئا متزايدا على ميزانية المملكة، فقد شهدت ميزانية المملكة في عام ١٩٧٥ دخول مشروعات مائية عالية التكلفة لم تعهدها من قبل وذلك بإنشاء أول محطة لتحلية مياه البحر وهي محطة سترة، بطاقة ٥ ملايين جالون يوميا، زاد خمسة أضعاف في عام ١٩٨٥، وذلك بإضافة أربع وحدات تحلية للمحطة، ثم زادت الطاقة الإنتاجية إلى ٦٥ مليون متر مكعب سنويا. وتشير الإحصاءات إلى إرتفاع متواصل في النفقات العامة الموجهة لقطاع المياه. وباستقراء الجدول رقم (٦) أن هناك إتجاها عاما لتزايد نسب الأملاح المذابة في المياه الجوفية في كل المدن الواردة بالجدول المعني.

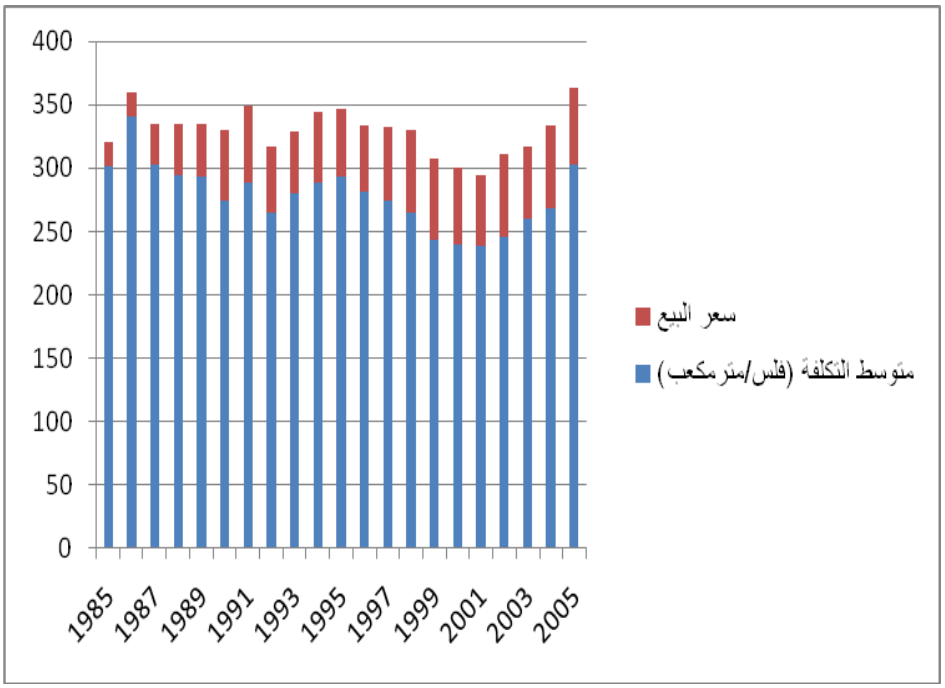
جدول رقم (٦) كمية الاملاح المذابة في المياه (المتوسط السنوي مليجرام/ لتر)

المدينة	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
مدينة حمد	1190	985	1310	1050	970	875	1080	1075	1520	1075	1280	1200	1260	1356	1145	1439	834	1568	1777
الحد	1300	1220	1325	1180	1220	1210	1750	1985	2180	1900	1830	1980	2305	1140	1165	1265	932	1284	1351
الحورة	1110	930	1065	1215	1320	1230	1650	1460	1960	1750	1575	1790	2215	1117	1190	1413	897	1610	1761
ماحوز	800	955	965	1010	1185	1325	1515	1320	1640	1895	1375	1260	1060	1000	1150	1292	796	1501	1872
محرق	1300	1220	1335	1180	1270	1210	1710	1645	1850	1940	2210	2290	2500	1280	1170	1365	858	1504	1588
مسالله	1130	1350	1690	1380	1225	1170	1535	1440	1720	2030	1620	1960	2120	1372	1135	1405	950	1666	1407
سلمانية	1130	950	1040	1170	1360	1280	1655	1440	2130	1835	1660	1925	2065	1417	1375	1512	1057	1799	1735
سنابس	0	0	0	0	0	2200	2610	2525	1780	2620	2800	2565	2750	1672	1110	1205	711	1450	1358
سترة	930	910	890	860	850	790	830	758	1120	1095	945	935	945	933	935	1158	699	358	538
الرفاع الغربي	980	1155	1475	1145	980	830	1010	1075	1260	1185	1180	1080	1200	1217	1300	1394	799	1497	1862

المصدر: هيئة الكهرباء والماء، الكتاب الاحصائي، ٢٠٠٥

٤/١١ـ تدني أسعار المياه للمستهلك مع ارتفاع متوسط تكلفة تحلية ومعالجة المياه

بالنظر إلى تكاليف إنتاج المياه الجوفية في البحرين مقارنة بأسعار البيع نلاحظ تفاوت واضح بينهما فالاسعار متدنية وتكلفة الإنتاج تتزايد لعوامل عدة أهمها تزايد نسبة الاملاح المذابة في المياه الجوفية، ولقد قامت بعض الدراسات بمحاولة التقدير الفعلي لتكلفة إنتاج المياه الجوفية في المملكة والتي أثبتت أن التكلفة الفعلية تفوق التكلفة المعلنة مع إدراج تكلفة الطاقة المستخدمة في الانتاج بعد استبعاد الدعم من التقدير (**عبدالغفار، عبدالحميد احمد، ٢٠٠٣**). يبين الشكل رقم (٧) تطور أسعار بيع المياه وتكلفة إنتاجها خلال الفترة ١٩٨٥ ـ ٢٠٠٥م، وتشير البيانات أن وجود تفاوت ملحوظ بين سعر بيع المياه وتكلفة إنتاج المياه الجوفية في المملكة.



شكل رقم (٣) تطور أسعار بيع المياه وتكلفة إنتاجها خلال الفترة ١٩٨٥ ـ٢٠٠٥

المصدر: هيئة الكهرباء والماء، الكتاب الاحصائي، ٢٠٠٥

٥- العوامل المحددة للمياه الجوفية في مملكة البحرين

نحاول في هذا الجزء تحديد العوامل المؤثرة في إنتاج المياه الجوفية في البحرين من خلال دراسة العلاقة بين كمية المياه الجوفية المنتجة من جهة عدد السكان ونسبة الأملاح في المياه الجوفية وتطور عدد الأبار وتكلفة إنتاج المياه وسعر بيع المياه ومتوسط الاستهلاك الفردي اليومي من المياه الجوفية والانتاج من المياه الأخرى غير الجوفية (المياه المحلاة والمياه المعالجة). تبين النتائج المعروضة في الجدول رقم (٧ أ) أن تأثير تكلفة إنتاج المياه وسعر بيع المياه وكذلك تطور عدد الأبار غير معنوي عند مستويات المعنوية المختلفة، أيضا تقرر النتائج المعنية أن تأثير نسبة الأملاح في المياه الجوفية معنويا عند مستوى ٥%. بينما تشير النتائج أن العلاقة بين متوسط الاستهلاك الفردي اليومي من المياه الجوفية وعدد السكان والانتاج من المياه الأخرى غير الجوفية من ناحية وكمية الإنتاج من المياه الجوفية علاقة معنوية عند مستويات المعنوية المختلفة.

جدول رقم (٧ أ) نتائج الإنحدار

Dependent Variable: UNDERPRO
Method: Least Squares
Date: 06/11/16 Time: 23:15
Sample: 1980 2009
Included observations: 30

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CONSU	52.97822	17.90288	2.959201	0.0070
COST	4.148723	6.261431	0.662584	0.5142
PRICE	21.31894	24.96549	0.853937	0.4019
POPU	21.32789	4.241865	5.027951	0.0000
WELLS	-3.756165	2.630398	-1.427983	0.1667
SALT	1.605538	0.777354	2.065388	0.0503
OTHERPRO	-0.424983	0.037340	-11.38140	0.0000
R-squared	0.887604			
Adjusted R-squared	0.858284			
Durbin-Watson stat	1.588643			

وعند دراسة العلاقة بين متوسط الاستهلاك الفردي اليومي من المياه الجوفية وعدد السكان والانتاج من المياه الأخرى غير الجوفية من ناحية كمتغيرات تفسيرية (مستقلة)

وكمية الإنتاج من المياه الجوفية كمتغير تابع، كانت النتائج كما في الجدول رقم (٧ ب) والتي تشير لوجود علاقة موجبة بين الاستهلاك اليومي للفرد من المياه الجوفية وإنتاج المياه الجوفية وعلاقة موجبة أيضا بين إنتاج المياه الجوفية وتطور عدد السكان، بينما تؤكد وجود علاقة سلبية بين إنتاج المياه الجوفية وإنتاج المياه الاخرى غير الجوفية، وتلك العلاقات تتفق مع النظرية الاقتصادية. تقرر النتائج أيضا معنوية العلاقة بين المتغيرات المفسرة والمتغير التابع (قيم t للمتغيرات كل على حده)، وأن المتغيرات المفسرة الثلاث إستطاعت تفسير ٨٥% من إجمالي التغيرات في المتغير التابع (قيمة R2)، كما أكدت النتائج معنوية النموذج ككل (قيمة F).

جدول رقم (٧ب) نائج الانحدار

Dependent Variable: UNDERPRO
Method: Least Squares
Date: 06/11/16 Time: 23:22
Sample: 1980 2009
Included observations: 30

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-221.3879	1754.824	-0.126160	0.9006
CONSU	49.41077	11.34260	4.356211	0.0002
POPU	19.49946	2.252560	8.656581	0.0000
OTHERPRO	-0.403999	0.035564	-11.35981	0.0000
R-squared	0.851118			
Adjusted R-squared	0.833940			
F-statistic	49.54509			
Prob(F-statistic)	0.000000			

أكد توماس (١٩٩٧) ان طريقة الإنحدار العادية تصبح غير مناسبة في حالة عدم استقرار متغيرات النموذج. وللوقوف على تأثير بعض العوامل المذكورة على إنتاج المياه الجوفية في مملكة البحرين نقوم باستخدام بعض أساليب الاقتصاد القياسي كنموذج متجهة الانحدار الذاتي ((Vector Autoregressive (VAR) متضمناً أسلوب التكامل المشترك (Cointegration)، واختبار السببية (Causality Test) ، واختبار تفكيك التباين (Variance Decomposition) ودوال الاستجابة الفورية (Impulse Response Functions (IRF)).

وقبل تحليل النموذج، نقوم باختبار السلاسل الزمنية للمتغيرات المستخدمة للتأكد أنها ساكنة (Stationary)، أوتحمل نفس درجة التكامل. وفي هذا الإطار، نستخدم اختبار جذر الوحدة (Unit Root) من خلال تطبيق اختباري ((Dickey-Fuller test (ADF test) و ((Phillips-Perron (PP) على المتغيرات الاقتصادية وعلى الفروق الأولى (Granger, 1987& Juselius, 1990). ولإجراء اختبار جذور الوحدة، لابد من اختيار عدد من طول الإبطأ (Lag Length) للمتغيرات، وهذا يتم تحديده من خلال اختيار أصغر قيم لكل من خاصية ((Akaike information (AIC) للمعلومات أوخاصية Schwarz criterion (SBC)).

نقوم بعد ذلك باستخدام نموذج الانحدار الذاتي (VAR) للتعرف على التفاعلات بين المتغيرات الداخلة في نموذج أداء مؤشر سوق الأسهم والمتغيرات الاقتصادية الكلية، حيث أن كل متغير في نموذج الانحدار الذاتي يعبر عن توليفة خطية للقيم السابقة للمتغير نفسه وللمتغيرات الأخرى. وبذلك يمكن اختبار العلاقة بين إنتاج المياه الجوفية في البحرين والمتغيرات المعنية من خلال نظام المعادلات عن طريق استخدام نموذج (Johansen) للتكامل المشترك متعدد المتغيرات. بعد ذلك، نقوم بإجراء اختبار (Granger Causality Test) ، وذلك لمعرفة هل أن المتغيرات المستخدمة في النموذج تسبب حدوث تغيرات في إنتاج المياه الجوفية أو لا، فضلا عن تحديد اتجاه السببية.

كما نقوم باختبار تفكيك التباين (Variance Decomposition)، لمعرفة مساهمة كل متغير في النموذج من حيث التأثير على نفسه وعلى المتغيرات الأخرى. ومما يساعد على قياس نسبة تأثير إنتاج المياه الجوفية في مملكة البحرين على نفسه، وأيضا نسبة تأثير بقية المتغيرات الأخرى عليه، وذلك من خلال مكونات تباين خطأ الاستقراء. ويشمل الاختبار الأخير على تحليل دوال الاستجابة الفورية (IRF). وتقيس دوال الاستجابة الفورية أثر الاستجابة للقيم الحالية والمستقبلية للعوامل الداخلية في النموذج، حيث يعتمد هذا التحليل على بيان تأثير الصدمات التي تحدث في البواقي المختزلة (Reduced Residuals)، وذلك بمقدار انحراف معياري واحد للصدمة في المكون الديناميكي للنموذج. مما يساعد على معرفة تأثير تغير المتغير على نفسه وعلى المتغيرات الأخرى في النموذج

خلال فترة زمنية محددة، ويساعد كذلك على معرفة مدى تأثير هذا التغير (الصدمة) خلال فترات مستقبلية (Abdelbaki, H., 2013a & 2013b).

٦- النتائج

فيما يلي نعرض لنتائج البحث مع مناقشة تلك النتائج

٦/١- نتائج اختبار جذر الوحدة

تشير نتائج الجدول رقم (٨) من خلال تطبيق اختبار (ADF) و (PP) إلى أنه لا يمكن رفض فرض العدم والذي يشير إلى وجود جذر الوحدة للمتغيرات، مما يعني عدم استقرار بعض المتغيرات في مستوياتها، ولكن يمكن رفض فرض العدم لتلك المتغيرات في حالة الفرق الأول مما يعني استقرار تلك المتغيرات. مما يعني أن النموذج ذا تكامل من الدرجة الأولى، أي(I(1)). وبعد تحديد درجة تكامل المتغيرات ووضعها في حالة سكون من خلال أخذ الفرق الأول، يمكن تطبيق أسلوب جوهانسن للتكامل المشترك لمعرفة العلاقة التوازنية بين المتغيرات على المدى الطويل. في حالة وجود تكامل بين السلاسل الزمنية للمتغيرات (Johansen S, Juselius. 1990).

جدول رقم (٨) نتائج اختبار جذر الوحدة

Variable	Level			First difference		
	Lag length	ADF	PP	Lag length	ADF	PP
UNDERPRO	0	-2.902**	-0.815	0	-4.393***	-6.162***
CONSU	4	-1.746	-2.408	7	-2.812	-3.525**
POPU	1	-5.191***	-8.712***	0	-9.353***	-12.735***
OTHERPRO	0	-3.649**	-4.095***	1	-7.45***	-14.284***

*Note: *** and ** denote significance at the 1% level and 5% respectively.*

The lag lengths included in the models are based on the Akaike information criteria (AIC). The tests of ADF (Augmented Dickey-Fuller) and PP (Phillips-Perron) are based on the two models: (1) with constant and trend; and (2) without constant and trend.

٦/٢- نتائج اختبار التكامل المشترك

تبين نتائج جدول رقم (٩) إلى اختبارات التكامل المشترك باستخدام اختباري الأثر (Trace Test)، والقيمة الكامنة العظمى (Maximum Eigenvalue) باتجاه وبدون اتجاه. وتبين النتائج أنه من خلال الاختبارين، وجود ثلاثة تكاملات مشتركة وفقا لإختبار (Trace test)، بينما يوجد تكاملا مشتركا واحدا وفقا لإختبار (max-eigenvalue test). وتشير هذه النتيجة أن جميع المتغيرات المدرجة في النموذج تتجه إلى العلاقة التوازنية في المدى الطويل، لذلك فحتى لو وجدت بعض الانحرافات في المدى القصير، فسيتم تصحيحها وتتجه مرة أخرى نحو التوازن. وبناء على نتائج اختبارات التكامل المشترك، يمكننا أن تستنتج أن هناك علاقة سببية بين مختلف المتغيرات المعنية على الأقل ذات اتجاه واحد، ولذا يجب اختبار ما إذا كانت التحركات المشتركة بين المتغيرات تستطيع تصحيح حالة عدم التوازن أم لا.

جدول رقم (٩) نتائج اختبار التكامل المشترك باستخدام طريقة جوهانسن

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized		Trace	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.774074	71.73396	40.17493	0.0000
At most 1 *	0.399389	30.08260	24.27596	0.0083
At most 2 *	0.342436	15.80797	12.32090	0.0125
At most 3	0.135287	4.070024	4.129906	0.0518
Trace test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				
Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)				
Hypothesized		Max-Eigen	0.05	
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.774074	41.65136	24.15921	0.0001
At most 1	0.399389	14.27463	17.79730	0.1568
At most 2 *	0.342436	11.73795	11.22480	0.0406
At most 3	0.135287	4.070024	4.129906	0.0518
Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values				

٦/٣- نتائج نموذج تصحيح الخطأ

بعد التحقق من سكون بواقي انحدار التكامل المشترك بتقدير نموذج تصحيح الخطأ The Vector Error Correction Model (VECM) باستخدام البواقي المقدرة في انحدار التكامل المشترك. يفيد النموذج في الربط بين الأجلين القصير والطويل، أيضا يجب أن تكون إشارة معادلة (ECM) سالبة والتي تعني أن تحركات المتغيرات تتجة نحو التوازن، أخيرا فإن قيمة المعامل تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح، حيث ان الصفر يعني عدم وجود أن تصحيح لفترة زمنية واحدة بينما يشير الواحد إلى وجود تصحيح كامل.

تؤكد النتائج سلامة النموذج احصائيا بشكل عام، وتظهر احصائية (t) معنوية عند مستوي ٥%، بما يعني خلو النموذج من الارتباط التسلسلي في حالة إدماج المتغير التابع بفترة إبطاء في النموذج كمتغير تفسيري. وباستخدام الاحصائيات نستطيع التأكد من خلو النموذج أيضا من الأخطاء القياسية. كذلك نلاحظ معنوية حد تصحيح الخطأ (ECTt-1) عند مستوى معنوية ١% مع الإشارة السالبة المتوقعة. وهذا يعني وجود علاقة توازنية في الأجل الطويل في النموذج، كما تشير قيمة حد تصحيح الخطأ (0.4305-) أن إنتاج المياه الجوفية في المملكة تتعدل نحو قيمتها التوازنية في كل فترة زمنية بنسبة من اختلال التوازن المتبقي من الفترة (t-1) تعادل 43.05%، أو بعبارة اخرى انه إذا حدث اختلال أو إنحراف عن القيمة التوازنية فإنه يتم تصحيح ما يعادل 43.1% من هذ الإنحراف في الفترة (t) وتشير نسبة التصحيح إلى سرعة تعديل منخفضة نحو التوازن، بمعني أن إنتاج المياه الجوفية تستغرق ما يقرب من ٢.٣ سنة (1 / 0.4305) بإتجاه قيمتها التوازنية بعد أثر أي صدمة في النموذج نتيجة في التغير في التغيرات المستقلة (متوسط الاستهلاك الفردي اليومي من المياه الجوفية وعدد السكان والانتاج من المياه الأخرى غير الجوفية).

٦/٤- تفكيك التباين

يعرض جدول رقم (١٠) نتائج تحليل تفكيك التباين (VD) Variance Decomposition لانتاج المياه الجوفية في البحرين. وتبين النتائج أن انتاج المياه الجوفية في البحرين يتأثر بشكل كبير بانتاج تلك المياه نفسها خصوصاً خلال السنوات الثلاثة الأولى. لكن نجد أن تأثير ذلك على المدى الطويل ينخفض مع مرور الوقت حتى يصل إلى حوالي

٣٥% في السنة العاشرة. ويتضح أيضا أن العوامل الأخرى تختلف في تأثيرها على إنتاج المياه الجوفية حسب الفترة الزمنية، حيث يتزايد تأثير تلك العوامل بمرور الوقت ولا سيما تأثير عدد السكان، فيبدأ تأثيره بنسبة ٧% تقريبا في السنة الثانية ويتزايد باستمرار ليصل إلى ٤٨% تقريبا في السنة العاشرة. وبالنسبة لتأثير إنتاج المياه غير الجوفية فسجل أقل من ١% في السنوات الأربعة الأولي ليتزايد بعد ذلك ويسجل ٤% فقط في السنة العاشرة.

جدول رقم (١٠) نتائج تفكيك التباين

Variance Decomposition of UNDERPRO:					
Period	S.E.	UNDERPRO	POPU	CONSU	OTHERPRO
1	1434.476	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	2139.443	92.01131	7.332113	0.532594	0.123980
3	2699.502	79.79742	17.67688	1.611600	0.914103
4	3341.986	69.75498	27.25227	2.286158	0.706587
5	4282.274	56.24641	38.22240	3.510923	2.020273
6	5078.739	52.24302	39.51440	5.207420	3.035159
7	6163.587	45.37585	43.90730	7.155636	3.561217
8	7424.169	40.78964	47.00790	8.656061	3.546397
9	8873.738	37.10194	48.99183	9.906249	3.999985
10	10310.68	35.44391	48.38186	11.61964	4.554591

ويلاحظ كذلك من الجدول أن العامل الذي يمثل أكبر نسبة تفسير في إنتاج المياه الجوفية- بجانب العامل نفسه- هو عدد السكان، حيث بلغت ذروة نسبة مكوناته في إنتاج المياه الجوفية حوالي ٤٩% في السنة التاسعة. ويأتي متوسط الاستهلاك الفردي اليومي من المياه الجوفية في المرتبة الثانية بنسبة تفسير لمكونات المؤشر تصل إلى ١١.٦% في السنة العاشرة، ثم الانتاج من المياه الأخرى غير الجوفية 4.55%. أي أن النتائج تقرر أن عدد السكان هو العامل الحاسم في تحديد كمية الأنتاج من المياه الجوفية في مملكة البحرين.

٦/٥- نتائج إختبار السببية

لمعرفة العلاقات السببية ونوعية اتجاهها بين المتغيرات المختلفة وإنتاج المياه الجوفية نقوم بتحليل اختبار السببية (Granger-causality Test) (Engle RF, Granger. 1987). وتوضح نتائج اختبار Granger-causality في الجدول رقم (١١) أن العامل المؤثر الهام في إنتاج المياه الجوفية في البحرين هو عدد السكان (معنوي عند مستوى ١%) ثم يليه انتاج المياه الأخرى غير الجوفية (معنوي عند مستوى ٥%). حيث يتضح من

الجدول أنه يمكن رفض فرضية العدم التي تشير إلى أن عدد السكان لا يسبب تغييرا في إنتاج المياه الجوفية عند مستوى معنوية ١%، كما يمكن رفض فرضية العدم التي تشير إلى أن إنتاج المياه غير الجوفية لا يسبب تغييراً في إنتاج المياه الجوفية في المملكة عند مستوى معنوية ٥%.

جدول رقم (١١) نتائج إختبار السببية

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 06/14/16 Time: 22:43

Sample: 1980 2009
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
POPU does not Granger Cause UNDERPRO	28	9.79046	0.0008
UNDERPRO does not Granger Cause POPU		0.33281	0.7203
CONSU does not Granger Cause UNDERPRO	28	0.17975	0.8366
UNDERPRO does not Granger Cause CONSU		0.42143	0.6611
OTHERPRO does not Granger Cause UNDERPRO	28	3.82372	0.0368
UNDERPRO does not Granger Cause OTHERPRO		0.86216	0.4355
CONSU does not Granger Cause POPU	28	1.41747	0.2627
POPU does not Granger Cause CONSU		1.06599	0.3608
OTHERPRO does not Granger Cause POPU	28	0.20637	0.8150
POPU does not Granger Cause OTHERPRO		6.65870	0.0052
OTHERPRO does not Granger Cause CONSU	28	0.41125	0.6676
CONSU does not Granger Cause OTHERPRO		1.79001	0.1894

تظهر هذه النتيجة أن هناك اتجاهاً أحادياً بين عدد السكان وإنتاج المياه الجوفية، وأيضا بين إنتاج المياه الأخرى غير الجوفية وإنتاج المياه الجوفية. بينما تشير النتائج إلى أن متوسط الاستهلاك الفردي من المياه الجوفية لا يقود أو يسبب تغييرا في إنتاج المياه الجوفية، وذلك من خلال قبول فرضية العدم. ويلاحظ من نتائج جدول رقم (١١) أنه تم رفض فرضية العدم التي تشير إلى أن عدد السكان لا يسبب إنتاج المياه الأخرى غير الجوفية عند مستوى معنوية ١% وهي علاقة منطقية اقتصاديا.

٦/٦- نتائج دوال الاستجابة الفورية

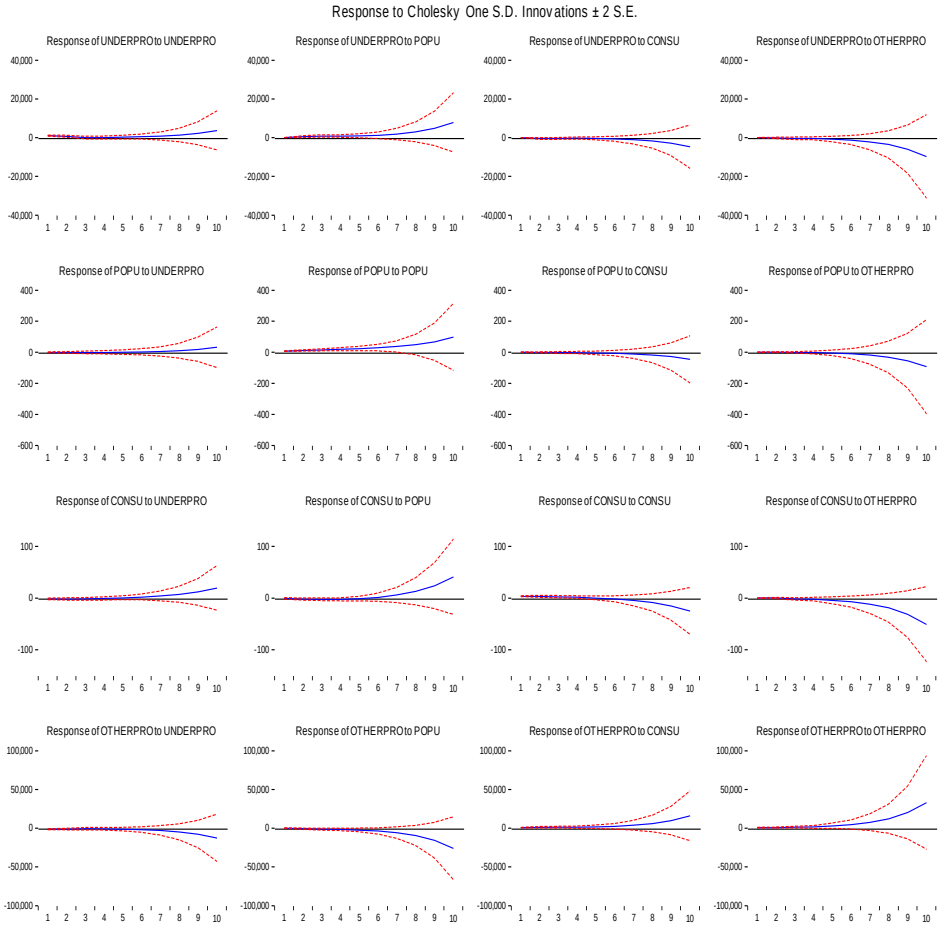
يشير الجدول رقم (١٢) والشكل رقم (٤) إلى نتائج دوال الاستجابة الفورية (ردة الفعل) إنتاج المياه الجوفية في مملكة البحرين. وتبين دوال الاستجابة الفورية في هذه

الدراسة تأثير الصدمات التي تحدثها المتغيرات المؤثرة في النظام VAR(1). توضح نتائج الجدول المذكور أن الصدمات التي يحدثها إنتاج المياه الجوفية ذاتيا الأكثر تأثيرا بصدمات إيجابية ويتزايد هذا التأثير بمرور الزمن ليصل إلى ذروته في العام العاشر. ويبين الجدول أيضا أن تأثير متوسط الاستهلاك الفردي للمياه الجوفية يكون سلبيا حتى العام الخامس بعده يبدأ التأثير بصدمات إيجابية ويتزايد التأثير ليسجل ١٧.٤ في العام العاشر، بينما يكون تأثير إنتاج المياه غير الجوفية بصدمات قوية سلبية وتتزايد عام بعد الآخر خلال فترة العشر سنوات. ويشير الجدول أيضا أن تأثر عدد السكان يكون بصدمات إيجابية تتزايد سنويا ليسجل أكبر تأثير في العام العاشر.

جدول رقم (١٢) نتائج دوال الاستجابة الفورية

Period	UNDERPRO	POPU	CONSU	OTHERPRO
1	1434.476	0.407729	-1.194825	-1661.406
2	1467.596	0.431701	-1.399041	-1848.176
3	1266.304	0.434379	-1.666654	-1802.885
4	1405.616	1.089773	-1.801763	-2233.955
5	1588.569	2.264466	-1.080358	-2511.234
6	1777.909	3.805309	1.082686	-2689.174
7	1939.805	5.139324	3.366725	-2891.807
8	2290.055	6.245476	6.615597	-3259.497
9	2594.747	7.119490	11.30378	-3380.18
10	2909.503	7.570285	17.42594	-3373.498

شكل رقم (٤) إلى نتائج دوال الاستجابة الفورية



٧- التوصيات

لا يغيب عن كل ذي بال أن التحديات المائية تمثل هاجسا حقيقيا لمملكة البحرين، ولا سيما في ظل طبيعة الطقس القاسية، وندرة الموارد المائية، والاستهلاك المرتفع للمياه. ومن هنا يجب ان تحتل مشكلة المياه ومنها بالطبع المياه الجوفية أهمية خاصة في خطط المملكة. توضح النتائج والتحاليل أن عدد السكان وإنتاج المياه غير الجوفية يلعبان دورا هاما في إنتاج المياه الجوفية في البحرين، ومن هنا فإن المملكة يجب أن تولي إهتماما لمسألة السكان غير البحرنيين وعليها دراسة مدى تأثيرهم على الموارد الاقتصادية عامة والمائية بصفة خاصة، وتضع حلولا مناسبة للتعامل مع التزايد المستمر في نسبة المقيمين من إجمالي عدد السكان وذلك في ضوء خطط المملكة الاقتصادية والاجتماعية. كذلك يجب على المملكة أن تستمر في إستخدام التقنيات الحديثة في إنتاج المياه غير الجوفية وتتوسع في ذلك في ظل انخفاض

هطول الأمطار وتزايد معدلات الاملاح المذابة في المياه الجوفية. يجب على المملكة استخدام سياسات فاعلة لترشيد استخدام المياه، منها العمل على زيادة وعي السكان بمدى أهمية المحافظة على المياه وترشيد استخدامها والحد من استخدام المياه العذبة الصالحة للشرب في الزراعة وري الحدائق. يجب على المملكة أيضا إعادة النظر في سياسة تسعير المياه داخل المملكة للتتناسب مع تكلفة إنتاج المياه. وأخيرا فإن التعاون بين دول الخليج في مجالات بحوث المياه وخصوصاً فيما يتعلق بتنمية وحسن استغلال الموارد المائية من مصادرها الطبيعية (السطحية والجوفية) ومصادرها غير التقليدية (معالجة المياه العادمة وتحلية المياه المالحة) يعد أمرا محمودا.

المراجع

البنك الدولي، www.worldbank.org احصاءات، سنوات مختلفة

البنك الدولي، ٢٠٠٥، تقرير عن تقييم قطاع المياه في بلدان مجلس التعاون لدول الخليج العربية: التحديات التي تواجه إمدادات المياه وإدارة الموارد المائية، والطريق للمضي قدما، وثاءق البنك الدولي، مارس.

الجهاز المركزي للمعلومات، الإدارة العامة للاحصاء، الحسابات القومية، سنوات مختلفة

تقرير الري في منطقة الشرق الأوسط، ١٩٩٧

زباري، وليد وآخرون، (١٩٩٥)، "التغير في ملوحة المياه الجوفية" بدون ناشر.

زباري، وليد خليل، ١٩٩٩، الموارد المائية في دول مجلس التعاون الخليجي، ورقة مقدمة إلى ورشة عمل حول التقنيات والمهارات الفرنسية في إدارة المياه والنفايات، ١٤ يونيو، البحرين.

عبدالباقي، هشام. الموارد الاقتصادية مع الإشارة إلى مملكة البحرين، مطبعة جامعة البحرين. ٢٠١٣.

عبدالغفار، عبدالحميد أحمد، ١٩٩٩، التحديات المائية والزراعية في دولة البحرين، بدون ناشر.

عبدالغفار، عبدالحميد احمد، ٢٠٠٣. تكاليف تدهور المورد المائي في مملكة البحرين: منزور اقتصادي لاستدامة التنمية، بدون ناشر.

عبدالغفار، عبدالحميد أحمد، ٢٠١٣، ترشيد استهلاك المياه في الحدائق المنزلية: استعراض نتائج دراسة ميدانية، مارس.

مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الأمانة العامة، تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية: تاريخها وحاضرها ومستقبلها، ٢٠١٤.

هيئة الكهرباء والماء، الكتاب الاحصائي، ٢٠٠٥

وزارة الإسكان والزراعة، إدارة مصادر المياه، التقارير السنوية.

Abdelbaki H. 2013a. The Arab spring: do we need a new theory?. Modern Economy Journal. 4(3):187-196.

Abdelbaki H. 2013b. The impact of Arab spring on stock market performance. British Journal of Economics, Management & Trade. 3(3): 169-185.

Al Zubari, W, 2003. Groundwater management and protection in Bahrain. 10th Regional Meeting, Arab IHP National Committees. Sharm Al-Shaikh. September.

Al Zubari, W, 2004. Management and sustainability of groundwater resources in Bahrain. Joint Kingdom of Bahrain-Japan Symposium. Bahrain. January.

Berstrom, J.C., et al., unpublished report. Assessing the economic benefits of ground water for environmental policy decisions http://www.conservationfinance.org/guide/guide/images/18_berst.pdf.

Doss, M and G., Milne, 2001. Water as an economic good: an approach to the Egyptian economy. Workshop on "Property rights structures and environmental resource management" . Egypt, March.

Engle RF, Granger. 1987. Cointegration and error correction regression: estimation and testing. Econometrica. 55(2): 251-76.

Gorlach G., and E. Interwies., 2003. Economic assessment of groundwater protection: a survey of the literature. European Commission, DG Environment, ENV.A.1/2002/0019. April.

Johansen S, Juselius. 1990. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration: with application to the demand for money. Oxford Bulletin of Economics and statistics. 52(2):169-210.

National Centre for Groundwater research and Training (NCGRT), 2013. Economic value of groundwater in Australia. October.

Thomas RL. 1997. Modern econometrics: an introduction. Essex: Addison-Wesley. Longman Limited.

WRI, 2013. http://www.wri.org.

Zachariah and Rollins., 1999. Optimal economic management of groundwater quantity and quality: an integrated approach. Paper presented at AAEA annual meetings.

Zekic, et al., 2014. Should water resources be managed as a public or as a private, economic good –the Croatian Dilemma. British Journal of Economics, Management and Trade, 4(9)