الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية ودورها في تخفيض العجز المائي وتلبية الطلب المتزايد على الماء في حوض بردى والأعوج

ياسر المحمد

قسم الجيولوجيا ــ كلية العلوم ــ جامعة دمشق ــ سورية

تاريخ الإيداع 2012/06/07

قبل للنشر في 2012/07/12

الملخص

يعاني حوض بردى والأعوج من محدودية موارده المائية، مقابل نمو في النشاطات البشرية نتيجة التزايد السكاني، ومن التغيرات المناخية المؤثرة في حجم الهطولات السنوية، ومن ثمَّ في الميزان المائي. هدفَ هذا البحث إلى تحديد العجز المائي الحالي والمتوقع في حوض بردى والأعوج خلال المرحلة الواقعة بين عامي 2012 – 2035، وإمكانية تغيره تبعاً لازدياد الفجوة بين العرض والطلب، وإبراز دور الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية في مواجهة التحديات المائية ومن ثمَّ تخفيض مقدار العجز المائي، مع الأخذ بالحسبان استدامة الأنظمة البيئية كعنصر رئيس من عناصر الإدارة المتكاملة للموارد المائية.

الكلمات المفتاحية: حوض بردى والأعوج، موارد مائية، تغيّرات مناخية، عجز مائي، إدارة متكاملة للمياه الجوفية.

Integrated groundwater management and it's role in the reduction of water shortage and insuring increased water demand in Barada and Auvage basin

Y. Al-Mohammad

Department of Geology, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria

Received 07/06/2012
Accepted 12/07/2012

ABSTRACT

Barada and Auvage basin, experience of limited water resources against growing of human activities related to increasing of inhabitants, and climate changes influence on precipitation and water balance. This research focuses on the definition of present and expected water shortage in Barada and Auvage basin within the period between 2012-2035 year, and the abilities of its changes regarding the increasing of the gap between supply and demand, and the role of integrated groundwater resources management in facing water challenges, so decreasing of water shortage, taking into account, sustainability of ecosystems, as an important element of integrated water resources management.

Key words: Barada and Auvage basin, Water resources, Climate changes, Water shortage, Integrated groundwater management.

1. مقدمة

يعدُّ حوض بردى والأعوج من الأحواض التي تواجه التحدي الأكبر في الموارد المائية، نظراً إلى احتوائه على النسبة الكبرى من عدد السكان في سورية (نحو 23% من عدد السكان الكلي)، الأمر الذي أدى وسيؤدي إلى تحقيق نشاطات بشرية أكبر تزيد من الضغط على الموارد المائية، كما يشكل ذلك عبئاً على البيئة بمواردها الطبيعية من جهة وعلى مستخدمي المياه من جهة أخرى. من جانب آخر يتميّز حوضا بردى والأعوج بكونه حوضاً محدوداً من جوانبه كلّها تقريباً، إذْ يمكن عدّه حوضاً هيدرولوجياً مغلقاً يضم مناطق متفاوتة في أوضاعها المناخية من حيث كمية الهطولات ودرجات الحرارة التي تتفاوت تفاوتاً كبيراً بين كل من الجزء الغربي والشرقي للحوض، وقد أسهمت هذه الأوضاع المناخية وتغيراتها في زيادة الضغوط على الموارد المائية في الحوض.

نستنتج مما سبق، أن التزايد السكاني والتغيّر المناخي يشكلان العاملين الرئيسين في نشوء العجز المائي وتفاقمه في الحوض إلى جانب عوامل أخرى.

يبيّن الجدول (1)، كيف أن حوضا بردى والأعوج شهدا تطوراً مهماً في عدد السكان القاطنين حيث تضاعف هذا العدد عدة مرات بين عامي 1948 و2011؛ مما أدى إلى زيادة الكثافة السكانية تبعاً لواحدة المساحة، [2 ,1].

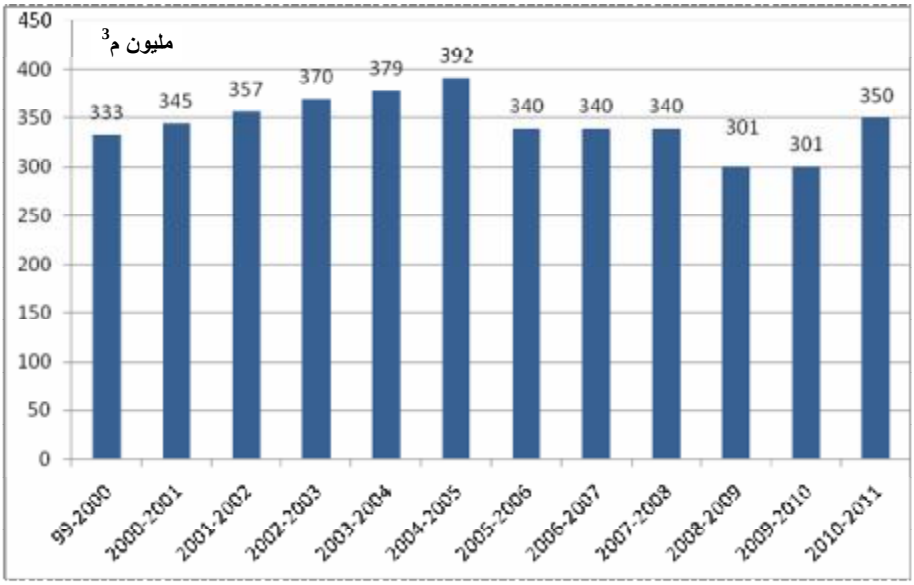
الجدول (1) تطور عدد السكان في الحوض بين عامي (1948 و2011)

العام	عدد السكان	الكثافة السكانية، فرد/ كم^2
1948	437.500	50
1960	704.850	81
1981	1.681.533	195
1989	3.885.000	451
2008	5.000.000	582
2011	5.780.000	670

يلاحظ من الجدول (1) أن عدد سكان الحوض ازداد بين عامي 1948 و2011 بأكثر من 12 ضعفاً؛ مما أدى إلى تراجع حصة الفرد من الموارد المائية العذبة في الحوض حيث كانت في عام 2000 نحو 188 م^3 وأصبحت في عام 2011 نحو 147 م^3، وهذا مؤشر مهم، إذ إنَّ تراجع حصة الفرد تحتاج إلى إجراءات مقابلة للتخفيف من حدتها أولاً، وتحسين هذه الحصة ثانيا، وخاصة بالنسبة إلى الحصة من مياه الشرب.

كما يبيّن الشكل (1) تزايد كميات المياه المستهلكة للشرب والاستخدامات المنزلية منذ عام 2000 وحتى عام 2005 بشكل منتظم بسبب تزايد عدد السكان عاما بعد عام، ثم نلاحظ بدءاً من عام 2006 كيف بدأت هذه الكمية بالتناقص على الرغم من استمرار تزايد عدد السكان، ومن ثمَّ ازدياد الطلب على الماء، مما يظهر هنا وبوضوح دور التبدلات

المناخية حيث تميزت هذه المدة منذ عام 2005-2006 حتى عام 2010-2011 بتناقص ملحوظ في كمية الهطول [3,4].



الشكل (1) كميات المياه المستهلكة للشرب والاستخدامات المنزلية بين العــامين 2000-2011 (م.م^3/سنة).

2. هدف البحث:

هَدف البحث إلى تحديد العجز المائي الحالي والمتوقع في حوض بردى والأعوج حتى عام 2035، واحتمالات تغيّراته تبعاً للفجوة المتغيّرة بين العرض والطلب، وتحديــد دور الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية في مواجهة التحديات المائية، وتخفيف العجز المائي الحالي والمتوقع مستقبلاً في الحوض مع الحفاظ على استدامة النظم البيئية الطبيعية.

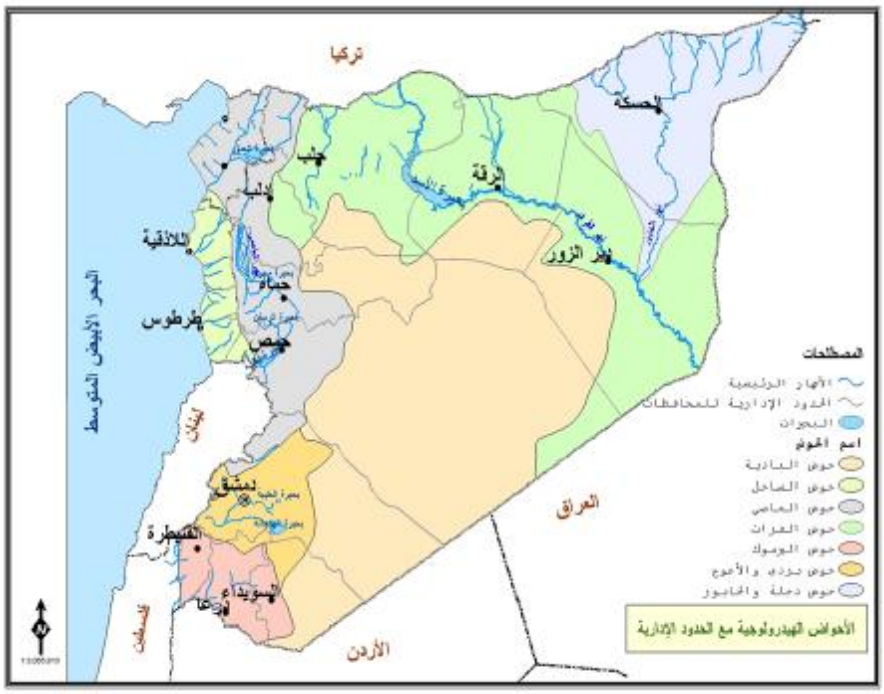
3. منطقة الدراسة:

3. 1. الموقع العام والتضاريس:

يقع حوض بردى والأعوج في القسم الجنوبي الغربي من سورية، ويمتد على مــساحة تبلغ نحو (8630 كم^2) [5]. يحده غرباً سلسلة جبال لبنان الشرقية، وفي الــشرق الباديــة السورية، ومن الجنوب حوض اليرموك، وشمالا حوض العاصي (شكل2). مورفولوجيا، يقسم الحوض عموماً إلى قسمين:

المنطقة الجبلية: تشغل القسم الشمالي والشمالي الغربي من الحوض وتحتل مساحة 3500 كيلومتر مربع. أي نسبة نحو 40% من مساحة الحوض.

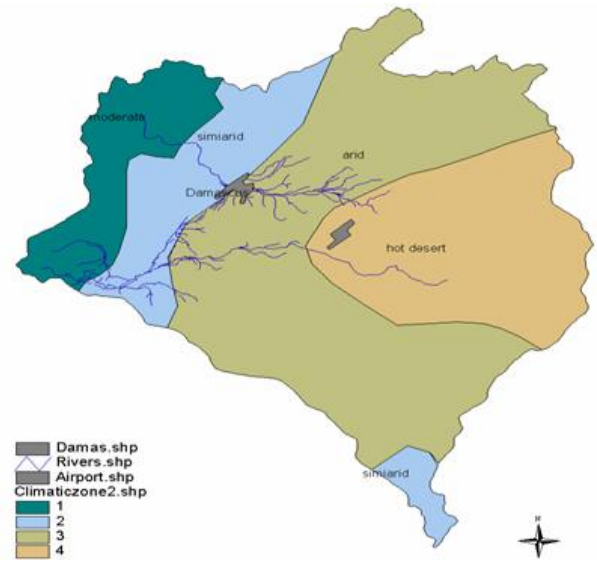
المنطقة السهلية: تقع في الجزء المركزي والشرقي والجنوبي من الحوض وتحتل مساحة أكثر من 5000 كيلومتر مربع [5].



الشكل (2) الأحواض المائية في سورية وموقع حوض بردى والأعوج.

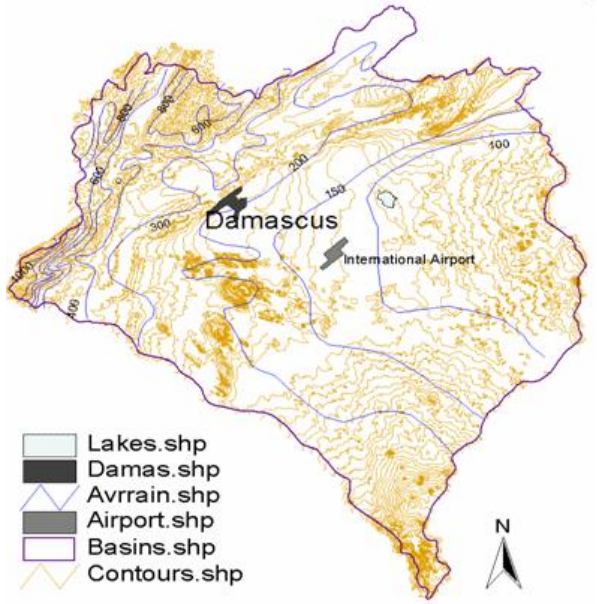
3. 2. المناخ:

يتميّز المناخ في حوض بردى والأعوج بأنه جاف وحار صيفاً وبارد ورطب نسبياً شتاءً ويلاحظ بشكل واضح تغيّر الظروف المناخية بتغيّر الارتفاع الطبوغرافي للمناطق المختلفة في الحوض، إذ يكون المناخ صحراوياً في المنطقة السهلية ويتدرج ليصبح معتدلاً رطباً في المناطق ذات الارتفاع الأكثر من 2000 م، كما هو مبيّن في خريطة المناطق المناخية، (الشكل 3) [6,7].



الشكل (3) توزع مناطق الهطول المطري

ويبيّن الشكل (4) تغيرات متوسط الهاطل المطري في الحوض لسلسلة زمنية ممتــدة من العام 1956 حتى العام 2011 [7].



الشكل (4) متوسط الهطول المطري السنوي

3. 3. الوضع الهيدروجيولوجي:

توجد في حوضي بردى والأعوج الحوامل الرئيسة الآتية:

3. 3. 1. الحوامل المائية العائدة للرباعي:

تتألف من الحصى الكبيرة والكونغلوميرا والرمل، والرمل الغضاري والكلس البحيري. تنتشر في منخفض دمشق، ومنخفض جيرود وصيدنايا، وحوض يبرود، وتختلف ثخانة هذه التوضعات من قطاع إلى آخر، وترواح بين عدة أمتار إلى عدة مئات من الأمتار، وتبلغ الثخانة الأعظمية 400م في القسم الأوسط من منخفض دمشق [8]. يميز ضمن التوضعات الرباعية ستة آفاق ومعقدات حاملة للمياه تختلف باختلاف أعمارها وتراكيبها الليتولوجية (توضعات لحقية، سيلية، بحيرية، بازلت).

3. 3. 2. الحوامل المائية العائدة للنيوجين:

تعدُّ صخور البليوسين الأسفل المؤلفة من الكونغلوميرا الحصوية المتوسطة والناعمة، ومن الحجر الرملي الحامل المائي الأكثر انتشاراً، وتملأ المقعرات في أحواض صيدنايا والصبورة ويبرود وجيرود. تبلغ ثخانة الطبقة الحاملة للمياه 100-300 م [8].

3. 3. 3. الحوامل المائية العائدة للكريتاسي:

تتألف من مجموعتين تعدَّان من أهم الحوامل المائية العائدة للكريتاسي في الحوض، هما:

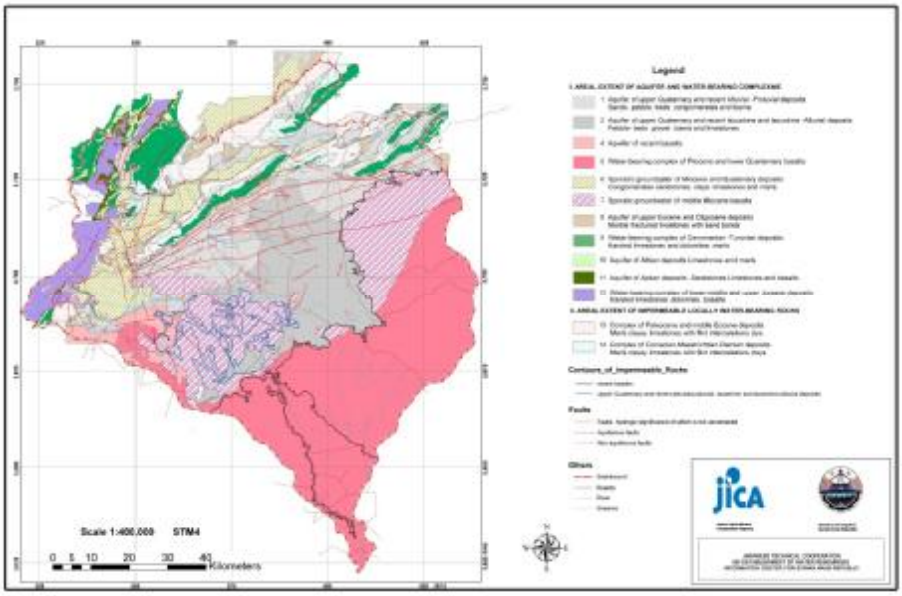
3. 3. 3. 1. مجموعة صخور السينومانيان- تورونيان الحاملة للماء:

تنتشر هذه الصخور في جبال لبنان الشرقية والسلسلة التدمرية، وتتمثل بتشكيلة سميكة من الحجر الكلسي الكارستي المشقق، ومن الدولوميت والمارل تصل حتى بضع مئات من الأمتار، وقد وفرت التشققات والتكهفات الكثيرة فيها خواص رشح جيدة وغزارة مائية عالية.

3. 3. 3. 2. مجموعة صخور الأبسيان الحاملة للماء: تنتشر هذه الصخور في القسم الغربي من جبال لبنان الشرقية، وتتمثل بالحجر الرملي الكوارتزي والحديدي المشقق بشدة، وهي تشكل الصخور الحاملة للماء، مع الحجر الكلسي وتداخلات وعدسات من الغضار وطبقات رقيقة من البازلت التي تشكل الطبقات الكتيمة [8].

3. 3. 4. الحوامل المائية في توضعات الجوراسي:

تنتشر توضعات هذه المجموعة في القسم الغربي والجنوبي الشرقي لسلسلة لبنان الشرقية، وتتمثل بالحجر الكلسي الكارستي شديد التشقق، والدولوميت، والغضار والمارل والبازلت، ونميِّز في هذه التوضعات أفقين حاملين للماء هما الجوراسي الأعلى والأوسط.ويوضح الشكل (5) الخريطة الهيدروجيولوجية للمنطقة [5].



الشكل (5) الخريطة الهيدروجيولوجية لحوضي بردى والأعوج

3. 4. الينابيع:

يوجد في حوض دمشق عدد كبير من الينابيع التي تستمد مياهها من الطبقات الحاملة للمياه المنتشرة في الحوض، فهناك نحو 71 نبعاً من الينابيع المرتبطة بالصخور الكلسية الجوراسية والمحجوزة بفوالق أو بنطاقات فالقية [5]، وهي ذات تصاريف متفاوتة جداً، منها نبع بردى [8]، وهناك 49 نبعاً من الينابيع المرتبطة بصخور الكريتاسي العلوي الكلسية، منها نبع الفيجة الذي يعدُّ أكبر ينابيع الحوض. كذلك تظهر بعض الينابيع المرتبطة مع صخور الإيوسين العلوي الكلسية منها نبع منين، وتظهر بعض الينابيع ذات التصاريف العالية التي تكون عبارة عن نطاقات فالقية مرتبطة مع صخور الإيوسين الأسفل مثل نبع يعفور.

4. مواد البحث وطرائقه

4. 1. الواقع الراهن للموارد المائية في الحوض:

يقطن في الحوض نحو 23% من سكان سورية يستهلكون مايقارب 6% فقط من إجمالي الاستخدامات المائية في سورية، ويبيّن الجدول (2) النسب المئوية لتوزع المساحات، السكان، والموارد المائية واستخداماتها في الحوض بالنسبة إلى الوضع العام في سورية [9].

الجدول (2) النسب المئوية للتوزع في الحوض بالنسبة إلى سورية

المساحة	% 5
السكان	% 23
الهطولات	% 6
الموارد المائية	% 5
استخدامات المياه	% 6

يبلغ المتوسط السنوي لقيمة الموارد المائية الطبيعية في حوضي بردى والأعوج نحو (850 مليون $م^3$/السنة)، وتنخفض هذه القيمة في سنوات الشح المطري لتصل إلى نحو (300 مليون $م^3$/سنة) كما هو الحال في العام الهيدرولوجي /1998-1999/ [10,11]، مما يبين عدم ثبات حجم هذه الموارد الأمر الذي ينعكس سلباً على كميات المياه المستثمرة للأغراض المختلفة، ولاسيّما الشرب وازدياد العجز المائي في الحوض. من جانب آخر، تعدُّ مسألة تأمين المياه للأغراض المختلفة، ولاسيّما الشرب من المسائل الصعبة التي يعاني منها حوضا بردى والأعوج، لذا فإن مشكلة المياه في دمشق وريفها سوف تتصدر أولويات السكان في المرحلة المقبلة، وتشكل التحدي الكبير الذي لابدَّ من إيجاد حلول له على المدى القريب والبعيد.

يمكن إذاً توصيف المسألة بأن حوضي بردى والأعوج الذي يضم 23% من سكان سورية، يعاني من محدودية موارده المائية يقابله تنامٍ في الطلب على الماء، وهذا مايحتاج إلى البحث بهدف إيجاد الحلول ووضع الآليات التي تُسهم في تقليص الفجوة بين العرض والطلب، والمتوقع زيادتها خلال المرحلة القادمة.

4. 2. تحديد حجوم الموارد المائية الحالية والمتوقعة في الحوض:

قمنا بتحديد حجوم الموارد المائية الحالية والمتوقعة حتى العام 2035 وفقاً لسيناريوهات تأخذ بالحسبان الاحتمالات المختلفة تبعا لعاملين رئيسين:

أ- التغيّر المناخي خلال المدة القادمة

ب- إمكانية إضافة موارد مائية غير تقليدية.

لتحقيق ذلك، قمنا بإجراء الحسابات لوضع تلك السيناريوهات باستخدام معدلات الهطول المطري لاحتمالات ضمان مختلفة (p=50%, p=75%, p=95%)، ولهذا الهدف ولتحديد معدلات الهطول المطرية، استُخلصت سلسلة زمنية ممتدة من العام 1956 وحتى العام 2011، واستناداً إلى المعطياتَ المستخلصة قمنا بتحديد البارامترات ذات الصلة بتطبيق العلاقات الآتية [12]:

1- لحساب احتمال الضمان طُبّقت معادلة توزيع بيرسون وكريتزكي (log-Person- Kritzki) التالية:

$$P=[(m-0.3)/(n+0.4)]*100\%$$

إذْ:

P- احتمال الضمان m- التسلسل الرقمي للهطول

n- عدد سنوات الرصد

2- حُسب معدل الهطول المطري الشهري وفقاً للعلاقة:

$$Q_{av}= Q_i/n$$

3- حُسب معامل التغيير بالمعادلة الآتية:

$$C_v= [\Sigma_i (k_i-1)^2/(n-1)]^{1/2}$$

إذْ:

C_v معامل التغيير.

K_i معامل متعلق بالهطول النسبي ويحسب بالعلاقة: $k_i = Q_i/ Q_{av}$

إذْ:

Q_i الهطول المطري الشهري (ملم).

Q_{av} المتوسط الحسابي للهطولات المطرية الشهرية للسلسلة (ملم).

أمَّا معامل "عدم التناظر" "coef. Of strativity" C_s فيحدد بالعلاقة:

$$C_s = [\Sigma_i (k_i-1)^3/(n.C_v^3)]$$

4- حُسبت معدلات البخر الأعظمية (Et_0) وفق المعادلة التجريبية:

$$Et=Et_0.k_c$$

إذْ:

Et - الاحتياج المائي للمحصول (لموسم النمو الشهري أو السنوي)، مم أو م^3/ هــ

Et_0- معدل التبخر الأعظمي الممكن محسوبًا بإحدى العلاقات التجريبية أو النظريــة، مم أو م^3/هــ.

Kc - معامل المحصول الشهري أو السنوي أو معدله خلال مدة النمو

وقد حُسبت قيم Et_0 استناداً إلى علاقة بلاني – كريدل [11,12]:

$$ET_0 = c . [p . (0,46 T_o + B]$$

إذْ:

Et_0 ـ معدل التبخر الأعظمي الممكن اليومي، مم أو م^3/ هــ.

t_oـ المعدل اليومي لدرجات الحرارة.

P - النسبة المئوية لعدد ساعات السطوع الشمسي، %.

c, B عامل ومعامل تصحيح يتعلقان بمعدل الرطوبة النسبية الدنيا $R_{h\ min}$ ونسبة السطوع الشمسي النظري والحقيقي (n / N) وبسرعة الرياح u.

بعد حساب البراميترات المذكورة، حُسبتْ قيم حجوم الموارد المائية المتجددة في الحوض كنتيجة للفرق بين كميات الهطول المطري وقيم البخر ولمختلف الاحتمالات.

استناداً إلى النتائج التي تم الحصول عليها، وضعنا أربعة سيناريوهات تتضمن واقع الموارد المائية الحالي والمستقبلي مدة تمتد حتى العام 2035، آخذين بالحسبان الملاحظات الرئيسة الآتية [13,3]:

أ- عدم وجود إمكانية لبناء المزيد من السدود في الحوض.

ب- الاعتماد على استعمال الموارد المائية غير التقليدية كمورد إضافي.

ج- الموارد المائية في الحوض هي بمعظمها من مصدر جوفي (آبار – ينابيع).

4. 3. تحديد الاحتياجات المائية المتوقعة في الحوض:

حُدّدت الاحتياجات المتوقعة من الموارد المائية في الحوض حتى العام 2035 وفقا للآتي:

- حُسبت الاحتياجات المتوقعة حتى العام 2035 باستخدام علاقات النمو السكاني المتوقعة ووفق بيانات المكتب المركزي للإحصاء.
- قُدّرتْ كميات المياه اللازمة للشرب حتى العام 2035 وفقاً لحصة فرد (150 ل/يوم/فرد).
- حُسبتْ كميات المياه اللازمة للصناعة لسنة الهدف (2035) آخذين بالحسبان تزايد عدد السكان بمعدل نمو 2% [13,14,15].

4. 4. تحديد مقدار العجز المائي الحالي والمتوقع:

حُدّد مقدار العجز المائي من خلال الفرق بين مقدار كل من الموارد المائية المتاحة والطلب على الماء، وسُلّط الضوء على التغيّرات التي تصيب الفجوة المتشكلة بين كل من العرض والطلب تبعاً للسيناريوهات التي ترصد مقدار العجز المائي المرتبط بتغيرات العامل المناخي فقط، وكذلك مقدار هذا العجز المرتبط بالعامل المناخي مع إضافة موارد غير تقليدية.

5- النتائج والمناقشة

5. 1. حجم الموارد المائية الحالية والمتوقعة في حوضي بردى والأعوج:

بتطبيق العلاقات الموضحة آنفاً وبمعالجة المعطيات التي تم الحصول عليها صُـمِّمت سيناريوهات مختلفة تأخذ بالحسبان حالات وتوقعات متعددة، كما هو موضح في الجـدول (3) كما يأتي:

1- سيناريو (1): يأخذ بالحسبان أن السنوات القادمة حتى 2035 ستكون سنوات مناخيـة وسطية.

2- سيناريو (2): يأخذ بالحسبان أن التغيّر المناخي سيؤدي إلى الوصول إلى سـنة 2015 وسطية، ثم 2025 جافة، ثم 2035 جافة جداً.

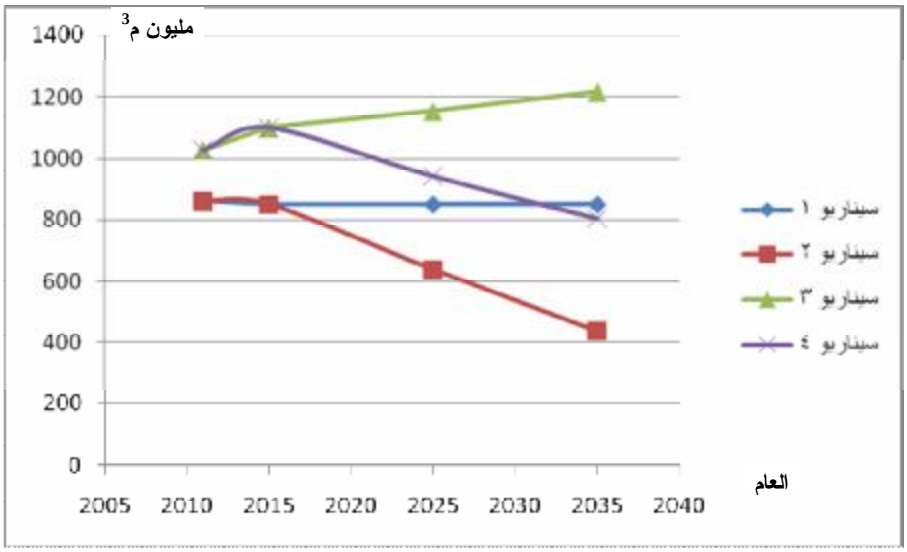
3- سيناريو (3): يأخذ بالحسبان أن السنوات القادمة حتى عام 2035 سـتكون سـنوات مناخية وسطية مضافاً إليها الموارد المائية غير التقليدية.

4- سيناريو (4): يأخذ بالحسبان أن التغيّر المناخي سيؤدي إلى سنة 2015 وسـطية، ثـم 2025 جافة، ثم 2035 جافة جداً مضافاً إليها الموارد المائية غير التقليدية.

الجدول (3) سيناريوهات مختلفة عن كمية الموارد المائية المتاحة والمتوقعة

الموارد المائية سيناريوهات مختلفة (مليون م^3)						
العام	**الحالي**	**2015**	**2025**	**2035**	**التغير مقارنة بالوضع الحالي**	**نسبة التغير حتى العام 2035 %**
سيناريو (1) (موارد متاحة بوجود سنة مناخية وسطية حتى 2035)	861	850	850	850	-11	**-1%**
سيناريو(2) (موارد متاحة مع تغير مناخي نحو سنة جافة جدا عام 2035)	861	850	638	438	-423	**-49%**
حجم الموارد غير التقليدية (سيناريو بناء محطات معالجة)	166	249	303	366	200	**120%**
سيناريو (3) (موارد متاحة مع إضافة موارد غير تقليدية)	1027	1099	1153	1216	189	18%
سيناريو (4) (موارد متاحة مع إضافة موارد غير تقليدية)	1027	1099	941	804	-223	-21%

وبناءً عليه، أُنشئ مخطط توضيحي عن التغيّرات الكمية للموارد المائية تبعاً لكل مـن العامل المناخي والموارد المائية غير التقليدية (وفقاً لما هو موضـح فـي الـسيناريوهات سابقة الذكر)، كما هو موضَّح في الشكل (6).



الشكل (6) التغيّرات الكمية المتوقعة للموارد المائية

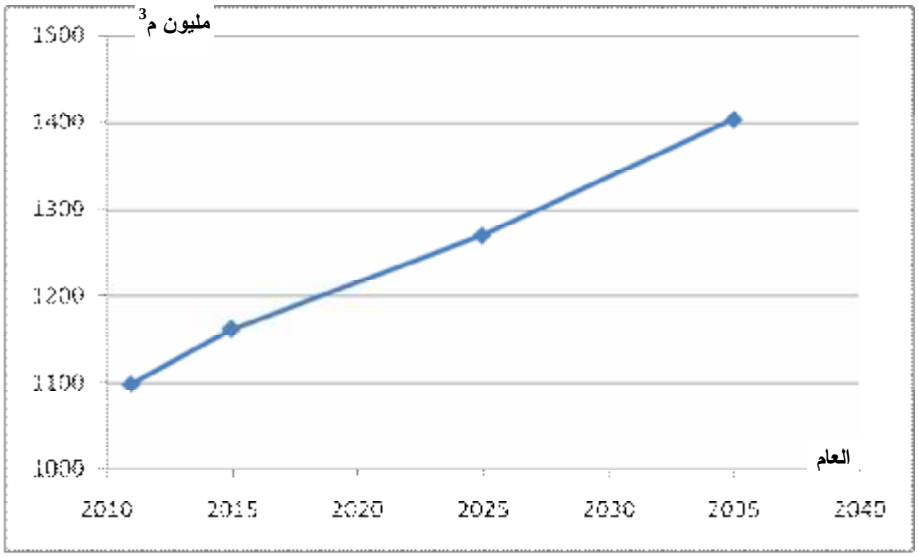
5. 2. الاحتياجات المائية المتوقعة:

أُنشئ الجدول (4) الذي يوضح حجم الاحتياجات المائية المتوقعة في الحوض للأعوام القادمة وتغيّر قيمة هذه الاحتياجات حتى العام 2035 ونسبة زيادتها:

الجدول (4) حجم الاحتياجات المائية المتوقعة في الحوض (مليون م^3)

الاستخدام	العام / الاحتياج (م.م^3)				التغيّر	نسبة الزيادة حتى العام 2035
	2012	2015	2025	2035		
ري	714	714	714	714	0	% 0
شرب	350	409	511	639	289	% 83
صناعة	35	39	45	51	16	% 46
المجموع	1099	1162	1270	1404	305	% 28

استناداً إلى معطيات الجدول السابق أُنشئ مخطط توضيحي يبيّن تطــور الاحتياجــات المائية حتى عام 2035، كما هو موضّح في الشكل (7)



الشكل (7) تطور الاحتياجات المائية المتوقعة

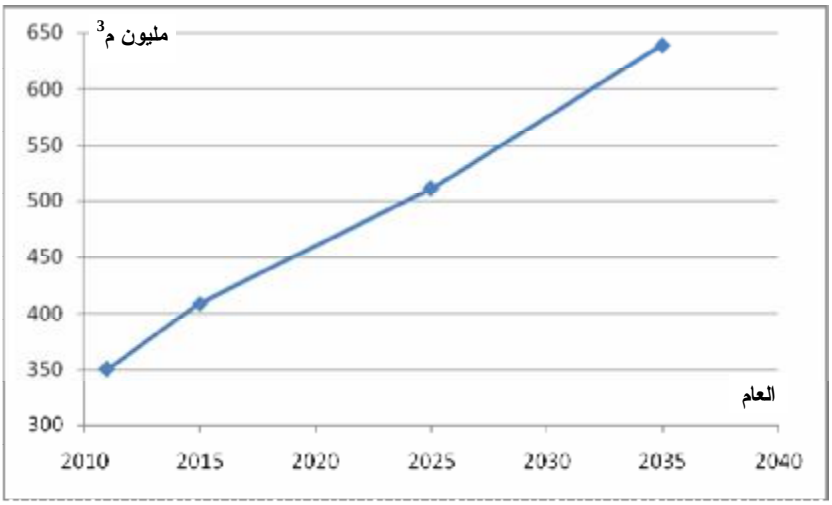
نستنتج من الشكل السابق أن:

أ- الاحتياجات المائية لمختلف الأغراض (مع ثبات كمية الاحتياجات المائية للري) حتى العام 2035، ستزداد بنسبة تقدر بنحو 28% من الاحتياجات الحالية، وهذا يتطلب تأمين كميات إضافية تقدر بنحو 305 مليون م^3 إضافية حتى العام 2035.

ب- تبقى الاحتياجات المتوقعة لمياه الري حتى العام 2035 ثابتة دون تغيير بسبب عدم وجود خطة للتوسع بالمساحات المزروعة[16].

ج- ستزداد الاحتياجات المائية **لمياه الشرب والاستخدام المنزلي** حتى العام 2035 بمقدار 83% نتيجة للزيادة السكانية المتوقعة، وزيادة إمداد المياه نتيجة ارتفاع الطلب على الماء؛ مما يتطلب توفير كميات إضافية تقدر بنحو 290 مليون م^3[16]، وهذا ما يوضّحه الشكل (8).

د- سيزداد الطلب على الماء للأغراض الصناعية بنسبة تقدر بنحو 46% (وفق معدل نمو سكاني 2%) وستحتاج إلى كميات إضافية مقدرة بـ 16 مليوناً تقريباً[17] .



الشكل (8) تطور احتياجات مياه الشرب المتوقعة حتى العام 2035

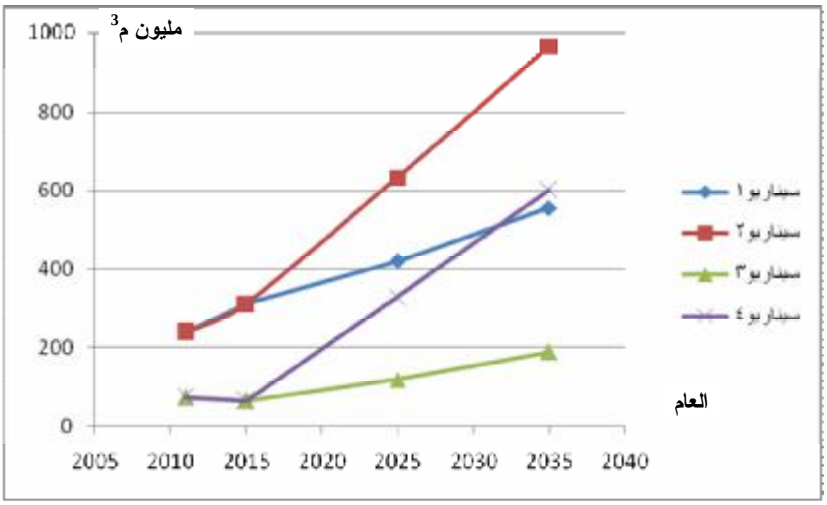
5. 3. مقدار العجز المائي وتغيّراته:

بمقارنة حجم الموارد المائية بالاحتياجات الحالية والمتوقعة في الحوض، حُدّد مقدار العجز المائي المتوقع خلال المدة القادمة حتى العام 2035 ولمختلف السيناريوهات، وفق ما يوضّحه الجدول (5).

الجدول (5) مقدار العجز المائي المتوقع لمختلف السيناريوهات (مليون م^3)

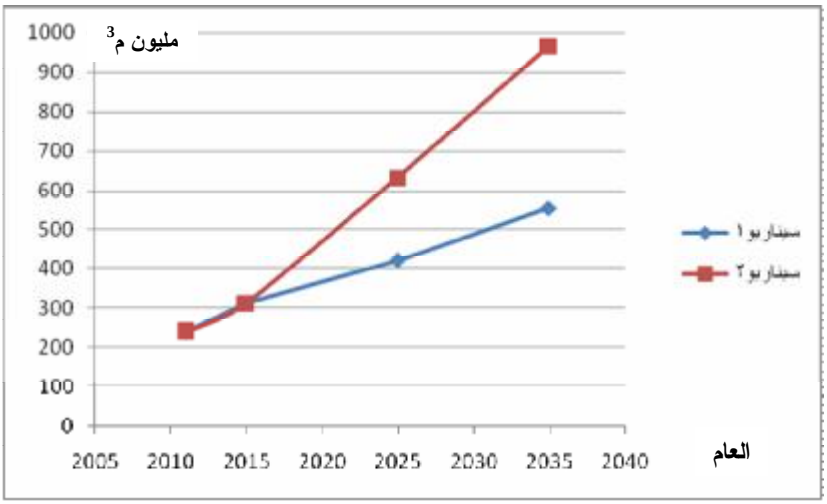
العام (مليون م^3) / الاحتمال	الحالي	2015	2025	2035
سيناريو (1)	238	312	420	554
سيناريو (2)	238	312	632	966
سيناريو (3)	72	63	117	188
سيناريو (4)	72	63	329	600

وفقاً لمعطيات الجدول (5) أُنشئ مخطط توضيحي للنتائج التي تم الحصول عليها، يعبّر عن مقدار العجز المائي المتوقع لمختلف السيناريوهات، كما في الشكل (9)، إذْ يتضح من الشكل (9) دور كل من العامل المناخي والموارد المائية غير التقليدية في تغيير مقدار العجز المائي الذي يعبّر عن اتساع الفجوة بين كل من العرض والطلب على الماء، ونظراً إلى أهمية الكبرى والمؤثرة لهذين العاملين سنقوم بتسليط بعض الضوء على دورهما في زيادة الفجوة المائية المتوقعة بين كل من العرض والطلب أو تخفيفها، وذلك كما يأتي:



الشكل (9) مقدار العجز المتوقع لمختلف السيناريوهات

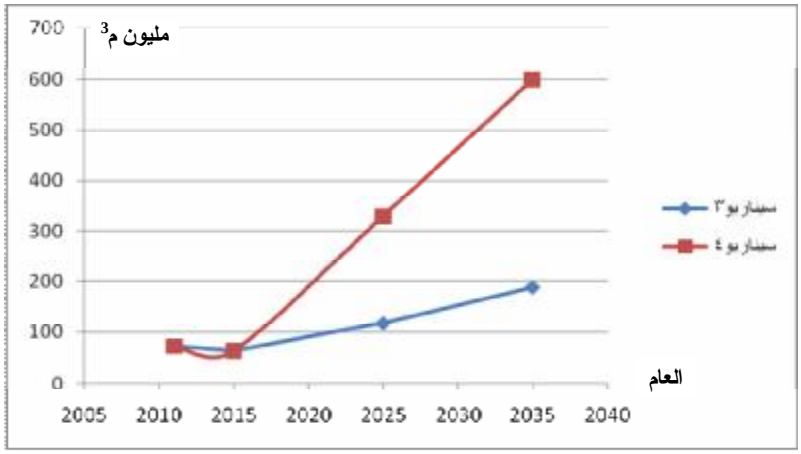
يوضّح الشكل (10) تغيّرات العجز المائي المتوقعة تبعاً للعامل المنـــاخي فقـــط وفـــق معطيات السيناريوهات (1 و2) المحددة في الجدول (5).



الشكل (10) مقدار العجز المائي وفق سيناريو (1 و 2) دون إضافة الموارد غير التقليدية

يلاحظ من الشكل (10)، أن التأثير السلبي للعامل المناخي (سيناريو 2) سيزيد مقـــدار العجز بنسبة 50-75% إذْ سيصل إلى الحد الأعلى في العام 2035.

كما يوضّح الشكل (11) تغيّرات العجز المائية تبعاً لكل من: العامل المناخي وإضافة موارد مائية غير تقليدية وفق السيناريوهات (3 و4) المحددة في الجدول (5):



الشكل (11) مقدار العجز المتوقع وفق سيناريو (3،4) مع إضافة موارد غير تقليدية

يتضح من الشكل (11) أن إضافة المورد المائي غير التقليدي سيخفف من التأثير السلبي للعامل المناخي في مقدار العجز (إذ يتفاوت هذا التخفيف تبعاً للتغيرات المناخية الموضحة في السيناريوهات 1 و2) عبر التعويض بمورد مائي غير تقليدي، يسهم في تخفيف العجز المائي عن الحالة المتوقعة في السيناريو (1 و2) وذلك وفقا لما يأتي:

أ- في العام 2015 سيتم تخفيف العجز المائي بمقدار 249 مليون م^3، وهو مايشكل نسبة 79% تقريباً من العجز الكلي.

ب- في العام 2025 سيتم تخفيف العجز المائي بمقدار 303 مليون م^3، وهو مايشكل نسبة 72% من العجز الكلي بفرض وجود سنوات مناخية وسطية، وسيتم تخفيف هذا العجز بمقدار 303 مليون م^3، وهو ما يشكل نسبة 48% في حال وجود سنوات مناخية وسطية، ثم جافة، وجافة جدا.

ج- في العام 2035 سيتم تخفيف العجز المائي بمقدار 366 مليون م^3، وهو مايشكل نسبة 66% تقريباً من العجز الكلي بفرض وجود سنوات مناخية وسطية، وسيتم تخفيف العجز بمقدار 366 مليون م^3، وهو مايشكل نسبة 38% في حال وجود سنوات مناخية وسطية، ثم جافة، وجافة جداً.

5. 4. الحلول والإجراءات المقترحة:

يتبيّن مما سبق أن مشكلة الموارد المائية في حوضي بردى والأعوج هي ازدياد العجز المائي ومن ثمَّ تناقص حصة الفرد من المياه العذبة تبعاً للزمن.

إن مواجهة هذه المشكلة التي يتوقع تفاقمها مع الزمن يتطلب تحقيق إدارة صحيحة ومتكاملة للمياه الجوفية في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية في الحوض. نشير في هذا المجال إلى تعدد التعاريف والطرائق في الإطار العالمي، التي توضّح كيفية تحقيق إدارة المياه الجوفية، وقد تم أخذ ذلك بالحسبان كما تم الاستناد إلى الآليات والتعاريف الوارد في دراسة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسية، المتضمنة مبادئ توجيهية لوضع دليل لإدارة المياه الجوفية في دول الأسكوا في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية [18,19]، آخذين بالحسبان خصوصيات المنطقة المدروسة، فقد تم التوصل إلى الآتي:

5. 4. 1. تحسين نوعية الموارد المائية الملوثة:

ويتم ذلك عبر العمل باتجاهين:

أ- اتخاذ إجراءات وقائية بحيث تُعالجُ المياه العادمة (المنزلية، والزراعية، والصناعية) قبل إطلاقها في الأوساط الطبيعية، وفق المواصفات القياسية المعتمدة.

وهذا يتطلب التخطيط والعمل على استكمال بناء محطات المعالجة للمياه العادمة، بحيث تستوعب حجوم المياه العادمة التي تطلق في الحوض كلّها.

ب- إعادة النظر بحدود حرم حماية المصادر المائية بحيث تضمن عدم انتقال الملوثات باتجاه الآبار، مع الأخذ بالحسبان عدم المبالغة في توسيع مساحات هذا الحرم إلا بما يتناسب وقابلية التلوث للأوساط الحاملة للماء وخواصها البتروفيزيائية.

5. 4. 2. إدارة الطلب على الماء:

بالنظر إلى محدودية الموارد المائية والتغيّر المناخي المتوقع والتزايد السكاني الكبير فضلاً عن التطوّر الاجتماعي والاقتصادي، ونظراً إلى عدم وجود إمكانية لرفع درجة تنظيم الموارد المائية في الحوض إلى أكثر مما هي عليه حالياً كون بناء المزيد من السدود بات محدوداً، ونتيجة للاستخدام الجائر للمياه، فإن هذا كلّه يتطلب الانتقال من إدارة الإمداد -الذي وصل عملياً إلى حد أقصى- إلى إدارة مدروسة وجيدة للطلب على الماء.

إن تطبيق مبدأ إدارة الطلب على الماء (water demand management) في نطاق حوضي بردى والأعوج هو إجراء أكيد وليس خياراً يمكن مناقشة بدائل له، وهذه النتيجة مرتبطة كما أوضحنا سابقاً بمواجهة حالة زيادة الطلب على الماء مقابل موارد مائية محدودة، وهذا يعني مواجهة زيادة الفجوة المتوقعة بين العرض والطلب [20,21]. ويجري تحقيق ذلك عبر التكامل بين المستهلك والموزع أي:

من جانب المستهلك: فإنَّ ذلك يتطلب الآتي:

1-ترشيد استهلاك المياه للاستخدامات المختلفة عبر ضبط الاستعمال دون هدر.

2-استخدام التجهيزات المائية المقننة للمياه.

من جانب الموزع:

1-ضبط عملية استثمار الموارد المائية وتوزيعها وفقاً للمتجدد منها.

2-التخفيف من الضياعات المائية من شبكات وأقنية التوزيع.

3-وضع ضوابط قانونية ومالية تحفز المستهلك على إجراء عملية الضبط بشكل ذاتي.

ومن ثم فإننا نقترح اتباع الخطوات الآتية لإدارة الطلب على الماء عبر القطاعات كلّها، وذلك كما يأتي:

أ- إدارة الطلب على الماء للاستخدامات المنزلية وتتضمن:

1- تشجيع المستهلك ومساعدته على استخدام التجهيزات المائية التي تقنن كمية المياه لمستخدمة وبشروط فنية واقتصادية مناسبة.

2- تطبيق مبدأ الرسوم المالية المتزايدة للكميات المستهلكة التي تتجاوز الاحتياجات لمحددة والمدروسة.

3- إجراء دراسة فنية- مالية لإمكانية إمداد المياه المنزلية بمصدرين الأول مخصص مياه الشرب، والثاني بمياه ملائمة للاستخدامات المنزلية الأخرى، وقد يكون تحقيق هذا الخيار صعباً في الوقت الحاضر بسبب الصعوبات المالية والفنية التي يحتاج إليها، إنما سيكون ذلك خياراً ضرورياً لمواجهة التحديات المائية المتوقعة مستقبلاً.

ب- إدارة الطلب على مياه الري:

1- الإفادة الكلية من المياه العادمة المعالجة وفق المواصفات القياسية المعتمدة، في الري الزراعي.

2- إخضاع كميات المياه الجوفية المخصصة للري إلى إدارة الطلب على الماء، بحيث يسمح باستخدامها في الري للأراضي الزراعية التي تعتمد نظام المقننات المائية (مايسمى نظام الري الحديث) حصراً، إذْ سيسهم ذلك في الحد من الهدر المائي وتخفيف كميات البخر التي يمكن أن تتعرض لها مياه الري.

3- رفع كفاءة استخدام المياه الزراعية، أي استعمال كميات مائية أقل بإنتاجية أعلى على مبدأ (drop for crop)، وضبط استخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية بما يحمي نوعية المياه الجوفية والسطحية.

ج- إدارة الطلب على المياه الصناعية:

ضرورة تطبيق مبدأ الدارات المغلقة للمياه المستخدمة في الصناعة عبر إعادة الاستخدام، وهذا سيسهم في توفير مزيد من المورد المائي للاستخدامات الصناعية (عبر إعادة الاستخدام) ويحمي الموارد المائية العذبة من التلوث.

5. 4. 3. تطوير تطبيقات التغذية الاصطناعية:

تشير الخصائص الهيدروجيولوجية للحوض إلى وجود إمكانية كبيرة لاستخدام تقانة **التغذية الاصطناعية**، كون الخزان المائي الجوفي يتمتع بخصائص بتروفيزيائية جيدة في بعض المناطق؛ مما يسمح باستخدام هذه التقنية خاصة في المناطق السهلية من الحوض كون المناطق الجبلية تحتوي على خزانات كارستية، وضرورة الإفادة من تجارب مشتركة سابقة للتغذية الاصطناعية، قامت بها وزارة الإسكان بالتعاون مع وزارة الري/الهيئة العامة للموارد المائية [4,2].

التوصيات

استناداً إلى ما عُرض من تحديد للواقع الراهن والمتوقع مستقبلاً، وإلى مقدار العجز المائي الناتج وإلى الحلول والإجراءات المقترحة، فإنَّ الوصول إلى الإدارة المتكاملة للمياه الجوفية، يتطلب وضع خطة مائية شاملة تأخذ بالحسبان المشكلات القائمة والمتوقعة جميعها في الحوض والتي تهدف إلى تخفيف العجز المائي وتقليص الفجوة بين العرض والطلب حتى العام 2035، مرتكزة على المحاور الأساسية الآتية:

1- التركيز على ضرورة معالجة كميات المياه غير التقليدية (المياه العادمة) كلّها وتهيئتها لتكون مورداً مائياً إضافياً لسدّ العجز المائي المتوقع، على أن تقدم هذه المياه وفق المواصفات القياسية المعتمدة، وأن تحقّق المزيد من الفائدة عبر إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة غير مرة (use and re-use).

2- اتخاذ الإجراءات المناسبة لحماية المياه الجوفية والموارد الطبيعية الأخرى من التلوث.

3- الانتقال من إدارة الإمداد إلى إدارة الطلب على الماء؛ وذلك للتخفيف من الهدر والضياعات التي تواجه الموارد المائية ورفع إنتاجيتها.

4- ضرورة الحد من استنزاف المياه الجوفية وتحديد السحب المائي الجوفي في إطار الاحتياطي الديناميكي (المتجدد)، وهذا يستدعي ضبط عمل الآبار وتنظيمه وإعادة النظر في التوزع العشوائي للآبار ولاسيما غير المرخصة التي بلغت 32668 بئراً في عام 2011.

5- الإفادة من الموارد المائية المتدفقة في فصل فيضان الينابيع وحفظ –ما أمكن- منها عبر تطبيق تقانة التغذية الاصطناعية لاستخدامها في فصول الجفاف.

6- استكمال تأسيس جمعيات مستخدمي المياه الذي يعزز مبدأ التشاركية والإسهام في تشغيل المشاريع المائية وصيانتها واستثمارها، ورفع الوعي في إدارة المورد المائي من قبل المستخدم النهائي لهذا المورد.

المراجع REFERENCES

1. الهيئة السورية لشؤون الأسرة، 2011، حالة سكان سورية، التقرير الوطني الثاني.
2. دارين برجية، 2009، دراسة العلاقة المتبادلة بين الأوضاع الهيدروجيولوجية المتغيرة والتصحر في غوطة دمشق بالاستعانة بتقانات الاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير، جامعة دمشق.
3. وزارة الإسكان والجانب الألماني، 2009، واقع الصرف الصحي في سورية، ورشة عمل، دمشق.
4. وزارة الإسكان والجانب الألماني، 2009، تقرير دراسة عين الفيجة، دمشق.
5. مركز معلومات الموارد المائية، (2005، 2006، 2007)، الموارد المائية في حوض بردى والأعوج، وزارة الري، دمشق.
6. مركز معلومات الموارد المائية، 2004، التقرير السنوي، وزارة الري، دمشق.
7. الوكالة اليابانية للتعاون "جايكا"، 2007، تقرير الوضع الراهن للموارد المائية في حوض بردى والأعوج.
8. عمار العمارين، 2000، دراسة هيدروجيوفيزيائية لحقول آبار مياه الشرب في مدينة دمشق، رسالة ماجستير، جامعة دمشق.
9. منظمة الفاو، 2010، تقرير خطة العمل الوطنية للأمن الغذائي.
10. واثق رسول آغا، 2001، العجز المائي في حوض دمشق، حلقة العمل حول قابلية المياه والتربة للتلوث، أكساد، دمشق.
11. مديرية الموارد المائية بدمشق، 1986، دراسة الموازنات المائية في الأحواض الأربعة، الدراسة الروسية.
12. الهيئة العامة للبحوث الزراعية، 2010–2011، الاحتياجات المائية للخطة الزراعية، وزارة الزراعة، دمشق.
13. مؤسسة مياه الشرب بدمشق، 2010، قطاع مياه الشرب في سورية، محاضرة أمام شبكة الخبراء في نقابة المهندسين، دمشق.
14. وزارة الزراعة، 2010، تقرير حصر المساحات المروية، دمشق.
15. وزارة الصناعة، 2010، تطور الطلب على المياه للأغراض الصناعية حتى العام 2035، دمشق.
16. وزارة الزراعة، 2010، تقرير قطاع الزراعة لإعداد وثيقة الخطة الوطنية لإدارة الموارد المائية، دمشق.
17. وزارة الصناعة، 2010، تقرير اللجنة الوطنية للمياه، دمشق.
18. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسية، 2003، مبادئ توجيهية لوضع دليل حول إدارة المياه الجوفية في دول الأسكوا في إطار الإدارة المتكاملة للموارد المائية، الأمم المتحدة، نيويورك.
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2003, groundwater management, the search for practical approaches, Rome.
20. UNESCO, 1995, hydrological research and water resources management strategies in arid and semi-arid zones, IHP-VI technical documents in hydrology, No.32, the International Symposium (Tashkent, Uzbekistan), 25-30 September.
21. The World Bank, 2002-2006, Sustainable Groundwater Management: Concepts and Tools, Urban Wastewater as Groundwater Recharge.