تحديات وآفاق تنمية موارد المياه غير التقليدية لمواجهة خطر أزمة المياه في ليبيا

سليمان صالح سليمان الباروني
المنظمة الليبية للخبراء والاستشارات ، جمعية أصدقاء البيئة والتراث – نالوت
sssbaruni@yahoo.com

الملخص

تقع ليبيا ضمن مناطق المناخ شبه الجاف إلى شديد الجفاف المتميز بقلة معدلات سقوط الأمطار وتذبذبها بشكل كبير، والافتقار إلى مصادر المياه السطحية دائمة الجريان

حوالي 98% من المياه المتاحة للاستعمال هي مياه جوفية، منها أكثر من 85% مياه غير متجددة، ومعظم المصادر المتاحة اقتصادياً في بعض المناطق قد تم تنميتها للحد الأقصى مند سنوات طويلة.

إن محدودية المصادر المائية في ليبيا وزيادة معدلات الاستهلاك بشكل كبير سببت في ظهور مؤشرات تدل على تدهور الوضع المائي، خاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية والنشاطات الزراعية والإقتصادية تمثل في عجز مائي نتج عنه هبوط حاد في مناسيب المياه وتدهور نوعيتها بسبب تداخل مياه البحر في الخزانات الجوفية الساحلية.

من المتوقع أن تتفاقم مشكلة شح المياه خلال الفترة القادمة نتيجة تزايد النمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة، مع ما قد تسببه فترات الجفاف الطويلة وانخفاض معدلات هطول الأمطار، وندرة المياه، بالإضافة إلى مشكلة التغير المناخي من تحديات إضافية تتعلق بإدارة الموارد المائية لتحقيق التنمية المستدامة لهذه الموارد.

تعتبر تحلية مياه البحر من أهم البدائل التى يمكن أن تساهم في تغطية جزء كبير من العجز المائي ومصدراً هاماً في الإمداد المائي المستقبلى وكخيار إستراتيجي خصوصاً في المناطق الواقعة على طول امتداد الشريط الساحلي التي يقطنها أكثر من 80% من سكان ليبيا.

كما يمكن أن تؤدي مياه الصرف الصحي دوراً مهماً في توفير مصدر مائي يمكن استخدامه في ري بعض المحاصيل الزراعية. كما يمكن أن تساهم معالجة هذه المياه في حماية البيئة والحد من تأثيرات المياه الملوثة السلبية على الصحة العامة والموارد الطبيعية.

لذلك تمثل مصادر المياه غير التقليدية (تحلية المياه ومعالجة مياه الصرف الصحي) رديفاً يزداد أهمية في تقليص الفجوة المائية بين موارد المياه المتاحة ومتطلبات زيادة معدلات التنمية للقطاعات المختلفة. لذلك

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

يجب التركيز على تنمية هذه الموارد والتوسع في اسغلالها، ويمكن الاستفادة من تجارب الآخرين في هذا المجال وتوطين تقنيات تنمية موارد المياه غير التقليدية.

كلمات افتتاحية: المياه غير التقليدية، تحديات تنمية الموارد المائية، الاستفادة من تجارب الآخرين.

1- مقدمة

تقع ليبيا وسط شمال القارة الأفريقية، وتبلغ مساحتها حوالى 1.676 مليون كيلومتر مربع، وتمتد من الساحل الجنوبي للبحر المتوسط شمالاً حتى جبال تبيستى جنوباً. قدر عدد سكان ليبيا في سنة 2006 بحوالي 5.658 مليون نسمة يتركز حوالي 80% منهم على الشريط المحادى لساحل البحر الذى يبلغ حوالى 1950 كيلومتر ويتميز بالأراضي ذات التربة الجيدة والمناخ المعتدل نسبياً (1).

تغطي الصحراء ما يزيد عن 85% من مساحة البلاد، وهي جزءٌ من الصحراء الكبرى ذات المناخ الجاف محدود التساقط، وتفتقر إلى التربة الجيدة، وتتركز الكثافة السكانية فيهذه المناطق في الواحات، وبعض التجمعات الصغرى.

وبالرغم من المساحة الشاسعة لليبيا فإن معدل سقوط الأمطار لا يتجاوز 100 مم سنوياً في 96% من مساحتها الكلية باستثناء بعض المناطق التى يزيد فيها سقوط الأمطار عن هذا المعدل، كما تفتقر البلاد إلى مصادر المياه السطحية دائمة الجريان ماعدا بعض الأودية الموسمية التي تتخلل السفوح الشمالية والجنوبية لجبل نفوسة والجبل الأخضر حيث تشهد هذه الأودية جرياناً سطحياً من حين إلى آخر أثناء فصل الشتاء، حيث تم إنشاء عدد 18 سداً أمكن من خلالها تجميع مايقرب من 61 مليون متر مكعب من مياه الجريان السطحي سنوياً بأهم الأودية الموسمية بالمناطق الشمالية (1).

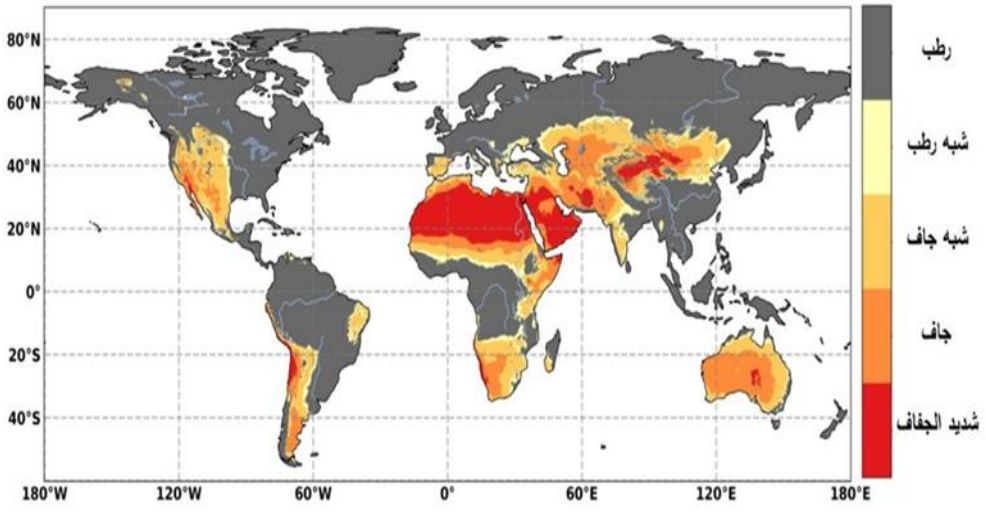
وعليه فإن المياه الجوفية تعتبر المصدر الرئيسي والوحيد المتاح في أغلب المناطق لتغطية جميع الاحتياجات المائية للأنشطة المختلفة، وتتواجد المياه الجوفية ضمن 6 أحواض جوفية رئيسية تتكون من خزانات جوفية، تقسم إلى خزانات جوفية مياهها متجددة بالأحواض المائية الواقعة في الشمال، وخزانات مياهها غير متجددة وتتواجد بالأحواض الرسوبية الكبرى الواقعة في الوسط والجنوب (1).

بالرغم من أن ليبيا تعاني من ندرة وشح المياه، فقد تعرضت هذه المياه خلال العقود الأخيرة إلى تدهور خطير نتيجة الاستغلال غير المرشد وغير المتوازن مما نتج عنه ظواهر بيئية سلبية، يتطلب الإسراع في اتخاذ التدبير اللازمة لمواجهتها.

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

2- المناخ في ليبيا

تقع ليبيا ضمن مناطق المناخ شبه الجاف إلى شديد الجفاف المتميز بقلة معدلات سقوط الأمطار وتذبذبها بشكل كبير، والافتقار إلى مصادر المياه السطحية دائمة الجريان. شكل (1) خريطة تبين التوزيع الجغرافي للمناطق الجافة في العالم بناءً على مؤشرات الجفاف المتحصل عليها من بيانات الأمطار والبخر نتح المحتمل خلال الفترة (1980–2015) (1).



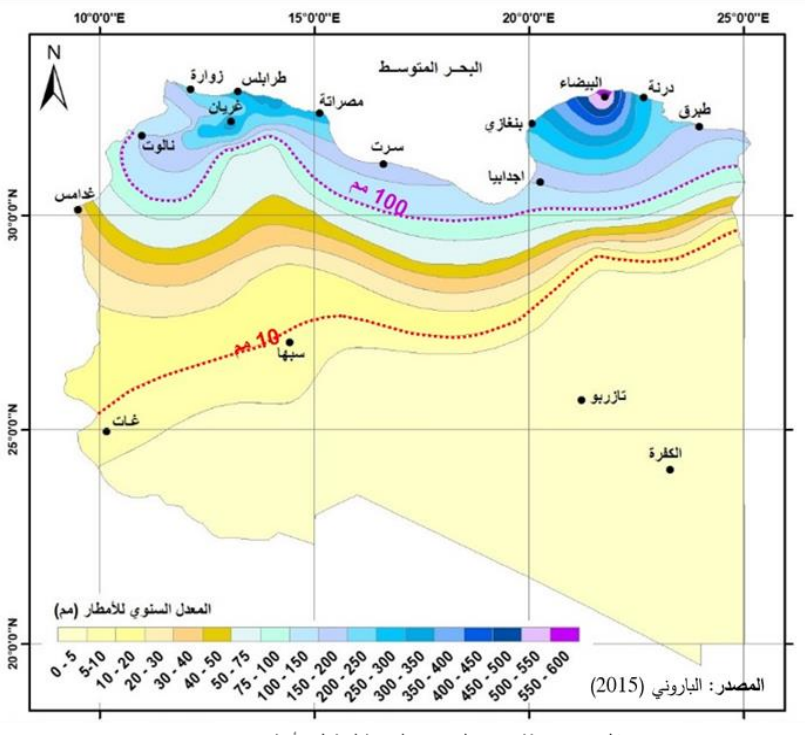
الشكل (1) التوزيع الجغرافي للمناطق الجافة في العالم بناءً على مؤشرات الجفاف

المصدر: (Abatzoglou et al. 2018)

معدلات هطول الأمطار لا تزيد عن 100 ملم/السنة في أكثر من 92% من مساحة ليبيا، وإن نسبة 60% من هذه المساحة تستقبل سنوياً معدلات أمطار لا تتجاوز 10 مم فقط (شكل 2) (9).

لذلك من المتوقع أن تتأثر ليبيا إلى حد كبير بظاهرة التغير المناخي مستقبلاً من خلال تدني كميات الأمطار وارتفاع درجات الحرارة بالإضافة إلى تكرار فترات الجفاف، وسيكون للتغيرات المناخية المتوقعة تأثيرات قوية على الموارد المائية، خاصة وأن هذه الموارد تعاني من العديد من القيود والضغوط التي تجعلها في وضع هش، وأكثر تأثراً بالإحترار والجفاف الذي قد يحدث مستقبلاً.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly



شكل (2) خريطة توزيع المعدلات السنوية لهطول الأمطار حتى 2010

3-الموارد المائية في ليبيا

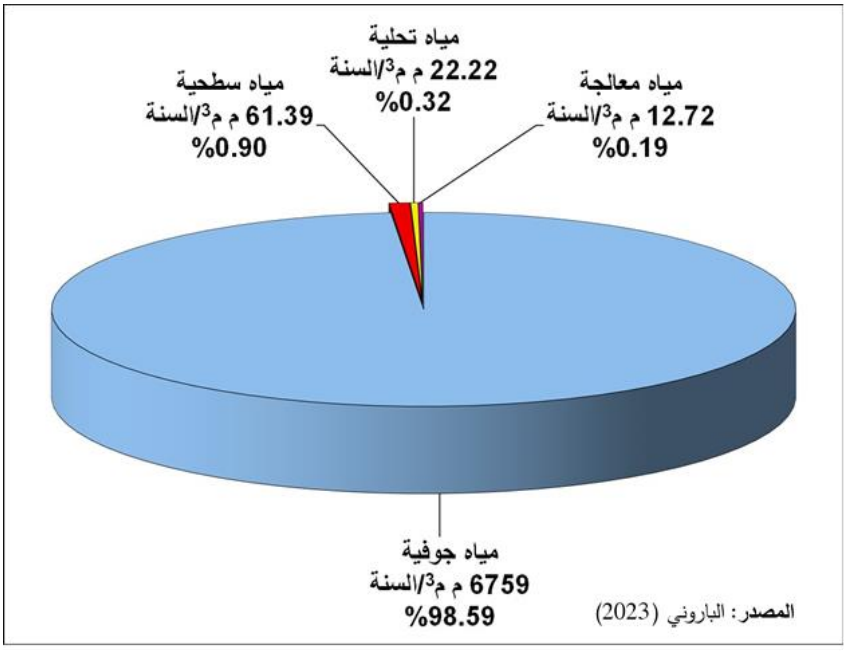
تنقسم الموارد المائية إلى (3):

أ- الموارد المائية التقليدية وتشمل المياه السطحية، والمياه الجوفية.

ب- الموارد المائية غير التقليدية وتشمل تحلية مياه البحر، ومياه الصرف الصحي.

شكل (1 و3) يوضح مصادر المياه المتاحة والنسب المئوية للمياه لهذه المصادر في سنة 2020م.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly



شكل (3) الكمية والنسب المئوية للمياه المتاحة من المصادر المختلفة (2020م)

أ- الموارد المائية التقليدية (1 و3)

- المياه السطحية

تفتقر ليبيا إلى مصادر المياه السطحية دائمة الجريان، ما عدا بعض الأودية الموسمية التي تتخلل السفوح الشمالية والجنوبية لجبل نفوسة والجبل الأخضر المتميزة بإرتفاع نسبي في معدلات سقوط الأمطار، حيث تشهد هذه الأودية جرياناً سطحياً من حين إلى أخر أثناء فصل الشتاء. بعض هذه الأودية تصب حمولتها في البحر، والبعض الأخر تختفي مياهها قبل الوصول إلى المصب.

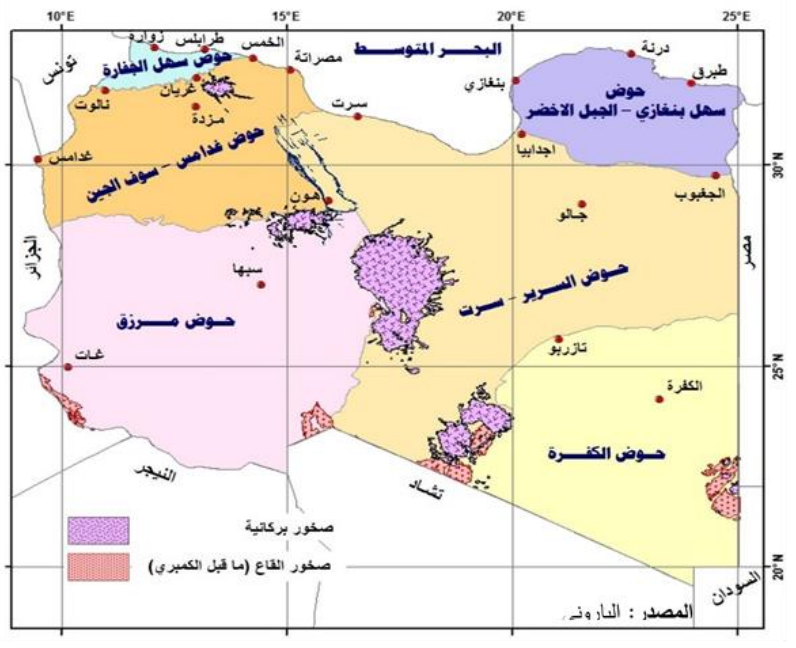
للاستفادة من مياه هذه الأودية تم إنشاء عدد 18 سداً رئيسياً بلغ حجم تخزينها السنوي حوالي 61 مليون متر مكعب من المياه.

- المياه الجوفية

تعتبر المياه الجوفية المورد الرئيسي، إذ تساهم بأكثر من 95 % من إجمالي الإستهلاك، وهي المصدر الوحيد المتاح للإستغلال للأغراض المختلفة في أغلب المناطق، وتتواجد المياه الجوفية ضمن التكوينات الجيولوجية المتفاوتة من حيث السمك والتركيب الصخري والعمق، وتتدرج من العصر الرباعي إلى الكمبري.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

قسمت ليبيا إلى ستة أحواض رئيسية كما هي موضحة في شكل (4). تتكون هذه الأحواض من عدد من الخزانات الجوفية الضحلة والعميقة وتختلف خوصها الفيزيائية والكيميائية والهيروليكية من مكان إلى أخر، وتقسم إلى خزانات جوفية مياهها متجددة بالأحواض المائية الواقعة في الشمال، وخزانات مياهها غير متجددة وتتواجد بالأحواض الرسوبية الكبرى الواقعة في الوسط والجنوب.



شكل (4) أحواض المياه الجوفية في ليبيا

ب– الموارد المائية غير التقليدية (2 و 3)

– تحلية مياه البحر

تعتبر تحلية مياه البحر من أهم البدائل التى يمكن أن تساهم في تغطية جزء كبير من العجز المائي ومصدراً هاماً في الإمداد المائي المستقبلى وكخيار إستراتيجي خصوصاً في المناطق الواقعة على طول امتداد الشريط الساحلي وذلك للأسباب التالية:

– الطلب الكبير والمتزايد على المياه.

– وجود عجز في الإمداد المائي للأغراض الحضرية في معظم المدن الليبية.

– تناقص حصة الفرد من المياه المتجددة وغير المتجددة حتى أصبحت أقل من 1000 مترمكعب/فرد/السنة.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

- موقع ليبيا المطل علي البحر المتوسط وبشريط ساحلي يصل إلى حوالي 1950 كم.
- وجود المدن ذات الكثافة السكانية علي الساحل (يقطنها أكثر من 80% من سكان ليبيا).
- توفر مياه البحر وبكميات غير محدودة وخالية من المخلفات الصناعية.
- تطور تقنيات التحلية وانخفاض تكلفتها.
- توفر خبرة تراكمية في هذا المجال.
- توفر مصادر الطاقة بتكلفة رخيصة نسبياً.
- قدرة التحلية على توفير مصدر متجدد يضاف إلى المصادر التقليدية ويساهم في المحافظة على الموارد التقليدية.
- عدد محطات التحلية التابعة للشركة العامة لتحلية المياه مند سنة 2009 هو 8 محطات فقط.
- إجمالي إنتاجياتها التصميمية حوالي 124.1 مليون متر مكعب/سنة.
- قدر إجمالي الإنتاجية الفعلية لهذه المحطات ما بين 47 إلى 76 مليون متر مكعب/السنة، أي ما يعادل 33% إلى 54% من إنتاجياتها التصميمية.

- **مياه الصرف الصحي**

بدأ انشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي في أوائل الستينيات، ومنذ ذلك الحين، أصبح تطوير مياه الصرف الصحي ممكناً في معظم مدن البلاد الشمالية. تتضمن تقنية المعالجة المستخدمة المرشحات المتقطرة والحمأة المنشطة بتعديلاتها المختلفة.

بلغت الطاقة التصميمية التراكمية لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي المركبة كما يلي:

- 20000 م**3**/يوم في عام 1965
- 66510 م**3**/يوم في عام 1975
- 223885 م**3**/يوم في عام 1985
- 391735 م**3**/يوم في عام 1995

نظراً لتناقص عدد محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تعمل حالياً، وأصبح عددها محدود جداً لأسباب مختلفة (8 محطات تعمل في عام 2020 من عدد 14 محطة كانت تعمل في عام 2010)، معظم هذه المحطات متهالكة أو تعاني من مشاكل فنية، والصالح منها تعمل بشكل جزئي (تعمل بكفاءة متدنية جداً)، لذلك أصبح نسبة ما يتم معالجته من مياه الصرف الصحي فعلياً خلال عام 2020 لا يتجاوز 3% من إجمالي

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

كمية المياه المطلوب معالجتها، أي أن ما يتم صرفه بدون معالجة يتجاوز 500 مليون متر مكعب/السنة من مياه الصرف الصحي لتصبح هذه المياه من أخطر مصادر التلوث. حيث يتم صرف هذه الملوثات كما يلي:

– في البحر مما تسبب في تلوث مياه البحر وأصبحت غير صالحة للسباحة، وكذلك تضرر الأسماك وتصبح غير صالحة للأكل.

– على سطح الأرض مكونة مستنقعات وبحيرات تساهم في تلوث البيئة وانتشار الحشرات الضارة.

– في مجاري المياه السطحية والأودية تسبب في تلوثها، وكذلك المياه الجوفية في حالة تسربها لباطن الأرض.

– الآبار السوداء (البيارات) بدون تبطين، وهذا مصدر لتسرب الملوثات للمياه الجوفية مباشرة.

4– التحديات التي تواجه تنمية موارد المياه غير التقليدية

أ– غياب مساهمة قطاع التحلية (تحلية مياه البحر والمياه الجوفية المالحة) في سد بعض الاحتياجات المائية، هذه المياه هي مورد مهم جداً لتضييق الفجوة القائمة بين الموارد المائية المتاحة والاحتياجات المستقبلية خاصة في المناطق الساحلية حيث يتركز معظم سكان ليبيا، وذلك للمشاكل التي تواجه تحلية مياه البحر أهمها:

– تعاني أغلب محطات تحلية المياه في ليبيا من أعطال كثيرة تؤدي إلى توقف تشغيلها بشكل متكرر نظراً:

- لعدم توفر قطع الغيار ومستلزمات التشغيل (المواد الكيميائية والوقود)،
- انقطاع التيار الكهربائي، وعدم اجراء الصيانة بشكل دوري،
- عدم توفر الكوادر البشرية المؤهلة في مجال التشغيل والصيانة.

– تعتمد الشركة العامة لتحلية المياه على شركات خاصة محلية وأجنبية لتنفيذ جميع أنواع الصيانة الأمر الذي أثقل كاهل الشركة مالياً.

– جميع المحطات التابعة للشركة العامة لتحلية المياه تعمل لإنتاج المياه فقط، ولا تنتج كهرباء، والعجز في شبكة الكهرباء العامة الناتج عن الأعطال المتكررة أثر سلباً على إنتاجها وسرع في تهالكها.

– عدم مواكبة التطورات العلمية في مجال صناعة تحلية المياه، حيث أن جميع المحطات القائمة تعمل بأنظمة قديمة، كما أن الشركة العامة لتحليه المياه اعتمدت إعتماد شبه كلي على مكاتب استشارية وشركات أجنبية للقيام بأعمال تصميم وتنفيذ هذه المحطات؛ وعادة ما يكون المورد لمحطات التحلية هو المسؤول على تصميمها وتنفيذها وتقديم الاستشارات الفنية للمالك، وهذا قد يكون أحد أهم الأسباب في تدني الإنتاجية الفعلية لهذه المحطات وتهالكها.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

ب– عدم الاهتمام بمعالجة مياه الصرف الصحي، أدى إلى صرف هذه المياه بدون معالجة عن طريق ضخها للبحر أو في الاحواض الترابية أو الآبار السوداء لتصبح من أخطر مصادر التلوث، وهذا ناتج لعدة أسباب منها:

– معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي متضررة أو تعاني من مشاكل فنية، والصالحة منها تعمل بشكل جزئي (تعمل بكفاءة منخفضة للغاية).

– نتيجة لانخفاض عدد محطات معالجة مياه الصرف الصحي العاملة خلال عام 2020، فإن نسبة ما يتم معالجته فعلياً إلى إجمالي كمية المياه المطلوب معالجتها أقل من 3%، والباقي يتم صرفه بدون معالجة.

– قلة كفاءة محطات المعالجة وتوقف معظمها بسبب نقص قطع الغيار والصيانة الدورية.

– رمي المخلفات الصلبة في غرف الصرف الصحي.

– التوصيلات غير القانونية بشبكات تصريف مياه الأمطار وتصريف الزيوت والشحوم ومياه الصرف الصناعي في الشبكات العامة.

– عدم كفاية الأموال المخصصة للتشغيل والصيانة ولأغراض بناء القدرات البشرية.

– أثر انخفاض إيرادات التحصيل سلباً على أداء الشركة العامة للمياه والصرف الصحي لتحقيق أهدافها.

ج– غياب التنسيق بين المؤسسات المعنية بقضايا المياه في ليبيا، خاصة فيما يتعلق بربط السياسات المائية بالسياسات الزراعية والصناعية والاقتصادية، والمساهمة في التخطيط الاستراتيجي لإدارة الموارد المائية بشكل متكامل مع القطاعات المستهلكة للمياه، خاصة قطاع الزراعة الذي يعتبر المستهلك الأكبر لموارد المياه في ليبيا، وبما يتمشى مع الظروف البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

د– إنتشار المصانع التى تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه، وما يقابله من صرف للمخلفات السائلة والصلبة دون الأخذ في الأعتبار الآثار البيئية والصحية.

هـ– عدم تطبيق القوانين والتشريعات، بسبب ضعف إدارة الرقابة المتعلقة بحسن تنظيم واستغلال وحماية الموارد المائية.

الوضع المائي الحالي في ليبيا يندر بحدوث أزمة مائية ستتفاقم وتزداد حدة بمرور الزمن، إذا تم الأخذ في الاعتبار بأن كمية المياه العذبة محدودة وأغلب مصادرها من خزانات جوفية غير متجددة، والمتاحة اقتصادياً في بعض الأحواض خاصة الشمالية تم تنميتها للحد الأقصى مند سنوات، إضافة إلي ضعف مساهمة مصادر المياه غير التقليدية في الموازنة المائية، وتدهور نوعية المياه بسبب التلوث الذي يساهم في تقليص حجم المياه

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

العذبة المتاحة. هذه الأزمة قد تؤدي إلى زعزعة الاستقرار الاجتماعي والاقتصادي والتوازن البيئي، وتصبح من أهم التحديات التي تعترض استغلال الموارد المائية في ليبيا.

لقد حان الوقت لمراجعة كل مفاهيم إدارة المياه في ليبيا خاصة وأن مشكلة ندرة المياه قد وصلت إلى درجة تكاد تكون فيها مزمنة، لذلك لا يمكننا الاستمرار في استعمال المياه بالطريقة نفسها التي نستعملها الآن.

ومن هذا المنطلق جاءت الدعوة إلى أهمية التركيز على تنمية موارد المياه غير التقليدية، والتوسع في اسغلالها بعد التغلب على المشاكل والصعوبات التي تعترض توطين التقنيات الخاصة بها لغرض لتضيق الفجوة القائمة بين المتاح والطلب على المياه خاصة في المناطق التي تعاني من شح وندرة المياه. وهذا يمكن من خلال الاستفادة من تجارب الآخرين في مجال تنمية موارد المياه غير التقليدية.

5- الاستفادة من تجارب دول العالم في مجال تنمية الموارد المائية غير التقليدية

أ- تحلية مياه البحر

تقع دول مجلس التعاون الخليجي (السعودية، الإمارات، الكويت، قطر، البحرين وعُمان) في مناطق شديدة الجفاف. فمعظم هذه المنطقة عبارة عن صحراء باستثناء المناطق الساحلية الضيقة وسلاسل الجبال. ويتراوح المتوسط السنوي لهطول الأمطار بين 70 مم و 130 مم فيما عدا المنطقة الساحلية بمحاذاة البحر الأحمر في جنوب غرب المملكة العربية السعودية وبمحاذاة الساحل الشرقي لخليج عمان، حيث يبلغ هطول الأمطار الجبلية أكثر من 500 مم.

تعاني هذه المنطقة من شح الموارد المائية التقليدية الذي أدى إلى تدني حصة الفرد من المياه إلى أدنى مستوى ويبعد كثيراً عن المستوى الذي حددته منظمة الأمم المتحدة لتحديد الفقر المائي للدول. لا تتوفر المياه الجوفية المتجددة إلا في المناطق الساحلية وهي محدودة جداً. كما أن معظم المياه الجوفية غير المتجددة (الأحفورية) تتواجد في المملكة العربية السعودية في خزانات جوفية عميقة، وهي آخذة في النضوب بسرعة.

نظرا للنقص المتزايد في الموارد المائية المتجددة، في جميع بلدان مجلس التعاون الخليجي على مدى الفترة الماضية التي تتراوح بين 20 و30 عاما، تم استخدام تقنيات تحلية مياه البحر كخيار استراتيجي لتوفير المياه اللازمة للاستخدامات الحضرية والصناعية وسيزيد اعتمادها على هذه الطريقة لتوفير إمدادات المياه مع تزايد النمو السكاني جدول (1) و (شكل 5).

ونظرا لهذه الظروف الاقتصادية والاجتماعية والمناخية المحددة، تواجه بلدان مجلس التعاون الخليجي تحديات مائية وحلولاً ممكنة تعتبر فريدة تماما بالمقارنة بسائر العالم. ومع أنها تتمتع بشكل عام بموارد مالية وبشرية كبيرة، فإن تحدياتها المائية أكثر إلحاحاً مما كان يحتمل أن تواجهه مناطق أخرى. وتتطلب هذه التحديات

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

اتخاذ إجراءات هامة من أجل حفز الاستثمار وتحسين الكفاءة في قطاع المياه حتى يمكن تفادي حدوث أزمات في المستقبل.

تتصدر السعودية دول العالم في إنتاج المياه المحلاة بإنتاج وصل إلى أكثر من 2.4 مليار متر مكعب من المياه في عام 2022. ويتوقع أن تزيد إنتاجية المياه المحلاة لتصل إلى 7.9 مليون متر مكعب يومياً بحلول عام 2027.

يوجد في المملكة العربية السعودية عدد 27 محطة تحلية وتوليد الكهرباء تتبع المؤسسة العامة لتحلية مياه البحر، وعدد 3 محطات لتحلية وتوليد الكهرباء تم تنفيذها بمشاركة القطاع الخاص. كما يوجد عدد 3 محطات لغرض توفير المياه والطاقة الكهربائية للمدن الصناعية، بالإضافة إلى 3 محطات للقطاع الخاص(4).

في يناير عام 2015، تم التعاقد في المملكة العربية السعودية في الخفجي لإنشاء محطة تحلية مياه تعمل بالتناضح العكسي وتُشغل بالطاقة الشمسية وبقدرة 60000 م3/يوم. وذلك من خلال استخدام تقنيات طاقة متجددة رفيعة المستوى في تحلية المياه المالحة وهي جزء من الخطة الوطنية الشاملة لتوسيع استخدام الطاقة الشمسية في مشاريع تحلية المياه.

ب- استعمال مياه الصرف الحضري المعالجة

يمكن الاستفادة من تجارب دول العالم في مجال استعمال مياه الصرف الحضري المعالجة والتي اكتسبت خبرة كبيرة في هذا المجال. ومن بين الدول العربية التي تستعمل مياه الصرف الصحي المعالجة تونس، السعودية، الاردن، والكويت. حيث تراوحت نسبة المياه المعالجة المعاد استخدامها إلى إجمالي كميات المياه المنتجة في هذه الدول ما بين 26% إلى 100%.

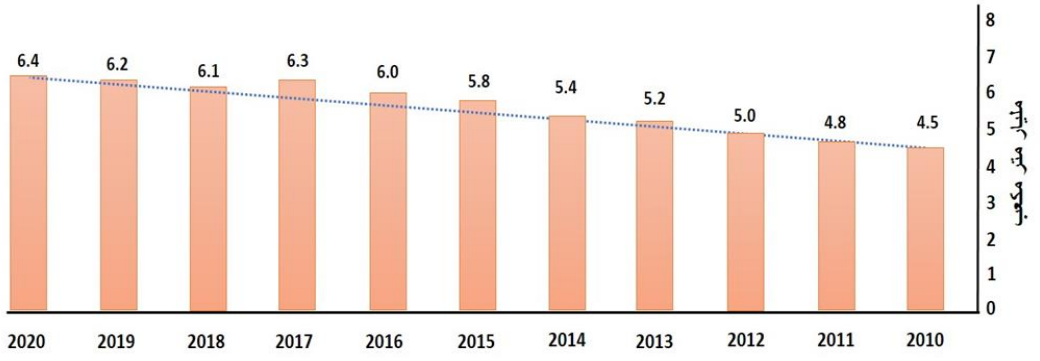
لدى تونس خبرة طويلة في استعمال مياه الصرف المعالجة في الري، حيث تمت أول تجربة لاستخدام المياه المعالجة في الري في دولة تونس منذ سنة 1965 وذلك لحماية أشجار الحمضيات بمنطقة سكرة بعد استنزاف المياه الجوفية بهذه المنطقة، ثم تم تطوير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري، حيث كانت المساحة

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

جدول (1) إنتاج مياه التحلية في دول مجلس التعاون الخليجي (مليون متر مكعب/السنة) خلال الفترة 2003 – 2020

الدولة	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	1010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2020
الإمارات	984	1116	1241	1352	1515	1594	1653	1680	1713	1819	1875	1949	2005	1975	2000
البحرين	79	86	95	93	106	135	170	183	180	189	198	213	242	239	300
السعودية	1037	1056	1025	1034	1067	1063	1145	1258	1476	1545	1594	1685	2241	2458	2300
الكويت	437	450	476	487	515	554	572	595	621	634	638	654	712	724	800
قطر	157	170	188	217	242	301	333	362	391	426	453	482	557	602	700
عمان	70	79	83	88	88	91	108	146	172	200	212	224	280	298	400
المجموع	2763	2959	3108	3271	3533	3738	3981	4224	4554	4813	4970	5207	6037	6296	6500

المصدر: إحصاءات المياه في دول مجلس التعاون الخليجي



شكل (5) إنتاج مياه التحلية في دول مجلس التعاون الخليجي (مليار متر مكعب/السنة) خلال الفترة 2010 – 2020

المصدر: إحصاءات المياه في دول مجلس التعاون الخليجي

المروية في سنة 1965 لا تتجاوز 1200هكتار، وأصبحت في سنة 2010 حوالي 8100 هكتار. تستخدم المياه المعالجة في ري أشجار الفاكهة والزيتون والمحاصيل العلفية والمحاصيل الصناعية، بالإضافة إلى ملاعب الجولف (5).

في الدورة العاشرة للمجلس الوزاري العربي للمياه 2018 في الكويت عرضت المؤسسة العامة للري بالمملكة العربية السعودية تجربتها في الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الري بواحة الاحساء الواقعة شرق السعودية.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

مصادر مياه الري في هذه المنطقة عبارة عن عيون طبيعية سابقاً ومياه جوفية حالياً، ولكن نتيجة انخفاض مستوى المياه الجوفية وتدهور جودتها مما دفع المؤسسة العامة للري بالمملكة العربية السعودية إلى البحث عن مصادر بديلة وهي:

– مياه الصرف الزراعي يعاد استخدامها، حيث يتم تجميع مياه الصرف الزراعي في نطاق واحة الاحساء (بطاقة تصميمية 100000 متر مكعب/اليوم والكمية المنتجة 70000 متر مكعب/اليوم)، ويتم نقلها عبر قناة رئيسية لاستخدامها في الري.

– مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً

ومن أبرز المشاريع التي نفذت أخيراً بهدف رفع كفاءة استخدام مياه الري والتوسع في استخدام مصادر المياه غير التقليدية كمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً كبديل للمياه الجوفية غير المستدامة: مشروع نقل مياه الصرف الصحي المعالجة من منطقتي الخبر والدمام إلى الاحساء بطاقة (200) ألف متر مكعب يومياً.

محطات مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً التي تغذي المؤسسة العامة للري في الأحساء هي: محطة الهفوف، محطة العمران، محطة العيون، محطة محاسن، ومحطة الخبر.

ولوحظ زيادة انتشار زراعة الفواكه التي كانت تزرع في محافظة الأحساء مثل الليمون والحمضيات بشكل عام، والتي كانت تعاني من ارتفاع ملوحة مياه الآبار خلال الفترة الماضية مما تسبب في انحصار زراعتها، حيث تم الاستفادة من إعادة تدوير المياه في ري هذه المحاصيل بدلا من هدرها بعد حفاف أكثر آبار وعيون الأحساء التي كانت تغذي مزارع المحافظة.

بلغت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة في السعودية خلال عام 2022 حوالي 1.926 مليار متر مكعب من إجمالي 1.941 مليار متر مكعب، بمتوسط 5.276 مليون متر مكعب/اليوم من 143 محطة معالجة، فيما بلغت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة المُعاد استخدامها نحو 434.360 مليون متر مكعب، وتبلغ حصة المياه المعالجة المعاد استخدامها في عام 2022م حوالي 22.55% من إجمالي المياه المعالجة، و 58% من مياه الري، وحوالي 2.2% من اجمالي المياه العذبة المتاحة للاستخدام. كما قدرت كمية مياه الصرف الزراعي المعاد استخدامها بأكثر من 25 مليون متر مكعب سنوياً (بنسبة حوالي 32%) من إجمالي مياه الري

أما المياه الجوفية (مياه الآبار) المستخدمة في الري بمشروع الاحساء الزراعي انخفضت إلى حوالي 10% من إجمالي المياه المستخدمة في الري بالمشروع.

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

واحة الاحساء هي واحة قديمة اشتهرت ولا تزال بزراعة النخيل وإنتاج التمور وتتميز بمناخ صحراوي (حار جاف قليل الأمطار).

90% من مياه الصرف الصحي المعالجة في الاردن يعاد استخدامها مباشرة أو بطريقة غير مباشرة في الصناعة والزراعة. تضم المحاصيل التي يتم ريها بالمياه المعالجة الموالح، الخضروات، المحاصيل الحقلية، الموز والذرة الشامية (6).

في الأردن، تم إدخال اعادة استعمال مياه الصرف الحضري في الاستراتيجية المائية الوطنية للبلاد عام 1998. حيث تمثل مياه الصرف المعالجة 10% من مجموع امدادات المياه، ويعاد استعمال ما يصل إلى حوالي 85% من هذه المياه بعد أن تُمزج مع المياه العذبة ومن ثم تستعمل لري غير مقيّد في وادي الأردن.

الاستراتيجية المائية الوطنية الجديدة (2008–2022) تتضمن ما يأتي:

– ادخال تعرفات وحوافز مائية مناسبة لتعزيز كفاءة المياه في الري ورفع العائدات الاقتصادية للمنتجات الزراعية المروية.

– إدارة مياه الصرف المعالجة كمصدر مياه دائم يجب أن يكون جزءاً لا يتجزأ من الموازنة المائية الوطنية.

– ضمان تعزيز المقاييس الصحية لعمال المزارع والمستهلكين، ووفاء المياه المنتجة في جميع محطات معالجة مياه الصرف البلدية أو الصناعية بالمقاييس الوطنية، ومراقبتها بانتظام.

– القيام دورياً بتحليل ومراقبة جميع المحاصيل المروية بمياه صرف معالجة أو مياه ممزوجة.

– تصميم وتنفيذ برنامج لتوعية الجمهور والمزارعين بفوائد استعمال مياه الصرف المعالجة، وطرق الري، ومعاملة الإنتاج.

يوجد 21 محطة لمعالجة مياه الصرف المنزلية في الأردن، أنتجت عام 2008 أكثر من 100 مليون متر مكعب من المياه المعالجة. وتقع المحطات في مدن كبرى، لكنها تخدم مناطق كبيرة تحيط بهذه المدن. وتستغل كل المياه الناتجة إما مباشرة للري وإما تخزن أولاً في خزانات أو سدود تستعمل للري. وتقدر ان تصل كمية مياه الصرف المعالجة المستعملة للري إلى 223 مليون متر مكعب سنوياً بحلول سنة 2020. ومنذ عام 2002، تنفذ حكومة الأردن، بدعم من منظمات دولية، عدة مشاريع في العقبة ووادي موسى، هدفها إثبات أن إعادة استعمال المياه المستصلحة يمكن أن تكون موثوقة وقابلة للتطبيق تجارياً ومأمونة ومقبولة اجتماعياً ومستدامة بيئياً.

في مشروع مزرعة وادي موسى التجريبي قرب مدينة البتراء التاريخية، تستعمل مياه الصرف المعالجة لري محاصيل زراعية تشمل الفصَّة والذرة وعبّاد الشمس وحشيشة السودان، والمحاصيل الشجرية مثل الفستق الحلبي

Copyright reserved for the conference
حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

واللوز والزيتون ونخيل التمور والليمون والحور والبيسية والعرعر، وكثير من أنواع أزهار الزينة مثل السوسن والخبازى والبيتونيا والأقحوان (5).

اتجهت الدولة المصرية إلى **استغلال مياه الصرف الصحي**، من خلال إعادة تدويرها، واستخدامها في الزراعة وإعادة تغذية المياه الجوفية، وتعد محطة معالجة مياه الصرف الصحي بالجبل الأصفر بمحافظة القليوبية من أكبر محطات المعالجة، حيث تستوعب 2.5 مليون متر مكعب يومياً، ويمكن الاستفادة من مياهها فى رى ما لا يقل عن 150 ألف فدان (7).

ويتم الاستفادة من الحمأة الناتجة عن المعالجة، لاستخراج غاز الميثان للاستفادة منه فى توليد الكهرباء، من خلال خزانات للتخمير، حيث تنتج تلك المولدات 60% من الكهرباء التى تحتاجها المحطة.

بعد المعالجة النهائية للمياه يتم استخدام المياه فى رى مزرعة تجريبية على مساحة 400 فدان وعمل أبحاث من مدى صلاحية هذه المياه فى الرى، حيث تضم المزرعة أشجار "الليمون، والزيتون، والموالح، والبيكان،". ويتم إدارة المحطة بالكامل إلكترونيًا والتى يتم استخدام أعلى تقنيات التكنولوجيا والتحكم.

وتعد محطة معالجة مياه مصرف بحر البقر أحدث المحطات الجارى تنفيذها فى تعزيز منظومة إدارة موارد المياه، وهو أهم مشروعات برنامج تنمية شبه جزيرة سيناء، وتبلغ طاقة المحطة نحو 5 ملايين م3/يوم ، ويتم الاستفادة منها فى استصلاح وزراعة حوالى 330 ألف فدان شرق قناة السويس، بالإضافة إلى 70 ألف فدان يتم زراعتها حاليا بمنطقتى سهل الطينة والقنطرة شرق ليصل إجمالى الأراضى المزروعة إلى 400 ألف فدان (7).

مياه الصرف الصحي المتوفرة في سلطنة عُمان يتوفر في سلطنة عُمان ما يقرب من 350 محطة معالجة (المعالجة ثلاثياً) تنتج أكثر من 83000 متر مكعب في اليوم من المياه المعالجة. ويتوقع زيادة كميات المياه المعالجة خلال السنوات القادمة خاصة بعد إكتمال مشروع مياه الصرف الصحي لمدينة مسقط إلى أكثر من 200,000 متر مكعب في عام 2025م

يقدر يتم استخدامه من متوسط كميات المياه المعالجة في مشاريع التشجير والحدائق بما نسبته 48.5% فقط ، في حين تبلغ نسبة المياه الغير مستفاد منها 51.5%، أغلب الكمية المتبقية إما أنها تذهب إلى البحر أو يعاد حقن البعض منها لباطن الأرض أو يصب بعضها في مجاري الأودية.

في عُمان تعتبر المياه المعالجة ثلاثيا مصدراً متجدداً، وللاستفادة من هذه المياه في الري يتم إجراء البحوث والدراسات على محاصيل زراعية مختلفة وخاصة المحاصيل العلفية بدء من عام 2004م ، حيث تم تنفيذ مجموعة من التجارب النوعية لاستخدام المياه المعالجة ثلاثياً في ري محاصيل زراعية مثل الذرة الشامية،

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر
https://www.fsc.hipz.edu.ly

والذرة الرفيعة والشعير والقمح ومن ثم تحليل التربة الزراعية ومياه الري المعالجة ثلاثياً لمعرفة مدى صلاحية تلك المياه (8).

اثناء استعراض نتائج تجارب بعض الدول في العالم في استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة مثل الولايات المتحدة الأمريكية، الهند وكازخستان. اتضح بأنه لم يكن هناك أثر عكسي على المحاصيل التي تم ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة لمدة 38 عام في الولايات المتحدة الأمريكية. كما وجد أن بنية التربة قد تحسنت وازداد معدل المادة العضوية في الأراضي التي تم ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة لمدة 15 عاماً في الهند. أما في كازخستان فإن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لاقى نجاحاً كبيراً في ري بعض المحاصيل العلفية، حيث زادت الانتاجية وساعدت في تقليل استخدام الأسمدة الكيميائية (6).

6- أهمية تنمية الموارد المائية غير التقليدية

أ- الحصول على موارد مائية إضافية

- يمكن الاستفادة من مياه الصرف الحضري بعد معالجتها في عدة مجالات أهمها التشجير وري بعض المحاصيل الزراعية، استعمالها في تنظيف الشوارع، وإطفاء الحرائق، استخدامها في التغذية الاصطناعية لخزانات المياه الجوفية، الحد من مشاكل التلوث والاضرار البيئية والصحية والحصول على الأسمدة العضوية.
- تحلية مياه البحر يمكن أن تساهم في مواجهة مشاكل الإمداد المائي التي تعاني منها البلاد حالياً، ومصدراً هاماً في الإمداد المائي المستقبلي خصوصاً في المناطق الواقعة على طول الشريط الساحلي.

ب- تقليص الفجوة المائية بين موارد المياه المتاحة ومتطلبات زيادة معدلات التنمية.

ج- تحقيق الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة (2015-2030) التي حددتها الجمعية العامة للأمم المتحدة في عام 2015، والذي يدعو إلى "ضمان توافر المياه والمرافق الصحية للجميع وإدارتها إدارة مستدامة".

د- يمكن أن تسهم مياه التحلية وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في توفير مصدر إضافي ومستدام للمياه العذبة يساعد على التكيف مع التغير المناخي، مجابهة فترات الجفاف الطويلة، انخفاض معدلات هطول الأمطار وندرة المياه.

7- الاستنتاج

أ- بالرغم من أن طول الشريط الساحلي يصل إلى حوالي 1950 كيلومتر، وأن أكثر من 80% من سكان ليبيا يعيشون في المدن الواقعة على طول هذا الشريط، إلا أن عدد محطات تحلية مياه البحر قليل جداً (8

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

محطات فقط)، وأن ما يتم انتاجه من مياه التحلية (مياه مزالة الملوحة) متواضع جداً ويمثل أقل من 0.5% من المياه المتاحة للاستخدام الحضري.

ب– بدء الاهتمام بمعالجة مياه الصرف الصحي في بداية الستينيات من القرن الماضي، حيث وصل عدد محطات المعالجة في السبعينيات إلى أكثر من 50 محطة، ثم بدء العدد في التناقص حتى أصبح أقل من 4 محطات في عام 2020، وذلك لعدم الاهتمام بصيانة المحطات المتهالكة، وعدم إنشاء محطات جديدة، مما أدى إلى عدم معالجة مياه الصرف الصحي، واصبحت هذه المياه من أكثر الملوثات للبيئة والمياه الجوفية، وسببت في حدوث كوارث بيئية كما حدث في بعض المدن الليبية.

ج– الدول العربية المجاورة والمشابهة لنا في الظروف المناخية والمائية قامت بتنمية مواردها المائية غير التقليدية إلى أعلى مستوى لمواجهة النقص في مواردها المائية الجوفية.

8– التوصيات

أ– فى ظل استمرار الوضع المائي على ما هو عليه، مع تزايد النمو السكاني والاقتصادي في دولة تصنف من الدول الفقيرة مائياً، ستواجه البلاد أزمة مائية كبيرة جدا تهدد العديد من نواحي التنمية وحقوق الأجيال القادمة وبالتالي ستهدد استمرار الحياة على هذه الأرض، لذا فإن الأمر يتطلب البحث عن موارد مائية أخرى بديلة لتحقيق الأمن المائي والتنمية المستدامة، وعدم الاعتماد على المياه الجوفية كمصدر أساسي للمياه.

ب– يجب إن تكون تحلية مياه البحر أحد أهم البدائل الإستراتيجية لمواجهة ندرة الموارد المائية التقليدية، وما ترتب عليه من مشاكل في الإمداد المائي التى تعاني منها البلاد، ويجب أن تساعد مياه التحلية على التغلب على العجز فى الموازنة المائية، حيث يمكن من خلالها تلبية الطلب المتزايد على المياه، خاصة فيما يتعلق بالإمداد المائي للاستخدام الحضري والصناعي في المناطق الساحلية المتميزة بالكثافة السكانية والنشاط الحضري والصناعي.

ج– البحث عن أفضل وأنسب التقنيات الموجودة في العالم في مجال تحليه المياه وتوظيفها من أجل تخفيض تكلفه توفير المياه المحلاة، وبناء محطات تحليه جديدة وتطوير المحطات الحالية، وتوطين تقنيات تحلية المياه، وتنفيذ المخططات التى أعدت للرفع من كفاءة وتحسين مستوى الاداء لهذه المحطات.

د– الاهتمام باستكمال محطات وشبكات منظومات مياه الصرف الصحي وصيانة وإصلاح المحطات القائمة وتطويرها بعد التغلب على الصعوبات والمشاكل التي أدت إلى تعطيلها عن العمل أو إلى تدنى مستوى إنتاجها،

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر

هذا سيؤدى إلى الحصول على موارد مائية إضافية يمكن الاستفادة منها، بالإضافة إلى الحد من مشاكل التلوث والاضرار البيئية والصحية المترتبة عن صرف هذه المياه بدون معالجة.

هـ- على اعتبار أن الزراعة هي المستهلك الأكبر للمياه في ليبيا (84% من إجمالي استهلاك المياه)، وبالتالي فإن تقنين استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة سيساعد على التقليل من استهلاك المياه الجوفية.

و- الاستفادة من تجارب الآخرين في توطين تقنيات تحلية مياه البحر والمعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي واستخدماتها.

المراجع

1- **الباروني، سليمان صالح (2015):** الوضع المائي في ليبيا. مجلد ابحاث المؤتمر الوطني للمياه "امكانيات وآفاق" 5- 2013/11/7م، الجمعية الليبية لعلوم الأرض، طرابلس- ليبيا.

2- **الباروني، سليمان صالح (2018):** التحلية كخيار استراتيجي للامداد المائي في المناطق الساحلية. المؤتمر العلمي لتحلية المياه "تحلية المياه- الواقع والمستقبل"، 29-2018/06/30م، المعهد العالي لتقنيات شؤون المياه بالعجيلات - ليبيا.

3- **الباروني، سليمان صالح (2023):** الأمن المائي في ليبيا وسُبل تحقيقه. المؤتمر العلمي للموارد المائية والأمن المائي في ليبيا (مياهُنا حياتُنا ومستقبل أجيالنا). 15- 17 مايو2023. جامعة طرابلس. المجلة الليبية للعلوم (2024)، مجلد 27 عدد 1 ص 9-17.

4- **تقرير عن إحصاءات المياه** في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي 2022 العدد 4 أبريل 2024.

5- **البيئة والتنمية (2011)** مياه الصرف المعالجة مورد استراتيجي للدول العربية. العدد 163.

6- **المجلس الوزاري العربي للمياه (2018)** التقرير والقرارات. الكويت 2018.

7- **اليوم السابع (2004)** صحيفة اخبارية الكترونية يومية شاملة.

8- **المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (2024)** استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الانتاج الزراعي. المديرية العامة للبحوث الزراعية والحيوانية في سلطنة عُمان.

9- Abatzoglou, J.T., S.Z. Dobrowski, S.A. Parks and K.C. Hegewisch, 2018: Terra Climate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015. Sci. Data, 5, 170191, doi:10.1038/sdata.2017.191.

Copyright reserved for the conference حقوق الطبع محفوظة للمؤتمر