مجلة البحوث الهندسية

مُحكَّمة تصدر نصف سنوياً عن كلية الهندسة – جامعة طرابلس

العدد الثلاثون (30) سبتمبر (2020)

تقدير سعة تخزين مياه الطوارئ لحاضرة طرابلس لسنة 2030م

مصدق الصيد، عبد القادر أبو فايد، علي الكبير

قسم الهندسة المدنية – كلية الهندسة، جامعة طرابلس
E-mail: Mosadek.alsaaid@yahoo.com

الملخص

تعتبر حاضرة طرابلس من أكبر التجمعات الحضرية الليبية مساحةً وأكثرها سكاناً؛ وقد عانت مؤخراً من انقطاعات متكررة في الإمدادات المائية نتيجة تعرض مصدر الإمداد الرئيسي وهو مياه النهر الصناعي– منظومة جبل الحساونة – الجفارة، لعدة حوادث وأعطال طارئة دام بعضها لأكثر من أسبوعين.

تهدف هذه الدراسة لإيجاد حلول للتقليل من انقطاع الإمداد المائي عن الحاضرة، مع التركيز على تقدير السعة التخزينية للظروف الطارئة. لتحقيق ذلك فقد تم تقييم الوضع المائي شاملاً مصادر المياه ونظم النقل والتوزيع ووصولاً لتقدير السعة التخزينية للطوارئ لحاضرة طرابلس.

وقد تبين من نتائج هذه الدراسة أن السعة التخزينية للطوارئ سنة 2030 م ستكون متفاوتة، حيث تبلغ 10.75 مليون متر مكعب وذلك في حالة استمرار تهالك الشبكة دون ضبط فاقد التسرب فيها مع استمرار الإمداد من مصدر واحد. أما في حالة استكمال التحسينات على الشبكة وضبط فاقد التسرب فيها مع استمرار التزويد من مصدر واحد فقد تبلغ 6.84 مليون متر مكعب. وفي حالة ضبط الفاقد في الشبكة والتزويد من مصدرين مع احتمالية حدوث طارئ متزامن لمصدري الإمداد الحالي والمصدر المقترح إنشائه (محطتي تحلية بسعة 500 ألف متر مكعب يومياً) على أن يستكمل إنشائه قبل حلول عام 2025، فستبلغ السعة التخزينية 2.92 مليون متر مكعب

الكلمات المفتاحية: تخزين الطوارئ؛ انقطاع الإمداد المائي؛ اعتمادية مصدر المياه؛ منظومة النهر الصناعي.

ABSTRACT

Metropolitan Area of Tripoli is considered one of the largest and most populated Libyan urban agglomerations. It has recently suffered from frequent interruptions in the water supply as a result of the exposure of the main source of supply, which is the water of the Manmade River - Jabal Al-Hasawna - Sahl Jafara System, which has been subjected to several accidents and emergency breakdowns, some of which lasted for more than two weeks.

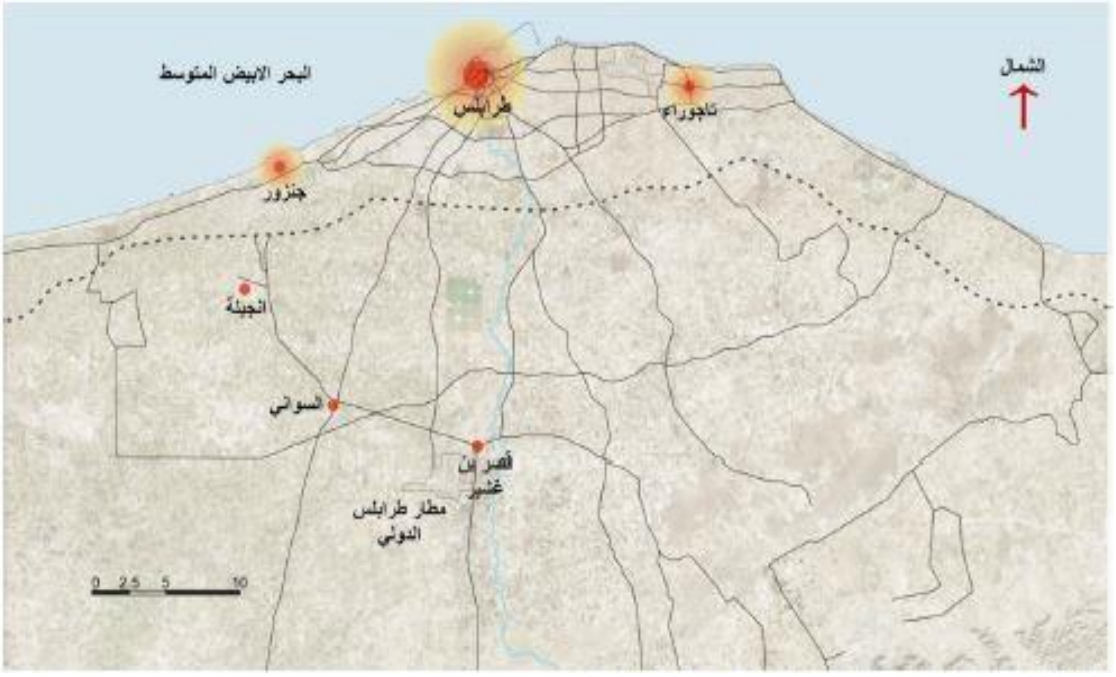
The study aims to find solutions to reduce the disruption of the water supply in the metropolis, with a focus on estimating the storage capacity for highly reliable emergencies, especially in emergency conditions. To achieve this, the water situation was evaluated, including water sources, transportation and distribution systems, and an estimate of the emergency storage capacity for the Metropolitan Area of Tripoli was estimated.

It was found from the results of this study that the storage capacity for emergencies in 2030 varies, reaching 10.75 million cubic meters in case the network continues to wear

out without controlling the loss of leakage in it while the supply remains as one source, and 6.84 million cubic meters in the case of completion of improvements to the network and controlling the leakage loss in it while continuing as well as the supply from one source, and 2.92 million cubic meters when controlling the losses in the network and the supply from two sources with the possibility of a simultaneous emergency occurring for the current supply system (Al-Hasawna / Sahl Jafara) with the development of another water source such as the establishment of two desalination plants with a capacity of 500000 cubic meters per day has to be implemented before year 2025.

المقدمة

مدينة طرابلس من أكبر المدن الليبية مساحة وأكثرها سكاناً وتقع ضمن حدود حاضرة طرابلس، حيث تضم حاضرة طرابلس خمس مدن كبرى وهي طرابلس وجنزور وتاجوراء والسواني وقصر بن غشير (شكل 1)، وتقدّر مساحتها بحوالي 1253 كيلو متر مربع. تتزود حاضرة طرابلس بالمياه بشكل رئيسي من منظومة جبل الحساونة/ سهل الجفارة، بالإضافة إلى بعض حقول الآبار الموجودة بالمنطقة والتي يعتمد عليها في الإمداد للأحياء السكنية الصغيرة.



شكل 1: خريطة حاضرة طرابلس وأهم المدن التي تقع ضمن حدود الحاضرة [1]

عانت حاضرة طرابلس من مشاكل انقطاع المياه نتيجة لاعتمادها على مصدر واحد للمياه؛ لذلك تمت دراسة الوضع المائي القائم للمدينة من حيث مصدر المياه والظروف التشغيلية الخاصة به، ومعدلات الطلب اليومية على المياه، وشبكة توزيع، ومرافق التخزين، وعلى وجه التحديد السعات التخزينية المتوفرة أثناء حدوث طارئ لمصدر الإمداد. كما تمّ تقدير الوضع المستقبلي للإمداد المائي والظروف الطارئة له، ومتطلبات تخزين الطوارئ؛ لضمان استمرار عملية الإمداد المائي للحاضرة أثناء فترة حدوث أعطال فنية.

تم التركيز على نظم التخزين باعتبارها النموذج الأكثر موثوقية في توفير المياه وخصوصا في الظروف الطارئة، حيث قدّرت السعة التخزينية اللازمة للإمداد في الطوارئ فقط؛ ولم يتم التطرق إلى كيفية إدارة الطوارئ وعمليات توفير المياه أثناء الطوارئ؛ كما تم توضيح الفلسفة التي يمكن اتباعها لتقدير السعة التخزينية للطوارئ بمنظومات الإمداد. وعند تقدير حجم تخزين مياه للطوارئ لحاضرة طرابلس تبيّن أنّ هناك عجزاً كبيراً في السعة التخزينية للحاضرة كوضع قائم؛ بناءً على ذلك تم تقدير السعة التخزينية مستقبلا واقتراح مصادر رديفة للمياه أكثر موثوقية.

الوضع المائي القائم

يمكن وصف الوضع المائي للحاضرة من ثلاث نواحي وهي: الطلب اليومي للفرد على المياه وطلب المدينة للمياه، ومصادر ومنظومات إمداد المياه، ومرافق التخزين.

الطلب على المياه

اختلفت معدلات الطلب على المياه في المدينة خلال الفترة 1980–2017م نتيجة لتغير مساحات الخدمة وعدد السكان القاطنين بهذه المساحات، وكذلك معدل طلب الفرد على المياه. قدّر الطلب في بداية الفترة وفقا لتقديرات المكتب الاستشاري بولسيرفيس – فاديكو بواقع 260 لتر لكل شخص في اليوم ونسبة فاقد 20% من الطلب اليومي للمياه [2]، وصولاً إلى 466 لتر/شخص/ يوم في عام 2010م وبنسبة فاقد في الشبكة يصل إلى 40% من الطلب اليومي [3].

منظومة الإمداد المائي الحالية لمدينة طرابلس

تعتمد حاضرة طرابلس منذ سنة 1996م في الحصول على المياه بشكل رئيسي من المسار الشرقي لمنظومة جبل الحساونة – سهل الجفارة (النهر الصناعي)؛ بالإضافة إلى عدد من الآبار المحلية تغذّي المناطق التي لم يتم توصيلها بمنظومة الإمداد، ويتم تغذية منطقة سيدي عبد الجليل المجاورة لمحطة الكهرباء بغرب طرابلس من محطة تحلية مياه الواقعة بداخل محطة الكهرباء.

وتعتبر منظومة جبل الحساونة – سهل الجفارة هي المصدر الرئيسي لإمداد مدينة طرابلس والمدن المجاورة لها بالمياه. تتفاوت إنتاجية الحقول إجمالي الإنتاجية بالحقول هو 2 مليون متر مكعب يومياً. أمّا الإنتاجية المستقبلية للحقول فتصل إلى 2.5 مليون متر مكعب يومياً [4].

مرافق تخزين المياه

تبلغ السعة التخزينية الإجمالية الحالية بمدينة طرابلس 149 ألف متر مكعب موزّعة بين خزانات صغيرة داخل محطات الضخ وتبلغ سعة التخزين بالمحطات التي تعمل 58 ألف متر مكعب، أمّا سعة المحطات العاطلة عن العمل فهي 91 ألف متر مكعب [5]. تعمل السعة المذكورة للموازنة بين معدل الإمداد من المصدر ومعدل الضخ، ولا يوجد خزانات للموازنة بين معدل الضخ من هذه المحطات ومعدلات الطلب من شبكة التوزيع؛ ممّا يتطلب الإمداد من المصدر بشكل مستمر، ولعلّ هذا الأمر يُفسّر ما تمت ملاحظته من مشغلي منظومة النهر إذ أن الكميات التي يتم ضخها لشبكة طرابلس ليلاً (حيث يكون الطلب أقل ما يمكن ليلاً) تكاد تتساوى مع الكمية المطلوبة نهاراً [6].

يمكن أن تضاف سعات تخزينية أخرى تقع ضمن حدود الحاضرة للسعة التخزينية المذكورة، كخزان سيدي السائح الذي تبلغ سعته 200 ألف متر مكعب، وخزان تاجوراء (داخل معسكر بئر الأسطى ميلاد) والذي تبلغ سعته 200 ألف متر مكعب، وخزان قصر بن غشير الموجود بمنطقة بئر التوتة والذي تبلغ سعته التخزينية 120 ألف متر مكعب. عليه فإن إجمالي السعة التخزينية المتاحة

حالياً في حاضرة طرابلس هي 669 ألف متر مكعب (تشمل خزان سيدي السائح) وهي بذلك تكفي لسد الاحتياجات لحوالي 1.5 يوم. أمّا السعة التخزينية بمنظومة الإمداد فتبلغ حوالي 819,180 متر مكعب؛ وبالتالي فإنّ إجمالي السعة التخزينية في منظومة الإمداد والخزانات الموجودة في الحاضرة معاً فهي 1,488,180 متر مكعب.

ولتقدير السعة التخزينية المطلوبة للوضع الحالي، تم تجميع البيانات المتوفرة على معدلات الطلب وتغيراتها (دون الأخذ في الحسبان السكان غير الموصلين بشبكة الإمداد)، فبلغ متوسط الطلب الحالي حوالي 530 ألف متر مكعب في اليوم [7]، ومعامل الطلب الأقصى هو 1.2 ومعامل الطلب الأدنى هو 0.6. ومن خلال تقدير الطلب خلال ساعات اليوم بين الطلب الأقصى والمتوسط والأدنى، وبفرض أن الضخ إلى الشبكة بمعدل يساوي متوسط الطلب فإن السعة التخزينية التقديرية اللازمة للموازنة هي 51166.8 متر مكعب. كما قُدّرت السعة التخزينية للحرائق بناءً على توصيات الوثيقة الاسترشادية لمعايير تصميم البنية التحتية، والتي توصي باعتبار حريقين متزامنين في المدينة مدة كُلاً منهما ساعتين، ومعدل الطلب على المياه بالنسبة للتجمعات التي يتجاوز تعدادها أكثر من 200 ألف نسمة هو 50 لتر لكل ثانية [8]؛ عليه فإنّ التخزين اللازم لإطفاء الحرائق هو 720 متر مكعب.

أمّا بالنسبة للسعة التخزينية للطوارئ بسبب أعمال الصيانة، فتقدّر بناءً على المدة اللازمة لصيانة العنصر الحرج بالمنظومة وهو صمام تفريغ مياه (BLOWOFF) ويقع بالمسار الجنوبي للمنظومة عند المحطة رقم 760+293؛ فبحدوث تسريب أو انهيار للصمام يترتب عليه إيقاف كاملاً للإمداد، ويحتاج فريق الصيانة لتفريغ المسار الجنوبي بالكامل من المياه أي مسافة 250 كم، وعند استكمال الصيانة يستوجب تعبئة المسافة المذكورة بالمياه قبل بدء عملية الإمداد مرة أخرى، وتستغرق عملية تعبئة المسار الجنوبي عند تفريغه بالكامل مدة 14 يوم [9]. وتقدّر مدة الانقطاع بحوالي ست وعشرين يوماً (جدول 1)، وذلك من خلال الاعتماد على الجدول الزمني لأعمال صيانة المسار الجنوبي لسنة 2009م [9].

جدول 1: تقدير مدة صيانة صمام تفريغ الواقع في المسار الجنوبي

رقم النشاط	العمل/ النشاط	المدة بالأيام
1	التفريغ الكامل للمسار الجنوبي	6
2	فك وتركيب الصمام (في حالة وجود صمام احتياطي).	1
3	تعبئة المسار الجنوبي في حالة التفريغ الكامل	14
4	تعبئة المسار الأوسط في حالة تفريغ غير الكامل	5
	الإجمالي	**26 يوم**

أمّا في حالة توقع حدوث انهيار أنابيب المسار الجنوبي عند المحطة رقم 750+293، فإن الأمر سيكون أكثر تعقيداً خصوصاً وأن مصنعي الأنابيب متوقفان عن العمل، ولا توجد خطة معينة لاستيراد أنابيب بنفس الأقطار. بفرض أنه بإمكان أحد المصنعين إنتاج هذه الأنابيب، والمدة اللازمة لتفريغ الخط ستكون أسرع بكثير من المدة المذكورة؛ فإنّ المدة المتوقعة لإنجاز أعمال الصيانة ستكون 52 يوماً (جدول 2).

جدول 2: تقدير مدة صيانة الأنبوب الرئيسي الواقع في المسار الجنوبي

رقم النشاط	العمل/ النشاط	المدة بالأيام
1	التفريغ الكامل للمسار الجنوبي*	3
2	تصنيع الأنابيب وأعمال الحفر والتركيب والردم	30
3	تعبئة المسار الجنوبي في حالة التفريغ الكامل	14
4	تعبئة المسار الأوسط في حالة تفريغ غير الكامل	5
	الإجمالي	**52 يوم**

*تم تقدير هذه المدة بناءً على أن تفريغ الخط سيكون أسرع في حالة الانهيار

عليه فإن المدة القصوى لأعمال الصيانة هي 52 يوماً، ويمكن اعتبارها شهرين بالأخذ في الحسبان الظروف المحلية والمحددات الحرجة، وهذه المدة تتساوي عملياً مع المدة اللازمة لصيانة خط البريقة؛ حيث استغرقت عملية تصنيع الأنابيب وأعمال الحفر والتركيب والردم حوالي شهراً [10]، حيث تعتبر مدة الانقطاع كبيرة مما يشير لضرورة زيادة اعتمادية منظومة التزويد لحاضرة طرابلس.

يمكن تقدير السعة التخزينية القصوى للطوارئ من خلال توفير الاحتياج اليومي من المياه في الطوارئ لمدة شهرين؛ ويُعرّف الطلب اليومي أثناء فترة الطوارئ بأنه الكمية المطلوبة لسد الاحتياجات الضرورية للفرد من المياه نتيجة لظروف استثنائية يتعرض لها المصدر، وهذه الكمية ضئيلة مقارنة بالطلب اليومي في الظروف الاعتيادية. يُقدّر الاحتياج اليومي للحاضرة في الطوارئ من خلال تقدير معدل طلب المياه أثناء فترة الطوارئ بحوالي 75 لتر/شخص/يوم، ونسبة الفاقد في الشبكة هي 40%، وعدد السكان سنة 2019 م هو 1,527,651 نسمة؛ فإن السعة التخزينية المطلوبة هي:

- الاحتياج المائي في الطوارئ = معدل طلب الطوارئ + الكمية المفقودة من الشبكة = 105 لتر/شخص/يوم.
- السعة التخزينية للطوارئ = احتياج الطوارئ x عدد السكان x مدة الانقطاع = 9.314 مليون متر مكعب.

ويمكن ملاحظة أنّ تأثير السعة المطلوبة للموازنة والحرائق ضئيلة جداً مقارنة بالسعة التخزينية للطوارئ، وإن سعة تخزين الطوارئ في هذه الحالة هي التي تحدد بالدرجة الأولى السعة التخزينية المطلوبة.

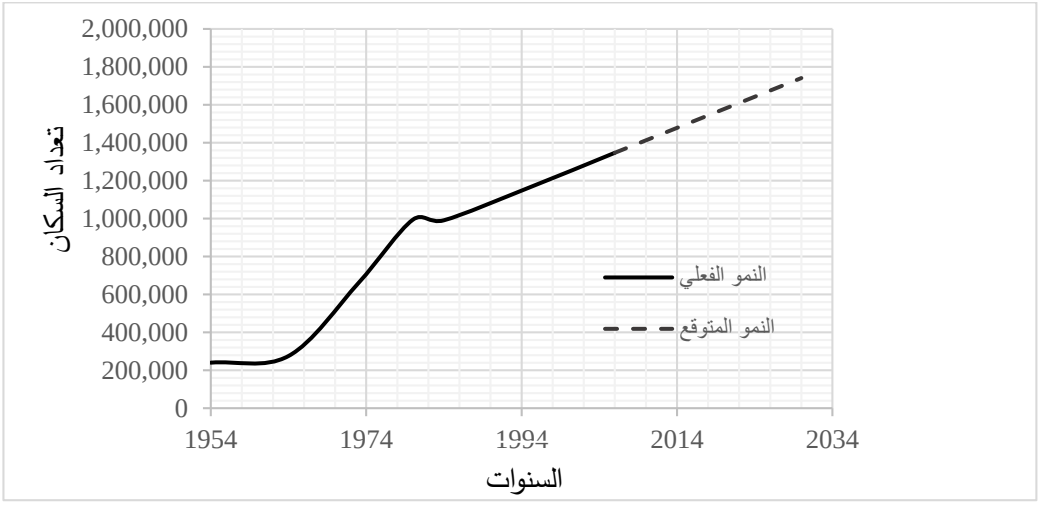
يقع العنصر الحرج للمنظومة بعد خزان فزّان وبعد خزانات حقول الآبار، وفي حالة حدوث ظرف طارئ بالقرب منه؛ فإن السعة التخزينية التي يمكن الاستفادة منها حوالي 529 ألف متر مكعب والموجودة في خزان الشويرف والقره بوللي وسيدي السائح، بالإضافة إلى الخزانات الموجودة داخل الحاضرة والتي تبلغ إجمالي سعاتها 469 ألف متر مكعب. وبذلك فإن إجمالي السعة التي يمكن الاستفادة منها في حالة وقوع الطارئ في المكان المذكور حوالي مليون متر مكعب وبناءً على ذلك فإن العجز في السعة التخزينية يقدر بحوالي 8.365 مليون متر مكعب.

التوقعات المستقبلية للوضع المائي

من المتوقع أن تشهد حاضرة طرابلس في السنوات القادمة تطورات كبيرة في التخطيط العمراني والبنية التحتية والتزويد بالمياه، خاصة أنه لم يتم تنفيذ مخطط شامل للحاضرة منذ حوالي 15 سنة؛

عانى فيها السكان مشاكل قلة المساحات والأراضي الحضرية المخططة واللجوء إلى العشوائيات في البناء، وعدم استكمال شبكة توزيع المياه لبعض التجمعات الواقعة داخل المخطط ممّا أدّى إلى تدنّي مستوى الخدمة بالشبكة.

ومن خلال مقارنة نمو سكان الحاضرة خلال السنوات الماضية بمنحنى النمو الطبيعي (شكل 2)؛ فمن المتوقع أن يزداد عدد سكان الحاضرة خطياً بدءً من السنة الابتدائية وهي سنة 2006م التي بلغ فيها عدد السكان 1,347,086 نسمة وصولاً لـ 1,741,045 نسمة سنة 2030م.



شكل 2: منحنى النمو المتوقع لسكان حاضرة طرابلس

الطلب على المياه للفترة 2020م –2030م

لتقدير الطلب المستقبلي للحاضرة على المياه حسب عدد السكان المستقبلي ومعدل الطلب الشخصي على المياه الذي يمكن أن يبقى ثابتاً أو أن يزداد أو أن ينخفض. وبما أنّ معدلات الطلب على المياه الحالية عالية بالنسبة لدولة فقيرة مائياً فإنه من المفترض أن تخفّض حتى تصل 300 لتر/ شخص/ يوم أو أقل؛ وذلك بعد التحسينات التي يجب القيام بها على الشبكة والتحكم في الفاقد وزيادة الوعي بأهمية المحافظة على المياه، حيث أن الكثير من الدراسات أشارت إلى أن معدل الفاقد في المياه عالٍ نتيجة لتهالك الشبكة. ولذلك فإن عملية ضبط الفاقد في الشبكة من شأنها أن تخفّض معدل الطلب الشخصي اليومي على المياه. ونتيجة لهذا فإن طلب المدينة على المياه يقدّر بحوالي 523 ألف متر مكعب يومياً بحلول 2030م.

الإمداد المائي لمدينة طرابلس في سنة 2030م

قدّرت الدراسات السابقة [11,3] على شبكة مدينة طرابلس أن معدل الطلب الشخصي حوالي 470 لتراً في اليوم وعليه يكون احتياج مدينة طرابلس أكثر من القدرة الاستيعابية للشبكة وهي 680 ألف متر مكعب مع حلول سنة 2020م.

وبما أنّ حاضرة طرابلس تمتلك شاطئاً يقارب 60 كم فإنه من الممكن إمدادها بالمياه من خلال محطات تحلية لمياه البحر. وفي هذا الإطار فقد أصدرت رئاسة الوزراء في أواخر سنة 2013م قراراً بإنشاء محطة تحلية تصل سعتها إلى 500 ألف متر مكعب في اليوم لإمداد مدينة طرابلس بالمياه، إلاّ أن الاجراءات التنفيذية لهذا القرار لم تباشر بعد. ولأسباب فنية واقتصادية فقد اقترح توفير السعة

الإنتاجية من خلال محطتين للزيادة من كفاءة واعتمادية منظومة الامداد، على أن يتم التنفيذ على مرحلتين متتاليتين وفي موقعين مختلفين هما تاجوراء وجنزور وتستكمل مع حلول عام 2025م. يمكن ربط محطتي التحلية مع منظومة الإمداد القائمة حالياً عن طريق ضخ المياه المنتجة إلى خزان سيدي السائح، وخزان تاجوراء، وخزان عين زارة وطريق المطار، وخزانات أخرى تُنفذ داخل التجمعات السكنية؛ وبذلك يمكن استغلال هذه الخزانات والخطوط الرئيسية التي تربط منظومة الإمداد وشبكة مياه مدينة طرابلس، وتبقى عملية ضخ المياه من محطة التحلية إلى الخزانات ذات مزايا عدة هي:

1. يمكن تشغيل محطات التحلية طول اليوم ودون توقف؛ إذ أنّ تشغيل المحطة على فترات متقطعة خلال اليوم يؤثر سلباً على أدائها والعمر الافتراضي لها [12].
2. طبيعة الأرض في حاضرة طرابلس ذات ميول باتجاه الساحل ما يمكن من انسياب المياه طبيعياً من الخزانات إلى المدينة.
3. الشبكة القائمة حالياً لا يمكنها استيعاب الضخ من الساحل باتجاه جنوب المدينة، حيث أن بعض الأنابيب الموجودة بالقرب من الساحل صغيرة تصل إلى قطر 100 ملليمتراً.
4. تخفيض تركيز الأملاح الذائبة وبعض الأيونات الأخرى في مياه المنظومة القائمة؛ بخلط مياه النهر الصناعي مع المياه المنتجة من محطات التحلية ذات الأملاح الذائبة المتدنية.
5. وضع آلية لتحديد سعر معين للمتر المكعب يساعد في الحد من الاستهلاك.

السعة التخزينية للطوارئ لسنة 2030م

تمّت الإشارة في تحليل الوضع المائي القائم إلى أنّ التخزين اللازم للطوارئ هو المؤثر الأساسي على السعة التخزينية؛ تعتبر سعة التخزين المطلوبة للمنظومة القائمة كبيرة، ويمكن تخفيض السعة التخزينية المطلوبة للطوارئ عن طريق التحكم في المؤثرات الأساسية على هذا النوع من التخزين، كمعدل الطلب على المياه، والمدة اللازمة لزوال تأثير هذا الطارئ.

يمكن التحكم في المدة اللازمة لتخزين الطوارئ بالرفع من اعتمادية منظومة جبل الحساونة / سهل الجفارة، وذلك من خلال توفير احتياطي مناسب لقطع الغيار بالنسبة للأجزاء الحرجة، وإجراء أعمال الصيانة اللازمة لمنظومة القرضابيه/ السدادة؛ وتوفير مصادر إمداد احتياطيه تشترك مع المنظومة القائمة في توفير متطلبات استخدام المياه.

يمكن لعملية الإمداد بالمياه من مصدرين مستقلين أو أكثر أن توفر مرونة في الامداد والتي بدورها تخفّض مدة تخزين الطوارئ؛ فبحدوث طارئ للمصدر الأول يمكن للمصدر الثاني تلبية الطلب اليومي للطوارئ على الأقل وعلى العكس تماماً. كما يجب الأخذ في الحسبان حدوث طارئين متزامنين لمصدري المياه بالنسبة لمنظومات المدن الكبيرة؛ وعندئذ ستكون مدة التخزين هي المدة الأقل لزوال الطارئ عن أحد المصدرين، فعند بلوغ المدة اللازمة لزوال الطارئ يمكن إعادة تشغيل المصدر وتستمر أعمال الصيانة بالنسبة للمصدر الآخر.

أمّا بالنسبة لمعدلات الطلب على المياه فيمكن ذكر بعض النقاط التي من شأنها أن تخفض معدلات الطلب إضافة إلى النقاط المذكورة في فقرة الطلب على المياه للفترة 2020م –2030م، وهي:

1. الإعلان عن حالة الطوارئ وترشيد استخدام المياه.
2. تخفيض الطلب على المياه بتخفيض ضغط المياه في الشبكة؛ والذي من شأنه تخفيض الفاقد في المياه.
3. ضخ المياه للمستخدمين في ساعات معينة من اليوم.

4. إلزام مالكي المنازل والعمارات السكنية والتجارية والصناعية والعامة بإنشاء خزانات مياه تُقّدر سعتها بتقدير عدد أفراد الأسرة، ومعدل الطلب خلال الطوارئ هو 75 لتر للشخص في اليوم للمدة التي يستمر فيها التوقف.

نتائج الدراسة

لتقدير السعة التخزينية المطلوبة للطوارئ لسنة الهدف، سيتم تحديد عناصر المنظومة المستقبلية المتوقعة للإمداد والطوارئ المحتمل حدوثها لكل مصدر، وكذلك حالة شبكة التوزيع ومعدل الطلب فيها، وهي كالآتي:

مصادر إمداد المياه المتوقعة لمدينة طرابلس في الفترة 2020م – 2030م

1. منظومة جبل الحساونة / سهل الجفاره بإمكانها توفير 650 ألف متر مكعب يومياً [13].
2. منظومة القرضابيه/ السدادة بإمكانها توفير 500 ألف متر مكعب يومياً [13].
3. محطتا تحلية مياه بسعة 500 ألف متر مكعب يومياً بجنزور وتاجوراء.

اعتمادية مصادر الإمداد المستقبلية والظروف التشغيلية الخاصة بها

1. وقدرت مدة الطوارئ المتوقع أن تواجهها منظومتي جبل الحساونة / سهل الجفارة والقرضابيه/ السدادة بشهرين.
2. من المتوقع أن تكون منظومة القرضابيه/ السدادة غير قادرة على إمداد مدينة طرابلس مستقبلاً بالمياه؛ وذلك لتوقعات الزيادة في الطلب بالمدن التي تتغذى من حقول آبار السرير وتازربو بالإضافة إلى تفاقم المشاكل التشغيلية بمنظومتي المرحلة الأولى والثالثة (السرير/ بنغازي، تازربو / سرت، القرضابيه/ السدادة) بالآونة الأخيرة [6].
3. من المتوقع ان تتوقف محطات التحلية بسبب حوادث تشغيلية طارئة كانقطاع الكهرباء عن المحطة، أو مشاكل في مدخل مياه البحر، أو انهيار ناقلة نفط بالقرب من الشواطئ الليبية. يصعب تقدير المدة اللازمة لزوال الطارئ نظراً لأن المحطة لم تنشأ بعد، ولم يسبق أن حصل انهيار لأي ناقلة نفطية بالقرب من الشواطئ الليبية. لذلك فإن المدة التقديرية للتوقف هي 25 – 30 يوماً وتعتمد هذه المدة على كل من المتغيرات الآتية:
   - حجم الناقلة ومواصفاتها (خزان واحد بالسعة الكلية أم مقسّم إلى عدة خزانات مستقلة)
   - الطريقة التي ستستخدم لإزالة النفط الخام أو مشتقاته من مياه البحر.
   - الجهة التي ستقوم بعملية الإزالة هل ستكون جهة محلية أم دولية؟

أمّا بالنسبة للظروف الطارئة في التشغيل فيمكن تخفيضها برفع اعتمادية المحطة كتصميم مأخذين أو أكثر من مياه البحر، ومصادر طاقة احتياطية وغيرها من الإجراءات التي من شأنها أن تخفض من حدة الطارئ. ويمكن تقدير فترة تخزين الطوارئ في حالة تعدد المصادر وفقاً للاحتمالات الآتية:

1. عند حدوث طارئ لمنظومة جبل الحساونة / سهل جفاره؛ فإن محطة التحلية تستطيع أن توفر 500 ألف متر مكعب يومياً، وبذلك يمكن تغطية الطلب عند الطوارئ (131 ألف متر مكعب في اليوم).
2. عند حدوث طارئ لمحطة التحلية؛ فإن حقول آبار جبل الحساونة تستطيع أن توفر 650 ألف متر مكعب يوميا (سعة تصميمية) وبذلك يمكن تغطية الطلب عند الطوارئ (131 ألف متر مكعب في اليوم).

3. عند حالة حدوث طارئ لمحطتي التحلية متزامن مع منظومة جبل الحساونة/سهل جفاره؛ فستتم تغطية الطلب الطوارئ لمدة 30 يوماً عن طريق خزان الطوارئ.

تقدير السعة التخزينية المطلوبة للطوارئ

لتقدير السعة التخزينية المستقبلة تم توقع ثلاثة توجهات محتملة لمصادر الإمداد المستقبلية ومعدلات طلب سكان الحاضرة (1,741,045 نسمة) في سنة 2030م خلال فترة الطوارئ وهي:

- **التوَجّه الأول:** الاستمرار في التزويد من مصدر واحد، وعدم إجراء تحسينات على الشبكة وضبط الفاقد فيها ووصولاً إلى نسبة فاقد 50% من معدل الطلب اليومي، هذا يعني أن معدّل طلب الطوارئ سيصبح 112.5 لتر/شخص/يوم؛ وبالتالي فإنّ السعة التخزينية للطواري هي 11.75 مليون متر مكعّب.
- **التوَجّه الثاني:** الاستمرار في التزويد من مصدر واحد، واستكمال التحسينات على الشبكة وضبط الفاقد فيها؛ أي أن معدّل طلب الطوارئ سيصبح 75 لتر/شخص/يوم؛ وبالتالي فإنّ السعة التخزينية للطواري هي 7.84 مليون متر مكعّب.
- **التوَجّه الثالث:** إنشاء محطتي تحلية مياه جنزور وتاجوراء (مصدري إمداد)، وضبط الفاقد في الشبكة؛ أي أنّ مدة تخزين الطوارئ 30 يوماً ومعدّل طلب الطوارئ سيصبح 75 لتر/شخص/يوم؛ وبالتالي فإنّ السعة التخزينية للطواري هي 3.93 مليون متر مكعّب.

يتوفّر من السعات التخزينية المطلوبة في التوجهات السابقة حوالي مليون متر مكعب كسعة تخزينية قائمة؛ فإنّ العجز في التخزين لسنة 2030م في التوجّهات السابقة هو 10.75 و6.84 و2.93 مليون متر مكعب بالترتيب. قدّرت السعة التخزينية المطلوبة للحاضرة خلال السنوات القادمة وعلى فترة 5 سنوات وحتى سنة 2030م (جدول 3) وذلك حسب الثلاث توجهات المحتمل حدوثها؛ ويتّضح من خلال السعات المذكورة تأثير الإمداد من مصدري المياه المقترحين على السعة التخزينية المطلوبة لسنة الهدف، حيث تم تخفيضها من 6.84 مليون متر مكعب إلى 2.92 مليون متر مكعب، أي بنسبة حوالي 57 %. يعتبر التوَجّه الثالث هو التوجه المرجّح للتنفيذ وهو أن تتغذى المنظومة المستقبلية المتوقعة لسنة 2030م من مصدرين هما حقول آبار جبل الحساونة، ومحطات التحلية؛ لما في هذا التوجه من تقليل السعة التخزينية المطلوبة للطوارئ، والاستفادة من الكميات المنتجة من المصادر المقترحة.

جدول 3: السعة التخزينية المطلوبة خلال السنوات 2020م –2030م

السنة	تعداد السكان	السعة التخزينية المطلوبة في التوجه (1) (مليون متر مكعب)	السعة التخزينية المطلوبة في التوجه (2) (مليون متر مكعب)	السعة التخزينية المطلوبة في التوجه (3) (مليون متر مكعب)
2020	1576896	9.64	6.1	2.55
2025	1658971	10.2	6.47	2.73
2030	**1741045**	**10.75**	**6.84**	**2.92**

مناقشة النتائج

من خلال نتائج السعة التخزينية المطلوبة للطوارئ في سنة 2030م يتضح ضرورة توفير مصادر بديلة أو رديفة للمنظومة (استكمال إنشاء محطات التحلية قبل 2025م) وضبط الفاقد في

الشبكة لذلك فإن السعة الواجب تنفيذها هي 2.92 مليون متر مكعب. ومن المقترحات التي يمكن تنفيذها بخصوص السعة التخزينية المطلوبة هي:

- **إنشاء خزان واحد بالسعة الكلية**

من المقترح إنشاء خزان الطوارئ في منطقة سوق الأحد يتغذى من فتحات التغذية المخصصة للمشاريع الزراعية بالمنطقة، وتصبح تغذية هذه المشاريع من الخزان وليس من المنظومة مباشرة، أو يمكن تغذية الخزان من الفتحة المستقبلية الموجودة على الخط الرئيسي للمنظومة الموجودة عند فندق العلوص، أو الوصلة الرابطة بين المسار الشرقي والمسار الأوسط. يُقترح أن يكون الخزان متعدد الأغراض ففي الظروف الاعتيادية تروى المشاريع الزراعية من الخزان، وتستمر تغذية حاضرة طرابلس من خزان سيدي السائح؛ وفي حالة حدوث طارئ بالمنظومة يتم إيقاف الإمداد على المشاريع الزراعية، وتتم تغذية الحاضرة من الخزان نفسه.

ونتيجة للسعة التخزينية الكبيرة المطلوبة، من المقترح أن يكون الخزان مفتوحاً بحيث تحجز المياه كبحيرة سد؛ وبذلك تكون التكلفة الإنشائية للخزان أقل منه في حالة كان هذا الخزان مغلق. إلاّ أنّ التجربة السابقة لمنظومتي السرير – بنغازي، وتازربو – سرت والمشاكل التي تعرضت لها الخزانات المفتوحة للتلوث بمخلفات الطيور ونمو الطحالب، بالإضافة إلى معدلات البخر العالية نتيجة ارتفاع درجات الحرارة؛ فإنه قد تقرّر عدم إنشاء خزانات أخرى مفتوحة بالمنظومة. كمّا أن إنشاء السعة التخزينية المطلوبة في خزان واحد تخفّض اعتمادية المنظومة وذلك لاحتمالية حدوث مشاكل تشغيلية بالخزان أو بالقرب منه تحول دون الاستفادة من السعة المخزّنة.

- **توزّع السعة المطلوبة على خزانات بسعات أصغر**

يمكن أن توزع السعة التخزينية المطلوبة بين عشرة خزانات، سعة كل واحد منهم 300 ألف متر مكعب يتم إنشاؤها في الحاضرة؛ وبهذه الطريقة تكون المنظومة أكثر تكلفة ولكنها أكثر اعتمادية لتخفيض احتمالية حدوث حوادث انقطاع المياه. يمكن أن تكون للخزانات خطوط تغذية خاصة بها، وتضخ المياه من الخزانات لتغذية الشبكة؛ على أن تكون ضمن تحسينات الشبكة إمكانية توصيل محطات ضخ بها. من المقترح أيضا أن توصّل الخزانات بالشبكة القائمة لغرض الموازنة بين الإمداد المستمر بالمياه والطلب المتغير في الشبكة، وضمان توفير المياه عند الذروة.

ومن خلال الاطلاع على المشاريع المنفذة فإنّ تكاليف إنشاء المتر المكعب الواحد للخزانات التي تزيد سعتها على 200 ألف متر مكعب تتراوح بين 200 إلى 400 د.ل؛ لذلك فإن التكلفة التقديرية للسعة المطلوبة تقدّر بحوالي 600 مليون دينار ليبياً.

- **تخزين طوارئ على مستوى منظومة جبل الحساونة/ سهل الجفارة**

يمكن إنشاء خزانات طوارئ على مستوى منطقة الخدمة لمنظومة جبل الحساونة/ سهل الجفارة، شاملة متطلبات التخزين لكل التجمعات الحضرية التي تتغذى من المنظومة بما فيها حاضرة طرابلس. وفي هذه الحالة يمكن إنشاء خزان لكل فرع من فرعي المنظومة وبسعات تقديرية (كأن تكون 65% من السعة على المسار الشرقي و35% على المسار الأوسط بحكم أن المستفيدين من المياه بالمسار الشرقي أكبر) وذلك لأن السعة لن تتغير بالدرجة الكبيرة بحكم أن حاضرة طرابلس تفوق المدن الأخرى في التعداد السكاني بحوالي ثلاثة أضعاف. ويتميز هذا البديل بأنه يقدم حلاً لمشكلة التخزين للمنطقة بأكملها.

- **تقسّم السعة المطلوبة إلى خزانات مركزية وخزانات منزلية**

يمكن أن تقسّم السعة المطلوبة بين خزانات رئيسية في حاضرة طرابلس أو على مستوى المنظومة وخزانات منزلية أرضية؛ وتحدد سعة كل منهما بناءً على نسبة يتم دراستها (كأن تكون 60% للخزانات الرئيسية و40% للخزانات المنزلية) وبالتالي تكون المنظومة أكثر اعتمادية وتخفّض تكاليف الإنشاء على حساب المواطنين. تحدد سعة التخزين المنزلية بناءً على عدد أفراد الأسرة ومعدل طلب الطوارئ هو 75 ل/ش/ي ومدة تخزين هي 30 يوماً؛ ويتم إدراجها ضمن الشروط والمواصفات الفنية لترخيص المباني التي ستنشأ حديثاً.

ويظل إنشاء خزانات صغيرة داخل حاضرة طرابلس الخيار الأنسب للاستفادة الأمثل من السعة التخزينية، وتوفير المرونة الكافية للتشغيل في الظروف الاعتيادية والطارئة. كما يمكن أن يستفاد من هذه الخزانات في الموازنة المائية لشبكة طرابلس بدلاً من أن تضيع كميات المياه المنقولة من مئات الكيلومترات يومياً، ويكون هذا ممكناً في حالة إنشاء بعض الخزانات داخل المدينة أو على حدودها.

الاستنتاجات

1. عدم توفر البيانات الأساسية المتعلقة بمعدل الطلب الشخصي على المياه لحاضرة طرابلس، وتدنّي حالة شبكة التوزيع الفنية، وصعوبة توقّع الانقطاعات المائية ومسبباتها؛ يجعل تقدير السعة التخزينية للمياه بحاضرة طرابلس تحدياً كبيراً.
2. عدم تخزين أنابيب رئيسية احتياطية ضمن مخازن منظومة جبل الحساونة– سهل الجفارة، وعدم اعتماد خطة لاستيراد الأنابيب؛ يقلّل من الاعتماد على منظومة الإمداد الحالية ويزيد في المدة المطلوبة للصيانة.
3. عدم وجود صمامات لإيقاف الدفق على طول المسار الجنوبي لمنظومة النهر الصناعي – المرحلة الثانية؛ يؤدي الي توقف عملية التزويد بالمياه، فعند صيانة هذا المسار يجب تفريغ المياه ثم تعبئة الخط بمسافة حوالي 250 كم؛ ممّا يستوجب دراسة إمكانية تركيب صمامات قفل على المسار لتجنّب عملية تفريغ وتعبئة المسار بأكمله.
4. العنصر الحرج بمنظومة جبل الحساونة – سهل الجفارة هو صمام تفريغ المياه ويقع بالمسار الجنوبي للمنظومة عند المحطة رقم 760+293، ويترتب على صيانة هذا العنصر إيقاف الإمداد المائي بالكامل؛ ممّا يستدعي الكشف المستمر عن صلاحيتها مع توفير بدائل وقطع الغيار الخاصة به.
5. يوجد عجز في السعة التخزينية المطلوبة للطوارئ في حاضرة طرابلس سنة 2030م وقد تم تقديره وفقا لثلاثة توجهات محتمل حدوثها وهي:
   - يبلغ العجز في السعة التخزينية 10.75 مليون متر مكعب في حالة الاستمرار في التزويد من مصدر واحد، وعدم إجراء تحسينات على الشبكة وضبط الفاقد فيها وصولاً إلى نسبة فاقد 50% من معدل الطلب اليومي.
   - يبلغ العجز في السعة التخزينية 6.84 مليون متر مكعب في حالة الاستمرار في التزويد من مصدر واحد، واستكمال التحسينات على الشبكة وضبط الفاقد فيها.
   - يبلغ العجز في السعة التخزينية 2.92 مليون متر مكعب في حالة الاستمرار في الامداد من منظومة جبل الحساونة – سهل الجفارة وإنشاء محطتي تحلية مياه جنزور وتاجوراء، وضبط الفاقد في الشبكة.
6. عدم وجود خزانات مياه داخل شبكة مدينة طرابلس للموازنة بين الإمداد المستمر من محطات الضخ والطلب المتغير في الشبكة؛ لذا يجب إنشاء خزانات بالسعة المطلوبة ويفضّل تقسيمها لخزانات تنشأ داخل الحاضرة للاستفادة منها في الموازنة اليومية وأثناء الطوارئ.

المراجع

[1] أنور الجرنازي، النمو العشوائي والمخططات الحضرية بليبيا، دراسة لنيل الماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، 2010م.

[2] المكتب الاستشاري بولسيرفيس – فاديكو، التقرير الشامل لمدينة طرابلس، 1985م.

[3] Khaled Rashed, Challenges facing urban sector in Libya, BHS Third International Symposium: Role of hydrology in managing consequences of a changing global environment, ncl, uk, 20/7/2010.

[4] جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر الصناعي – ليبيا، كتيب التشغيل والصيانة، 2005م.

[5] الشركة العامة للمياه والصرف الصحي – ليبيا، قسم التشغيل والصيانة، تقرير داخلي، 2014/1م.

[6] محمد الحجاجي، مدير منظومة جبل الحساونة– سهل الجفارة، جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر الصناعي– ليبيا، اتصال شخصي، 2013/12م.

[7] جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر الصناعي – ليبيا، قسم الإنتاج، منظومة التحكم، تقرير شهري، 2013م.

[8] الوثيقة الاسترشادية، معايير تصميم مشاريع البنية التحتية، جهاز تنفيذ مشروعات الإسكان والمرافق– ليبيا، 2010م.

[9] جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر – ليبيا، المخطط الزمني لصيانة المسار الجنوبي للمنظومة، 2009م.

[10] خليفة النواع، شركة النهر للإنشاء وصناعة الأنابيب، دولة ليبيا، مقابلة شخصية، 2013/12م.

[11] دولة ليبيا، وزارة التخطيط، البرنامج الوطني للمياه والصرف الصحي، 2005م.

[12] خالد بن دله، الشركة العامة لتحلية المياه، مقابلة شخصية، 2013/12م.

[13] عثمان القبطان، مدير قسم الهيدروليكا، جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر الصناعي – ليبيا، اتصال شخصي، 2014/1م.