

Using quality index (NSFWQI) to determine the quality of water for (AL-BASEL Dam Lake) in Tartous.

Dr. Hana Salman*
Dr. Haetham Jnad**
Ritta Kabbas***

(Received 2 / 7 / 2017. Accepted 12 / 12 / 2017)

□ ABSTRACT □

This research aims to evaluate validity of AL- Bassel Dam Lake for the purposes of drinking by using Water quality indices, to achieve this aim, PHysical, chemical and bacterial measurements in four locations of the lake (S1, S2, S3, S4) were conducted periodically. The work continued to conduct tests for full hydrological cycle as of January (2016) until December (2016).The parameters measured are the following: Temperature Changes of water, PH- Value, Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, NO_3^- , Total Suspended Solid, Turbidity, PO_4^{-3} and Fecal Coliform. Results were represented diagrammatically and then the resulting values were compared with the allowable values the potable water according to the Syrian Specifications Standards no (45) (2007). Many of parameters have exceeded the allowable limits specifically. In accordance with the results that have been obtained, the lake has been classified according to the international quality index (NSFWQI) and was at the grade (C) in the sampling sites (S1, S2, S3) and the description was (Medium), and was at the grade (D) in the sampling site (S4) and the description was (Bad). Consequently, the water of the lake was not good for drinking and needs treatment.

Keywords:AL- Bassel Dam Lake, Water quality index, the Syrian Specifications Standards, NSFWQI.

* Associate professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Assistant professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, Department of Environmental Engineering, Faculty of civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

استخدام مؤشر الجودة (NSFWQI) لتحديد نوعية مياه بحيرة سد الباسل في طرطوس.

الدكتورة هناء سلمان*

الدكتور هيثم جناد**

ريتا كباس***

(تاريخ الإيداع 2 / 7 / 2017. قَبْلُ للنشر في 12 / 12 / 2017)

□ ملخص □

يهدف البحث إلى تقييم صلاحية بحيرة سدّ الباسل للشرب باستخدام دلائل جودة المياه، وللوصول إلى هذا الهدف كان من الضروري إجراء تحاليل دورية فيزيائية، كيميائية وجرثومية لمياه البحيرة، في أربعة مواقع (S1-S2-S3-S4)، لدورة هيدرولوجية كاملة ابتداءً من كانون الثاني (2016) حتّى كانون الأول (2016). البارامترات التي تمّ قياسها هي الآتية: تغيّرات درجة حرارة المياه، الرقم الهيدروجيني، الأوكسجين المنحل، الطلب الحيوي للأوكسجين، النترات، المواد الصلبة المعلقة، العكارة، الفوسفات والعصيات الغائبية. تمّ تمثيل النتائج بيانياً وتمّت مقارنتها مع القيم المسموحة لمياه الشرب وفق المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) (2007)، فتبيّن أنّ العديد من البارامترات قد تجاوزت الحدود المسموح بها في المواصفة، وصنّفت مياه البحيرة وفق مؤشر جودة المياه العالمي (NSFWQI)، وكانت من الدرجة (C) في مواقع العينات (S1-S2-S3) والوصف متوسط. أما في موقع العينة (S4) فصنّفت من الدرجة (D) والوصف سيئ، وبالتالي مياه البحيرة غيرصالحة للشرب وتحتاج إلى تنقية.

الكلمات المفتاحية: بحيرة سد الباسل، مؤشر جودة المياه، المواصفة القياسية السورية، NSFWQI.

* أستاذ مساعد، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

** مدرس، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير)، قسم البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

مقدمة:

مع تنامي وثيرة الحديث عن احتمال تعرّض مناطق ودول العالم خلال السنوات المقبلة، لما يعرف بالفقر المائي، أصبحت الحاجة ملحة إلى الاهتمام بوضع خطط وطنية لتصنيف نوعية المياه خاصة مسطحات المياه العذبة، نظراً لدورها الهام في التوازن البيئي [1]، حيث تقوم المؤسسات والهيئات المهتمة بجودة المصادر المائية بتصميم وإدارة مشاريع وبرامج لمراقبة جودة المياه، ومهمة هذه البرامج دراسة وتعيين بارامترات الجودة أو بعضها (بحسب الهدف من المشروع) عن طريق القياسات الحقلية أو بواسطة القياسات المخبرية عبر جمع العينات وتحليلها ومن ثم تحليل النتائج وتقييمها وإصدار التقارير النهائية التي تساعد في اتخاذ الإجراءات اللازمة لضمان سلامة المياه، ومن الأفضل لو توحدت تقنيات التصنيف تلك في مؤشر تصنيف شامل [2]. ففي عام 2004 قام عدد من الباحثين في الولايات الأمريكية بوصف مؤشرات لجودة المياه [3]، موجودة منذ عام 1972 عندما أصدر قانون الماء النظيف الذي اشترط وجود هيئة تشريعية لتحديد معايير لجودة المياه، وكذلك تحديد الحمولة اليومية الأعظمية للملوثات التي يستطيع المصدر المائي أن يتلقاها ويبقى ملائماً للمعايير النظامية [4]. وقد تبنت عدة منظمات عالمية فكرة وضع مقاييس لضبط جودة المياه للاستخدام، وبالتالي أصدرت كلاً منها مؤشراً لتقييم نوعية المياه في البلاد، مع الأخذ بعين الاعتبار حاجة الاستخدام لهذا المصدر (شرب، زراعة، تربية أسماك، صناعة، وغيرها)، ومنها على سبيل المثال:

▪ مؤشر جودة المياه الكولومبي (BCWQI: British Columbia Water Quality Index) الذي طُوّر في وزارة البيئة في كندا، ويعتمد على تحديد نوعية المياه حسب هدف الاستخدام [5].

▪ مؤشر جودة ولاية أوريغون (OWQI: Oregon Water Quality Index) الذي أُصدر من قبل مختبر الجودة البيئية في ولاية أوريغون في أمريكا، وذلك عام 1980، وهو يُحسب بالاعتماد على البارامترات التالية: (الأوكسجين المنحل، الطلب الجيوي للأوكسجين، العسويات الغائطية، النترات، الفوسفور الكلي، المواد الصلبة المعلقة، الرقم الهيدروجيني، الأمونيوم، درجة الحرارة) [6].

▪ المؤشر (WEPWQI: Watershed Enhancement Program) الذي طُوّر في مدينة دايتون في ولاية أوهايو الأمريكية عام 1996، وقد عبّر عنه بميزان تصنيف (ممتاز - جيد - معتدل - فقير) [7].

▪ المؤشر (NSFWQI: National Sanitation Foundation Water Quality Index) الذي طُوّر في الولايات المتحدة ويعتمد على البارامترات التالية: (الأوكسجين المنحل، الطلب الجيوي للأوكسجين، العسويات الغائطية، النترات، الفوسفور الكلي، المواد الصلبة المعلقة، الرقم الهيدروجيني، العكارة، درجة الحرارة) [8]. والذي عبّر عنه بالموديل الرياضي التالي [9,3]:

$$NSFWQI = \sum_{i=1}^p w_i Q_i$$

p : عدد البارامترات الداخلة في الحساب وعددها تسعة.

Q_i : مؤشر فرعي ويُؤخذ من منحنيات التقييم الخاصة بكل بارامتر.

W_i : وزن كل بارامتر بحسب أهميته وتأثيره على نوعية المياه.

ويتم التقييم بمقارنة قيم المؤشر مع المعايير النظامية للتصنيف والخاصة به وفق الجدول (1) التالي:

الجدول (1): المعايير النظامية لتصنيف جودة المياه وفق مؤشر الجودة (NSFWQI) [9,3].

Water Quality Index Legend		
الدرجة	الجودة (Quality)	المجال Range
A	Excellent (ممتاز)	90-100

70-90	Good (جيد)	B
50-70	Medium (متوسط)	C
25-50	Bad (سيئ)	D
0-25	Very bad (سيئ جداً)	E

إنّ هذا المؤشر هو الأكثر انتشاراً وهو خطوة ممتازة وأدلة إدارية عامّة لمعرفة نوعية المياه، وقد طُبّق على نطاق واسع في عدّة مناطق في العالم منها البرازيل [10]، الهند [13,12,11]، إيران [16,15,14]، إندونيسيا [17]، وسورية [20, 19, 18].

أهمية البحث وأهدافه:

بما أنّ سدّ الباسل مورد مائي هام، ويتمّ استخدامه لريّ مساحات واسعة من الأراضي الزراعية، ويستقبل كمّيّة كبيرة من الملوثات إلّا أنّه لم تجر حتّى الآن دراسة شاملة وفق الأسس المرجعية العالمية لتقييم نوعية مياه البحيرة إنّما يوجد بعض القياسات التي تدلّ على مؤشرات غير كافية، وتأتي أهمية هذا البحث من كونه سيشكل لبنة أساسية في مجال دراسات جودة مياه البحيرة بغاية الضبط والتحكّم الشامل بها على المدى البعيد، ومن ثمّ وضع السياسات والخطط المناسبة لتحقيق درجة الجودة المقبولة بيئياً.

ويتجسّد الهدف الأساسي من هذا البحث في:

- إجراء التحاليل الدورية الفيزيائية والكيميائية والجرثومية، ثمّ مقارنتها مع المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) عام (2007)[21].
- تحديد مستويات جودة مياه البحيرة وفق مؤشر الجودة (NSFWQI).
- إعداد التوصيات والاقتراحات للحيلولة دون وصول الملوثات لبحيرة سدّ الباسل وتحسين نوعية مياهها.

طرائق البحث ومواده:

يقع سدّ الباسل على نهر الأبرش جنوب مدينة صافيتا بحوالي 8 كم، ويعمل على توفير مياه الري والثروة السمكية للمناطق المحيطة به، وقد باشرت الجهة المنفذة لمشروع السدّ (الشركة العامة لاستصلاح الأراضي) بتنفيذه في عام (1990) ليتمّ وضعه في الاستثمار الفعلي في عام (1998) بحجم تخزين أعظمي (113.16) مليون متر مكعب، وإرواء حوالي (10000 hec) من الأراضي الزراعية المحيطة. وهو سدّ ركامي يتكوّن من ردميات غضارية ورمليّة وحصى نهريّة وصخرية، وبارتفاع (50 m) عن مستوى تأسيسه (50 m)، ويبلغ طول القمّة (733 m)، وعرض قمّة السدّ (8 m)، وعرض قاعدته (195 m)، له مفيض جانبي بتصريف أعظمي (514 m³/s)، وقد أنشئت بحيرة السدّ بمساحة (689 hec)، وطول (6.3 km)[22]. إنّ بحيرة سدّ الباسل مورد مائيّ هامّ إذا يُعتبر سدّ الباسل من أهمّ مشاريع الريّ في محافظة طرطوس، وتأخذ بحيرة الباسل شكل الأخطبوط حيث تكثُر فيها الخلجان وتتعرّض البحيرة إلى الكثير من مصادر التلوّث البشري إذ تصبّ فيها مخلفات الصرف الصحي للعديد من التجمّعات السكانية الواقعة ضمن الحوض الساكب، وتتوضّع عدد من مكبات القمامة العشوائية بالقرب من السدّ، ومنها ما يُصرف إلى مياه البحيرة مباشرة أو يُنقل من خلال السيول المتشكّلة أثناء حدوث الهطل المطري، بالإضافة إلى جريانات مياه الصرف

الزراعيّ المحمّلة بالأسمدة والمبيدات الحشريّة مع الهطولات المطريّة باتجاه مياه البحيرة والعمل على تلوّثها. ويمكن حصر الملوثات التي تصل إلى البحيرة بما يلي:

■ تلوّث ناتج عن النشاط البشري والحيواني عند أطراف البحيرة، فبحيرة سدّ الباسل تُعتبر معلماً سياحياً يقصده سكّان القرى المجاورة للاستجمام والسباحة، بالإضافة إلى مخلفات الصيد التي يتركها الصيادون وراءهم.

■ تلوّث ناتج عن المنشآت السياحية المحليّة والموسميّة الملاصقة لحرم البحيرة بالإضافة إلى انتشار الدواجن بالقرب من حرم البحيرة.

■ تلوّث ناتج عن التسرّب من الحفر الفنيّة المقامة عشوائياً في التجمّعات السكنيّة القريبة من البحيرة، بالإضافة إلى تلوّث ناتج عن مصبّ للصرف الصحي في البحيرة عند خليج بيت الشيخ يونس.

■ تلوّث ناتج عن مياه الأمطار وما تحمله معها من ملوثات بالجريان السطحي قبل أن تصبّ في البحيرة وخاصّة من الأراضي الزراعيّة.

وقد حدّدت مواقع العيّنات المائيّة في مناطق مختلفة من البحيرة، وكان توزّع النقاط كالتالي: (S₁) عند مدخل البحيرة تحت جسر السيسنية، (S₂) عند جسم السدّ، (S₃) عند بوابة الري، (S₄) بالقرب من خليج بيت الشيخ يونس حيث يوجد مصب للصرف الصحي، وتمّ توضيح مواقع نقاط الاعتيان في البحيرة على الشكل (1):



الشكل (1) مصوّر يوضح توضع نقاط الاعتيان الأربعة.

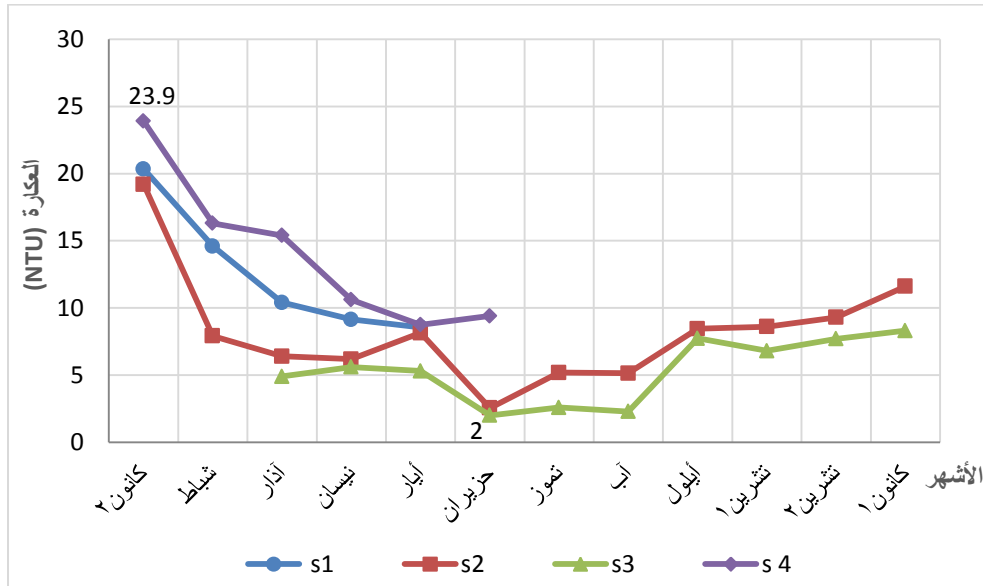
تمّ جمع العيّنات لإجراء التحاليل الفيزيائيّة والكيميائيّة والجرثوميّة منها بمعدّل مرّة واحدة في الشهر لمدة دورة هيدرولوجيّة كاملة تبدأ من شهر كانون الثاني عام (2016) وحتى كانون الأول عام (2016)، وذلك في الفترة الزمنيّة الواقعة ما بين الساعة التاسعة صباحاً والثانية عشر ظهراً. وجمعت عيّنات التحليل الكيميائي في عبوات بلاستيكيّة

نظيفة ومغسولة ومُعَدَّة لهذه الغاية أما عَيِّنَات التحليل الجرثومي، فجمعت في عبوات زجاجية نظيفة ومغسولة بالماء المقطر، ومُعَمَّدة بالحرارة في فرن درجة حرارته 160 درجة مئوية لمدة ساعتين ونصف. تمَّ جمع العينات من الموقع (S₁) لغاية شهر أيار وذلك بسبب جفاف نهر الأبرش، ومن الموقع (S₄) لغاية شهر حزيران وذلك بسبب انحسار مياه البحيرة عن خليج بيت الشيخ يونس، وفي الموقع (S₃) تم أخذ العينات بدءاً من شهر آذار حتى نهاية العام وذلك بسبب التوقف عن الريّ في شهري كانون الثاني وشباط. تمَّ قياس درجة حرارة الماء وتراكيز الأوكسجين المنحل حقلياً، بينما التحاليل الأخرى أُجريت بعضها في مختبر الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، وبعضها الآخر في مختبر مديرية الموارد المائية في طرطوس تبعاً للظروف التي تسمح باستخدام كلا المختبرين.

النتائج والمناقشة:

1. العكارة: (Turbidity).

تشير العكارة إلى كمية الذرات العالقة في الماء وتقاس ب NTU، والتركيز العالي لها يؤدي للأسماك والكائنات المائية، وهي تقلل من اختراق الضوء وهذا يقلل من قدرة الطحالب على إنتاج الغذاء والأوكسجين [23]. يتبين من الشكل (2) أنّ العكارة قد انخفضت في أشهر الصيف لتصل إلى قيم (2 NTU) في شهر حزيران في موقع العينة S3 عند بوابة الري، ووصلت لأعلى قيمة لها (23.9 NTU) في شهر كانون الثاني في موقع العينة S4 عند خليج بيت الشيخ يونس، وبالتالي تجاوزت الحدّ المسموح به (5 NTU) حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم [45][21].

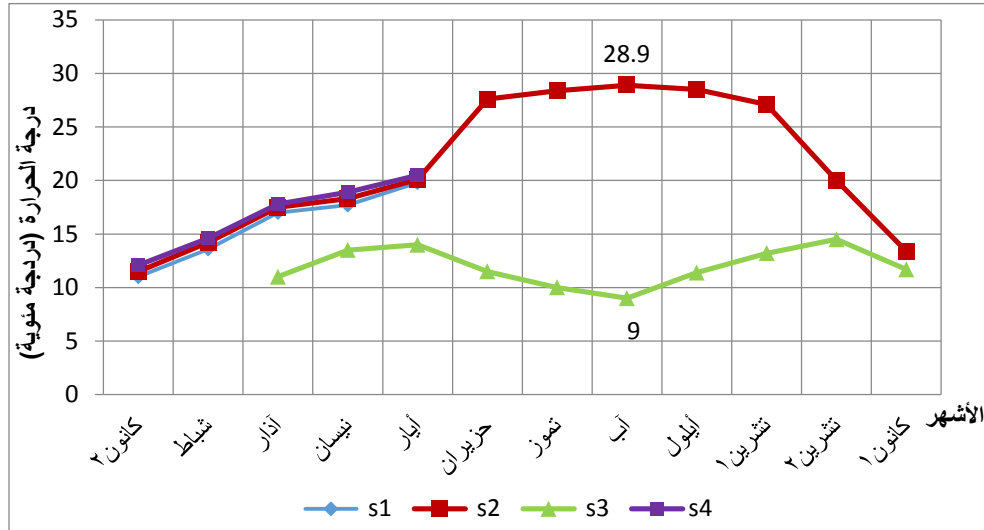


الشكل (2) تغيرات قيم العكارة في مياه بحيرة سدّ الباسل مع الزمن.

2. درجة حرارة الماء: (Temperature water).

يتبين من الشكل (3) أنّ تغيرات قيم الحرارة المسجلة خلال فترة الدراسة متشابهة في نقاط الرصد باستثناء درجة حرارة مياه بوابة الري، وأعلى قيمة لها كانت في شهر آب في موقع العينة (S₂) فبلغت (28.9 C°)، متجاوزة الحدود المسموح بها في مياه الشرب (5-25 C°)، حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم [21] [45]، بينما

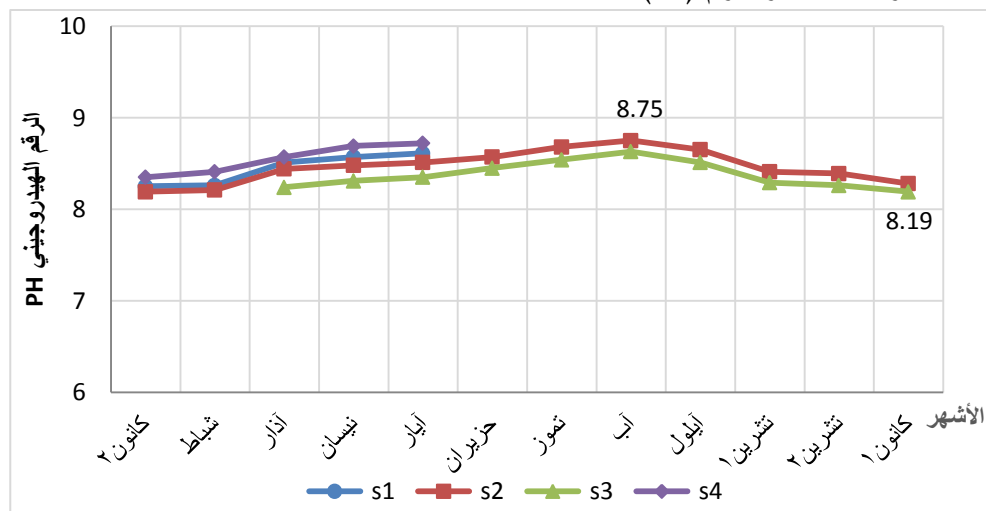
أخفض قيمة لها في شهر آب في موقع العينة (S₃) فبلغت (9 C°) كونها أخذت من أسفل السد وهذا يدل على حدوث ظاهرة التطبيق الحراري الصيفي.



الشكل (3): تغيرات درجة الحرارة في مياه بحيرة سد الباسل مع الزمن.

3. الرقم الهيدروجيني: (pH).

يتبين من الشكل (4) أن قيم الرقم الهيدروجيني متقاربة في جميع المراسد في كل نقاط الاعتيان، وقد تراوحت تلك القيم ضمن المجال (8.19-8.75)، فهي لم تتجاوز الحدود المسموح به (6.5-9) في مياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45)[21].

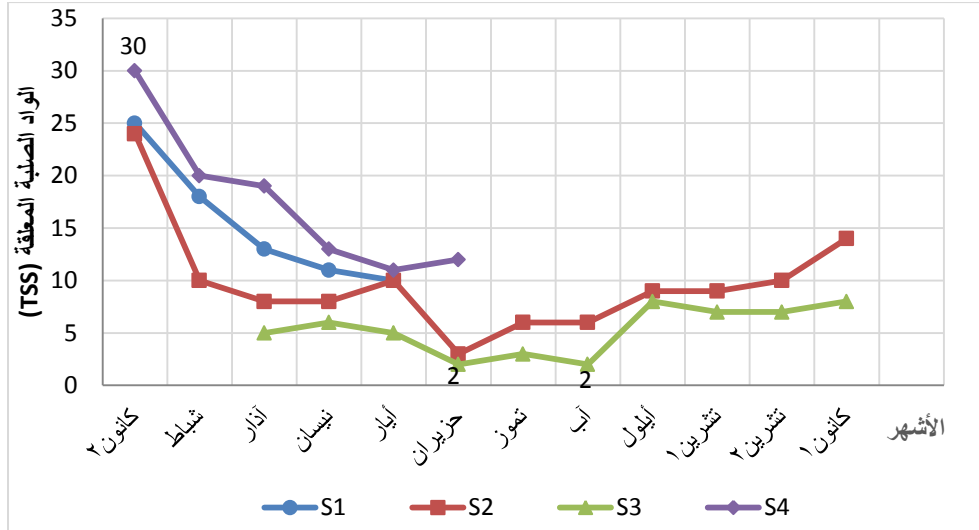


الشكل (4): تغيرات الرقم الهيدروجيني (PH) في مياه بحيرة سد الباسل مع الزمن.

4. المواد الصلبة المعلقة: (TSS: Total Suspended Solid).

إن قيمة المواد الصلبة المعلقة تعطي فكرة مباشرة عن الأحمال الملوثة والشوائب العالقة في العينة، وهي تسد خياشيم الأسماك فتساهم إما بقتلها أو ثقّل من نموها [24]. يتبين من الشكل (5) أن أدنى قيمة وصلت إليها تراكيز المواد الصلبة المعلقة كانت (2 mg/l) في شهري حزيران وآب في موقع العينة (S₃)، ومن ثم بدأت بالازدياد تدريجياً مع بداية فصل الهطولات المطرية لتبلغ أعظم قيمة لها (30 mg/l) في شهر كانون الثاني في موقع العينة (S₄)،

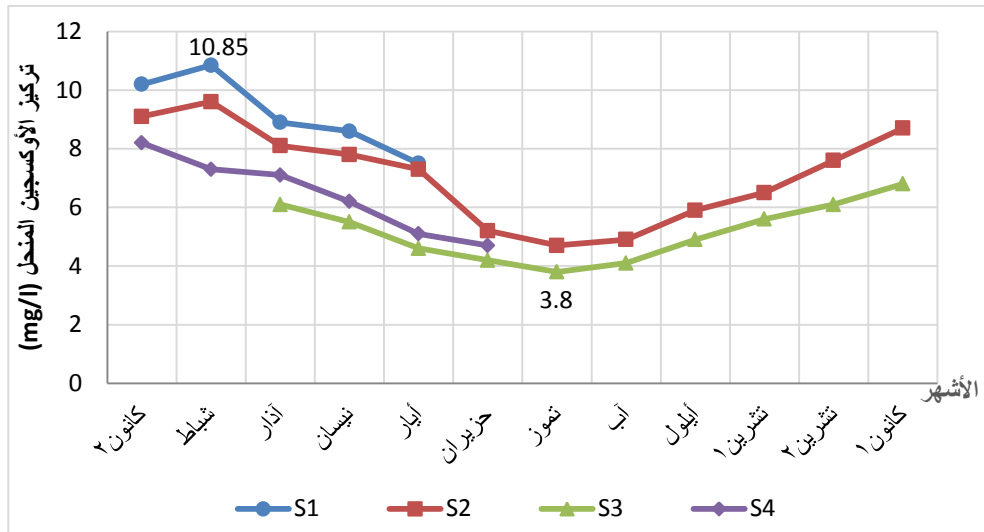
عندما آلت إليها البقايا النباتية ومخلفات النشاط البشري من التجمعات السكنية المجاورة بالإضافة إلى الهطولات المطرية الشديدة التي حصلت هذا الشهر والتي جرفت معها الأتربة والرمال والمخلفات الزراعية إلى مياه البحيرة. وبالتالي تجاوزت الحد المسموح (5 mg/l) حسب المواصفة القياسية لمياه الشرب رقم (45) [21].



الشكل (5) تغيرات تراكيز المواد الصلبة العالقة (TSS) في مياه بحيرة سد الباسل مع الزمن.

5. الأوكسجين المنحل: (DO, Dissolved Oxygen).

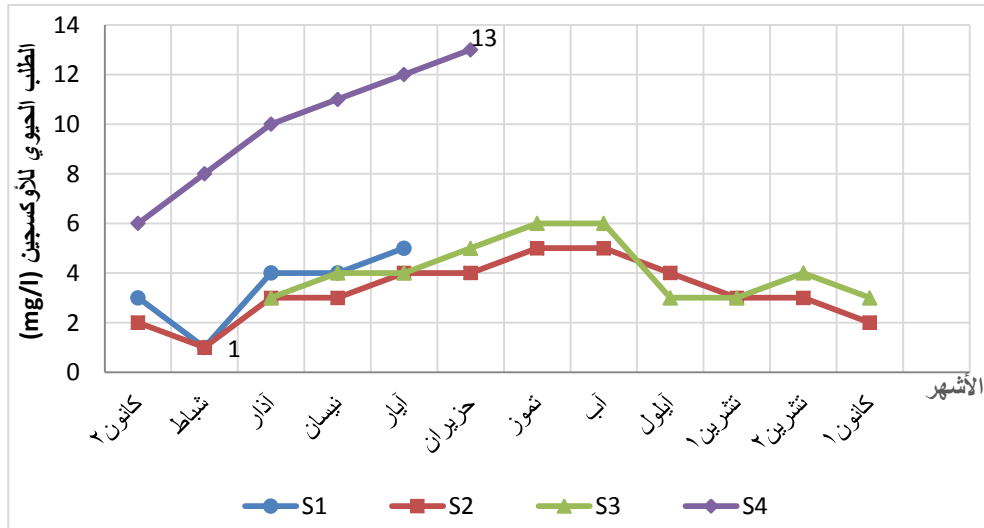
يتبين من الشكل (6) أن تراكيز الأوكسجين المنحل في المواقع المدروسة سجلت أعلى قيمة لها في شهر شباط في موقع العينة (S1) عند مدخل البحيرة (10.85 mg/l)، وهذا منطقي من ناحية استهلاك الأوكسجين من قبل البكتريا المفككة للمواد العضوية في مياه البحيرة، حيث لم يتم استهلاكه بعد، ثم بدأت تراكيز الأوكسجين المنحل بالتناقص في أشهر الربيع والصيف على الرغم من عمليات التركيب الضوئي الحاصلة في هذه الفترة من قبل النباتات المائية، ويعزى ذلك لقلة التغذية المطرية وازدياد نشاط البكتريا المفككة والمستهلكة للأوكسجين لأكسدة المواد العضوية الموجودة في مياه البحيرة، بالإضافة لعمليات تنفس الأحياء المائية والتي تستهلك كميات كبيرة من الأوكسجين المنحل، كما أن معظم الأسماك تضع بيوضها في الفترة الدافئة من السنة لتفقس في أقل من شهر، وهذا يؤدي إلى زيادة استهلاك الأوكسجين المنحل عبر عمليات تنفسها. وقد سجلت أقل قيمة للأوكسجين المنحل في شهر تموز في موقع العينة (S3)، حيث بلغ تركيز الأوكسجين المنحل فيها (3.8mg/l)، وبالتالي تجاوز الحد المسموح به وهو (5 mg/l) حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) [21].



الشكل (6) تغيّرات تركيز الأوكسجين المنحل في بحيرة سدّ الباسل مع الزمن.

6. الطلب الحيوي للأوكسجين: (BOD₅: Biochemical Oxygen Demand).

يتبيّن من الشكل (7) أنّ تراكيز الـ (BOD₅) قد تجاوزت الحدّ المسموح به في مياه الشرب (2 mg/l) حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) [21]، وسجّلت أعلى قيمة لها (13 mg/l) في شهر حزيران في موقع العيّنة S4 عند خليج بيت الشيخ يونس، وذلك بسبب وجود مصب للصرف الصحي في هذا الموقع، وقد بدأت قيم الـ (BOD₅) بالانخفاض في أشهر الشتاء لتسجّل أخفض قيمة لها (1 mg/l) في الموقعين (S1-S2) في شهر شباط.

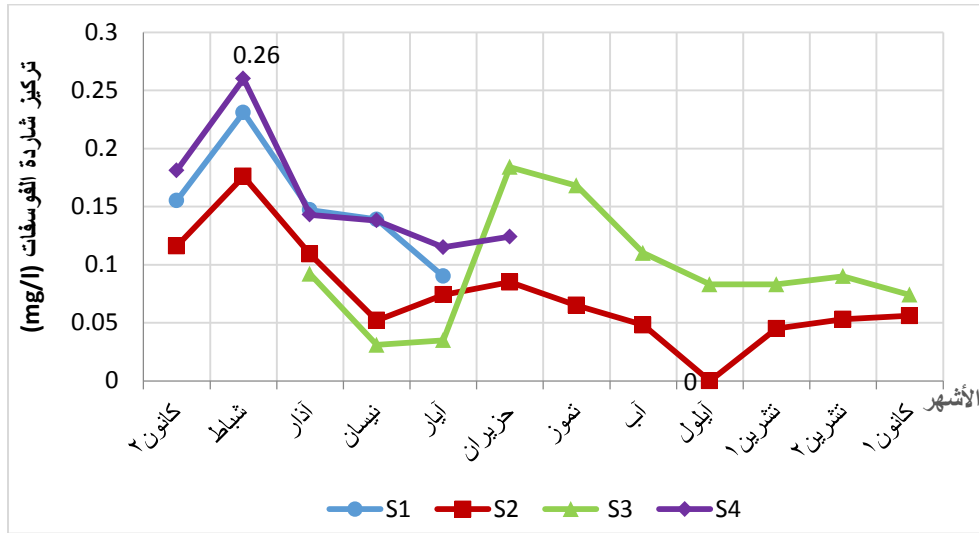


الشكل (7) تغيّرات تركيز الطلب الحيوي للأوكسجين (BOD₅) في مياه بحيرة سدّ الباسل مع الزمن.

7. شاردة الفوسفات: (PO₄⁻³).

إنّ الإفراط في تركيز الفوسفات يؤدّي إلى نمو كبير للطحالب والنباتات المائية ممّا يهيئ المصدر المائي لحالة التشبّع الغذائي، وبالتالي خنق المصدر المائي واستهلاك الأوكسجين المنحل فيه [25]. غالباً ما تزداد تراكيز الفوسفات بسبب مياه الأمطار بعد غسل تربة الأراضي الزراعيّة الحاوية على الأسمدة والمبيدات الحشريّة والعشبيّة القريبة من

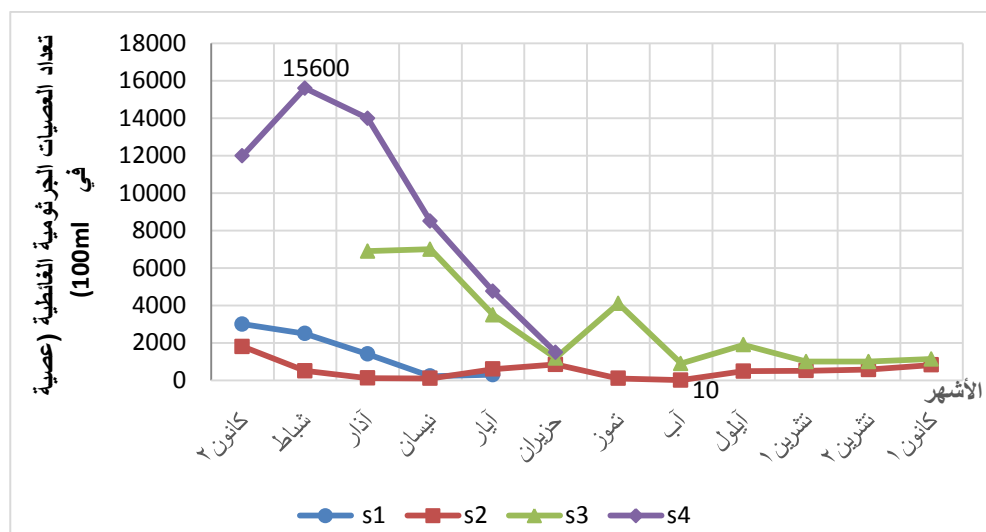
المصدر المائي، بالإضافة إلى أنّ الفوسفور يدخل في تركيب المنظّفات التي تأتي من تسرّب مياه الصرف الصحي من الحفر الفنيّة. وحسب الشكل (8) يتبيّن أنّ تراكيز الفوسفات في جميع المراسد لم تتجاوز الحدّ المسموح به (0.5 mg/l) حسب المواصفة القياسية لمياه الشرب رقم (45)[21]، حيث تراوحت القيم ضمن المجال (0-26) mg/l.



الشكل (8): تغيّرات تركيز شاردة الفوسفات في مياه بحيرة سدّ الباسل مع الزمن.

8. العصبيّات الغائطيّة: (F.C: Fecal Coliform).

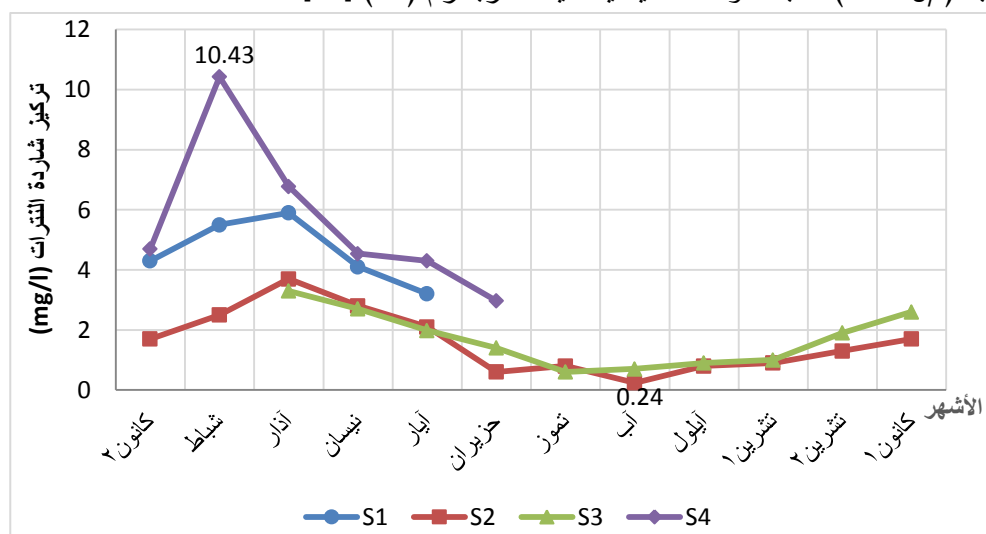
يبين الشكل (9) أنّ تعداد العصبيّات الغائطيّة قد اختلف في جميع المواقع المدروسة، وسجّلت أعلى تعداد لها في شهر شباط في مرصد العيّنة (S4) عند خليج بيت الشيخ يونس (15600 عصبية في 100 ml)، ويُعزى ذلك لصبّ مياه الصرف الصحي في هذا الموقع بالإضافة لجرف مياه الأمطار الأتربة المليئة بالفضلات الحيوانية، وسجّلت أخفض قيمة لها في شهر آب في مرصد العيّنة S2 عند جسم السدّ (10 عصبية في 100 ml)، وذلك نتيجة للعوامل المجهدة للجراثيم كالأشعة الشمسية ودرجة الحرارة المرتفعة. إضافة إلى ذلك نلاحظ أنّ تعداد العصبيّات الغائطيّة في جميع المراسد قد تجاوز الحدّ المسموح به (0 عصبية في 100 ml) حسب المواصفة القياسية لمياه الشرب رقم (45)[21]، وهذا ما يؤكّد أنّ مياه البحيرة غير صالحة للشرب جرثومياً.



الشكل (9): تغيرات تعداد العصيات الجرثومية الغائبية في مياه بحيرة سدّ الباسل مع الزمن.

9. شاردة النترات: (NO_3^-) .

يتبين من الشكل (10) أنّ ارتفاع تركيز النترات كان شتاءً بعد هطول المطر، والسبب هو غسل التربة، خاصة الأراضي الزراعية، حيث أنّ الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية تزيد من تركيز النترات، كما أنّ تسريبات الصرف الصحي، ومخلفات الحيوانات تزيد من تركيز النترات، وكانت أخفض قيمة لتركيز النترات في شهر آب (0.24 mg/l) في موقع العينة (S2) أما أعلاها فكانت في شهر شباط (10.43 mg/l) في موقع العينة (S4) وهي بذلك لم تتجاوز الحدّ المسموح به (45 mg/l) حسب المواصفة القياسية لمياه الشرب رقم (45) [21].



الشكل (10): تغيرات تركيز شاردة النترات في مياه بحيرة سدّ الباسل مع الزمن.

من خلال التحاليل والقياسات التي أجريت على مياه بحيرة سدّ الباسل تبين أنّ بعض البارامترات التي تمّ قياسها قد تجاوزت الحدّ المسموح بها لاستخدامات مياه الشرب حسب المواصفة القياسية السورية رقم (45) [21]، لذلك كان لا بدّ من تحديد مستويات أو درجات جودة مياه البحيرة، ومعرفة المصادر المؤثرة على تغيير تلك المستويات، وذلك بتطبيق مؤشّر الجودة (NSFWQI)، حيث يعدّ هذا المؤشّر من أكثر مؤشّرات جودة المياه انتشاراً في العالم، وقد تمّ استخدامه على مجال واسع وأثبت أنّه المؤشّر الأفضل بإعطاء الصورة الأقرب للحقيقة فيما يخصّ تحديد مستويات الجودة

لمختلف أنواع المسطحات المائية على اختلاف أحمالها الملوثة. وكما ذكر سابقاً: القياسات أجريت على البحيرة مرة واحدة شهرياً لدورة هيدرولوجية كاملة بدءاً من كانون الثاني عام (2016) حتى كانون الأول عام (2016)، وقد لوحظ خلالها تباين واضح في قيم البارامترات المسجلة خاصةً في فصلي الصيف والشتاء، وبالتالي سيؤثر هذا التباين على قيمة المعدل السنوي لذلك من الأفضل حساب معدلات فصلية بدلاً من معدل كلي، والذي يعطي صورة دقيقة عن القيم كما هو موضح في الجدول [2]. مع الأخذ بعين الاعتبار أن تراكيز الفوسفات الناتجة من التحاليل تساوي 80% من تراكيز الفوسفور الكلي (TP, Total phosphate) [20]، وقيمة الأوكسجين المنحل الداخلة في حساب هذا المؤشر مأخوذة كنسبة مئوية من درجة الإشباع [26].

الجدول (2): قيم المعدلات الفصلية للبارامترات الداخلة في حساب مؤشر الجودة (NSFWQI).

مواقع العينات	الفصول	الحرارة	PH	العكارة NTU	DO mg/l	DO (%)	BOD ₅ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	TP mg/l	TSS mg/l	F.C (عصية في 100 ml)
S ₁	الشتاء	12.3	8.26	17.47	10.53	98	2	4.9	0.241	15.5	2750
	ربيع	18.2	8.56	9.37	7.67	81	4.33	4.4	0.156	6	640
S ₂	الشتاء	13	8.23	12.9	9.13	86	1.67	1.97	0.145	11	1040
	ربيع	18.6	8.48	6.91	7.73	83	3.33	2.87	0.098	5	273
	صيف	28.3	8.67	4.29	4.93	63	4.67	0.55	0.083	2.33	320
S ₃	خريف	25.2	8.48	8.78	6.67	81	3.33	1	0.041	3.67	523
	الشتاء	11.7	8.19	8.3	6.8	59	3	2.6	0.093	3	1140
	ربيع	12.8	8.3	5.27	5.4	47	3.67	2.66	0.066	2.67	5800
	صيف	10.2	8.54	2.29	4	36	5.67	0.9	0.193	1	2063
S ₄	خريف	13	8.35	7.41	5.53	49	3.33	1.27	0.107	2	1300
	الشتاء	13.4	8.38	20.1	7.75	74	7	7.57	0.276	17.5	13800
	ربيع	19.1	8.63	11.58	6.1	66	11	5.21	0.165	8.33	9083
	صيف	26.9	8.72	9.4	4.7	59	13	2.97	0.155	7	1500

تم اختيار القيمة الحرجة لكل بارامتر حسب مساهمته في التلوث في حالات الارتفاع والانخفاض فالدراسة تمت في الحالة الأسوأ التي كانت فيها البحيرة أشد تلوثاً، ويبين الجدول اللاحق (3) القيم الحرجة للبارامترات الداخلة في حساب قيمة المؤشر (NSFWQI).

الجدول (3): القيم الحرجة للبارامترات الداخلة في حساب مؤشر الجودة (NSFWQI).

F.C (عصية في 100 ml)	TSS mg/l	TP mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	BOD ₅ mg/l	DO (%)	العكارة NTU	PH	الحرارة	البارامترات موقع العينات
2750	15.5	0.241	4.9	4.33	81	17.47	8.56	18.2	S1
1040	11	0.145	2.87	4.67	63	12.9	8.67	28.3	S2
5800	3	0.193	2.66	5.67	36	8.3	8.54	13	S3
13800	17.5	0.276	7.57	13	59	20.1	8.72	26.9	S4

وبعد ذلك تمّ تحديد قيم المؤشر الفرعي (Q- Value) للبارامترات التسعة [9]، وكذلك تحديد وزن كل بارامتر من منحنيات وجداول خاصة [3]، كما هو موضّح في الجدول (4).

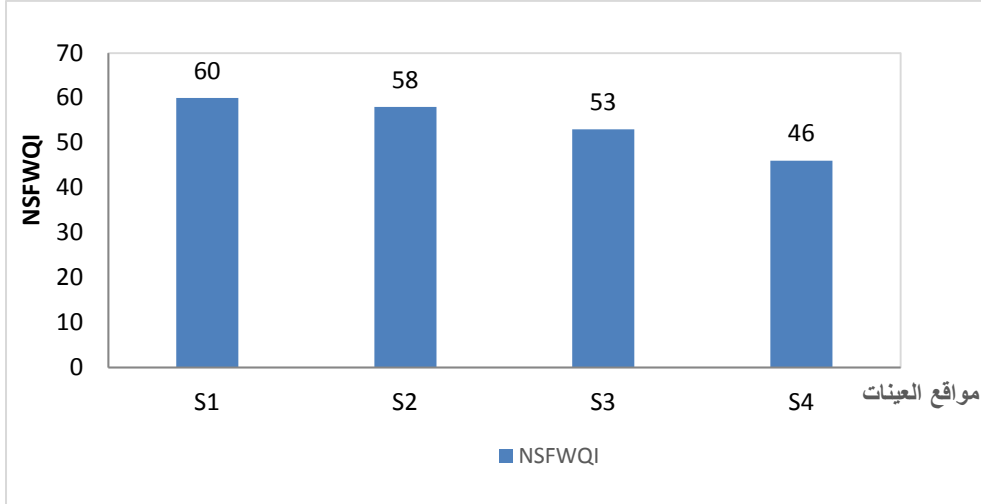
الجدول (4): قيم المؤشر الفرعي للبارامترات الداخلة في حساب المؤشر (NSFWQI) [9]، مع وزن كل بارامتر [3].

F.C (عصية في 100ml)	TSS mg/l	TP mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	BOD ₅ mg/l	DO (%)	العكارة NTU	PH	الحرارة	Q-Value موقع العينات
17	84	88	66	59	87	64	64	25	S1
22	83	94	91	58	62	70	60	12	S2
13	82	92	92	52	25	79	65	34	S3
9	84	84	56	25	55	61	58	13	S4
0.16	0.07	0.10	0.10	0.11	0.17	0.08	0.11	0.10	وزن كل بارامتر

ومن ثمّ حساب قيمة المؤشر (NSFWQI) في العينة الأولى (S1).

$$(NSFWQI)S1 = \sum_{i=1}^9 (25 * 0.1) + (64 * 0.11) + (64 * 0.08) + (87 * 0.17) + (59 * 0.11) + (66 * 0.1) + (88 * 0.1) + (84 * 0.07) + (17 * 0.16) = 60$$

وبنفس الطريقة تمّ حساب قيم المؤشر في العينات الباقية، وتمّ تمثيل قيم المؤشر (NSFWQI) وفق المخطّط المبين في الشكل (11). وبالعودة إلى الجدول (1) الذي يبيّن التصنيف الخاصّ بالمؤشر (NSFWQI)، وحسب الشكل (11) نلاحظ أنّ البحيرة صنّفت من الدرجة (C) في مواقع العينات (S1, S2, S3)، والوصف متوسط، وصنفت من الدرجة (D) في موقع العينة (S4) والوصف سيئ. وبالتالي مياه البحيرة غير صالحة للشرب وتحتاج إلى معالجة لتخفيض قيم (F.C, BOD₅) خاصّة لأنّها تؤثر على الصحة، حيث تجاوزت القيم المسموحة في المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) [21] في جميع المراد باستثناء شاردة BOD₅ في موقع العينة (S1) في شهر شباط وخلال الشتاء في موقع العينة (S2).



الشكل (11): مخطط يبين قيم مؤشر الجودة (NSFWQI) في مختلف المواقع.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- إنَّ التلوُّث الحاصل في بحيرة سدّ الباسل في معظمه ناتج عن وجود مصبِّ الصرف الصحيّ عند خليج بيت الشيخ، وكذلك من تسريبات مياه الصرف الصحيّ من الحفر الفنيّة لتجمّعات السكّنيّة القريبة من البحيرة، بالإضافة إلى المخلفات الزراعيّة التي تحملها مياه الأمطار أثناء الجريان السطحي (كالأسمدة والمبيدات الحشريّة).
- أظهرت نتائج القياسات تجاوز البارامترات التالية: (درجة الحرارة، العكارة، المواد الصلبة المعلقة، الأوكسجين المنحل، الطلب الحيوي للأوكسجين والعصيات الغائبية) الحدود المسموح بها في مياه الشرب وفق المواصفة القياسية السورية رقم (45).
- عند تصنيف مياه البحيرة وفق مؤشر جودة المياه العالمي (NSFWQI)، كانت من الدرجة (D) في موقع العينة (S4)، والوصف سيئ، وصنّفت تحت الدرجة (C) في مواقع العينات (S1, S2, S3)، والوصف متوسط. وبالتالي مياه البحيرة غير صالحة للشرب وتحتاج إلى معالجة لتخفيض قيم (F.C, BOD₅) خاصّة لأنّها تؤثر على الصحّة.

التوصيات:

- يجب متابعة أخذ العينات سنويّاً في أزمنة متماثلة وأماكن محدّدة لإجراء مقارنة دقيقة مع السنوات السابقة.
- التنبؤ بدرجة جودة مياه البحيرة عند تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحيّ ضمن الحوض الساكب للبحيرة.
- دراسة التحكم بمصادر الملوثات.
- اقتراح دراسات مستقبلية لتطوير البحث، مثل إيجاد نماذج رياضية لتحديد مستويات جودة مياه البحيرات.

المراجع:

1. SEAGAR, J. *Developments in Water Quality Standards and Classification Schemes in England and Wales*. Water Science and Technology, Vol. 10, 1994, 11 - 19.
2. BARTRAM, J; BALLANCE, R. *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. London: Chapman & Hall, 1996, 400.
3. SAID, A; STEVENS, D.K; SEHLKE, G. *Environmental Assessment, an Innovative Index for Evaluating Water Quality In Streams*. Environmental Management. Vol. 34, No. 3, 2004, 406 - 414.
4. COPELAND, C. *Water Quality: Implementing the Clean Water Act*. Congressional Research Service Reports. Paper 36 .2006, available at: <http://digitalcommons.edu/crsdocs/36>.
5. ZANDBERGEN, P.A; HALL, K. J. *Analysis of the British Columbia Water Quality Index for Watershed Managers: A Case Study of two Small Watershed*. Water Quality Research Journal of Canada. Vol. 33, No. 4, 1998, 519 - 549.
6. CUDE, C.G. *Oregon water quality index: A tool for evaluating Water quality management effectiveness*. Journal of American Water Resources Association. Vol. 37, No. 1, 2001, 125 - 137.
7. WEP. *Lower Great Miami Watershed Enhancement Program (WEP), Miami Valley River Index*. 1996, available at: <http://www.mvrpc.org/wq/wep.htm>.
8. MITCHELL, M.K; STAPP, W.P. *Field Manual for Water Quality Monitoring: An Environmental Education Program for Schools*. Thomson-Shore, Inc, Dexter, Michigan, 1996, 277.
9. ORAM, B. PG. Water Research Center, B.F. Environmental Consultants Inc. *Monitoring the Quality of Surface Water*. 2014, Available at: <http://www.water-research.net/watrqualindex/waterqualindex.htm>.
10. SANTOS SIMOÃES, F.D; MOREIRA, A.B; BISINOTI, M.C; NOBRE GIMENEZ, S.M; SANTOS YABE, M.J. *Water Quality Index as a Simple Indicator of Aquaculture Effects On aquatic Bodies*. Ecological Indicators, Vol. 8, No. 5, 2008, 476 - 484.
11. MISHRA, S; SARMA, M.P; KUMAR, A. *Assessment of Water Quality in Surha Lake Based on Physiochemical Parameters*. J. Mater. Environ. Sci, Vol. 6, No. 9, 2015, 2446-2452.
12. SAMANTRAY, P; MISHRA, B.K; PANDAN, C.R; ROUT, S.P. *Assessment of Water Quality Index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip Area, India*. J Hum Ecol, Vol. 26, No.3, 2009, 153 - 161.
13. KASMI, A.A; BHATIA, A; SHAIDA, A; SHARMA, M; STARKL, M; TRIVEDI, R.C. *A Short Screening Study on Water Quality of Indian Rivers and Lakes*. Journal of Indian Water Resources Society. Vo. 133, No.3, 2012, 28 - 33.
14. SAYADI, M.H; RASHKI GHALENO, O. *Study of water quality using the NSFQI in the Year 2014 case Study: Chahnimeh Reservoir of Sistan*. International Journal of chemical Studies, Vol. 4, No. 3, 2016, 35-37.
15. DARNISHI, G; KOOTENAEI, F.G; RAMEZANI, M; LOTFI, E; ASGHARNIA, H. *Comparative Investigation of River Water Quality by OWQI, NSFQI and Wilcox Indexes (Case study: the Talar River – IRAN)*. Archives of Environmental Protection, Vol. 42, No.1, 2016, 41-48.

16. MISAGHI, F; DELGOSHA, F; RASSAGHMANESH, M; MYERS, B. *Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purposes: A Case Study of the Ghezal Ozan River*. Science of the Total Environment, Vol. 589, No. 1, 2017, 107- 116.
17. EFFENDI, H; WARDIATNOB, Y. *Water Quality Status of Ciambulawung River, Banten Province, Based on Pollution Index and NSF-WQI*. Procedia Environmental Sciences, Vol. 24, 2015, 228-237.
18. مجبور، عبلة مصطفى. تحديد مستويات جودة مياه بحيرة سد بلوران لأغراض الشرب. أطروحة ماجستير غير منشورة، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية، 2011، 110ص.
19. جناد، هيثم؛ حربا، كوكب؛ مناع، رنيم. دراسة جودة مياه بحيرة سد 16 تشرين. مجلة جامعة تشرين، المجلد 35، العدد 9، 2013، 167-182.
20. جزعة، نجلاء عصام. استخدام مؤشرات جودة المياه لتقييم صلاحية بحيرة سد صلاح الدين الأيوبي (السفريقية) لأغراض الري والشرب. أطروحة ماجستير غير منشورة، قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية، 2015، 123ص.
21. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45). وزارة الصناعة، دمشق، سورية، 2007. 22ص.
22. أرشيف مديرية الموارد المائية. طرطوس، سورية.
23. National Academy of Sciences, Environmental Studies Board. Appendix E, *Water Quality Parameters and Definitions*, 1972, PP 4.
24. Kentucky Water Research Institute (University of Kentucky). *Background Information for Watershed Watch Parameters*. Kentucky River Basin Status Report. Paper 26, 2000, Available at: http://www.uky.edu/WaterResourcea/Watershed/KRB_AR/krww_parameters.htm.
25. U. S. Environmental Protection Agency. *Quality Criteria for Water*. EPA# 440/5-86-001, Washington, 1986, PP 288.
26. West Virginia Department of Environmental Protection. *Percent Saturation of Dissolved Oxygen*. State of West Virginia, 2017, PP 1.