

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 46 . العدد 7

1446 هـ - 2024 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

م. ربا قباقلي

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عيشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 963 31 2138071 ++

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1. مقدمة.
- 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
- 3. أهداف البحث و أسئلته.
- 4. فرضيات البحث و حدوده.
- 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
- 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
- 7. منهج البحث و إجراءاته.
- 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
- 9. نتائج البحث.
- 10. مقترحات البحث إن وجدت.
- 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
 - أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
 - ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
 - ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
 - ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
30-11	م. بانه السيد سليمان د. نعيمة عجيب	تحسين كفاءة الترسيب في محطات معالجة مياه الصرف الصحي
64-31	م. محمود الخضور د. علي العبدالله د. نجلا الحسن	دراسة عديدة لتقييم استجابة تربة مسلحة بالجيوسيل يستند عليها أساس آلة
106-65	م. روعه الظلمه د. شعبان حديد د. مازن سلوم	نمذجة تحليلية لتقييم الفواقد الرشحية من سد سلحج باستخدام برنامج (Geo-Studio)
132-107	د. م. امال عطيه	دراسة بعض العوامل الفيزيوكيميائية لمياه نهر سوريث في باتياس
162-133	م. هناع رسلان د. حسام الدين لايقة د. حازم كراوي	دراسة التغير في منظومة الكربونات في المياه البحرية السطحية لشاطئ مدينة اللاذقية

تحسين كفاءة الترسيب في محطات معالجة مياه الصرف الصحي

ط. بانه السيد سليمان اشراف: د. نعيمة عجب
كلية: الهندسة المدنية جامعة : البعث

الملخص:

تعاني بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي من ضعف عمليات الترسيب، حيث أن المياه الناتجة عن أحواض الترسيب ليست بالموصفات المطلوبة، ولا يمكن التوسع في مثل هذه المحطات وإضافة أحواض جديدة ضمنها.

هناك أساليب مختلفة للتخلص من الندف الهلامية والأجسام الحبيبية ذات الأقطار الصغيرة الموجودة في مياه الصرف، وتشمل إضافة مواد مساعدة للترسيب مثل كبريتات الألمنيوم المائية، واستخدام حواجز داخل أحواض الترسيب (مائلة أو مستقيمة)، وتلك الطرق كان لها أثر على عملية الترسيب ولكن ليس بالنتيجة المطلوبة.

يهدف البحث إلى تقديم دراسة عملية حول تحسين كفاءة عمل أحواض الترسيب باستخدام إضافات كيميائية وهي مادة كبريتات الحديد $FeSO_4$ ، ودراسة أثر هذه المادة على مؤشر العكارة مع الزمن، وتم تحديد الجرعة الأفضل بالاعتماد على عامل عكارة المياه.

حيث تم إجراء تجارب على مياه الصرف الصحي في محطة مصفاة حمص باستخدام كبريتات الحديد $FeSO_4$ ، وبزمن مكث ساعة ونصف، وذلك لتحديد الجرعة المثالية له، وكانت الجرعة الأفضل هي 120 mg/l لكبريتات الحديد $FeSO_4$ حيث كانت نسبة إزالة العكارة %74.23.

كلمات مفتاحية:

الندف - المخثر - زمن المكث - أحواض الترسيب - العكارة.

Improvement of Sedimentation Efficiency in Wastewater Treatment Plants

Abstract:

Some wastewater treatment plants suffer from poor sedimentation processes, as the water resulting from the sedimentation ponds does not meet the required specifications, and it is not possible to expand such plants and add new ponds within them.

There are different methods for getting rid of gelatinous flocs and small-diameter granular bodies found in wastewater. They include adding sedimentation aids such as aluminum sulphate, and using barriers inside sedimentation tanks (slanted or straight). These methods had an impact on the sedimentation process, but not with the desired result.

The research aims to present a practical study on improving the efficiency of sedimentation tanks using chemical additives, namely ferric sulphate, and to study the effect of this substance on the turbidity index over time. The best dose was determined based on the water turbidity factor.

Experiments were conducted on wastewater at the Homs Oil refinery station using ferric sulphate, with a residence time of one and a half hours, in order to determine the ideal dose for it. The best dose was 120 mg/l for ferric sulphate, as the turbidity removal rate was 74.23%.

Key words: Flocs- Coagulant - Residence time – Sedimentation tanks – Turbidity.

1- مقدمة:

الغرض من معالجة مياه الصرف تخليصها من الشوائب والمواد العالقة والملوثات والمواد العضوية لتصبح صالحة لإعادة الاستخدام، أو لتكون صالحة للتخلص منها في مصادر المياه الطبيعية دون أن تسبب تلوثاً لها، حيث تعاني بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي من خلل في عمل أحواض الترسيب الأولية حيث تكون المياه الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف مخالفة لمواصفات المياه المطلوبة، ولا يمكن التوسع في مثل هذه المحطات وإضافة أحواض إضافية لمعالجة هذه المشكلة، ويؤدي ذلك إلى قلة كفاءة عمل محطات المعالجة ككل، كما تعاني هذه الأحواض من زمن مكث كبير مما يؤدي إلى مشاكل تشغيلية من حيث انتشار الروائح، لكن بإضافة مواد كيميائية يمكن من تحسين عمل هذه الأحواض دون إضافة منشآت جديدة.

2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحديد الجرعة المثالية من المادة الكيميائية المضافة إلى أحواض الترسيب، والتي بدورها تؤدي إلى تحسين كفاءة عمل هذه الأحواض، وبالتالي تحسين أداء الأحواض اللاحقة في محطة المعالجة، كما تؤدي إلى تخفيض زمن المكث في هذه الأحواض.

3- الدراسات المرجعية:

ثمّة الكثير من الأبحاث التي تناولت عمليات تحسين كفاءة عمل أحواض الترسيب من أجل تخفيض زمن المكث ضمن هذه الأحواض، وإمكانية الحصول على مواصفات أفضل للمياه الناتجة عن عمل هذه الأحواض، وذلك لتقوم بقية الأحواض بعملها على أكمل وجه.

- قام الباحثان (Prathna and Ankit Srivastava,2021) بجمع عينات من مياه الصرف في 11 محطة معالجة في دلهي، تم حقن عينات مياه الصرف الصحي الخام بجرعات تتراوح بين (5-50) mg/l من كلوريد الحديد، وتم المزج لمدة 30 min عند درجة حرارة الغرفة، تم قياس تراكيز الكبريتيد والأمونيا والفوسفات و TSS و BOD و COD عند قيم مختلفة لكلوريد الحديد، أدت الزيادة الإضافية من كلوريد الحديد (50 mg/l) إلى إزالة % 25 من أمونيا مياه الصرف، و ما يقرب % 70 من TSS ودرجة الحموضة الطبيعية، وأدت أيضاً إلى زيادة إزالة الفوسفور من مياه الصرف، يمكن لجرعات كلوريد الحديد استخدامها كخطوة معالجة مسبقة في مداخل محطات معالجة مياه الصرف لأنها تخفض تركيز الكبريتيد وتركيزات الملوثات الأخرى بشكل كبير، مما يقلل من متطلبات التهوية في المعالجة مع توفير تحكم فعال في الرائحة من حيث التكلفة.

- قام الباحثون (Zambrano et al.,2019) بإجراء 19 اختباراً لدراسة تأثير إضافة كلوريد الحديد المترسب على مورفولوجيا واستقرار خصائص الحمأة، حيث تم جمع عينات الحمأة من محطة المعالجة في (فالنسيا، إسبانيا) في أربعة أيام مختلفة، تمت إضافة 0-15 ml من كلوريد الحديد مع NaOH، وذلك مع الخلط عند 120 r/min لمدة 10 min يتبعه خلط أبطئ عند 25 r/min لمدة 20 min، وكانت

النتيجة أن كثافة كل من الكتل والحماة الجافة تختلف خطياً مع جرعة راسب كلوريد الحديد.

• قام الباحثان (Jozef Kris and Ali Hadi Ghawi,2010) بجمع العينات من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الديوانية، تم استخدام اختبار Jar Test، حيث تضمن الاختبار الخلط السريع ثم الخلط البطيء والترسيب، تشتمل مواد التخثر المستخدمة على كبريتات الألومنيوم وكبريتات الحديد والجير وكلوريد الحديد بجرعات واسعة تصل إلى 260 mg/l ، وتوصل الباحثان إلى أن استخدام التخثر والترسيب يؤدي إلى تحسين إزالة المواد الصلبة العالقة الغروية من مياه الصرف الصحي، كما أظهرت كبريتات الألومنيوم وكبريتات الحديد إزالة تعكر أفضل من إزالة الجير وكلوريد الحديد، وأن مزيج من كبريتات الألومنيوم المائية وكلوريد الحديد يزيل جميع المواد الصلبة العالقة الغروية بجرعة 200 جزء في المليون حيث يؤدي استخدام التخثر والترسيب إلى تحسين إزالة COD بحوالي 40%.

• قام الباحثون (Pauline Johnson et al.,2008) بإضافة كلوريد الحديد مع بوليمر أنيوني، وكلوريد الحديد مع كبريتات الألومنيوم المائية لعينات مياه صرف خام بهدف إزالة بعض المعادن في هذه المياه، تم التوصل إلى أن فعالية كلوريد الحديد مع البوليمير الأنوني أكثر كفاءة من كلوريد الحديد مع كبريتات الألومنيوم المائية، تم تغيير تراكيز كلوريد الحديد من 0 إلى 50 mg/l وتراكيز البوليمير من 0 إلى 0.75 mg/l ، حيث حققت جرعات 40 mg/l من كلوريد الحديد و 0.5 mg/l من البوليمير كفاءة إزالة المعادن الثقيلة بأكثر من 200% للكروم والنحاس والزنك والنيكل و 475% للرصاص مقارنة بالمعالجة الأولية التقليدية، كما أن تركيز كلوريد الحديد البالغة 30 mg/l أو أكبر أعطت كفاءة إزالة TSS حوالي 80%.

4- مواد وطرائق البحث:

تم جمع العينات المطلوبة للاختبار من حوض تجميع المياه الداخلة إلى محطة معالجة مياه صرف مصفاة حمص، كما تم قياس مؤشر العكارة للعينات الخام، بدأت التجربة بترشيح العينات بورق ترشيح قبل إضافة أي مادة كيميائية، وبعد ذلك تمت إضافة مادة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ بجرع مختلفة (40 mg/l) وحتى الوصول للجرعة الأمثل لكبريتات الحديدي) إلى هذه العينات، حيث تم خلط كل عينة على حدى باستخدام خلاط ميكانيكي بسرعة 200 r/min، وخلال عملية الخلط تم وضع المادة الكيميائية، وتركت العينات لمدة ساعة ونصف، ثم تم قياس مؤشر العكارة لكل عينة ومقارنته مع مؤشر العكارة للعينات الخام وذلك لتحديد الجرعة الأمثل لكبريتات الحديدي $FeSO_4$ ، وبالتالي الوصول إلى هدف البحث حيث تشكلت خلال هذه العملية ندف كبيرة ترسبت وأصبحت المياه أكثر نقاوة.

5- نتائج البحث ومناقشتها:

تم قياس مؤشر العكارة للعينات الخام (التجربة الأولى) وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول (1-1)، وكانت نتائج قياس مؤشر العكارة للعينات المدروسة بعد إضافة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ بجرع مختلفة موضحة في الجدول (1-2).

الجدول (1-1): مواصفات المياه الخام (التجربة الأولى)

قيمة المؤشر	مؤشر التلوث
90.76	NTU العكارة

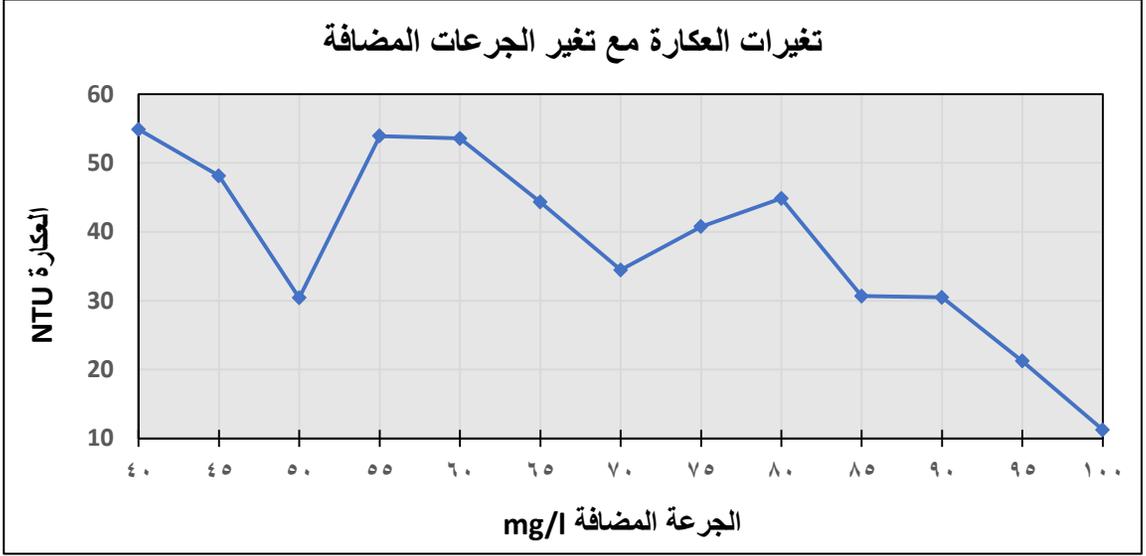
الجدول (2-1): نتائج المؤشرات المختلفة وفقاً لجرعات مادة كبريتات

الحديدي (mg/l)

جرعة كبريتات الحديدي FeSO_4 (mg/l)							المؤشر
70	65	60	55	50	45	40	المقاس
34.45	44.32	53.57	53.91	30.42	48.12	54.88	العكارة NTU

100	95	90	85	80	75	كبريتات الحديدي FeSO_4
11.23	21.24	30.47	30.67	44.86	40.75	العكارة NTU

ويتمثل قيم العكارة بيانياً تم الحصول على الشكل (1-1) والتي توضح بأن الجرعة التي أعطت أفضل إزالة للعكارة هي 100 mg/l.



الشكل (1-1): مخطط بياني يوضح العلاقة بين عكارة المياه وجرعة كبريتات الحديد

من المخطط السابق يلاحظ مع زيادة جرعة كبريتات الحديد $FeSO_4$ تزداد كفاءة إزالة العكارة فتمت المتابعة بزيادة الجرعة لتحديد الجرعة الأمثل للمادة الكيميائية.

تم قياس مؤشر العكارة للعينة خام (التجربة الثانية) حيث تم توضيح النتائج في الجدول (1-3)، وتم أخذ عينات لدراسة تغيير زمن الترسيب بعد ترشيح العينات وإضافة كبريتات الحديد $FeSO_4$ بجرع مختلفة حيث تم أخذ القياسات بعد ترسيب ساعة ونصف وأيضاً أخذ القياسات بعد ترسيب ساعتين فكانت النتائج متقاربة ولم يلاحظ تأثير واضح على المؤشرات المقاسة كما هو ملاحظ في الجدول (1-4).

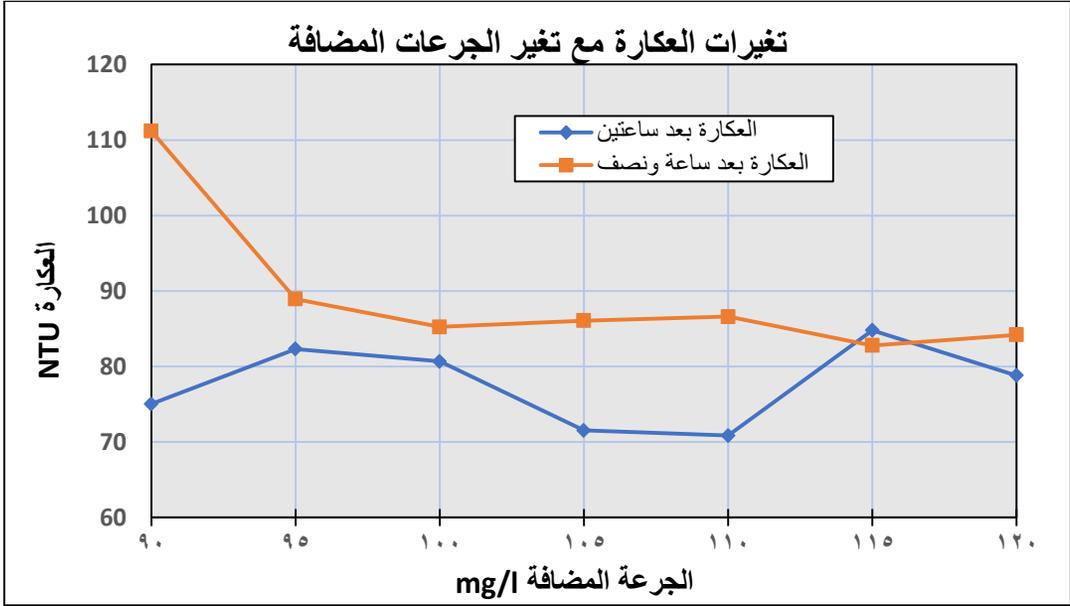
الجدول (3-1): مواصفات المياه الخام (التجربة الثانية)

قيمة المؤشر	مؤشر التلوث
110.3	NTU العكارة

الجدول (4-1): نتائج المؤشرات المختلفة وفقاً لجرعات مادة كبريتات الحديدي

جرعة كبريتات الحديدي (mg/l) FeSO ₄							مؤشر
120	115	110	105	100	95	90	القياس
78.81	84.8	70.85	71.53	80.68	82.32	75.05	العكارة بعد ساعتين NTU
84.19	82.79	86.61	86.08	85.24	88.95	111.2	NTU العكارة بعد ساعة ونصف

وبالتمثيل البياني للنتائج في الجدول السابق تم الحصول على المخطط (2-1) وبين المخطط (2-1) زمن المكث الأمثل التي تم اعتماده في التجارب اللاحقة.



الشكل (2-1): مخطط بياني يظهر الفرق في قيم العكارة بالنسبة لجرعات مختلفة من كبريتات الحديدي

من المخطط السابق تبين أنه لا يوجد فرق كبير بنسب الإزالة للعكارة عند زيادة الزمن عن ساعة ونصف وتم اعتماد المدة الزمنية للترسيب ساعة ونصف لباقي التجارب.

✚ بالمقارنة بين نتائج الجدول (2-1) والجدول (4-1) نجد أن عملية الترشيح ساعدت مادة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ بأن تعطي نتائج إزالة أكبر للعكارة، وتم اعتماد عملية الترشيح المسبقة لباقي التجارب.

تم قياس مؤشر العكارة للعينة الخام (التجربة الثالثة) وكانت النتائج موضحة في الجدول (5-1) حيث تم أخذ عينات لدراسة أثر زيادة جرع كبريتات الحديدي $FeSO_4$ على مؤشر العكارة كما هو موضح في الجدول (6-1).

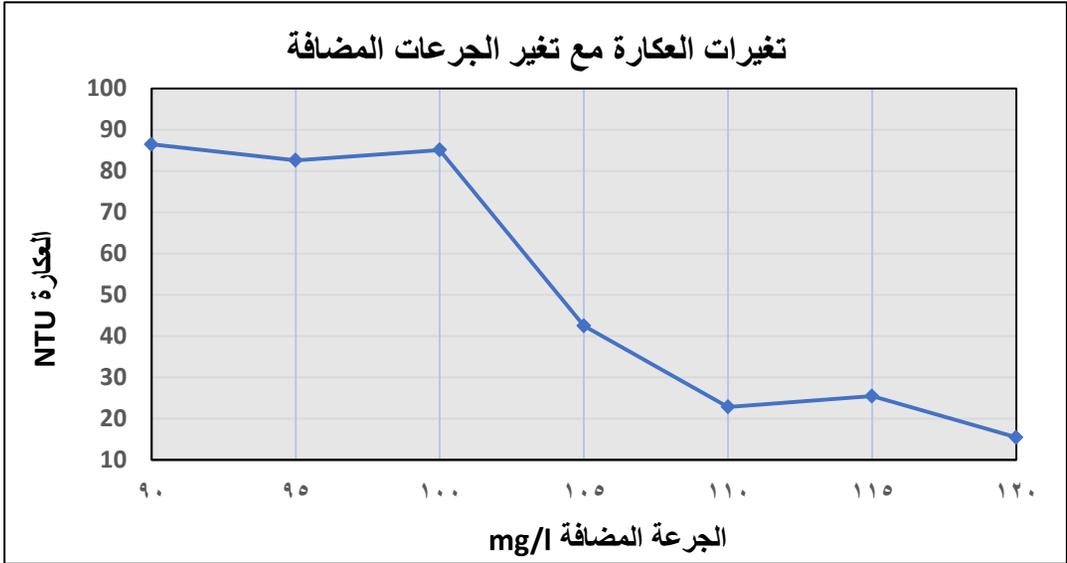
الجدول (5-1): مواصفات المياه الخام (التجربة الثالثة)

مؤشر التلوث	قيمة المؤشر
العكارة NTU	78.02

الجدول (6-1): نتائج المؤشرات المختلفة وفقاً لجرعات مادة كبريتات الحديدي

جرعة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ (mg/l)							مؤشر القياس
+120	+115	+110	+105	+100	+95	+90	
15.44	25.45	22.86	42.48	85.13	82.63	86.5	العكارة بعد ساعة ونصف NTU

وبالتمثيل البياني للنتائج في الجدول السابق تم الحصول على المخطط (3-1).



الشكل (3-1): مخطط بياني يوضح العلاقة بين عكارة المياه وجرع كبريتات الحديدي

من المخطط السابق تبين أن زيادة جرعة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ يعطي إزالة أكبر للعكارة، فتمت المتابعة على زيادة الجرعة في تنمة التجارب وذلك للحصول على الجرعة الأمثل.

تم قياس مواصفات عينة خام (التجربة الرابعة) تم توضيح النتائج في الجدول (7-1) حيث تم أخذ عينات لدراسة أثر زيادة جرعة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ ليتم التوصل للجرعة الأمثل من المادة على المؤشرات المقاسة كما هو موضح في الجدول (8-1).

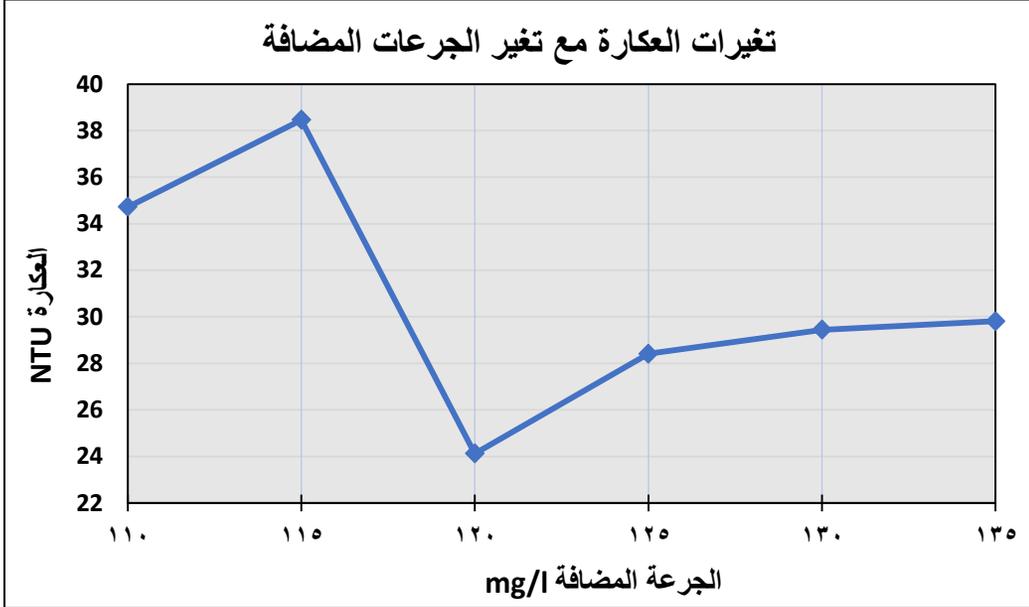
الجدول (7-1): مواصفات المياه الخام (التجربة الرابعة)

قيمة المؤشر	مؤشر التلوث
93.6	NTU العكارة

الجدول (8-1): نتائج المؤشرات المختلفة وفقاً لجرعات مادة كبريتات الحديدي

جرعة كبريتات الحديدي (mg/l) FeSO ₄						مؤشر القياس
+135	+130	+125	+120	+115	+110	
29.81	29.44	28.41	24.12	38.46	34.72	العكارة بعد ساعة ونصف NTU

بالتمثيل البياني للنتائج في الجدول السابق تم الحصول على المخطط (4-1).



الشكل (1-4): مخطط بياني يوضح العلاقة بين عكارة المياه وجرع كبريتات الحديدي

من المخطط السابق نجد أن زيادة الجرعة عن 120 mg/l بدأت فعالية مادة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ بالتراجع ومن خلال ذلك تم التوقف عند هذه المرحلة وتحديد الجرعة الأفضل للمادة.

6- نمذجة النتائج:

تحتاج البرمجة في الوقت الحالي إلى سرعة التنفيذ والدقة في التطبيق، لذلك لجأ المختصون إلى الحاسوب، ونذكر من البرامج المتخصصة في هذا المجال:

إكسل Excel – ستورم Storm – QSB – تورا Tora – SPSS

تم استخدام اختبار ANOVA على نتائج البحث في برنامج SPSS.

اختبار ANOVA (one-way analysis of variance) معلمي يستخدم للمقارنة بين المتوسطات أو التوصل إلى قرار يتعلق بوجود أو عدم وجود فروق بين متوسطات الأداء عند المجموعات التي تعرضت لمعالجات مختلفة بهدف التوصل إلى العوامل التي تجعل متوسط من المتوسطات يختلف عن المتوسطات الأخرى.

▪ كبريتات الحديدي $FeSO_4$ مع نسبة إزالة العكارة:

جدول (9-1) معامل الارتباط بين المتغير التابع (نسبة إزالة العكارة) والمتغير المستقل (جرعة كبريتات الحديدي)

Model Summary			
R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.718	.515	.394	.166

يوضح الجدول السابق معامل الارتباط بين المتغير التابع (نسبة إزالة العكارة) والمتغير المستقل (جرعة كبريتات الحديدي) علاقة طردية جيدة حيث $R=71.8\%$.

جدول (10-1) إيجاد ثوابت المعادلة بين المتغير التابع (نسبة إزالة العكارة) والمتغير المستقل (جرعة كبريتات الحديدي)

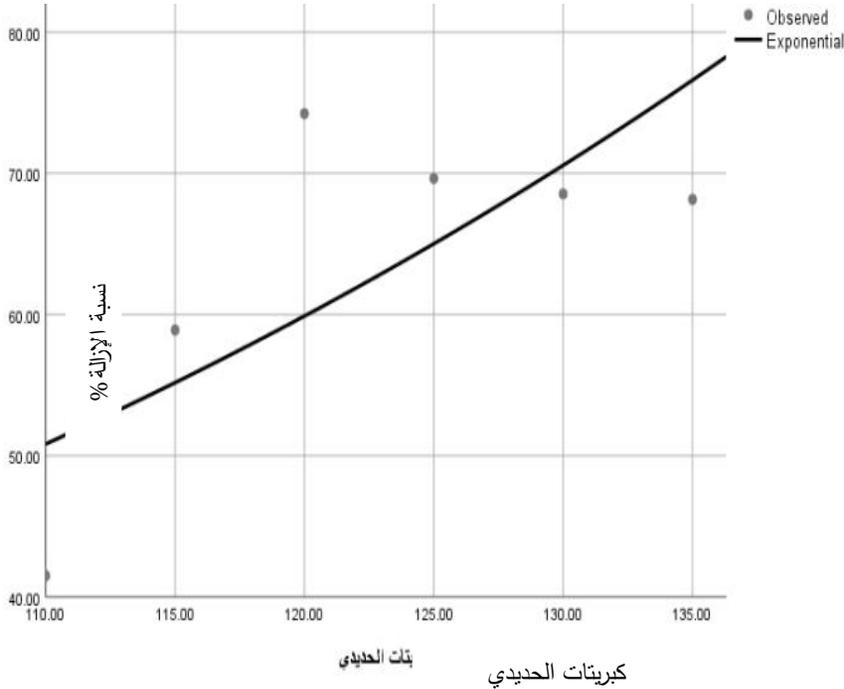
Coefficients					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
كبريتات الحديدي	.016	.008	.718	2.063	.108
(Constant)	8.363	8.168		1.024	.364

من الجدول السابق تم إيجاد المعادلة التالية: $Y=0.016X+8.363$

جدول (11-1) نتائج تحليل التباين بين المتغير التابع (نسبة إزالة العكارة) والمتغير المستقل (جرعة كبريتات الحديدي)

ANOVA					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.118	1	.118	4.255	.108
Residual	.111	4	.028		
Total	.228	5			

يوضح الجدول السابق نتائج تحليل التباين أنوفا لاختبار معنوية الانحدار أن قيمة احتمالية $\text{sig}=0.108$ أكبر من 0.05 وبالتالي نقبل الفرض الصفري ونرفض الفرض البديل وبالتالي لا توجد علاقة بين المتغير التابع والمتغير المستقل.



الشكل (5-1) مخطط يوضح العلاقة بين جرعة كبريتات الحديد ونسبة إزالة العكارة

وفق برنامج SPSS

7- مناقشة النتائج:

من نتائج التجارب السابقة على مياه صرف الخام أظهرت التجربة الأولى أن كلما زادت جرعة كبريتات الحديدي $FeSO_4$ كلما انخفض مؤشر عكارة المياه وأن ترشيح هذه المياه قبل إضافة المادة أعطت نتائج أفضل للترسيب فتم اعتماد عملية الترشيح المسبقة في بداية التجارب اللاحقة، لذلك قمنا بمتابعة العمل بالترشيح المسبق وزيادة قليلة للجرعات في التجربة الثانية لدراسة أثر الترشيح وزمن المكث، فكانت النتائج مقاربة جداً بالنسبة للزمن فتم اعتماد زمن المكث ساعة ونصف لباقي التجارب، تم إكمال التجارب حتى يتم الوصول للجرعة التي تتوقف عندها فعالية الإزالة كما في التجربة الثالثة والرابعة، حيث تم الوصول إلى الجرعة الأمثل لكبريتات الحديدي $FeSO_4$ التي أدت إلى تشكل ندف كبيرة تلاحظ بالعين المجردة، وأصبحت المياه أكثر نقاوة وأقل عكارة بنسبة ما يقارب 75% والتي حققتها الجرعة 120 mg/l من كبريتات الحديدي، حيث أن الجرعات الأكبر من 120 mg/l لم تعد تعطي نتائج أفضل للإزالة، تم نمذجة النتائج ببرنامج SPSS حيث أوضح المخطط (1-5) العلاقة بين المتغير التابع (نسبة إزالة العكارة) والمتغير المستقل (جرعة كبريتات الحديدي) وتبين من خلال تجربة أنوفا أنه يوجد علاقة طردية جيدة بين المتغيرين، وتم الحصول على المعادلة التي تربط بينهما

$$.Y=0.016X+8.363$$

8-المقترحات والتوصيات:

- بناء على التجارب المخبرية التي تم التوصل لها يفضل ترشيح المياه قبل إضافة المواد الكيميائية لأنها تحقق نسبة إزالة أكبر للعكارة.
- اعتماد زمن مكث في أحواض الترسيب ساعة ونصف عند استخدام كبريتات الحديدي $FeSO_4$.

9- المراجع:

[1] ميخائيل، جوزيف، و زكية، رصين، - 2002- الصرف الصحي /2/ محطات معالجة مياه المجاري، الطبعة الأولى، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، - صفحة 247.

[2] زينة حلاق، 2019، تغير خصائص الترسيب لحمأة أحواض الترسيب الأولى باستخدام إضافات كيميائية رسالة ماجستير/ قسم الهندسة البيئية / كلية الهندسة المدنية / جامعة البعث.

[3] رافع يعقوب، زينة حميد، 2013، استخدام بعض المخثرات في معالجة المواد العالقة في المياه، مجلة تكريت للعلوم الهندسية. /المجلد 20/العدد 5/، ص: (21-29).

[4] E. Alemany, D. Zambrano, E. Alemany, D. Aguado, 2019- Effect of the addition of precipitated ferric chloride on the morphology and settling characteristics of activated sludge flocs, Separation and Purification Technology, Vol. 227, 5 November 2019, 115711.

[5] Pauline D. Johnson, Padmanabhan Girinathannair, Kurt N. Ohlinger, Stephen Ritchie, Leah Teuber, Jason Kirby, 2008-

Enhanced Removal of Heavy Metals in Primary Treatment Using Coagulation and Flocculation, **Water Environment Research**, Vol. 80, No. 5 (2008).

[6] T. C. Prathna, Ankit Srivastava, 2021 -Ferric chloride for odour control: studies from wastewater treatment plants in India, **Water Practice & Technology**, Vol.16 No. 1.

[7] GHAWI, Ali. JOZEF, KRIŠ. (2010). **STUDY FOR WASTEWATER TREATMENT IN IRAQ USING COAGULANT**. Fourteenth International Water Technology Conference, SLOVAKIA.

دراسة عددية لتقييم استجابة تربة مسلحة

بالجيوسيل يستند عليها أساس آلة

طالب الماجستير: محمود الخضور - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

الدكتور المشرف: علي عبدالله - المشرف المشارك: د. نجلا الحسن

ملخص البحث

تقوم فكرة هذا البحث على استخدام تسليح التربة من نوع الجيوسيل الذي يمكن أن يلعب أكثر من دور وفعاليتها عالية مثل تسليح التربة وزيادة متانتها من خلال تحسين بارامترات معينة (C و Ø وغيرها...) وأيضاً تخميد جزء من الاهتزازات القادمة من الآلة قبل انتشارها في التربة وذلك من خلال المواد المائلة الموجودة ضمن الخلايا والتي ستؤمن الحصر الجانبي لمواد الملء وستحافظ عليها في مكانها.

حيث تم تشكيل نماذج تحاكي توضع منبع اهتزازي وهو أساس آلة على سطح تربة مسلحة بالجيوسيل ثم تمت مقارنة النتائج التي حصلنا عليها مع حالة التربة الطبيعية دون تسليح حيث حصلنا على تخميد لمطال السرعة الجزيئية الأعظمية PPV بفعالية وصلت الى 22% في حالة التسليح مملوء بالحصويات ومن ثم تمت دراسة مطال الانتقالات من أجل ترددات مختلفة فكان التسليح المملوء بالتربة الغضارية الحمراء هو الأفضل بنسبة تخميد وصلت الى 82% ومن ثم تم تشكيل نماذج للوصول للتطبيق الأمثل لموضع التسليح فكانت أعلى نسب تخميد في حال كانت طبقة التسليح تقع مباشرة أسفل الأساس بالنسبة للتباعد الشاقولي وامتداد غير مبالغ فيه من الأطراف لطبقة التسليح كان كافياً بالنسبة للتباعد الأفقي وبالنسبة لعدد طبقات التسليح تم تشكيل نماذج لتراكب أكثر من طبقة تسليح وتم التوصل لأن زيادة عدد طبقات التسليح يتناسب طردياً مع زيادة نسبة التخميد.

الكلمات المفتاحية: تسليح الجيوسيل، الاهتزازات، تخميد، الحصر الجانبي، المواد

المائلة، السرعة الجزيئية الأعظمية

Numerical study to Evaluate the response of Geocell-Reinforced soil which subjected to machine foundation

Abstract

The idea of this research is based on using geocell soil reinforcement, which can play multiple roles effectively, such as reinforcing the soil and increasing its strength by improving certain parameters (c , ϕ , etc.). It also dampens some of the vibrations coming from the machine before spreading in the soil through the filler materials within the cells, which provide lateral confinement for the fill materials and keep them in place.

Models were formed to simulate the placement of a vibration source, which is the foundation for a machine on the surface of soil reinforced with geocell. The results were then compared with the case of natural soil without reinforcement, where effective damping of the peak particle velocity (PPV) was achieved up to 22% in the case of reinforcement filled with aggregates. The study also examined the displacement functions for different frequencies, showing that the reinforcement filled with red sandy soil was the best in terms of damping, reaching 82%. Models were then formed to determine the optimal placement of reinforcement, with the highest damping ratios achieved when the reinforcement layer was directly below the foundation in terms of vertical spacing, with a moderate extension from the edges of the reinforcement layer being sufficient for horizontal spacing. As for the number of reinforcement layers, models were formed to overlay multiple layers, and it was found that increasing the number of reinforcement layers is directly proportional to the increase in damping ratio.

Key words: Geocell reinforcement, vibrations, damping, lateral confinement, fill materials, peak particle velocity.

1 - مقدمة

تعتبر دراسة تأثير الاهتزازات على كل من التربة والمنشآت والأشخاص، وإيجاد القيم الحدية المسموحة لهذه الاهتزازات من المسائل الهامة في ديناميك التربة.

ويمكن أن نلخص بعض من التأثيرات السلبية للاهتزازات على كل من التربة والمنشآت والأشخاص كما يلي: [11]

تأثير الاهتزازات على التربة

يمكن تلخيص التغيرات في خواص التربة عند تعرضها للاهتزازات بما يلي:

• التشديد الاهتزازي

قد يؤدي ارتصاص الترب المفككة نتيجة انتشار الأمواج الاهتزازية فيها إلى هبوطات إضافية وذلك نتيجة تغير المسامية خلال فترة تأثير الاهتزازات، وهذا يؤدي بالنتيجة إلى خلل في توازن المنحدرات أو فرق في هبوط الأساسات.

يمكن التعبير عن التشديد الاهتزازي بالعلاقة التالية:

$$Dr' = \frac{e_{\max} - \acute{e}}{e_{\max} - e_{\min}}$$

حيث Dr' : الكثافة الديناميكية التي تعبر عن التشديد أو التراص الاهتزازي.

e' : معامل المسامية عند درجة التحميل المعطاة.

e_{\min} ، e_{\max} : معامل المسامية الأصغري و الأعظمي للتربة.

لقد تبين من التجارب أنه في حال كون الكثافة النسبية الطبيعية للرمل Dr أصغر من Dr' فإن الهبوط سيحدث تحت تأثير الاهتزازت.

• تسيل التربة

الأمواج الزلزالية القاصة تسبب زيادة في ضغط الماء المسامي في الترب المفككة المشبعة. هذه الزيادة تخفض من اجهادات التطويق الفعالة للتربة مما يؤدي إلى انخفاض عامل القص للتربة والذي بدوره يؤدي إلى زيادة التشوهات في التربة. في حال التسيل التام (انعدام الإجهادات الفعالة) تفقد التربة مقاومتها على القص بشكل كامل وتتحول التربة إلى وضعية السائل اللزج وتصبح قدرة تحمل التربة مساوية للصفر تقريباً.

لذلك يفضل قبل التأسيس على مثل هذه الترب إجراء تحسين عليها لإلغاء قابليتها للتسيل وتخفيض هبوطها المحتمل ويتم ذلك بطرق متعددة تتضمن:

1- زيادة صلابة التربة بالحقن.

2- التحكم بضغط الماء المسامي ومنع زيادته وتطوره.

3- تنفيذ أعمدة حجرية تؤمن تصريف للتربة وتسمح بالتحكم بضغط الماء المسامي، وكذلك تزيد كثافة التربة المحيطة بالعمود بزيادة الضغط الجانبي المؤثر عليها.

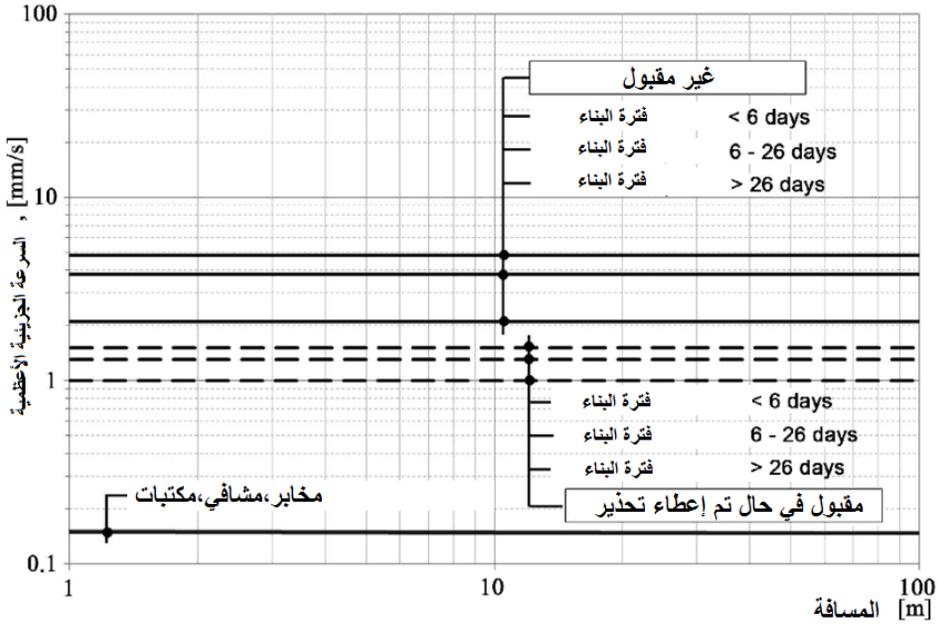
تأثير الاهتزازات على الأشخاص

يمكن أن تسبب الاهتزازات إزعاجاً للأشخاص، وضرر بصحتهم في حال ازداد مطالها عن الحد المسموح.

تؤثر طبيعة الاهتزازات (مؤقتة، مستمرة)، ومدة تعرض الإنسان لها على تحديد القيم الحدية المسموحة، فكلما ازدادت مدة تعرض الإنسان للاهتزازات (اهتزازات مستمرة) تتناقص القيم المسموحة.

يبين الشكل (1) القيم الحدية المسموحة للاهتزازات التي يوصي بها مشروع الكود الأوروبي Eurocode3 [3] وذلك في حال تعرض الإنسان للاهتزازات الصناعية الناتجة عن عمليات البناء.

يظهر من الشكل أن القيم الحدية المسموحة تتناقص مع زيادة مدة البناء (مدة تعرض الإنسان للاهتزازات).



الشكل (1) القيم الحدية المسموحة للاهتزازات حسب المعيار البشري

يبين الجدول (1) قيماً حدية للسرعة الجزيئية للاهتزازات (mm/sec) تتعلق بتعدد الاهتزاز وتصف حساسية الانسان للاهتزازات. ويظهر أن الإنسان يشعر بالاهتزازات عملياً بدءاً من سرعة 0.3 mm/sec، في حين يبدأ بالانزعاج منها بدءاً من سرعة 3 mm/sec [4].

الجدول (1) القيم الحدية المسموحة لتأثير الاهتزازات على الانسان (Selby1991)

مؤلم	مزعج	محسوس بوضوح	محسوس بالكاد	غير محسوس	درجة التأثير
10	3	1	0.3	0.3>	سعة الاهتزاز الحدية mm/sec

يحدد النظام ISO 2631-2:2003 [9] قيمة حدية مسموحة عند تعرض الانسان في أماكن العمل الحساسة (كغرف العمليات في المشافي) لاهتزازات مستمرة أو متوسطة ذات تردد أعلى من 10Hz وهي 0.1mm/sec، يرتفع هذا الحد إلى 0.5mm/sec في مكاتب العمل العادية.

تأثير الاهتزازات على المنشآت

يمكن أن تؤثر الاهتزازات التي تنتشر في التربة بشكل مباشر أو غير مباشر على المنشآت المجاورة، يتجلى هذا التأثير بدءاً من ظهور تشققات جمالية ثانوية في المنشأ إلى أن تصل أحياناً إلى انهيار المنشأ.

وجد نتيجة التجارب والخبرة العملية أن السرعة الجزيئية هي العامل الأفضل لتمثيل تأثير الاهتزازات على المنشآت، ولكن الاعتماد عليها فقط غير كافٍ، ويجب ربطها مع التردد المسيطر للاهتزاز من أجل تحديد القيم الحدية المسموحة وفق المعيار الإنشائي.

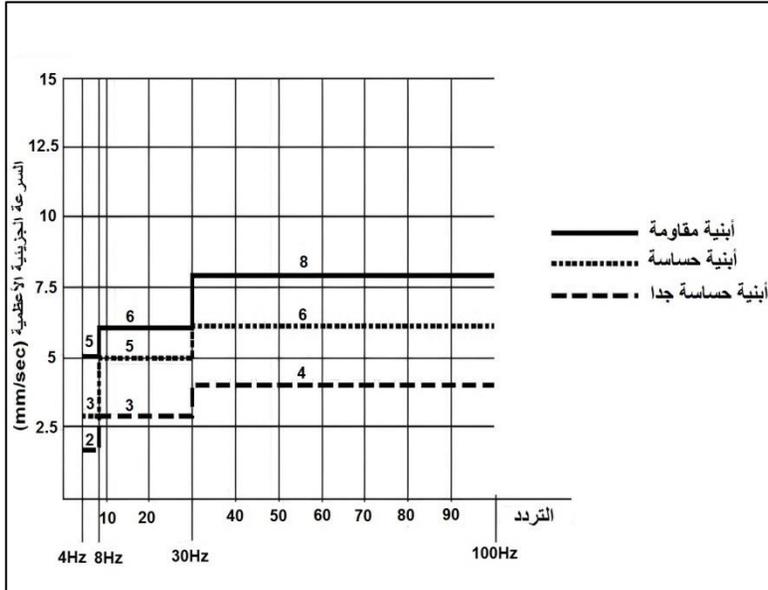
على سبيل المثال يوضح الشكل (2) القيم الحدية المسموحة في فرنسا وفقاً للمعيار الإنشائي [8] وذلك في كل من حالة الاهتزازات المستمرة والاهتزازات النبضية المتكررة

حيث تم تقسيم المنشأ إلى ثلاث فئات حسب مقاومتها للاهتزازات (مقاومة وحساسة وحساسة جداً) والقيمة الحدية المسموحة لكل منها تتعلق بالتردد المسيطر للاهتزازات المؤثرة. نستنتج من هذا الشكل ما يلي:

1- من أجل نفس طبيعة الاهتزازات والتردد ، تزداد القيمة المسموحة بازياد مقاومة المنشأ.

2- من اجل نفس المنشأ وطبيعة الاهتزاز ، تزداد القيمة المسموحة بازياد التردد المسيطر للاهتزازات.

3- من أجل نفس المنشأ والتردد ، تنخفض القيمة المسموحة إلى النصف تقريباً في حال التأثير المستمر للاهتزازات.



الشكل (2) القيم الحدية المسموحة المعتمدة في فرنسا وفق المعيار الانشائي

يعتبر مجال استخدام التربة المسلحة مجالاً واسعاً جداً، وتكون له قيمة كبيرة إذا كانت الحلول التقليدية الأخرى للتأسيس باهظة التكاليف، أو تطلبت الضرورة تنفيذ أساسات عميقة بتكاليف ضخمة ويقسم مجال استخدام التربة المسلحة إلى: [12]

- جدران استنادية من تربة مسلحة
- تدعيم أسفل الأساسات
- مساند طرفية للجسور
- جدران لضفاف الأنهار
- في مجال الطرق
- تأمين واصلاح المنحدرات
- وسائد تأسيس
- منشآت مؤقتة تزول بعد زوال الغاية منها.

وتعود أسباب استخدامها إلى النقاط التالية: [12]

- سهولة التنفيذ
- الكلفة الاقتصادية القليلة مقارنة بالطرق التقليدية
- توفر المعدات والآليات المطلوبة (جرافة-مدحاة-قاشطة)
- زمن التنفيذ القصير
- لا تحتاج للكثير من الأيدي العاملة

- تعتبر منشآت التربة المسلحة غير حساسة على الهبوط
- بسبب تكوينها الانشائي لا يحصل فيها انهيارات فجائية

إن التربة المسلحة تعتمد في مبدئها على إضافة مادة صناعية إلى التربة تفيد في تحسين خواص التربة (قدرة تحمل-صلابة-تماسك-احتكاك وغيرها من الخواص). فقد ازداد في العقود الثلاثة الماضية استخدام مواد تسليح التربة عموماً، والجيوسيل بشكل خاص والأمر الذي يميزه عن باقي أنواع التسليح التقليدية هو شكله المشابه لخلايا النحل وكيفية توضع مواد الملء بداخله بحيث يضمن ثباتها في مكانها دون حدوث انتقال، وهو ما تحدث عنه [2] Azzam, W. R حيث أشار إلى أن تركيب الخلايا يؤدي إلى حصر جانبي كبير للمواد المائلة الأمر الذي يلعب دوراً فعالاً في منع الانتشار الجانبي لهذه المواد تحت الأساسات عندما تتعرض للتحميل الديناميكي.

تنقسم طرق تسليح التربة بالجيوسيل لأشكال مختلفة، فمنها ما يكون على شكل جدران أو عناصر تسليح تحت الأساسات أو تحت الطرق أو في المنحدرات وتصمم بحيث تكون قادرة على الحلول محل الاقتراحات التقليدية وبكفاءة واقتصادية أكبر من استخدام الطرق التقليدية المتبعة.

إضافة لما سبق يمكن توظيف تسليح الجيوسيل ديناميكياً في تخميد مطال الانتقالات والسرعة الجزيئية الاعظمية والتسارع الجزيئي الاعظمي للاهتزازات القادمة من المنابع الاهتزازية المختلفة من خلال مواد الملء الموجودة فيه وهو ما قام الباحثان (Venkateswarlu, Hegde) [7] بتجريبه من خلال سلسلة من التجارب المخبرية حيث وصل إلى نسبة تخميد لمطال الانتقالات وصلت إلى 68% في حالة المادة المائلة هي الحصىيات و 61% في حالة المادة المائلة هي الرمل و 59% في

حالة المادة المائلة هي الرمل السيلتي وبالنسبة لمطال التسارع الجزيئي الاعظمي والسرعة الجزيئية الاعظمية وصلت نسبة التخميد في حالة المادة المائلة هي الحصويات الى 57% بالنسبة لمطال السرعة و48% لمطال التسارع.

2 - هدف البحث

الهدف الرئيسي للبحث هو دراسة إمكانية وكفاءة عزل الاهتزازات القادمة من أساس آلة عددياً وتخفيض مطالها عن طريق تسليح التربة أسفل الأساس بالجيوسيل المملوء بتراب مختلفة.

3 - طريقة البحث والنتائج:

تم تشكيل نموذج لمحاكاة حالة واقعية وهي أساس آلة تم تسليح التربة أسفله بشبكة من الجيوسيل والتي تحوي مواد مائلة من تربة مختلفة لمعرفة مدى تأثير هذا التسليح على عزل الاهتزازات القادمة من أساس الآلة، وبالتالي يبقى مطال الاهتزازات ضمن القيم المسموحة بحيث لا يؤثر على الجوار بشكل سلبي.

تم تشكيل نماذج عددية على برنامج Plaxis 2D لمحاكاة الحالة المدروسة بالنسبة لثلاث مواد مائلة وبكل نموذج تم مقارنة النتائج بين حالتي (قبل - بعد) تطبيق تسليح الخلايا الجيوسيلية لتحديد فعالية التسليح المعتمد في كل حالة من الحالات.

نظرا لعدم إمكانية نمذجة الخلايا الجيوسيلية ثلاثية الأبعاد في برنامج نمذجة ثنائي الأبعاد PLAXIS2D سوف نلجأ لطريقة النهج المكافئ ECA والمقترحة من قبل (Latha, Dash, and Rajagopal (2009) [10] والتي يتم فيها تمثيل طبقة التربة

المسلحة كطبقة مكافئة بخواص محسنة (التماسك تحديداً) لكي يسهل نمذجتها على البرمجيات الحاسوبية ثنائية الأبعاد.

الخواص المستخدمة في النمذجة موضحة في الجداول (2)، (3)، (4).

الجدول (2) مواصفات التربة الأساسية للنموذج (تربة رملية)

القيمة	البارامتر
19	الوزن الحجم γ (Kn/m^3)
20,000	معامل يونغ E (Kn/m^2)
0.3	معامل بواسون ν
32	زاوية الاحتكاك الداخلي θ ($^\circ$)
0	التماسك C (Kn/m^2)
2	زاوية التوسع الحجمي ψ ($^\circ$)

الجدول (3) مواصفات أساس الآلة

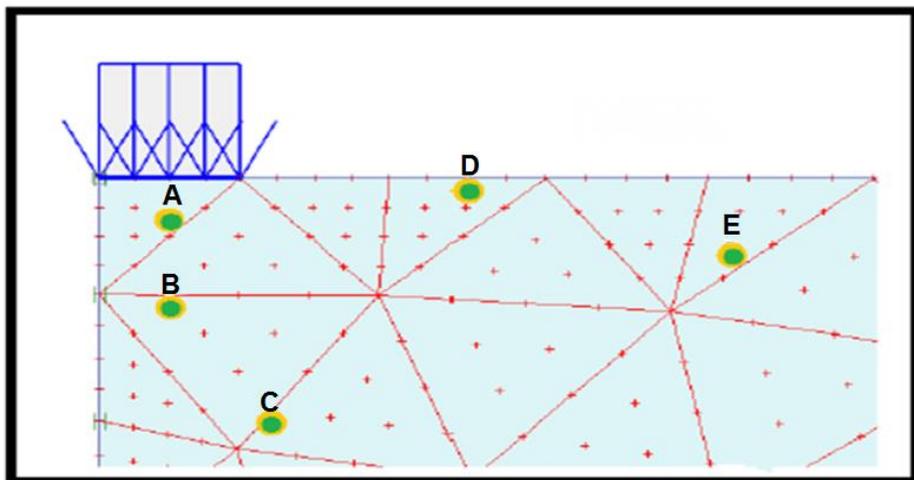
القيمة	البارامتر
2×10^7	معامل يونغ للبيتون E (Kn/m^2)
24	الوزن الحجمي للبيتون γ (Kn/m^3)
0.15	معامل بواسون للبيتون ν

الجدول (4) مواصفات تسليح الجيوسيل

القيمة	البارامتر
275,000	معامل يونغ E (Kn/m^2)
0.45	معامل بواسون ν

مواصفات النموذج

مواصفات النموذج الذي تم تشكيله والموضح في الشكل (3) كالتالي:



الشكل (3) توزيع نقاط الحساب في النموذج المدروس

- تم أخذ نصف نموذج للحالة المدروسة للحصول على نتائج أدق وبسرعة أكبر.
- تم اعتماد حالة التناظر المحوري حول المحور الشاقولي المار من مركز أساس الآلة المعتبر axisymmetric.

- أبعاد النموذج المدروس (30x15m) وعدد عقد الدراسة هو 15 عقدة.
- الواحدات المعتمدة:
- الأطوال (m)، القوى (Kn)، السرعات (m/s)، الإجهاد (Kn/m^2)، الوزن الحجمي (Kn/m^3).
- تم اعتماد الكثافة المتوسطة لشبكة العناصر المنتهية من أجل توصيف أفضل وأدق للنموذج.
- تم تقييد جوانب النموذج standard fixities مع تحرير الحركة الشاقولية للنموذج.
- تم وضع حدود ماصة Absorbent boundaries على الحد الفاصل اليساري لتجنب انعكاس وانكسار الأمواج نظراً لكونه غير موجود فعلياً (الحد الفاصل لنصف النموذج).
- تردد قوة التحريض الشاقولية المطبقة هو 70 Hz.

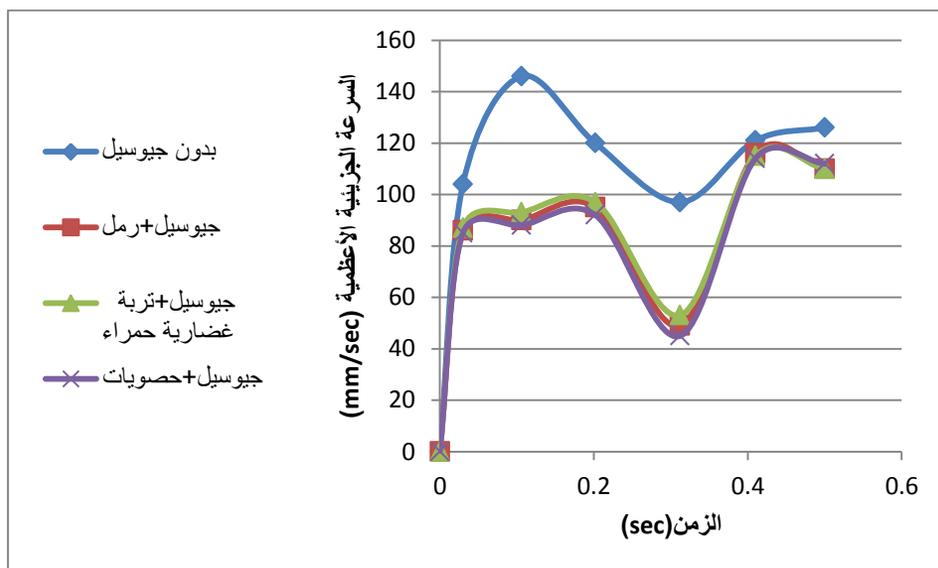
4 - تحليل النتائج

4 - 1 - دراسة تأثير المواد المائلة على فعالية التخميد

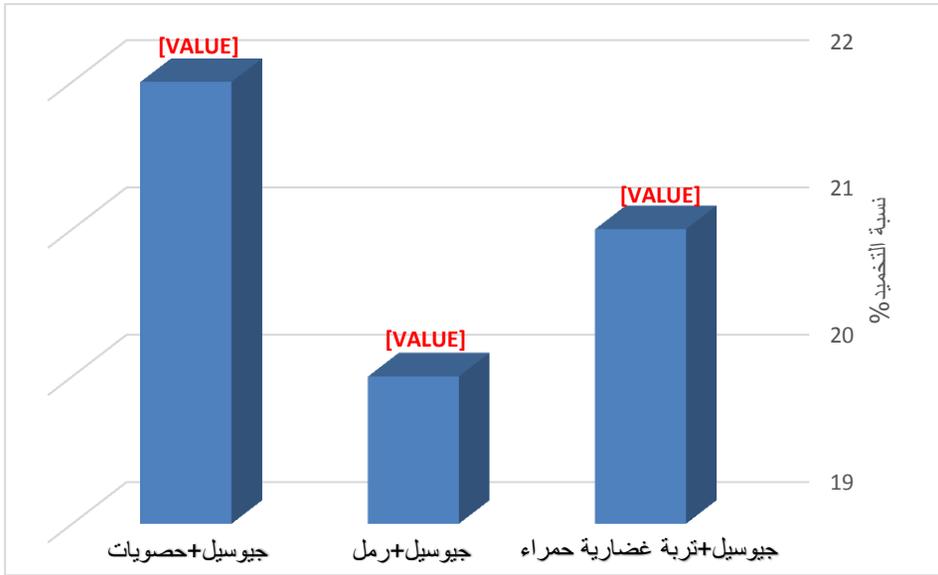
تمت نمذجة المواد المائلة الثلاثة كل في نموذج وتم اعتماد القيم الأعظمية لمطال السرعة الجزيئية بدلالة الزمن وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (5) والأشكال (4)، (5).

الجدول (5) نتائج تحليل النماذج قبل وبعد تطبيق التسليح بالنسبة للمواد المائلة الثلاثة

جيوسيل+حصويات		جيوسيل+تربة غضارية حمراء		جيوسيل+رمل		بدون جيوسيل	
t(s)	v(mm/s)	t(s)	v(mm/s)	t(s)	v(mm/s)	t(s)	v (mm/s)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.03	85	0.03	87	0.03	86	0.03	104
0.106	88	0.106	93	0.106	90	0.106	146
0.202	92	0.202	97	0.202	95	0.202	120
0.312	45	0.312	53	0.312	49	0.312	97
0.41	114	0.41	115	0.41	116	0.41	121
0.5	112	0.5	110	0.5	110	0.5	126



الشكل (4) منحنى السرعة - الزمن بالنسبة لمواد الملاء الثلاثة



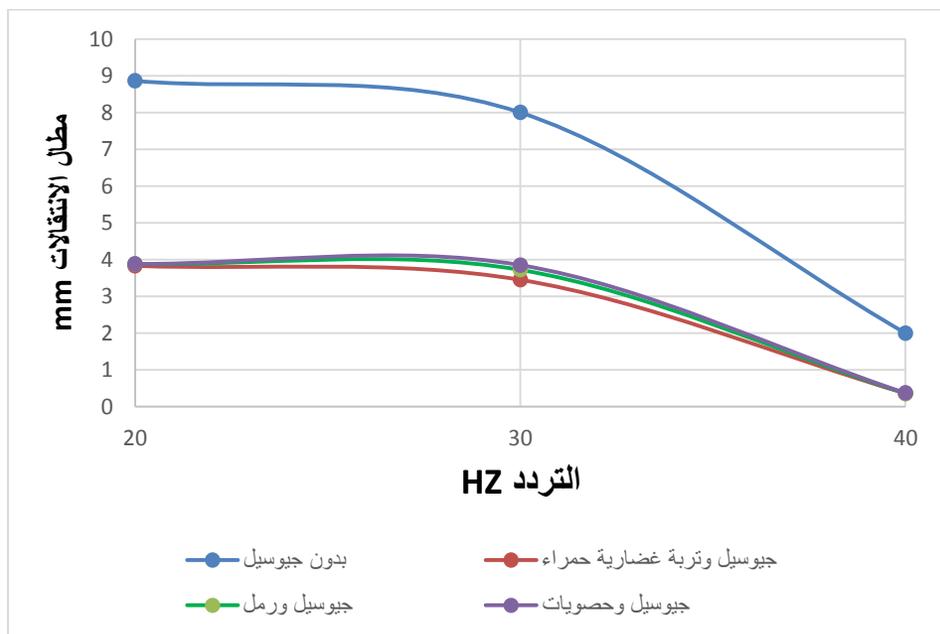
الشكل (5) فعالية التخميد في مطال السرعة الجزيئية بالنسبة للمواد المائنة الثلاثة

4 - 2 - دراسة مطال الانتقالات

تم دراسة مطال الانتقالات للترب الثلاث بالنسبة لثلاث ترددات (20-30-40) Hz وكانت النتائج كما هو مبين بالجدول (6) و الشكل (6).

الجدول (6) قيم مطال الانتقالات بدلالة التردد لحالة التربة مع وبدون تسليح

	20Hz	30Hz	40Hz
بدون جيوسيل	8.86mm	8mm	2mm
جيوسيل+تربة غضارية حمراء	3.83mm	3.45mm	0.36mm
جيوسيل+رمل	3.88mm	3.72mm	0.36mm
جيوسيل+حصويات	3.88mm	3.85mm	0.37mm



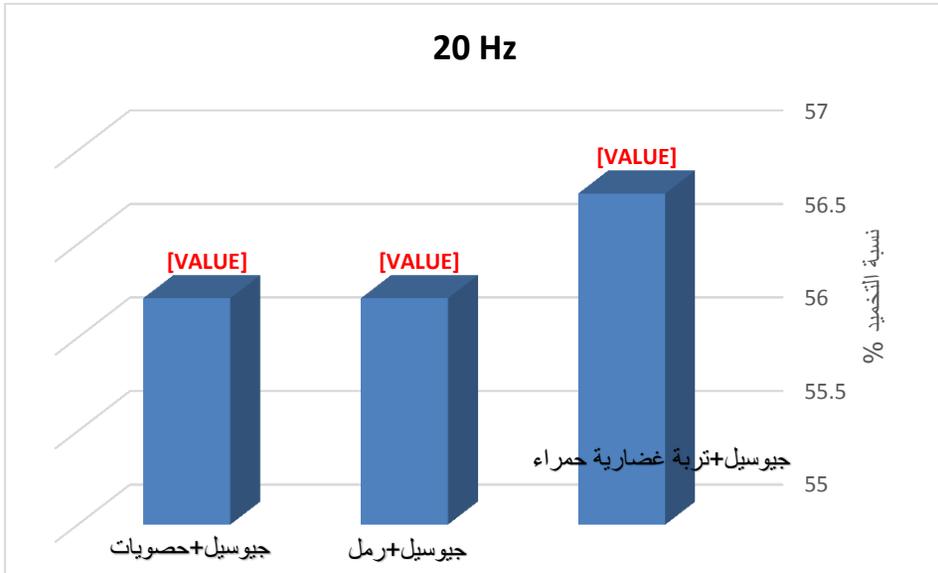
الشكل (6) مطال الانتقالات بدلالة التردد

للتعبير عن الفعالية في التخميد التي حصلنا عليها هنا تم استخدام ما يسمى بعامل تخفيض المطال A_{rf} (Amplitude reduction factor) والمبين بالجدول (7). [3].

$$A_{rf} = \frac{\text{مطال الانتقالات مع تسليح}}{\text{مطال الانتقالات بدون تسليح}}$$

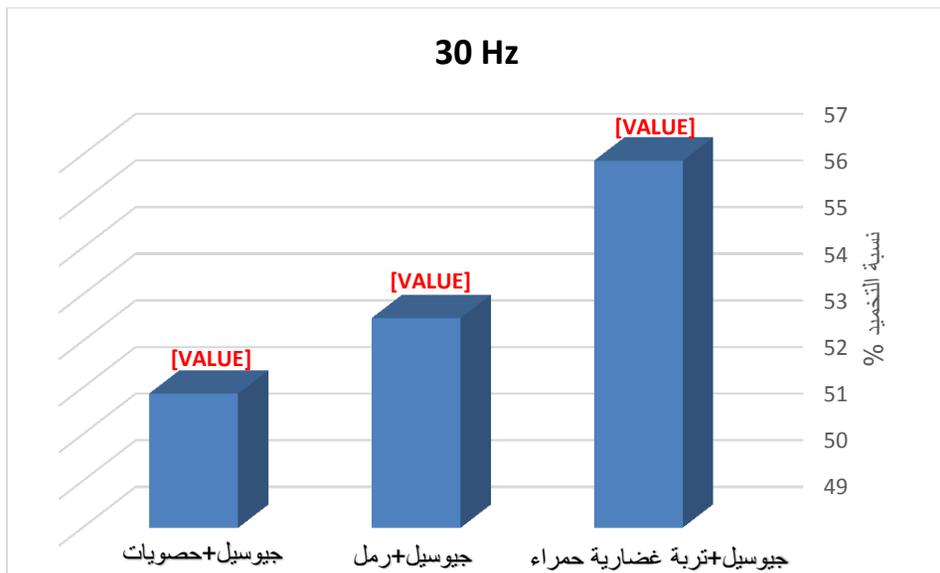
الجدول (7) قيم عامل تخفيض المطال للتربة مع وبدون تسليح بالنسبة للترددات

	بدون تسليح	جيوسيل+تربة غضارية حمراء	جيوسيل+رمل	جيوسيل+حصويات
20Hz	$A_{rf}=1$	$A_{rf}=0.432$	$A_{rf}=0.438$	$A_{rf}=0.438$
30Hz	$A_{rf}=1$	$A_{rf}=0.431$	$A_{rf}=0.465$	$A_{rf}=0.481$
40Hz	$A_{rf}=1$	$A_{rf}=0.18$	$A_{rf}=0.18$	$A_{rf}=0.185$



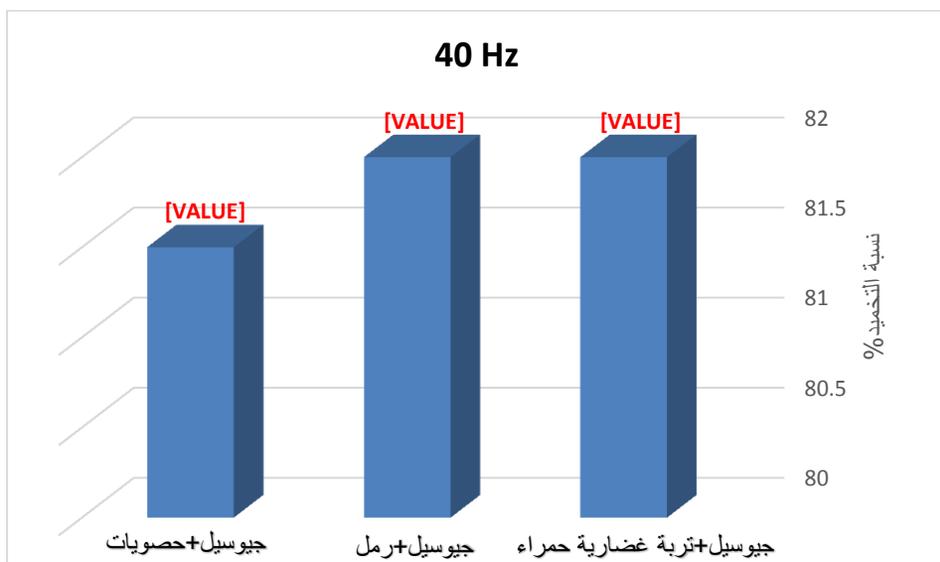
الشكل (7) يبين نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل التردد 20Hz لمواد الملء

الثلاثة



الشكل (8) يبين نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل التردد 30Hz لمواد الملاء

الثلاثة



الشكل (9) يبين نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل التردد 40Hz لمواد الملاء

الثلاثة

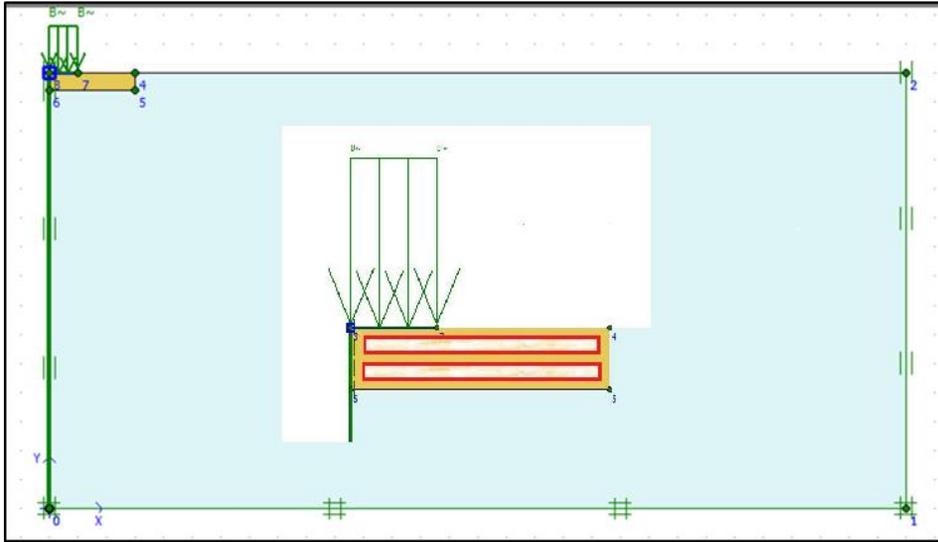
حيث نلاحظ مما سبق أنه تم تخميد مطال الانتقالات بنسب عالية وصلت الى 82% (من أجل التردد 40Hz) وكانت الفروقات بين نسب التخميد بالنسبة لأنواع الثلاثة لمواد الملء ضئيلة ولكن بأخذ الترددات الثلاثة المدروسة وبمقارنة القيم نتوصل الى أنه الجيوسيل المملوء بتربة غضارية حمراء كان مادة الملء ذات أعلى نسبة تخميد بين المواد الثلاثة وهذا ظهر بشكل واضح من أجل التردد 30Hz حيث وصلت نسبة التخميد الى (56.87%) مقارنة بالرمل والحصىات والذين أعطيا القيم التالية (53.5% - 51.88%) على التوالي.

4 - 3 - دراسة حالة الطبقات المتعددة من التسليح

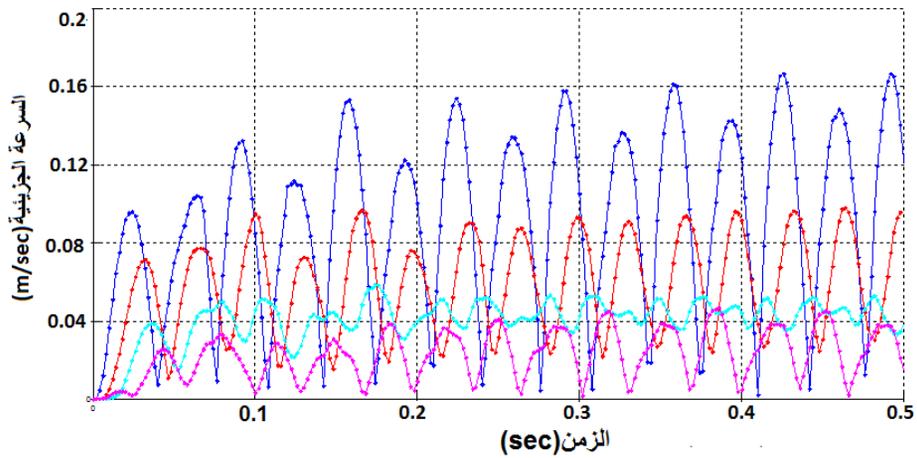
سابقاً تم دراسة البارامترات في حال وجود طبقة واحدة لكن الآن سنطبق أكثر من طبقة من التسليح متمركزة أسفل أساس الآلة لمحاكاة وجود مجموعة مركبة مكونة من أكثر من طبقة واحدة من تسليح الجيوسيل.

• حالة طبقتين من التسليح

تم وضع طبقة تسليح مركبة من طبقتي جيوسيل مع موادها المألثة أسفل الأساس كما هو موضح بالشكل (10)، حيث تم اعتماد الحصىات كمادة مألثة نظراً لأننا حصلنا على أكبر فعالية عند ملئها بالحصىات.



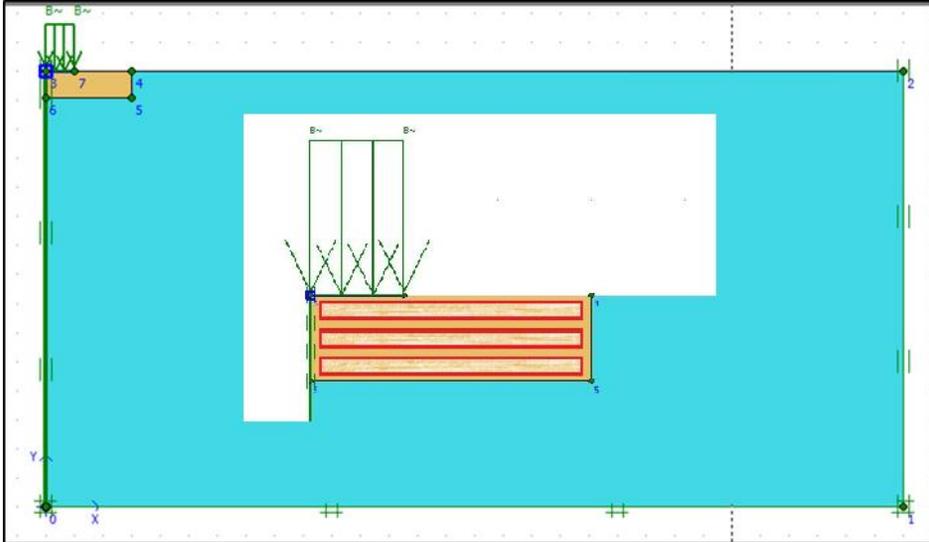
الشكل (10) شكل النموذج المعتمد في حال تواجد طبقتي تسليح



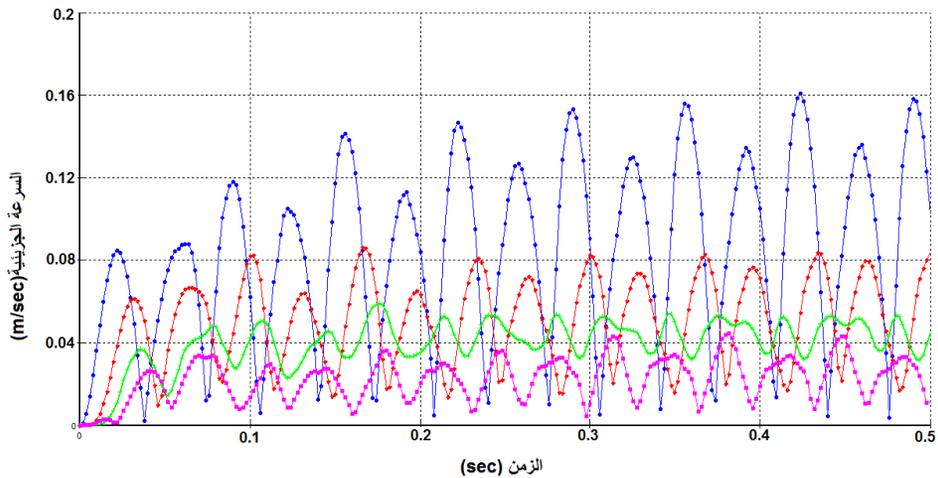
(11) منحنى السرعة بدلالة الزمن في حالة طبقتي تسليح

• حالة ثلاث طبقات تسليح

يوضح الشكل (12) النموذج المعتمد في حال تواجد ثلاث طبقات من التسليح:

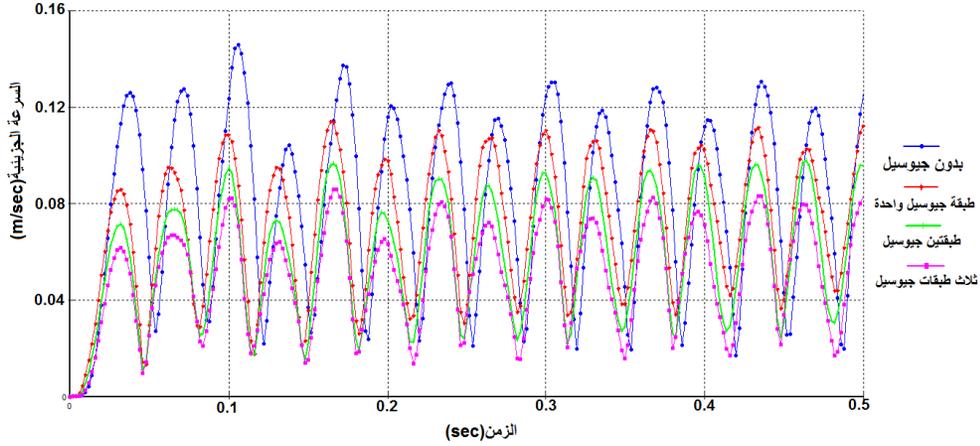


الشكل (12) النموذج المعتمد في حال تواجد ثلاث طبقات تسليح



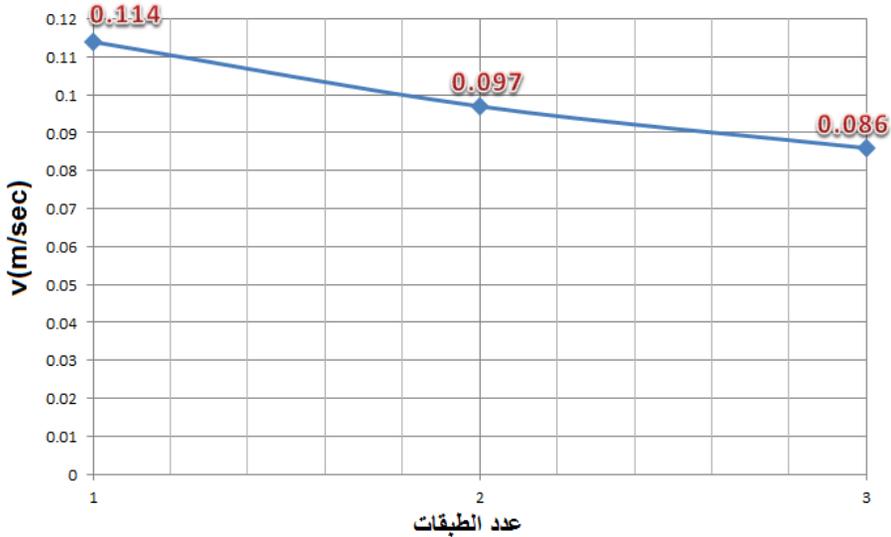
(13) منحنى السرعة بدلالة الزمن في حالة ثلاث طبقات تسليح

الآن سوف نقوم بمقارنة النتائج التي حصلنا عليها في حالة التربة بدون تسليح وفي حال وجود طبقة تسليح واحدة، وفي حال طبقتين وثلاث طبقات تسليح لنحدد درجة التخميد التي حصلنا عليها في كل حالة من الحالات السابقة.



(14) منحنى السرعة بدلالة الزمن في حالة بدون تسليح وحالة طبقة وطبقتين وثلاث طبقات تسليح

لكي نحدد بالأرقام التخميد الحاصل نأخذ أحد القمم من المنحنى السابق:

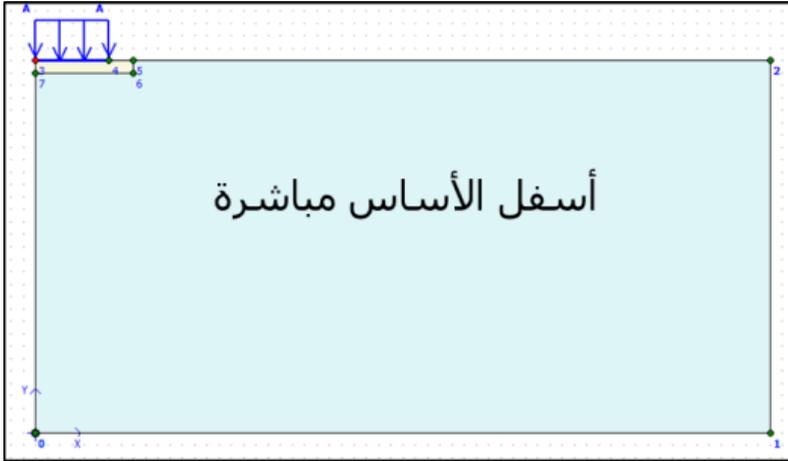


(15) يبين المنحنى البياني قيم مطال السرعة بدلالة عدد طبقات التسليح

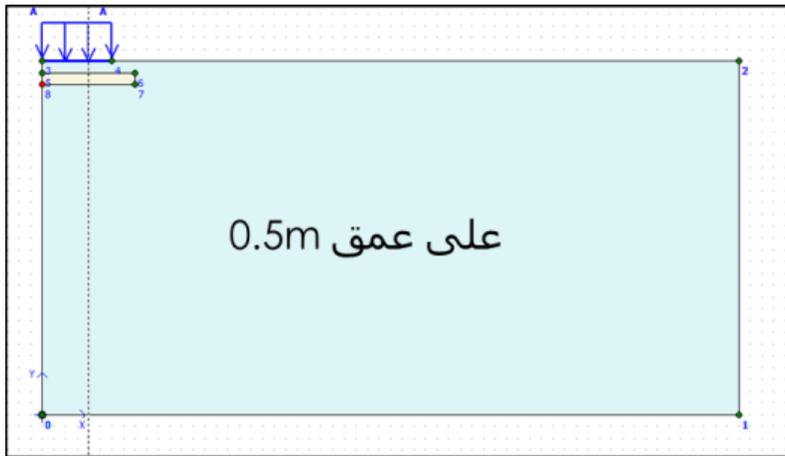
نلاحظ انخفاض واضح في مطال السرعة الجزيئية بزيادة عدد طبقات التسليح مما يمكننا أن نقول إن فعالية التخميد تتناسب طردياً مع عدد طبقات التسليح وهذا يقودنا لنتيجة مفادها أنه في حال كانت الاهتزازات الناتجة عن الآلة أكبر من القيم الحدية المسموح بها يمكننا وضع n طبقة تسليح حتى نصل إلى القيم المسموحة وهذا أقرب ما يكون لنظام عزل مبسط ذو فعالية عالية.

4 - 4 - دراسة التباعدات الشاقولية لطبقات التسليح

تمت دراسة تأثير تباعدات طبقات التسليح بشكل شاقولي أسفل الأساس وفق ثلاث حالات:

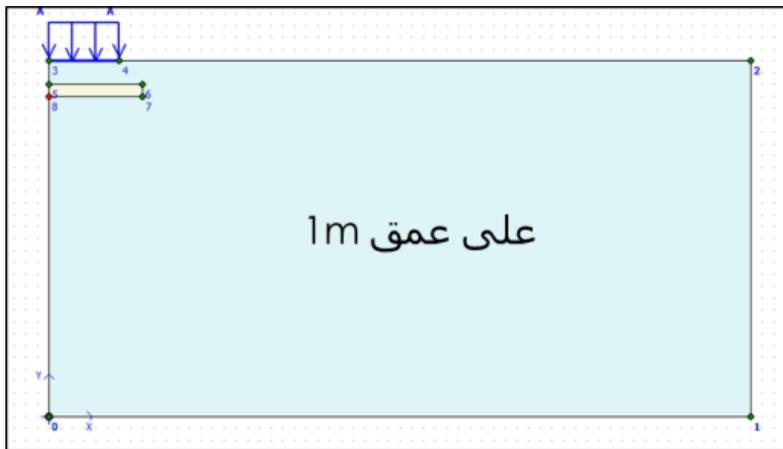


الشكل (16) يوضح الحالة الأولى وهي طبقة التسليح تقع أسفل الأساس مباشرة



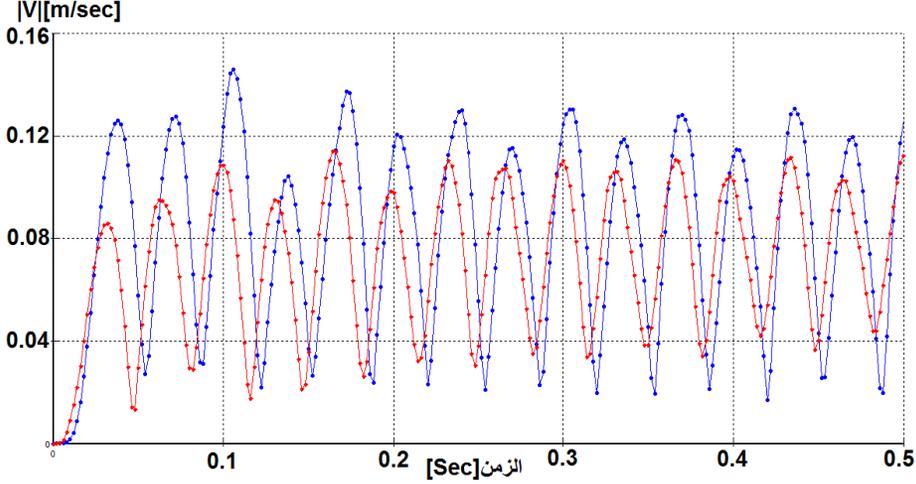
الشكل (17) يوضح الحالة الثانية وهي طبقة التسليح تقع أسفل الأساس على عمق

0.5m



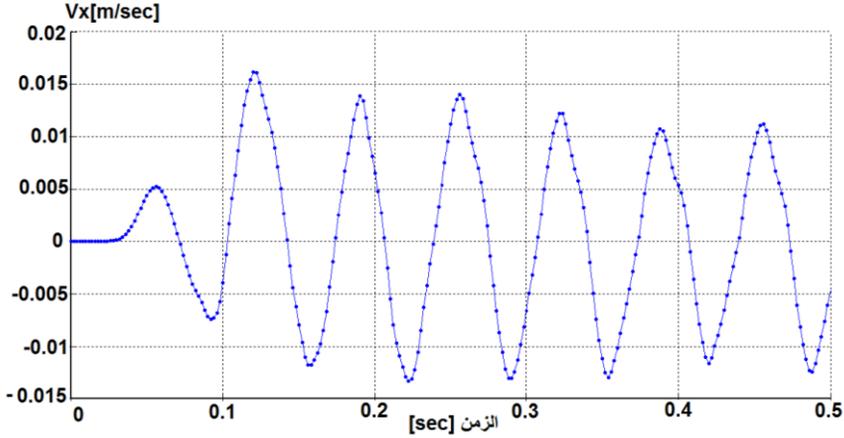
الشكل (18) يوضح الحالة الثالثة وهي طبقة التسليح تقع أسفل الأساس على عمق 1m

كانت النتائج متماثلة في الحالات الثلاث السابقة وذلك بالنسبة لنقاط الدراسة الواقعة أسفل الأساس أي أن الامواج بمجرد عبورها عبر طبقة التسليح ستخدم (النقطة B) ولم يكن للتباعد الشاقولي أي أثر على التخمين الحاصل بفعل طبقة التسليح.



الشكل (19) مطال السرعة الجزيئية الأعظمية قبل وبعد تطبيق التسليح بالنسبة للنقاط الواقعة أسفل الأساس بالنسبة للتباعدات الشاقولية المدروسة (1m-0.5m-0m)

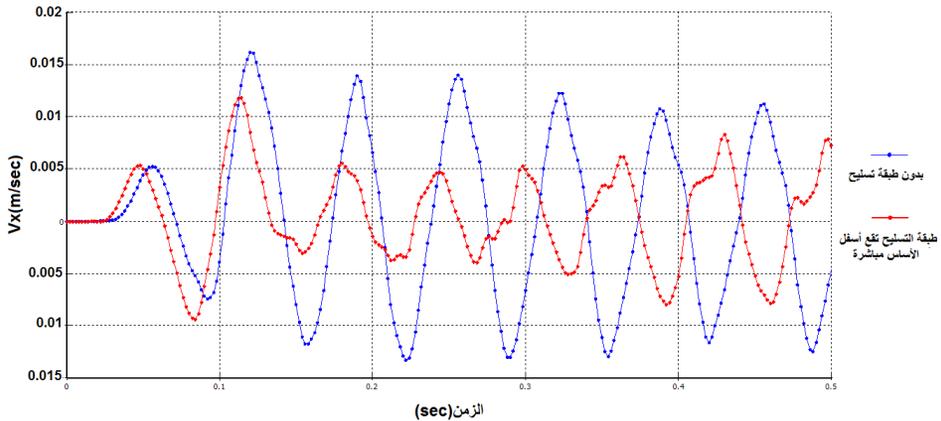
وتمكنا من ملاحظة تسرب للأمواج الاهتزازية غير المخمدة وذلك ضمن المسافة الواقعة بين طبقة التسليح وأساس الآلة بالنسبة للاتجاه الأفقي وذلك في حال ابتعدت طبقة التسليح عن أسفل الأساس وذلك بالنسبة للتباعدين 0.5m و 1m حيث كان مطال السرعة الجزيئية مماثلاً لمطال السرعة في الحالة الطبيعية دون تطبيق تسليح (النقطة E) كما هو مبين بالشكل التالي:



الشكل (20) مطال السرعة الجزيئية الأعظمية من أجل النقاط الواقعة على يمين الأساس (النقطة E) بعد تطبيق التسليح والمماثل للحالة الطبيعية غير المسلحة

بينما في حالة طبقة التسليح تقع أسفل الأساس مباشرة لن يكون هنالك مسافة أو حيز لعبور الأمواج الاهتزازية خارج طبقة التسليح بالتالي سوف نحصل على التخميد المطلوب والذي توفره طبقة تسليح الجيوسيل.

حيث كانت نتيجة انتشار الأمواج بشكل أفقي كالتالي:

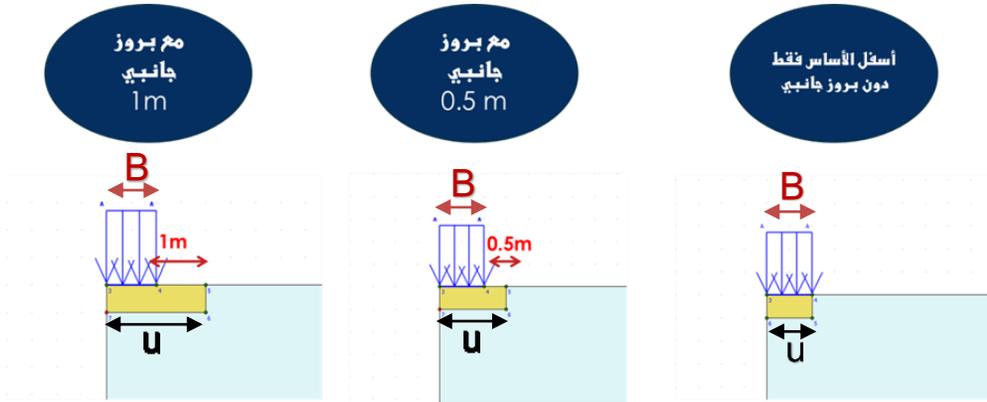


الشكل (21) يوضح منحنى السرعة الجزيئية الأفقية بدلالة الزمن بالنسبة لحالتي بدون طبقة تسليح وحالة طبقة التسليح أسفل الأساس مباشرة

لذلك نستنتج أنه يجب أن تطبق طبقة التسليح أسفل الأساس مباشرة للحصول على أفضل نتائج وأعلى تخميد دون ترك أي مسافة تسمح بعبور الأمواج خارج طبقة التسليح بالتالي نضمن حصر وتوجيه الأمواج المنتشرة ضمن طبقة التربة المسلحة والتي لعبت دور الفلتر المخدم للأمواج الاهتزازية التي سوف تنتشر في التربة.

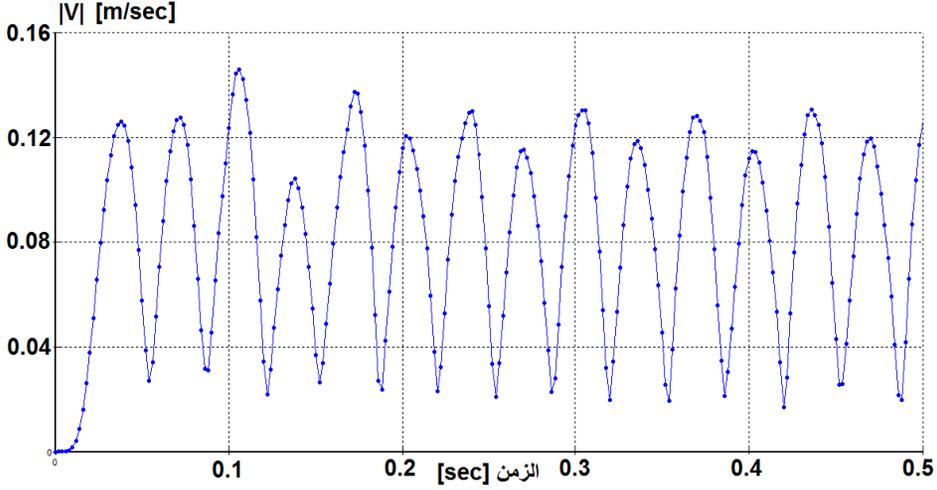
4 - 5 - دراسة الأبعاد الأفقية لطبقات التسليح

تم دراسة الحالات الثلاثة الموضحة بالشكل:



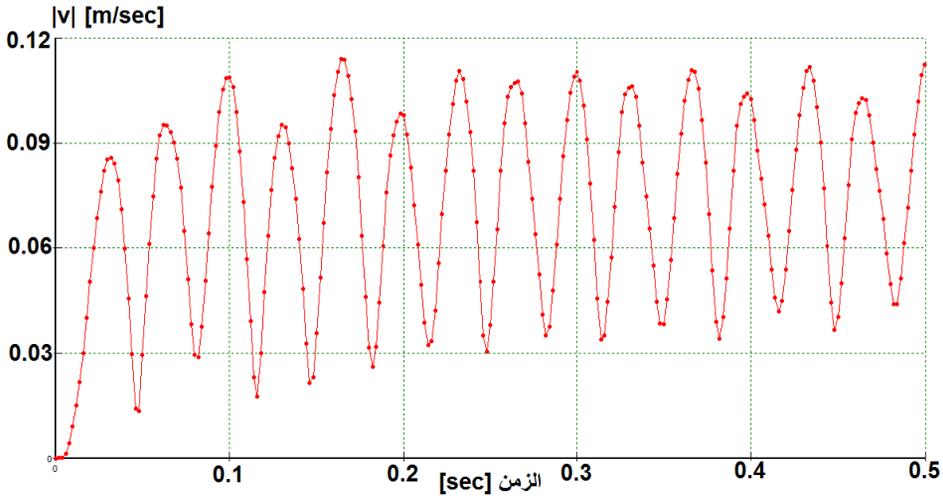
الشكل (20) يوضح حالات دراسة التباعد الافقي لطبقة التسليح

بالنسبة للحالة الأولى (بدون بروز) حصلنا على السرعة نفسها بحالة عدم تطبيق التسليح (الحالة الطبيعية) في نقاط الدراسة الواقعة على يمين الأساس (النقطة D) أي لم نحصل على تخميد لمطال السرعة الجزيئية الأعظمية في هذه النقطة.

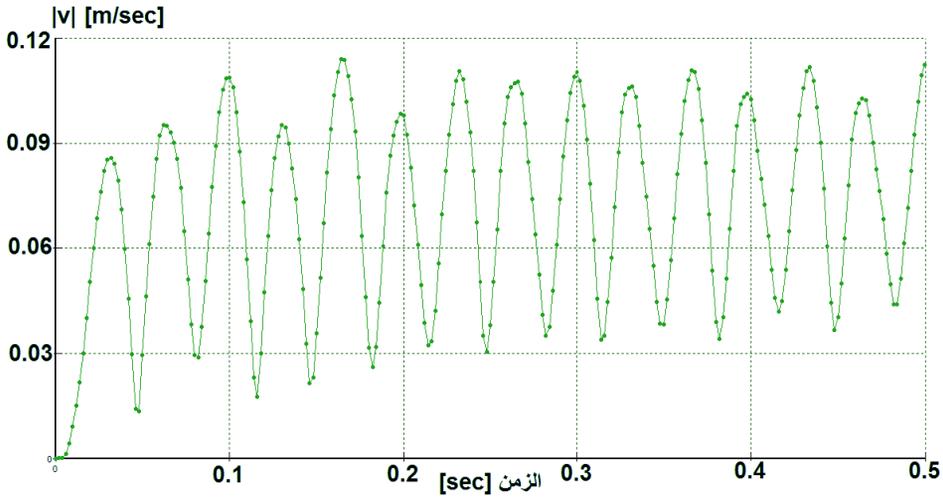


الشكل (22) مخطط السرعة الجزيئية الأعظمية بدلالة الزمن بالنسبة للنقاط الواقعة على يمين الأساس (حالة بدون بروز)

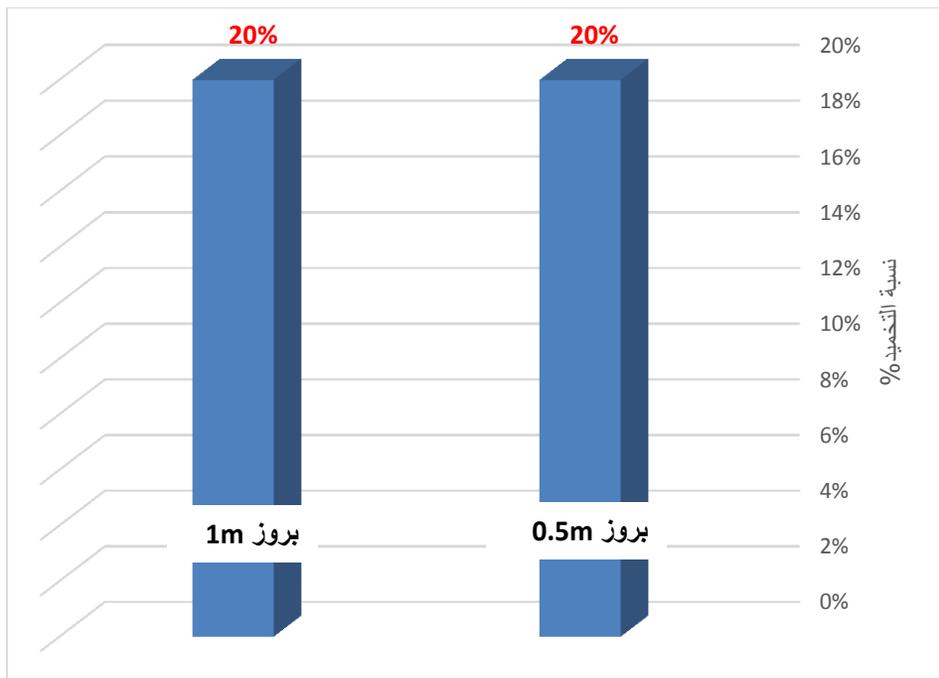
بينما بالنسبة للتباعد 0.5m و 1m حصلنا على نفس النتائج في حال وجود طبقة تسليح واحدة وهي تخميد بفعالية وصلت الى 22% (طبقة تسليح مملوءة بالحصويات) ولم يكن هنالك فرق بين تباعد 0.5m و 1m .



الشكل (23) مخطط السرعة الجزيئية الأعظمية بدلالة الزمن في حالة البروز 0.5m



الشكل (24) مخطط السرعة الجزيئية الأعظمية بدلالة الزمن في حالة البروز 1m



الشكل (25) نسبة التخميد التي حصلنا عليها من أجل بروز 0.5m و 1m

لذلك نستنتج أن طبقة التسليح يجب أن تحتوي على بروز جانبي يمنع الانتشار الجانبي الحاصل في الاهتزازات كما نستنتج أيضاً أن البعد الأفقي لطبقة التسليح u طالما أنه أكبر من عرض الأساس B أي $(u > B)$ فهو يفي بالغرض ولا داعي للزيادة المبالغة لأنها لن تحقق الا هدراً للمواد.

5- النتائج و التوصيات

- 1) يمكن لتسليح التربة من نوع الجيوسيل أن يخمد الاهتزازات القادمة من منابع الاهتزازية والمنتشرة في التربة وبفعالية عالية وهنا نكون قد حققنا هدفين بتقنية واحدة حيث نحصل على تقوية وتحسين ديناميكي وستاتيكي للحالة المدروسة.
- 2) بشكل عام كانت النتائج التي حصلنا عليها بعد تطبيق تسليح الجيوسيل متقاربة جداً بين مواد الملء الثلاثة.
- 3) كمادة مألئة لخلايا التسليح الجيوسيلية كانت الحصويات المادة ذات نسبة التخميد الأعلى بين المواد الثلاثة بالنسبة لمطال السرعة الجزئية الاعظمية.
- 4) كمادة مألئة لخلايا التسليح الجيوسيلية كانت التربة الغضارية الحمراء المادة ذات نسبة التخميد الأعلى بين المواد الثلاثة بالنسبة لمطال الانتقالات.
- 5) تتناسب فعالية التخميد طردياً مع عدد طبقات التسليح.
- 6) يوصى بتطبيق طبقة التسليح أسفل الأساس مباشرة دون ترك أي فراغ لتلافي انتشار الاهتزازات من على الأطراف المفتوحة .
- 7) طالما أن البعد الأفقي لطبقة التسليح أكبر من عرض أساس الآلة فهو كاف ليقوم بالوظيفة المطلوبة.

References

- [1] Amarnath M. Hegde, Prasad S. Palsule, (2020)
"Performance of geosynthetics reinforced subgrade subjected to repeated vehicle loads: experimental and numerical studies, Frontiers in Built Environment Journal, Vol.6, No.15, www.frontiersin.org
- [2] Azzam, W. R. (2015). "Utilization of the Confined Cell for Improving the Machine Foundation Behavior–Numerical Study." Journal of GeoEngineering, Vol. 10, No. 1, pp. 17–23
- [3] European Committee for Standardization. ENV 1993–5. Eurocode 3: Design of Steel Structures—Part 5: Piling; European Committee for Standardization: Brussels, Belgium, 1993.
- [4] Ground vibrations due to pile and sheet pile driving–influencing factors, prediction sand measurements, KTH Royal Institute of Technology Website (2013). www.kth.se

[5] Hegde, A.M. and Sitharam, T.G. (2015). "Effect of infill materials on the performance of geocell reinforced soft clay beds." Geomechanics and Geoengineering Journal, Vol 10, PP 163–173.

[6] H. Venkateswarlu, A. Hegde, (2017)" Dynamic Response of the Machine Foundation Resting on Geocell Reinforced Soil Bed" Indian Geotechnical Conference 2017, Paper ID Th11–559.

[7] Hasthi Venkateswarlu, A. Hegde, (2019) " Effect of infill materials on vibration isolation efficacy of geocell–reinforced soil beds", Canadian Geotechnical Journal, Vol.57, No.6

[8] Installations classées pour la protection de l’environnement (ICPE): risque structurel, www.entreprendre.service-public.fr

[9] ISO 2631–2:2003 Mechanical vibration and shock

Evaluation of human exposure to whole–body vibration.

- [10] Latha, G. M., Dash, S. K., and Rajagopal, K. (2009). Numerical simulation of the behavior of geocell reinforced sand in foundations. International Journal of Geomechanics, Vol.9, No.4, PP 143–152.
- [11] Rami Alabdeh,"Soil Dynamics1" Tishreen university.
- [12] Tawfeeq Fayad,"Foundations Engineering 3" Tishreen university.

نموذجة تحليلية لتقييم الفواقد الرشحية من سد سلحب باستخدام برنامج (Geo-Studio)

إعداد: [1] الباحثة : م. روعة ممدوح الظلمه

الإشراف :

[2] المشرف الرئيسي : أ.د.م. شعبان حديد

[3] المشرف المشترك : د.م. مازن سلوم

ملخص

أجريت الدراسة على سد سلحب الواقع في محافظة حماة الذي تم تنفيذه لدرء خطر الفيضان، حيث لوحظ ظهور مشاكل عديدة في السد منذ استنثاره و تم معالجة معظمها حتى ظهرت مشكلة الفاقد المائي الكبير و ظهور التشققات الطولية على قمة السد منذ عام 2010 ما لبث حتى انعدم المخزون المائي في البحيرة في عام 2020 ، و قد قمنا بإجراء دراسة جيولوجية تفصيلية لبيان مشاكل السد في الأساس و قاع البحيرة ، و تم إجراء التجارب اللازمة لتحديد كمية الفاقد المائي و أماكن التسرب ضمن منطقة السد و أيضاً تحديد مدى تطور الشقوق على قمة السد.

حيث تم تقسيم منطقة السد إلى عدة مقاطع هيدروجيوهندسية تبعاً للمواصفات الفيزيائية و الكيميائية للتشكيلات الترابية ضمن منطقة السد و قيم عامل الامتصاص النوعي و تبعاً لهذه الدراسة تم تحديد مناطق التسرب في البحيرة بدقة و تحديد كمية الفاقد المائي بنسبة 216% من المخزون المائي كما تم التوصل إلى أن التشققات على القمة هي تشققات سطحية لم تصل إلى النواة ، و بعد الدراسة الجيولوجية قمنا بنموذجة السد باستخدام برنامج Geo-studio و حساب التصريف ضمن منطقة السد و مقارنتها مع القيم الحسابية حيث أظهرت نتائج البرنامج دقة 97% .

كلمات مفتاحية : جيولوجية - هيدرولوجية - تجارب نفاذية - سد سلحب

[1] طالبة دكتوراه ، قسم هندسة و إدارة الموارد المائية ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة البعث

[2] أستاذ دكتور ، قسم هندسة و إدارة الموارد المائية ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة البعث

[3] أستاذ مساعد ، قسم هندسة و إدارة الموارد المائية ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة البعث

Analytical Modeling to Evaluate Seepage Losses From Salhab Dam Using (Geo-Studio Program)

Summary

The study was conducted on the Salhab Dam, located in Hama Governorate, which was implemented to ward off the risk of flooding. It was noted that many problems appeared in the dam since its investment, and most of them were addressed until the problem of large water loss and the appearance of longitudinal cracks on the top of the dam appeared since 2010, and then the water reserve in the lake disappeared in 2020, We conducted a detailed geological study to show the problems of the dam in the foundation and the bottom of the lake, and the necessary experiments were conducted to determine the amount of water loss and places of leakage within the dam area, and also to determine the extent of the development of cracks on the top of the dam. The dam area was divided into several hydrogeometric sections according to the physical and chemical specifications of the soil formations within the dam area and the values of the specific absorption factor. According to this study, the leakage areas in the lake were accurately determined and the amount of water loss was determined at 216% of the water reserve, It was also concluded that the cracks on the top are superficial cracks that did not reach the core. After the geological study, we modeled the dam using the Geo-studio program and calculated the drainage within the dam area and compared it with the mathematical values, where the program results showed an accuracy of 97%.

Keywords: geology – hydrology – permeability experiments – Salhab Dam

مقدمة

تعدّ السدود من أقدم المنشآت المائية و أخطرها حيث تتعرض لمشاكل عديدة نتيجة أخطاء في التصميم أو التنفيذ قد تؤدي إلى انهيارها منها : انهيار المنحدرات ، تعرية الوجه الأمامي ولعل أهمها مشكلة التسرب ضمن جسم السد و أساساته مما يؤدي إلى تشكّل تجاويف أسفل و داخل السد و بالتالي انهيار السد إذا لم تتم معالجة المشكلة [8,10]، ومن هنا جاءت أهمية البحث نظراً لأهمية سد سلحب لدرء خطر الفيضان أثناء فترة الهطولات المطرية الغزيرة وإمكانية الاستفادة من المياه المخزنة في بحيرة السد دون ضياعها [9] . إن الغاية من البحث هي تقديم دراسة جيولوجية مفصلة لسد ترابي للمساهمة في معالجة المشاكل التي يتعرض لها السد، وخاصة الضياعات بالتسرب [3,11] .

و قد تمت دراسة مشاكل السدود الترابية و البحث عن حلول مناسبة لمشاكلها لاستمرار ديمومتها على نطاق واسع [2] حيث قام الباحثان أحمد محسن ، فحصة إياد [5] بدراسة الشبكة الارتفاعية لسد الدويسات و تأمينه ضد مخاطر الفيضان بعد حدوث الهزات الأرضية، بحيث تعطي القياسات الجيوديزية نتائج موثوقة و مضمونة يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات اللاحقة، لما فيها من تبعات اقتصادية و بشرياً ، سلباً كانت أم إيجاباً ، حيث قاما باستطلاع المنطقة و الكشف عن الحالة الراهنة للسد المدروس و اقتراح شكل الشبكة المحقق للشروط الرياضية و الهندسية التي تمت مناقشتها بالبحث للحصول على أفضل النتائج و بعد ذلك تم تنفيذ المقترحات النظرية على أرض الواقع و بعد القياس و معالجة النتائج محلياً و نهائياً و تقييم دقتها تم التأكد من نتائج البحث و أن العمل تم تنفيذه بشكل آمن ولم تظهر أية مشاكل خلال فترة المراقبة .

كما و درست فارديميهر إيمان (عالمة في جامعة جنوب الأورال الحكومية الإيرانية) [6]، الجوانب الهيدروليكية و الهيكلية لمجرى سد من خلال تقييم و تحليل شامل للبيانات المستمدة من تشغيل أكبر سد في الشرق الأوسط (سد كاره) على مدار 17 عام و الذي يقع غرب مدينة انديميشك (إيران) . حيث بحثت أهم الخصائص الهيدروليكية و الهيكلية لمجرى سد كاره و الذي يمكن استخدامه لتصميم و بناء سدود جديدة لجعلها أكثر أماناً لتجنب العواقب المدمرة و التضحيات.

بحيث قامت بتفصيل كل مما يلي : المراقبة الهيكلية و الصيانة ، تصميم الرسومات الهيدرولوجية للفيضانات ، ظواهر التجويف ، إنتاجية المجاري المائية ، سطح الماء في الخزان و القوة الهيدروديناميكية المؤثرة (لمحاكاة هذه الخصائص تم بناء نموذج لسد كاره في المخبر بمقياس 1/65) و من خلال هذه الدراسة تم تحليل القدرة الإنتاجية ، طرق الفيضانات، خطر التجاويف أثناء تشغيل السد وتم أيضاً فحص شروط التحميل و ثبات التطبيق . تم استخدام نتائج البحث الفعلي من قبل علماء جامعة الأورال كمصدر موثوق من قبل المهندسين و شركات البناء .

الهدف من البحث

إن الهدف من البحث هو تحديد المشاكل التي يتعرض لها السد المدروس و تحليلها جيولوجياً [4,7] لتحديد مناطق التسرب ضمن منطقة السد و تقليل كمية الفاقد المائي [2] ، و يتم ذلك من خلال :

1- نمذجة النتائج ضمن بيئة برنامج GEO- STUDIO للاستفادة فيما بعد بمراقبة التطورات التي ممكن أن تحصل .

2- معالجة المشاكل للحصول على مخزون مائي للاستفادة منه بأعمال الري في المنطقة وتخفيف الضغط على الحامل المائي الجوفي ، كما يعتبر السد وجهة سياحية مميزة في المنطقة لما تتمتع به المنطقة من جمال المناظر الطبيعية .

طرق البحث

1- قمنا بإجراء تجارب حقلية ضمن منطقة السد و تم الحصول على عينات ترابية على أعماق مختلفة لإجراء تجارب مخبرية عليها (تحليل حبي ، حدود أتبرغ ، الكثافة و النفاذية،.....)([4,7]).

2- لقد قمنا بإجراء التجارب المخبرية في مخابر شركة الدراسات المائية - حمص أما التجارب الحقلية قمنا بإجرائها ضمن الموقع عام 2020 تم الانتهاء من الأعمال الحقلية و المخبرية عام 2022

1-معلومات عامة عن السد

1-1-الموقع العام

1- يقع سد سلحب في محافظة حماه عند البداية الجنوبية لمنخفض الغاب على مجرى نهر سلحب المتشكل من تجمع الينابيع المنتشرة على سفوح المرتفعات الجبلية الواقعة إلى الجنوب من السد .

2 - جيولوجياً موقع السد على الطرف الشرقي لسلسلة جبال الساحل والبداية الجنوبية لانهدام الغاب لذلك فهو متأثر بالفالق الكبير(الانهدام العربي الإفريقي). بحيرة التخزين ذات نفوذية كبيرة. و لأجل الحصول على كتامة نفذت مانعات رشح بالمواصفات التالية

: [1]

- نواة مركزية من الغضار عرض قمتها 3 m و بميل 1/4
- خندق مانعة رشح في الكتف الأيسر للسد الرئيسي
- ستارة حقن في الكتف الأيمن للسد الرئيسي تتضمن 9 صفوف (حقن 4 رئيسية و 5 تكثيفية).

1-2- الغاية من السد :

درء أخطار السيول - رfd المخزون الجوفي للمياه في المنطقة

تاريخ أول تعبئة للسد : 1990

تاريخ أول تخزين تصميمي : 1993

عدد نقاط المراقبة للهبوط والانزياح : 25

عدد بيزومتيرات المراقبة : 20

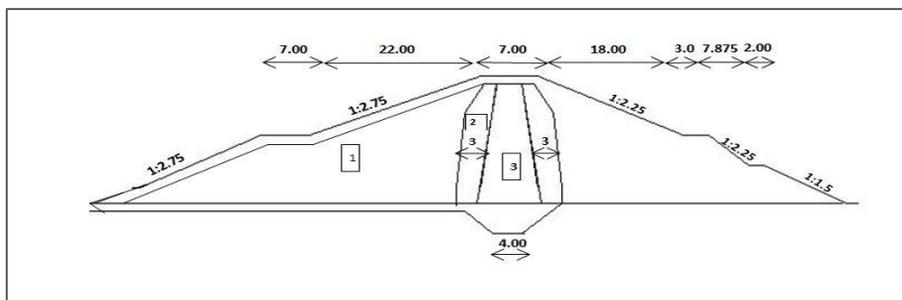
و يبين الجدول (1) هوية السد [1] ، ويوضح الشكل (1) المقطع العرضي لسد سلحب.

كما و يبين الجدول (2) المشاكل التي تعرض لها السد منذ بداية استثماره وحتى وقتنا

الحالي مع الحلول التي تم تنفيذها للتقليل من هذه المشاكل [الباحث ,1].

الجدول (1) هوية سد سلحب

الغاية من الإنشاء	لدرء خطر الفيضان	
ارتفاع السد	14.5 m	
طول السد	895 m	
عرض قمة السد	7m	
حجم التخزين الطبيعي	7.75 M.m ³	
الحجم الميت	2.4 M.m ³	
منسوب قمة السد	220 m	
منسوب التخزين الأعظمي	217.80 m	
مساحة البحيرة	145 h	
طول البحيرة	2 km	
المنشآت الملحقة بالسد		
المفيض	نوع المفيض	خندقي جانبي
	غزارة المفيض	185 m ³ /s
	طول عتبة المفيض	50 m
المفرغ	نوع المفرغ	معدني
	طول المفرغ	95 m
	التصريف الأعظمي للمفرغ	5m ³ /s



1 : ركام حجري ، 2 : فلاتر بسماكة 3m ، 3 : نواة غضارية

الشكل (1) مقطع عرضي في سد سلحب

الجدول (2) مشاكل السد خلال مرحلة الاستثمار

الإجراءات للمراقبة و المعالجة	المشكلة	العام
تم تنفيذ مصرف أفقي خلف السد بهدف تخفيض خط الضاغط البيزومتري و كذلك للحصول على شروط مراقبة و قياس التصارييف و العكارة الموجودة بالمياه الراشحة .	وجود رشح كبير أسفل جسم السد و بتصارييف (120-180L/s) و ذلك في المنطقة القريبة من موثور الصرف	1993
تم تنفيذ سجادة غضارية أمام السد الرئيسي	المشكلة السابقة نفسها	1996
نفذت ثلاثة أبار بيزومترية إضافية على قمة السد الرئيسي	المشكلة نفسها	2002
مراقبة تطور مشكلة التسرب الحاصلة من خلال آبار المراقبة الموجودة	امتألت بحيرة السد حتى المنسوب الطبيعي و كان الرشح الموجود في المصرف هو (120-180L/s) كما لوحظ وجود مياه مضغوطة بالآبار البيزومترية (7-8-9-10) خلف السد و ذلك لمنسوب فوق منسوب الأرض الطبيعية بمقدار 1m.	2003
تقرر كسر المفيض على طرفيه و تم تنفيذ سجادة من الفلاتر في الجهة الهوائية للسدة الثانوية و إغلاق الفجوة الكارستية على الكتف الأيمن للسدة الثانوية	امتألت بحيرة السد و عندما كان السد بحالة التخزين الأعظمي ظهرت رشوات مفاجئة غير طبيعية منتشرة على القدم الخلفي للسدة الثانوية و بطول حدود 30m	2006
فتم ترميم الإكساء الحجري في المناطق المخلفة بمواد حجرية من نفس حزمة التركيب الحبي	تم ملاحظة وجود خلخلة مع تحرك بعض الأحجار لطبقة الإكساء الحجري في بعض المواقع للسدة الثانوية على المنسوب / 216.8 m / منسوب التخزين الطبيعي في السد كما أنه لم يلاحظ وجود أية شقوق طولية أو عرضية على قمة السدة الثانوية أو عند قدم السد أو ظواهر انزلاق	2008
	ظهرت شقوق طولية على قمة السد الرئيسي و الثانوي	2010
قمنا بالدراسة الجيولوجية المذكورة أدناه للبحث عن أسباب المشكلة	ملاحظة وجود شقوق طولية على قمة السد الرئيسي و على الوجه الخلفي للسد السد لا يخزن بشكل نهائي أي حجم تخزين يتم تفريره مباشرة إضافة لوجود أقماع في بحيرة التخزين	2020

2- الحالة الراهنة و المشاهدة العينية للسد :

تمت المشاهدات العينية للسد في الشهر الأول لعام 2020 [الباحث] و قد وضحت النقاط الآتية :

1- وجود تشققات طولية على قمة السد تمتد من بداية السد و حتى نهايته كما يبين الشكل(2).

2- وجود تشققات على الوجه الخلفي للسد و جحور قوارض كما يوضح الشكل (3) .

3- عدم وجود منسوب تخزيني ضمن البحيرة مع العلم أنه في هذه الفترة يوجد هطولات مطرية غزيرة كما يبين الشكل (4) [الباحث] الوجه الأمامي و مخزون البحيرة .

4- ملاحظة وجود دوامات مائية ضمن بحيرة السد كما يبين الشكل(5) هذه الدوامات [الباحث] .

5- آثار سيلان للمياه من الآبار البيزومترية موضحة في الشكل (6) [الباحث] .

6- ملاحظة ظهور بساط مائي على الوجه الخلفي للسد (مشاهدة عينية)[الباحث] .



الشكل (2) يوضح التشققات الطولية على قمة السد



الشكل (3) يوضح التشققات على الوجه الخلفي



الشكل (4) يوضح منسوب الماء في البحيرة و الوجه الأمامي للسد



الشكل (5) الدوامات المائية في بحيرة السد



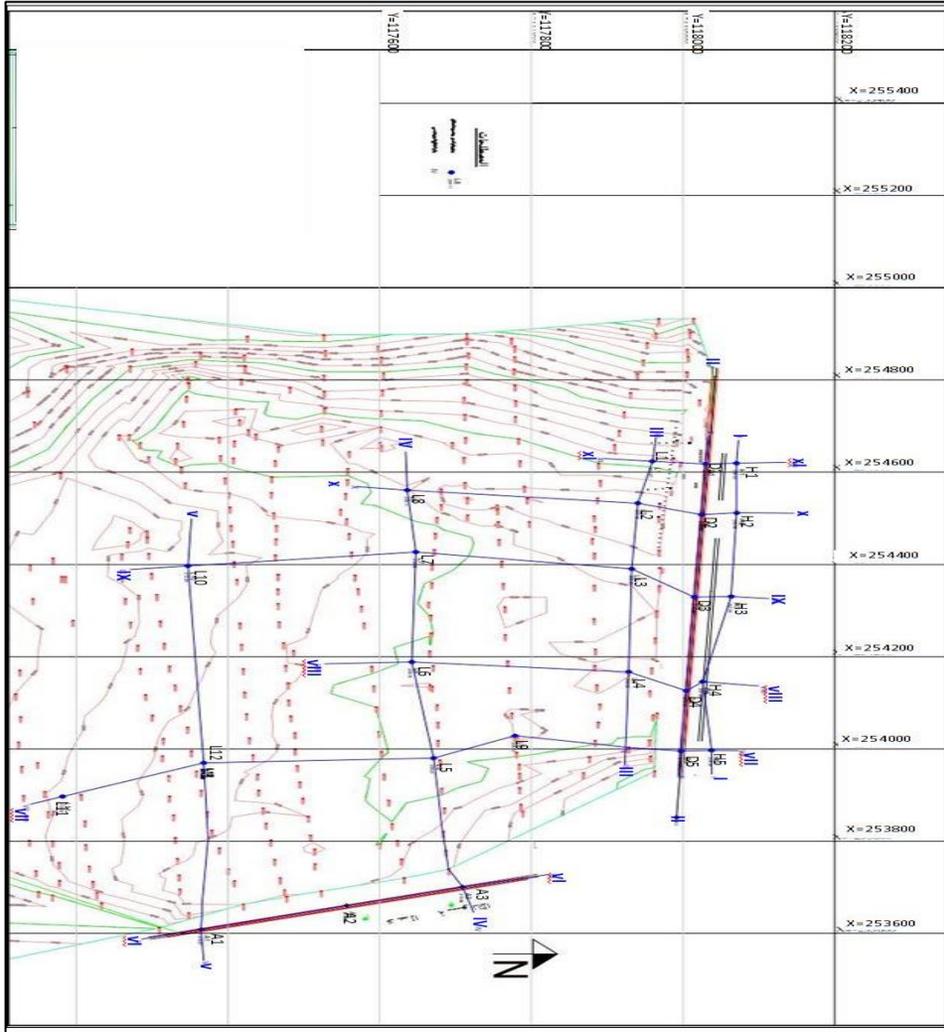
الشكل (6) آثار سيلان الماء من البئر البيزومتري

3- الأعمال المنفذة

3-1- الأعمال الطبوغرافية

قمنا إجراء المسح الطبوغرافي لموقع السد و المنشآت الملحقة (مفيض - مفرغ - ..) بمقياس 1/2000 ، كما يوضح الشكل (7) ، و قد تبين من خلال رصد مواقع

السيور المنفذة في الموقع وجود شبكة ستريوغرافي تم تحديد إحداثياتها [1] كما يبين الجدول (3).



الشكل (7) يوضح توزيع السيور ضمن منطقة السد

الجدول (3) احداثيات السبور [1]

الإحداثيات			رقم السبر	موقع السبر
Z	Y	X		
219.91	118029.71	-245617.93	D1	سبور مائة السد
219.98	118024.21	-254508.04	D2	
219.98	118014.79	- 254329.79	D3	
219.93	118004.32	-254126.01	D4	
219.87	117997.38	-253995.48	D5	
209.33	118070.41	-254619.55	H1	سبور الوجه الخافي
206.06	118070.73	-245511.72	H2	
207.05	118063.52	-254330.52	H3	
207.46	118025.83	-254145.90	H4	
207.38	118037.54	-253996.79	H5	
219.91	117364.71	-253609.12	A1	سبور السعة الثانوية
219.99	117556.21	-253660.32	A2	
219.96	117709.26	-253701.16	A3	
210.47	117959.62	-254623.61	L1	سبور الجبيرة
207.20	1179340.52	-254532.83	L2	
208.68	117932.44	-254390.31	L3	
209.02	117928.32	-254167.19	L4	
209.61	117671.17	-253980.20	L5	
209.75	117642.55	-254188.64	L6	
210.36	117674.67	-254426.91	L7	
209.11	117636.62	-254561.12	L8	
208.73	117778.54	-254028.63	L9	
212.20	117347.19	-254396.55	L10	
212.52	117182.12	-253896.85	L11	
211.30	117368.08	-253969.73	L12	

3-2- التقسيمات الهيدروجيوهندسية :

بحسب نتائج الاستطلاع الجيولوجي الحقلي و لباب الحفر المستخرج من السبور و التجارب الفيزيائية و الميكانيكية و الكيمائية عليها و تجارب النفوذية في السبور التي قمنا بها أمكن تقسيم الموقع إلى مقاطع هيدروجيوهندسية حيث أمكن من خلالها تقسيم التوضعات في الموقع إلى طبقات و يبين الجدول (4) أرقام و مواقع المقاطع الهيدروجيوهندسية .

الجدول (4) أرقام و مواقع المقاطع الهيدروجيوهندسية [الباحث]

رقم المقطع	السبور الممثلة للمقطع	المنطقة المدروسة بالمقطع
I-I	H1-H2-H3-H4-H5	الوجه الخلفي
II-II	D1-D2-D3-D4-D5	نواة السد الرئيسي
III-III	L1-L2-L3-L4	بحيرة السد
IV-IV	A3-L5-L6-L7-L8	بحيرة السد و عمودي على السدة الثانوية
V-V	A2-L12 -L10	بحيرة السد و عمودي على السدة الثانوية
VI-VI	A1-A2-A3	السدة الثانوية
VII-VII	L11-L12-L5-L9-D5-H5	بحيرة السد و عمودي على المحور الرئيسي للسد على بعد 623.56 m الوجه الأمامي للسد
VIII-VIII	L6-L4-D4-H4	بحيرة السد و عمودي على المحور الرئيسي للسد على بعد 492.64 m من الوجه الأمامي للسد
IX-IX	L10-L7-L3-D3-H3	بحيرة السد و عمودي عن المحور الرئيسي للسد على بعد 289.12 m من الوجه الأمامي للسد
X-X	L8-L2-D2-H2	بحيرة السد و عمودي على المحور الرئيسي للسد على بعد 110.04 m من الوجه الأمامي للسد
XI-XI	L1-D1-H1	بحيرة السد و عمودي على المحور الرئيسي للسد من بداية جسم السد

كما و تم تحديد أماكن السبور و المقاطع كما هو موضح في الشكل (2).

وتقسم منطقة السد كاملة (السد الرئيسي - البحيرة - السدة الثانوية) تبعاً للدراسة إلى عدة طبقات موضحة حسب الجدول (5) ، أما توزع الطبقات و أعماقها فسيتم توضيحه حسب كل مقطع مدروس .

الجدول (5) الطبقات المكونة لمنطقة السد (رئيسي + أساس + بحيرة + سدة ثانوية) [الباحث]

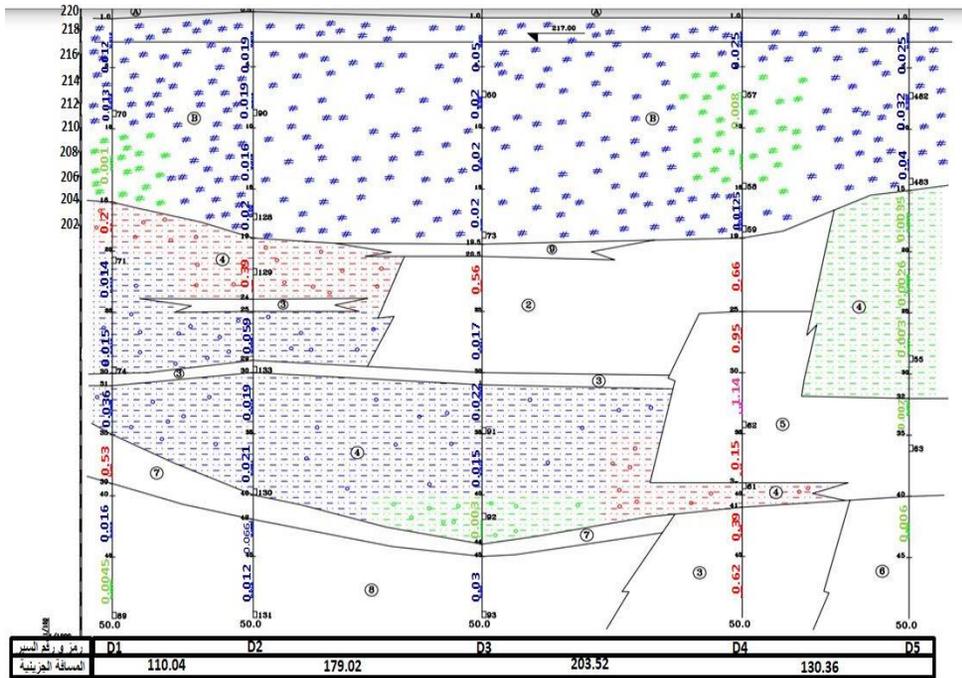
رمز الطبقة	مواصفات الطبقة
A	فلتر مؤلف من رمال و حصى
B	غضار رملي متوسط إلى جيد التماسك بني اللون
1	رديميات من تربة زراعية غضارية و حجارة كلسية
2	غضار رملي بني إلى بيحي اللون جيد إلى متوسط التماسك يتناوب معه حجر رملي و كونغولوميرا و حجارة كلسية
3	حجر رملي متوسط التماسك مع رمل و كونغولوميرا أحياناً
4	غضار رملي بني إلى بيحي اللون جيد إلى متوسط التماسك مع حصى كلسية ناعمة و حتى قطر 5 cm
5	حجر كلسي أبيض اللون مع دولوميت رمادي يتناوب معه مارل رملي على شكل طبقات رقيقة
6	مارل رمادي إلى أبيض قاسي إلى طري
7	رمل كلسي خشن الحبيبات و مفتت
8	من رمل غضاري بني اللون ، متوسط إلى جيد التماسك مع حصى كلسية ناعمة و رمل ناعم إلى خشن الحبيبات
9	حصى و حجارة كلسية

حيث سيتم اعتماد رموز الطبقات في جداول المقاطع المدروسة التي سنقدم دراسة

تفصيلية لبعضها كما يلي :

3-2-1- المقطع (II-II) السد الرئيسي:

يشمل المقطع المدروس دراسة السد الرئيسي ابتداء من قمة السد حتى أساساته ، و يمثل المقطع قيم عامل الامتصاص النوعي التي تم الحصول عليها و الطبقات المكونة لهذا المقطع، حيث يوضح الشكل (8) المقطع الهيدروجيوهندسي [1] ، و يمثل الجدول (6) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية للسد الرئيسي و الجدول (7) مواصفات أساس السد أما الجدول (8) فيوضح مواصفات الطبقات المكونة للمنطقة المدروسة و أعماقه



الشكل (8) المقطع الهيدروجيوهندسي (II-II)

الجدول (6) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية لسد الرئيسي [الباحث]

8	4	B	المواصفات الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية و الكيميائية		
2.66	2.62	2.69	g/cm ³	الوزن النوعي	
15.86	24.95	26.93	%	الطبيعية	الرطوبة
18.06	27.41	27.08	%	المشبعة	
2.08	1.91	1.96	g/cm ³	الرطبة	الكثافة
1.8	1.53	1.56	g/cm ³	الجافة	
2.12	1.94	1.98	g/cm ³	المشبعة	
32.42	41.81	42.14	%	المسامية	
0.48	0.72	0.73	-	معامل المسامية	
87.43	88.7	95.74	%	درجة الإشباع	
0.00	0.00	3.31	%	>4.75	التركيب الحبي حسب ASTM
23.47	18.54	12.72	%	0.075-4.75	
44.85	30.95	30.73	%	0.005-0.075	
31.69	50.51	53.24	%	<0.005	
28.32	39.19	46.64	%	حد السيولة W _{ll}	
20.84	29.10	30.72	%	حد اللدونة W _{pl}	
7.48	10.09	15.92	%	دليل اللدونة PL	
29.12	9.01	7.55	%	حد الانكماش SL	
0.70	0.51	0.58	Kg/cm ²	ثابت التماسك	القص مع العمق
21.88	19.91	22	درجة	زاوية الاحتكاك	
-	-	-	Cm/s	عامل الرشح K	
0.92	0.45	1.46	%	الانتفاخ النسبي S	
15.33	29.63	29.77	%	رطوبة الانتفاخ W _{sw}	
0.20	0.17	0.44	Kg/cm ³	ضغط الانتفاخ	
64.68	44.01	12.60	%	كربونات الكالسيوم	نتائج التحليل الكيميائية
7.91	8.75	2.67	%	الجبس	
0.05	0.06	0.08	%	الأملاح المعدنية	
1.00	4.2	3.11	%	المواد العضوية	

الجدول (7) مواصفات لترب أساسات السد [الباحث]

نوع الطبقة	الوزن النوعي	رطوبة الإمتصاص	الرطوبة المشبعة	الكثافة الجافة	الكثافة المشبعة	المسامية	معامل المسامية	درجة الإشباع	حالة الكسر	حد الكسر	عامل التلين
-	g/cm ³	%	%	g/cm ³	g/cm ³	%	-	%	-	g/cm ³	-
3	2.61	3.76	6.10	2.25	2.34	13.73	0.16	61.63	مشبع	303.7	0.95
			6.12	2.29		13.76	0.16		جاف	319.9	
4	2.66	2.35	2.98	2.47	2.52	2.27	0.08	89.86	مشبع	434.47	0.71
			2.95	2.47		2.28	0.08		جاف	612.49	

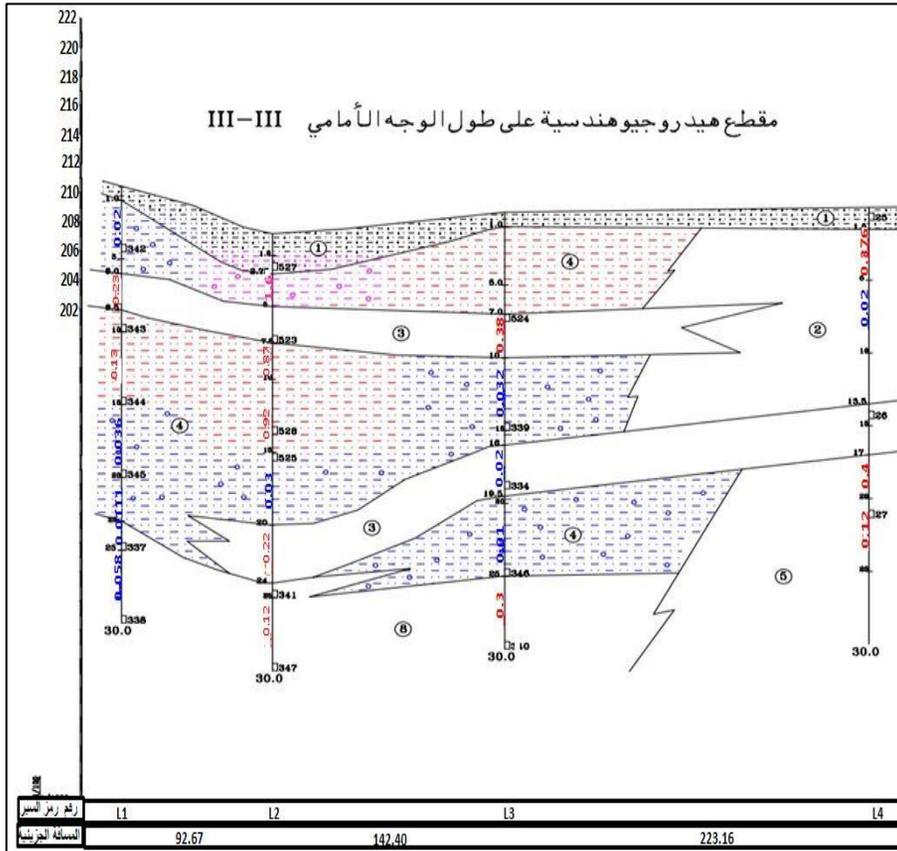
الجدول (8) مواصفات الطبقات و أعماقها [الباحث, 1]

رمز الطبقة	سماكة و امتداد الطبقة	عامل الإمتصاص النوعي L/min.m	مواصفات الطبقة
A	0.5-1 m		-
B	14-15 m و 18.5 m تصل إلى		لدنة - مشبعة - ضعيفة الانتفاخ
2	سماكة متغيرة 6-1m تغطي المنطقة بين D3 و D4	0.017-0.66	
3	1m تمتد من D1 إلى D3 غير مستمرة على طول المحور	0.02-0.03	متوسطة المتانة ثابتة تجاه المياه
4	4-14m امتدادها مستمر على طول المحور من الغرب إلى الشرق و تنتهي على العمق المحصور (39-41 m)	0.003-0.39	غير لدنة - مشبعة - ضعيفة الانتفاخ
5	8-14 m تنتشر شرقاً بدءاً من البئر D4	0.007-1.14	متوسطة المتانة - ضعيفة إلى متوسطة الثبات تجاه المياه
6	10m متواجدة في البئر D5 غير مستمرة على طول المحور	0.006	-
7	سماكتها تبدأ من 4 m غربي المحور على عمق من (39-35m) و تضيق باتجاه D4 حتى تصل إلى 1m	0.002-0.35	-
8	5-11 m	0.004-0.06	غير لدنة - مشبعة - ضعيفة الانتفاخ
9	1m تحت المانعة مباشرة متواجدة في السبر D3		-

3-2-2- الوجه الأمامي المقطع (III-III) :

يشمل المقطع المدروس دراسة السد الرئيسي عند القدم الأمامي ، و يمثل المقطع قيم عامل الامتصاص النوعي التي تم الحصول عليها و الطبقات المكونة لهذا المقطع ، حيث يوضح الشكل (9) المقطع الهيدروجيوهندسي [1] ، كما الجدول (9) فيوضح مواصفات الطبقات المكونة للمنطقة المدروسة و أعماقها.

أما الجدول يمثل (10) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية للوجه الأمامي و يبين الجدول (11) مواصفات أساس الوجه الأمامي .



الشكل (9) المقطع الهيدروجيوهندسي (III-III)

نمذجة تحليلية لتقييم الفواقد الرشحية من سد سلحب باستخدام برنامج (Geo-Studio)

الجدول (9) مواصفات الطبقات المشكلة للمقطع و أعماقها [الباحث, 1]

رمز الطبقة	سماكة الطبقة و امتدادها	عامل الامتصاص النوعي L/min.m	مواصفات الطبقة
1	1-2.75m	-	-
2	12m متواجدة في السبر L4	0.02-0.27	-
3	تتراوح سماكتها 2-4 m تمتد من السبر L1 إلى السبر L3 بالأعماق التي تتراوح من 6-10 m و تمتد من الشرق باتجاه الغرب من السبر L4 إلى السبر L2 بأعماق تتراوح 7-13.5 شرقاً و 20-24 غرباً	0.02-0.87	متوسطة المتانة - ثابتة تجاه المياه
4	15-20 m تمتد من الغرب إلى الشرق تخترقها الطبقة 3 في نطاقين أفقيين	0.01-1.66	مشبعة - ضعيفة الانتفاخ
5	13m تنتشر شرقاً عند السبر L4	0.4	-
8	5-7 m تمتد من منطقة السبر L1 غرباً حتى L3 شرقاً	0.05-0.3	لدنة - مشبعة - ضعيفة الانتفاخ

الجدول (10) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية لترب القدم الأمامية [الباحث]

المواصفات الفيزيائية و الميكانيكية و الكيميائية			
8	5	4	الوزن النوعي
2.74	2.75	2.73	g/cm ³
20.71	20.45	18.23	%
22.26	21.14	20.85	%
2.06	2.10	2.06	g/cm ³
1.71	1.74	1.74	g/cm ³
2.08	2.11	2.10	g/cm ³

37.83	36.78	36.28	%	المسامية	
0.61	0.58	0.57	-	معامل المسامية	
93.40	96.7	86.89	%	درجة الإشباع	
1.39	0.00	0.00	%	>4.75	التركيب الحبي حسب ASTM
25.90	37.17	39.34	%	0.075-4.75	
39.07	32.56	37.28	%	0.005-0.075	
33.64	30.18	23.28	%	<0.005	
27.30	25.01	25.68	%	حد السيولة W_{II}	
20.18	18.27	19.84	%	حد اللدونة W_{pl}	
7.12	6.74	5.84	%	دليل اللدونة PL	
12.86	9.44	10.75	%	حد الانكماش SL	
0.52	0.74	0.88	Kg/cm ²	ثابت التماسك	القص مع العمق
23.56	20.68	14.19	درجة	زاوية الاحتكاك	
1.86E ⁻⁸	-	1.0E ⁻⁷	Cm/s	عامل الرشح K	
0.38	0.0	0.63	%	الانتفاخ النسبي S	
24.07	21.13	34.35	%	رطوبة الانتفاخ W_{sw}	
0.03	0.00	0.02	Kg/cm ³	ضغط الانتفاخ	
61.83	70.04	67.04	%	كربونات الكالسيوم	نتائج التحليل الكيميائية
5.43	3.44	3.87	%	الجبس	
0.07	0.07	0.07	%	الأملاح المعدنية	
1.49	0.83	1.68	%	المواد العضوية	

الجدول (11) مواصفات أساس المقطع المدروس

نوع الطبقة	الوزن النوعي	رطوبة الامتصاص	الرطوبة المشبعة	الكثافة الجافة	الكثافة المشبعة	المسامية	معامل المسامية	درجة الإشباع	حالة الكسر	حد الكسر	عامل التلين
-	g/cm ³	%	%	g/cm ³	g/cm ³	%	-	%	-	g/cm ³	-
3	2.86	3.47	11.62	2.15	2.22	24.96	0.333	26.13	مشبع	378.0	0.97
			12.05			24.14	0.35		جاف	378.8	

3-2-3- المقطع (X-X) ضمن البحيرة و عمودي على محور السد الرئيسي :

تمت دراسة عدة مقاطع ضمن البحيرة و سنقوم بعرض نتائج / X-X / و الذي يعتبر المقطع الأكثر نفاذية .يوضح الشكل (10) المقطع الهيدرولوجي هندسي [1] وتبين الجداول (14,13,12) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية للبحيرة ، المواصفات الفيزيائية و الكيميائية لأساس البحيرة و مواصفات الطبقات المكونة للمنطقة المدروسة في المقطع المذكور على الترتيب .

نمذجة تحليلية لتقييم الفواقد الرشحية من سد سلحب باستخدام برنامج (Geo-Studio)

الجدول (12) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية لترب بحيرة السد [الباحث]

المواصفات الفيزيائية و الميكانيكية و الكيميائية							
8	7	5	4	2	g/cm ³	الوزن النوعي	
2.74	2.74	2.75	2.60	2.73	%	الطبيعية	الرطوبة
20.71	-	20.45	22.09	1.741	%	المشبعة	
2.06	-	2.10	2.03	2.07	g/cm ³	الرطوبة	الكثافة
1.71	-	1.74	1.06	1.76	g/cm ³	الجافة	
2.08	-	2.11	2.02	2.12	g/cm ³	المشبعة	
37.83	-	36.78	36.13	35.44	%	المسامية	
0.61	-	0.56	0.57	0.55	-	معامل المسامية	
93.40	-	96.7	92.47	86.56	%	درجة الإنباع	
1.39	47.84	0.00	0.00	0.00	%	>4.75	التركيب الحبي حسب ASTM
25.90	48.53	37.17	32.27	35.0	%	0.075-4.75	
39.07	3.06	32.65	38.44	42.61	%	0.005-0.075	
33.64	0.57	30.18	29.28	22.39	%	<0.005	
27.30	23.18	25.01	33.71	29.17	%	حد السيولة W _l	
20.18	20.42	18.27	20.73	20.42	%	حد اللدونة W _p	
7.12	2.76	6.74	12.99	8.75	%	دليل اللدونة PL	
12.86	11.79	9.44	9.78	9.49	%	حد الانكماش SL	
0.52	-	0.74	0.678	0.62	Kg/cm ²	ثابت التماسك	القص مع العمق
23.56	-	20.68	22	20.86	درجة	زاوية الاحتكاك	
1.86*10 ⁻⁰⁸	-	-	1.31*10 ^{-0.1}	-	Cm/s	عامل الرشح K	
0.38	-	0.00	0.44	0.63	%	الانتفاخ النسبي S	
24.07	-	21.13	22.98	20.87	%	رطوبة الانتفاخ W _{sw}	
0.03	-	0.00	0.05	0.05	Kg/cm ³	ضغط الانتفاخ	
61.38	65.87	70.04	85.19	63.16	%	كربونات الكالسيوم	نتائج التحليل الكيميائية
5.43	2.92	3.44	4.43	2.92	%	الجبس	
0.07	0.08	0.07	0.06	0.06	%	الأملاح المعدنية	
1.49	1.03	0.83	1.36	1.50	%	المواد العضوية	

الجدول (13) المواصفات الفيزيائية و الكيميائية لترب أساس البحيرة [الباحث]

نوع الطبقة	الوزن النوعي	رطوبة الامتصاص	الرطوبة المشبعة	الكثافة الجافة	الكثافة المشبعة	المسامية	معامل المسامية	درجة الإشباع	حالة الكسر	حد الكسر	عامل التلين
-	g/cm ³	%	%	g/cm ³	g/cm ³	%	-	%	-	g/cm ³	-
2	2.84	3.69	9.75	2.22	2.30	21.67	0.28	37.84	مشبع	326.9	0.66
			9.27	2.25		20.76	20.26		جاف	190.5	
3	2.83	3.32	7.72	2.32	2.40	17.95	0.22	43.02	مشبع	344.13	0.77
			7.75	2.32		17.99	0.22		جاف	447.45	
4	2.81	1.55	3.97	2.53	2.56	10.04	0.11	39.03	مشبع	960.70	0.87
			6.62	2.37		15.67	0.18		جاف	1097.1	

الجدول (14) مواصفات الطبقات المكونة للمنطقة المدروسة [الباحث, 1]

رمز الطبقة	سماكة و امتداد الطبقة	عامل الامتصاص النوعي L/min.m	مواصفات الطبقة
1	1-1.5m		
2	3.5-16.5 m و تمتد من الغرب باتجاه الشرق تتناقص سماكتها عند أقدم السدة الثانوية	0.02-0.8	صلبة (غير لدنة) - مشبعة - ضعيفة الانتفاخ - ضعيفة التناقص - ضعيفة التناقص - ضعيفة التناقص - ضعيفة التناقص الثبات تجاه المياه
3	1.5-25m تمتد من الغرب تجاه الشرق حتى المانعة الغضارية للسدة الثانوية أقصى سماكة لها في L11 تصل إلى 25m غير متواجدة في السبر L7 و عموماً متواجدة بين نطاقين أفقيين تفصل بينهما الطبقة 4	0.02-1.33	متوسطة المتانة - متوسطة التناقص تجاه المياه
4	1-20.5m مستمرة من الغرب إلى الشرق حتى منطقة السبر L4 و غير متواجدة في L5	0.008-1.61	مشبعة - ضعيفة الانتفاخ
5	3-13m تنتشر في الآبار (L4-L5-L9)	0.4-0.121	متينة - ثابتة تجاه المياه
7	2-5m غربي البحيرة على العمق من 25m حتى العمق 30m لم يتم اختراقها بشكل كامل في السبر (L7-L8)	0.15-0.19	
8	5-7m تمتد من السبر L1 غرباً إلى البئر L3 شرقاً	0.05-0.3	لدنة - مشبعة - ضعيفة الانتفاخ

3-3- عامل الامتصاص النوعي و النفاذية :

قمنا بإجراء تجارب الضغط لحساب قيم عامل الامتصاص النوعي للطبقات و على أعماق مختلفة و يوضح الجدول (15) قيم عامل الامتصاص النوعي المقاسة و قيم النفاذية المقابلة لها لجميع السور المنفذة .

الجدول (15) قيم عامل الامتصاص النوعي لتجارب الضغط [1]

النفاذية	الامتصاص النوعي	مجال التجربة	رقم السبر	النفاذية	الامتصاص النوعي	مجال التجربة	رقم السبر
m/d	L/min.m'	من - إلى	No	m/d	L/min.m'	من - إلى	No
0.026	0.013	20-25	D1	0.4	0.2	16-20	D1
0.03	0.015	30-35	D1	0.028	0.014	25-30	D1
0.032	0.016	40-45	D1	1.06	0.53	35-40	D1
0.48	0.39	19-25	D2	0.009	0.0045	45-50	D1
0.036	0.018	30-35	D2	0.118	0.059	25-30	D2
0.132	0.066	40-45	D2	0.042	0.021	35-40	D2
1.12	0.56	19.5-25	D3	0.024	0.012	45-50	D2
0.044	0.022	30-35	D3	0.034	0.017	25-30	D3
0.032	0.026	40-45	D3	0.03	0.015	35-40	D3
0.132	0.066	19-25	D4	0.07	0.035	45-50	D3
2.28	1.14	30-35	D4	1.9	0.95	25-30	D4
0.78	0.39	40-45	D4	0.3	0.15	45-50	D4

0.007	0.0035	15-20	D5	1.24	0.62	45-50	D4
0.006	0.003	25-30	D5	0.052	0.026	20-25	D5
0.013	0.0065	40-45	D5	0.014	0.007	30-35	D5
0.04	0.02	10-15	H1	0.08	0.04	5-10	H1
0.034	0.017	20-25	H1	0.02	0.01	15-20	H1
3.32	1.66	5-10	H2	0.056	0.028	25-30	H1
0.32	0.26	15-20	H2	0.036	0.018	10-15	H2
4	2	25-30	H2	1.14	0.57	20-25	H2
0.46	0.23	10-15	H3	0.86	0.43	5-10	H3
0.86	0.43	20-25	H3	2.4	1.2	15-20	H3
1.02	0.51	5-10	H4	0.036	0.018	25-30	H3
7.2	3.6	15-20	H4	6.8	3.4	10-15	H4
7.2	3.6	25-30	H4	7.2	3.6	20-25	H4
0.8	0.4	10-15	H5	2.8	1.4	5-10	H5
0.02	0.01	20-25	H5	0.08	0.04	15-20	H5
0.084	0.042	13.25-19	A1	0.02	0.01	25-30	H5
1.1	0.55	14-20	A2	0.018	0.009	19-25	A1

نمذجة تحليلية لتقييم الفواقد الرشحية من سد سلحب باستخدام برنامج (Geo-Studio)

تتمة الجدول (15) قيم عامل الامتصاص النوعي لتجارب الضغط

النفاذية	الامتصاص النوعي	مجال التجربة	رقم السبر	النفاذية	الامتصاص النوعي	مجال التجربة	رقم السبر
m/d	L/min.m ²	من - إلى	No	m/d	L/min.m ²	من - إلى	No
0.62	0.31	25-30	A2	0.244	0.122	20-25	A2
1	0.5	16.5-20	A3	0.36	0.28	15-20	A3
0.468	0.234	10-50	L1	0.06	0.03	20-25	A3
0.072	0.036	15-20	L1	0.262	0.131	10-15	L1
1.84	0.92	10-15	L2	1.74	0.87	5-10	L2
0.424	0.217	20-25	L2	0.064	0.032	15-20	L2
0.76	0.38	5-10	L3	0.22	0.11	25-30	L2
0.04	0.02	15-20	L3	0.0636	0.0318	10-15	L3
0.6	0.3	25-30	L3	0.03	0.015	20-25	L3
0.8	0.4	15-20	L4	0.04	0.02	5-10	L4
0.0496	0.0248	5-10	L5	0.24	0.12	20-25	L4
0.736	0.368	15-20	L5	0.136	0.068	10-15	L5
0.136	0.068	10-15	L6	0.0584	0.0292	5-10	L6
1.36	0.68	20-25	L6	0.36	0.18	15-20	L6
1.5	0.75	5-10	L7	0.088	0.044	25-30	L6
0.16	0.08	15-20	L7	0.362	0.0181	10-15	L7

0.308	0.154	25-30	L7	0.016	0.008	20-25	L7
0.8	0.4	10-15	L8	1.68	0.84	5-10	L8
1.58	0.79	20-25	L8	0.028	0.014	15-20	L8
0.06	0.03	5-10	L9	0.368	0.184	25-30	L8
0.76	0.38	15-20	L9	0.0544	0.0272	10-15	L9
0.51	0.255	25-30	L9	0.582	0.291	20-25	L9
0.062	0.031	15-10	L10	2.66	1.33	5-10	L10
0.682	0.341	20-25	L10	0.062	0.031	15-20	L10
1.68	0.84	5-10	L11	0.216	0.0108	25-30	L10
0.84	0.42	15-20	L11	1	0.5	10-15	L11
0.04	0.02	25-30	L11	0.0414	0.0207	20-25	L11
1.64	0.82	10-15	L12	1.6	0.8	5-10	L12
0.78	0.39	20-25	L12	1.04	0.52	15-20	L12
-	-	-	-	0.564	0.282	25-30	L12

من خلال نتائج عامل الامتصاص النوعي و المقاطع الهيدروجيوهندسية نلاحظ
[الباحث]:

1- المانعة كتيمة و غير نفوذة و بالتالي التشققات الموجودة على قمة السد هي
تشققات سطحية لا تصل إلى قمة المانعة كما يوضح المقطع الهيدروجيوهندسي
(II-II) الشكل (8).

أما بالنسبة لأساس السد الرئيسي فهو نفوذ ضمن نطاق السبور من D2 إلى D4 و على عمق من 19.5m حتى 25m من قمة السد ، أي يوجد مجال نفوذ أسفل محور السد يمتد لمسافة 382.54 m و عمق 5.5m أما مناطق السبر D1 و D5 غير نفوذة .

2- السدة الثانوية غير نفوذة ما عدا منطقة السبر A1 نفوذة على عمق 1.5 m حتى عمق 5 m أما أساسات السدة الثانوية غير نفوذة.

3-بالنسبة للبحيرة تبين وجود عدة نطاقات نفوذة ابتداء من سطح البحيرة و حتى عمق 5m و هي كالتالي :

- النطاق الأول : يمتد من L2 إلى السبر L4 و يبتعد عن محور السد مسافة قدرها 86.44 m و يمتد لمسافة 382.54m أما المسافة العمودية على محور السد الرئيسي 225.94 m بالتالي مساحة النطاق النفوذ : $382.5 * 225.94 = 86431.087 \text{ m}^2$

- النطاق الثاني : هي المنطقة التي يغطيها السبور (L7-L8) و تبعد بمقدار 225.94 m عن محور السد أما أبعاد هذا النطاق فهي :

المسافة العمودية على محور السد الرئيسي : $7.7 + 195.97 = 271.67 \text{ m}$ (المسافة بين L7,L10) (المسافة بين النطاق الأول و السبر L7)

المسافة العمودية على السدة الثانوية : 288.66 (محدد من منطقة السبر L8 و حتى منتصف المسافة بين السبرين L6, L7)

و بالتالي المساحة التي يشغلها هذ النطاق : $271.67 * 288.66 = 78420.26 \text{ m}^2$

- النطاق الثالث : هي المنطقة التي يغطيها السبر L5 ، أما المساحة التي يشغلها النطاق تمتد من منتصف المسافة بين L5 و L9 و حتى منتصف المسافة تقريباً بين L5 و L12 و تقدر ب 247 m (المسافة العمودية على محور السد الرئيسي) و مسافة

تقدر 389.11m تمتد من منتصف المسافة بين L5 و L6 إلى السبر A3 (المسافة

العمودية على السدة الثانوية) و بالتالي تقدر مساحة النطاق النفوذ:

$$389.11 * 247 = 96110.71m^2$$

يبعد هذا النطاق عن محور السد الرئيسي بمقدار : 280.23m

- تشكّل مسارات مائية أسفل محور السد تمتد من البحيرة إلى خلف السد مروراً

بأساسات السد وهي :

1- المسار الأول : L8,L2,D2,H2

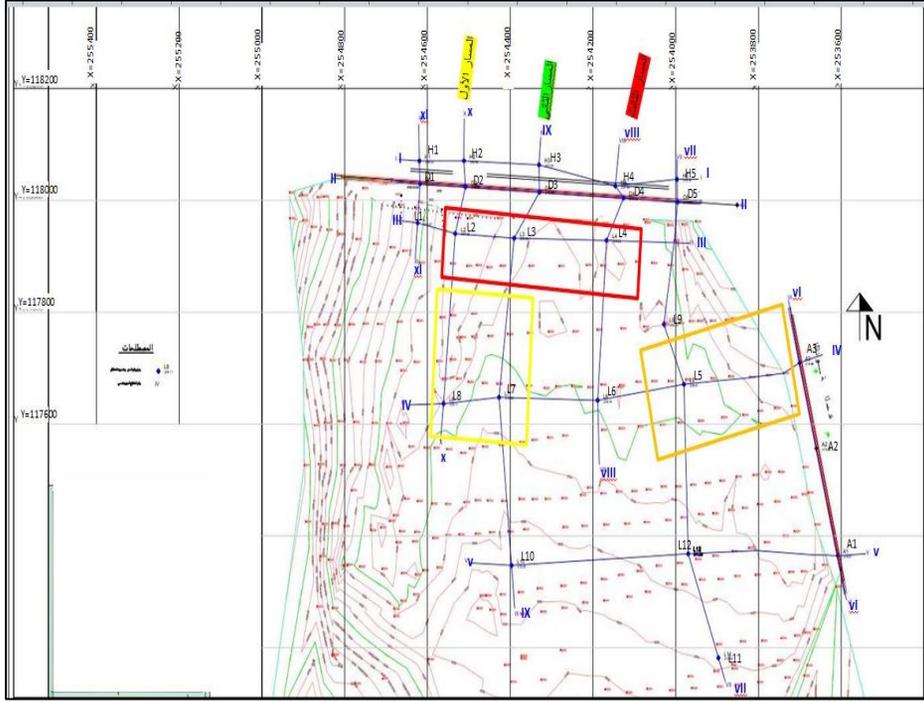
2- المسار الثاني : L7,L3,D3,H3

3- المسار الثالث : L4,D4,H4

و هذا ما يفسر ظهور بساط مائي خلف السد .

المناطق التي تغطيها السبور (L6,L9,L10,L11,L12) هي مناطق غير نفوذة .

و يبين الشكل (11) النطاقات النفوذة و مسارات التسرب أسفل محور السد .



الشكل (11) النطاقات النفوذة و مسارات التسرب أسفل محور السد

4- فواقد المياه بالرشح في توضعات ردمية جسم السد:

مع الأخذ بالحسبان الفرضيات الآتية [6] :

1- تم اعتبار محور السد الرئيسي قطاع رشح واحد .

2- اعتبار السطح الكتيم ضمن توضعات أساسات السد الرئيسي حسب النفاذية و عامل الامتصاص النوعي $> 0.01 \text{ L/min.m}^3$.

فإن كمية المياه المتوقع فقدانها بالرشح من منسوب التخزين 217 m عن سطح البحر و حتى أسفل مناسب الحفر باستخدام علاقة (كامينسكي) التالي :

$$Q = k \cdot \frac{H \cdot t}{t + 2l} \cdot L \quad (1)$$

حيث :

K : عامل الرشح m/day حيث $K=2q$ ، q : عامل الامتصاص النوعي 'L/min.m'
(.

H : الضاغط المائي m .

t : سماكة الطبقة الراشحة m.

2l : عرض الجزء الكتيم في قاعدة السد لسد ترابي على اعتبار ميل الوجهين 1/2.25
و عرض القمة 5m .

L : طول جبهة الرشح m.

و يبين الجدول (16) قيمة فواقد الرشح في جسم السد الرئيسي و السدة الثانوية .

الجدول (16) قيم فواقد الرشح في السد الرئيسي و السدة الثانوية [الباحث]

رقم القطاع	عامل الرشح K	الضاغط المائي H	سماكة الطبقة الراشحة t	عرض القاعدة الكتيمية من جسم السد 2l	طول جبهة الرشح L	كمية الرشوحات Q
	m/day	M	M	M	M	m ³ /d
السد الرئيسي	0.36	39.06	34.86	84.65	750	3077
السدة الثانوية	0.32	21.76	21.43	64.1	387	675
	إجمالي الفواقد خلال اليوم الواحد					
	إجمالي الفواقد خلال 180 يوم					
						3514
						675360

5- كمية الرشوحات المتوقعة من قاع البحيرة:

تتألف توضعات هذا الجزء من الحجر الكلسي المشقق والحجر الرملي والكونغولوميرا والغضار الرملي، وتوجد بعض النطاقات ذات نفوذية عالية جداً وتأثيرها أثناء عمليات الرشح كبيرة تكون على شكل دوامات مائية والتي تمت مشاهدتها بالعين المجردة بأكثر من موقع ضمن بحيرة التخزين في الشهر الأول من عام 2020 [الباحث] عند المنسوب 211.8 m والتخزين 1.87 M.m^3 وعامل الامتصاص النوعي لهذه التوضعات (0.7 L/min.m^3) وذلك بالاعتماد على مجالات النفاذية العالية و حتى عمق 15 m من سطح الأرض في السبور المنفذة ضمن البحيرة و تم اعتبار فواقد الرشح في هذه الطبقة شاقولية ، و جرى حسابها بالعلاقة [10] :

$$Q = KFI \quad (2)$$

حيث : Q : فواقد الرشح الشاقولي (m^3/day)

K : عامل الرشح الوسطي (1.4 m/day)

F :مساحة البحيرة = 1340366 m^2 و ذلك باعتبار منسوب التخزين على

المنسوب 217m فوق سطح البحر .

I : الميل الهيدروليكي =0.01

و بالحساب : $Q = 1.4 \times 1340366 \times 0.01 = 18765 \text{ m}^3/\text{day}$

و مجموع فواقد البحيرة خلال ستة أشهر (180 day) :

$$Q = 18765 \times 180 = 3377700 \text{ m}^3/\text{d}$$

و بالتالي يمكن حساب مجموع الفاقد خلال (180 day) :

$$\text{بحيرة التخزين} + \text{محور السد} = 675360 + 3377700 = 4053060 \text{ m}^3/\text{d}$$

نسبة الفواقد على اعتبار أن حجم التخزين 1.87 مليون متر مكعب على منسوب التخزين 211.8 m فوق سطح البحر و خلال 180 يوم من السنة:

$$4053060/1870000 = 216\%$$

6- نمذجة السد :

تم نمذجة السد باستخدام برنامج (ge-ostodio) الحزمة البرمجية لدراسة التسرب هي (seep/w) و يبين الشكل (12) السد المنمذج في البرنامج و مناطق النفاذية المختلفة ،حيث تم دراسة المقطع الذي يمثل أكثر فاقد مائي متمثل (L8-L2-D2-H2) [الباحث] و استخدمت قيم النفاذية التي تم الحصول عليها في الدراسة الجيولوجية و هي موضحة في الجدول (16) .

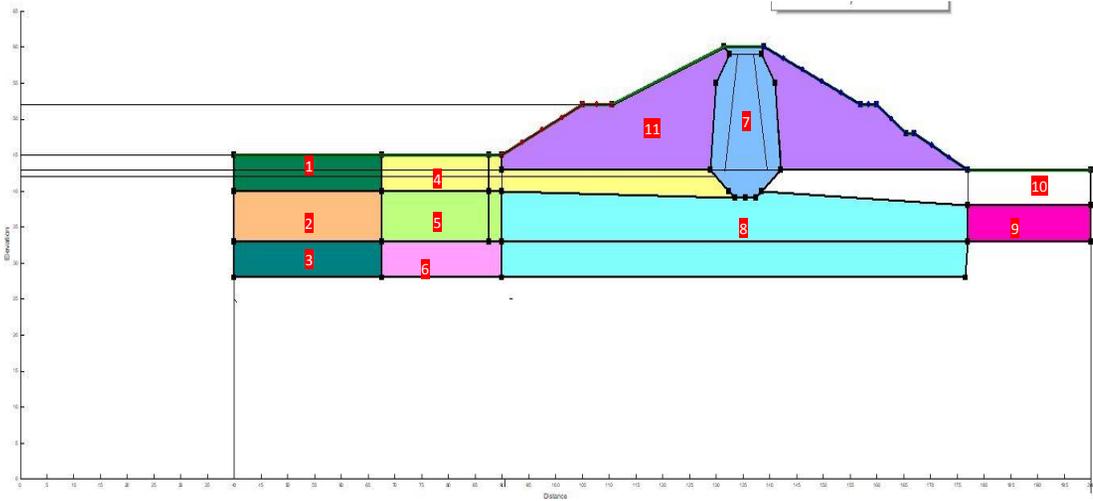
تم معالجة القيم في بيئة البرنامج و الحصول على النتائج حيث و يوضح الشكل (13) سيلان الماء على الوجه الخلفي للسد و خطوط الكونتور (تساوي الضاغط) [الباحث].

كما يبين الشكل (14) تغير التصريف و الضغط المائي في أساس البحيرة ، و الشكل (15) تغير التصريف و الضاغط المائي في أساس محور السد [الباحث]

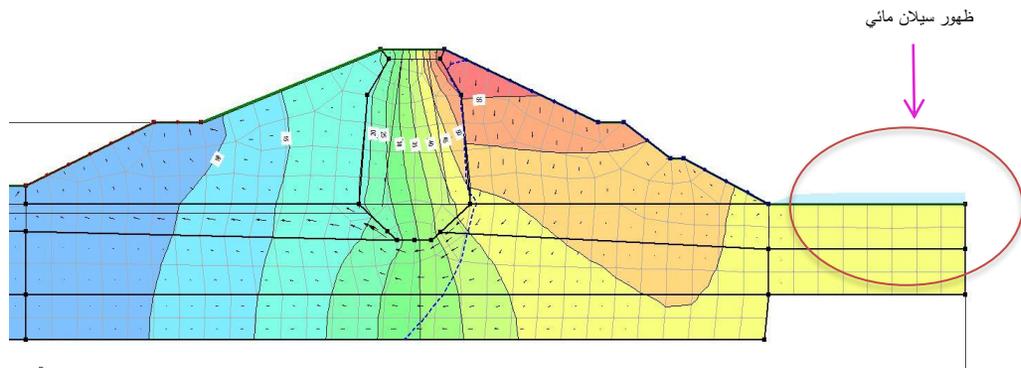
نمذجة تحليلية لتقييم الفواقد الرشحية من سد سلحب باستخدام برنامج (Geo-Studio)

الجدول (16) قيم النفاذية المستخدمة في البرنامج

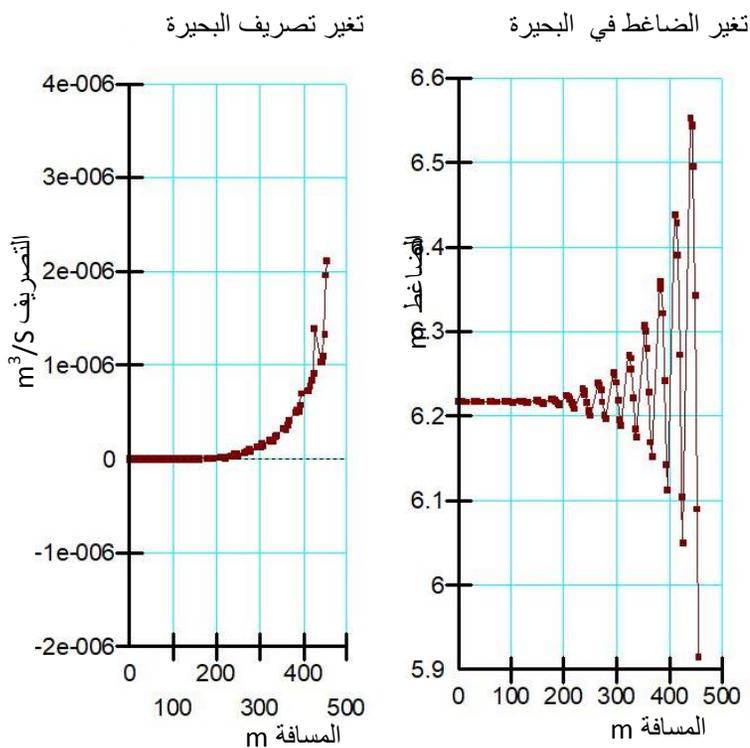
رمز الطبقة	اللون	ترب المنطقة	النفاذية m/sec
1	الأخضر الغامق	غضار رملي يتناوب معه حجر رملي و كونغوميرا و حجارة كلسية	6E-6
2	البرتقالي	حجر رملي متوسط التماسك مع رمل و كونغوميرا	1.94E-5
3	الأزرق المخضر	حجر رملي متوسط التماسك مع رمل و كونغوميرا	9.2E-6
4	الأصفر	غضار رملي مع حصى كلسية ناعمة و حتى قطر 5cm	3.7E-5
5	الأخضر الفاتح	حجر رملي متوسط التماسك مع رمل و كونغوميرا	1.94E-5
6	الزهري الفاتح	حجر رملي متوسط التماسك مع رمل و كونغوميرا	2.12E-5
7	الأزرق الغامق	غضار رملي متوسط إلى جيد التماسك	6.3E-7
8	الأزرق الفاتح	غضار رملي مع حصى كلسية ناعمة و حتى قطر 5cm	9E-6
9	الزهري الغامق	غضار رملي مع حصى كلسية ناعمة و حتى قطر 5cm	3.84E-5
10	الأبيض	غضار رملي مع حصى كلسية ناعمة و حتى قطر 5cm	1.38E-5
11	البنفسجي	ركام حجري	1E-6



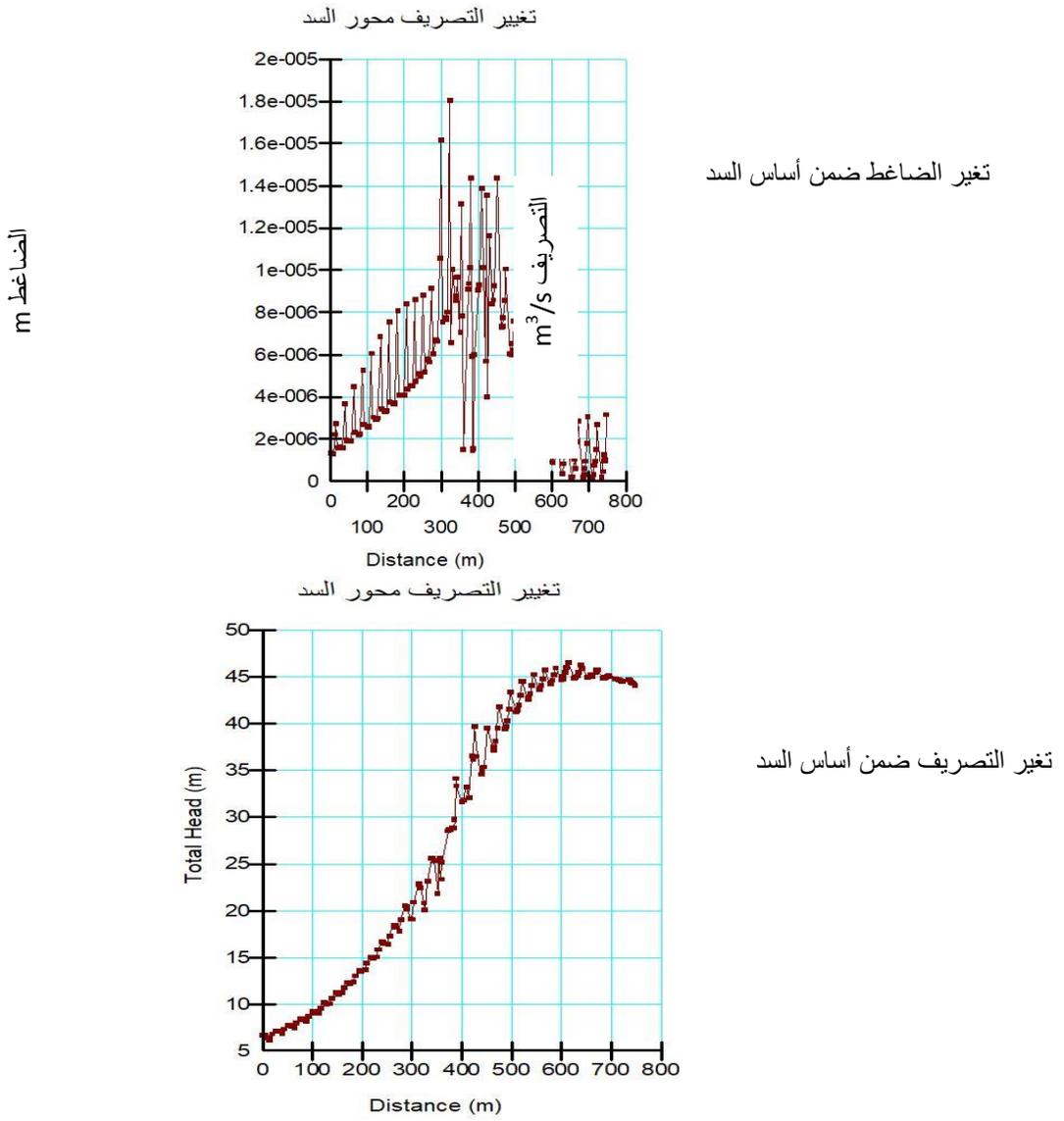
الشكل (12) السد النمذج



الشكل (13) سيلان الماء خلف السد و خطوط الكونتور [الباحث]



الشكل (14) تغيير الضغوط و التصريف ضمن البحيرة



الشكل (15) تغيير الضاغط و التصريف في أساس السد [الباحث]

من خلال نتائج الشكل (14) نستنتج أن التصريف الوسطي ضمن البحيرة هو $(2E-7 \text{ m}^3/\text{s})$ و بالتالي التصريف باعتبار مساحة البحيرة (1340366 m^2) عند حجم تخزيني (1870000 m^3) و خلال 180 يوم يساوي $(4169074 \text{ m}^3/\text{d})$.

أما التصريف الوسطي من جسم السد الذي تم استنتاجه من الشكل (10) فهو $(3.85E-5 \text{ m}^3/\text{s})$ و بالتالي التصريف على كامل طول السد حيث $(L=895\text{m})$ و خلال 180 يوم يساوي $(2977 \text{ m}^3/\text{s})$.

ومنه كامل التصريف يساوي $(4172051 \text{ m}^3/\text{d})$.

من خلال ما سبق و باعتبار قيمة التصريف المحسوبة رياضياً هي $(405308 \text{ m}^3/\text{d})$ فإن نسبة تطابق نتائج البرنامج مع القيم المحسوبة هي [الباحث]:

$$\frac{405308}{4172051} * 100 = 97\%$$

7- النتائج و المقترحات :

أولاً : النتائج :

1- بينت النتائج الجيولوجية عدم نفاذية النواة المركزية للسد الرئيسي و عدم وجود فجوات ضمنها أما التشققات الظاهرة على قمة السد هي تشققات سطحية و لا تصل إلى قمة النواة .

2- النفاذية العالية لأساس السد الرئيسي متمثلاً من منطقة السبر D2 حتى السبر D4 و عمق المنطقة النفوذة هو 5.5m و هذا ما تم توضيحه بالشكل (8).

- 3- وجود نطاقات ذات نفاذية عالية ضمن البحيرة محددة بالشكل (11) إضافة لوجود مسارات مائية تمتد من البحيرة و حتى الوجه الخلفي للسد الرئيسي و هذا ما يفسر ظهور بسات مائي خلف السد .
- 4- نسبة تطابق النتائج التي تم حصول عليها من برنامج geo- studio و النتائج الحاسوبية هي 97% ، و قد وضح البرنامج وجود بسات مائي خلف السد و هذا ما تم مشاهدته بالعين المجردة .

ثانياً : المقترحات :

- 1- ضرورة إجراء القياسات في جميع الآبار البيزومترية ، و المراقبة المشددة و اليومية و بشكل دوري و منتظم و مراقبة تصريف الرشوحات و منسوب الماء في سرير الوادي من أجل الكشف المبكر عن أي مشكلة مباشرة لتلافي الوقوع في مشاكل كبيرة تمتد على كامل السد و تهدده بالانهيار الكامل و حصول كارثة بيئية و بشرية .
- 2- يجب القيام بوضع أجهزة مراقبة الرشوحات لجميع السدود بما يتناسب و تطور أجهزة المراقبة الحديثة و الحالة الاستثمارية للسد المنفذ ، كتركيب بعض الحساسات للكشف المبكر عن المشاكل و سرعة أخذ القياسات .

المراجع العربية

- 1- التقرير الفني بنتائج التحريات الجيولوجية و الهيدروجيولوجية لسد سلحب المنفذ من قبل الشركة العامة للدراسات المائية ، الجمهورية العربية السورية ، 2022 .
- 2- حديد شعبان، ليوس الياس، استثمار وصيانة المنشآت المائية،جامعة البعث، حمص، الجمهورية العربية السورية، 2014-2015.
- 3- حديد شعبان ، إبراهيم بسام ، منشآت مائية (السدود) ، جامعة البعث ، حمص ، الجمهورية العربية السورية ، 2006 - 2007.
- 4- تقلا محمد، ميكانيك التربة (1) ،جامعة البعث،حمص، الجمهورية العربية السورية، 2003 - 2004
- 5- فارديميهر إيمان ، تحليل أكبر سد ترابي في إيران لمنع الكوارث في المستقبل ، جامعة الأورال الحكومية ، إيران ، 2019 .
- 6- فحصة إياد ، محسن أحمد ، التصميم الجيوديزي لشبكات المراقبة الارتفاعية في السدود "حالة دراسية سد الدويسات"، مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية ،المجلد 37العدد 1 ، جامعة تشرين ، الجمهورية العربية السورية،2015 .
- 7- سالم ميساء ، محاضرات ميكانيك التربة ، جامعة الفرات الأوسط ، العراق ، 2021.

المراجع الأجنبية

8- Arthur J. Rocque , Jr. , Guidelines for Inspection and Maintenance of Dams, ,Connecticut Department of Environmental Protection,2001.

9 -Suttisak Soralump, Chinoros Thongthamchart , Montri Jinagoolwipat and Apisit Boonpo, Rehabilitation of leakage and seismic damaged problem of Mae Suai Earth zone composited RCC Dam, Dam Safety Research Unit, Geotechnical Engineering Research and development center, Civil Engineering Department, Kasetsart University, Thailand,2015.

10- VAL KOFOED, Willowstick Technologies, Utah, USA
JERRY MONTGOMERY, Willowstick Technologies, Utah, USA
KEITH GARDINER, United Utilities, Warrington, UK, Identifying Leakage Paths in Earthen Embankments, Improvements in reservoir construction, operation and maintenance, Thomas Telford, London, 2006.

11- A.K. HUGHES, Atkins Limited, Epsom, UK , Modern Technique for Leakage Detection at Dams, Challenges in a Time of Change ,Thomas Telford, London, 2010.

دراسة بعض العوامل الفيزيوكيميائية لمياه

نهر سوريت في بانباس

د. م. امال عطيه*

□ الملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم نوعية مياه نهر سوريت في الساحل السوري لأغراض الشرب. تم في هذا البحث دراسة بعض العوامل الفيزيائية والكيميائية لمياه نهر سوريت، وتم أخذ عينات مائية من أربعة مواقع رصد مختلفة على طول مجرى النهر خلال الفترة الممتدة من أيلول 2022 ولغاية آب 2023، وبمعدل عينة واحدة شهرياً، وتم تحليل بعض العوامل الفيزيوكيميائية كدرجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني pH، والناقلية الكهربائية EC، والمواد الصلبة المنحلة الكلية TDS، والنترات NO_3^- ، والفوسفات PO_4^{3-} ، والمتطلب الحيوي للأكسجين BOD_5 ، والتركيز الإجمالي للفحوم الهيدروجينية العطرية المتعددة النوى ($\Sigma PAHs$). أظهرت نتائج البحث أن قيم العوامل المدروسة (درجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني، والناقلية الكهربائية، والمواد الصلبة المنحلة، والنترات، والفوسفات) كانت ضمن الحدود المسموحة للاستهلاك البشري حسب معايير المواصفة القياسية السورية ومنظمة الصحة العالمية، وكانت قيم العوامل (المتطلب الحيوي للأكسجين، والتركيز الإجمالي للفحوم الهيدروجينية العطرية) أكبر من الحدود المسموحة لها في مياه الشرب، مما يشكل خطراً بيئياً يهدد الكائنات الحية.

كلمات مفتاحية: نهر سوريت، عوامل جودة المياه، مياه الشرب.

* مشرف على الأعمال في قسم هندسة النظم البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية

- سوريا. Email: amal83ym@gmail.com

Study of Some Physicochemical Factors of the Water Sureat River in Banias

Dr. Amal Ateah*

□ ABSTRACT □

This study aims to evaluate the water quality of the Sureat River on the Syrian coast for drinking purposes. In this research, some physical and chemical factors of the water Sureat River were studied. Water samples were taken from four different monitoring sites along the river's course during the period extending from September 2022 to August 2023, at a rate of one sample per month, and some physical chemical factors were analyzed, such as temperature, number pH, EC, total dissolved solids (TDS), nitrates (NO_3^-), phosphates (PO_4^{-3}), biological oxygen demand (BOD_5), and total concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (ΣPAHs). The results of the research showed that the values of some of the factors studied (temperature, pH, EC, TDS, NO_3^- , and PO_4^{-3}) were within the permissible limits for human consumption according to the standards of the Syrian standard and the World Health Organization, and the values of some factors (BOD_5 , and ΣPAHs) were greater than the permissible limits in drinking water, which constitutes an environmental hazard that threatens living organisms.

Key words: Sureat River, water quality factors, drinking water.

* Work Supervisor, Department of Environmental Systems Engineering, High Institute of Environmental Research, Tishreen University, Lattakia, Syria.
E-mail: amal83ym@gmail.com

1- مقدمة:

تُعدُّ المياه العذبة كالأنهار والبحيرات والينابيع والآبار من أهم المصادر المائية المستخدمة لأغراض الشرب بعد إجراء المعالجة المطلوبة لها [1, 2]. وتعتبر مصدراً طبيعياً مهماً لبقاء واستمرار النظام البيئي بأكمله. ويستخدم البشر الماء في مختلف المجالات الزراعية والصناعية والترفيهية والخدمية والحرفية بكميات كبيرة قد تستنزف قدرة المورد المائي على التجدد وتعويض الفاقد منه. بالإضافة إلى ذلك، هناك التلوث الكبير والخطير الذي يهدد موارد المياه العذبة، والناجم عن التزايد السكاني والتطور الزراعي والصناعي والخدمات [3, 4].

ففي السنوات الأخيرة أدت الأنشطة البشرية الكثيفة الزراعية منها والصناعية إلى تلوث مصادر المياه العذبة إلى درجة كبيرة تفوق القيم المسموحة لها في مياه الشرب، وهذا ما أدى إلى ازدياد خطر الإصابة بالأمراض والأوبئة التي تهدد حياة الإنسان [5, 6]

تتقسم التحديات التي تواجه المياه العذبة إلى نوعين:

1 - التحديات بسبب الطبيعة:

- انخفاض معدلات هطول الأمطار عاماً بعد عام.
- ارتفاع درجات الحرارة.
- شدة التبخر نتيجة ارتفاع درجات الحرارة مما يؤثر على مساحة المسطحات المائية العذبة.
- توالي سنوات الجفاف.
- الأمطار الملوثة كالأمطار الحامضية.

2 - التحديات بسبب الأنشطة البشرية:

- تطور الزراعة التي تستهلك الكثير من المياه.
- البناء العمراني الذي يتطلب الكثير من المياه.
- تلوث المياه العذبة بمياه الصرف الصحي ومخلفات المصانع.
- إنشاء المنشآت الصناعية بالقرب من مصادر المياه العذبة.
- انتشار مكبات للنفايات بشكل عشوائي بالقرب منها مما يلوثها فتصبح غير صالحة للاستخدام.

من المعروف أن المياه العذبة تؤمن المورد الأساسي للشرب، ووفقاً لمنظمة الصحة العالمية فإن أقل من 1% من الإمداد العالمي بالمياه متوفر وآمن للاستهلاك البشري، وأكثر من 760 مليون شخص دون إمدادات مياه شرب كافية حتى عام 2011 [7,8]. وترتفع تكاليف مياه الشرب بسبب زيادة تكاليف المعالجة، وزيادة عدد السكان المستهلكين، الأمر الذي أدى إلى استنزاف كبير لموارد المياه العذبة وتهديد بفقدانها [9].

أدت التحديات السابقة إلى تغيير وتدهور نوعية مياه البحيرات والأنهار والينابيع والآبار في سوريا، وتلوثها بأشكال مختلفة من الملوثات العضوية واللاعضوية، ومنها الملوثات العضوية الثابتة المهددة للإنسان والبيئة نتيجة لبقائها في البيئة لشهور وسنوات عديدة دون أن تتحلل، وتأثيراتها السمية الحيوية الجينية المسرطنة والمسببة للطفرات الوراثية للإنسان [10, 11].

من هنا جاءت أهمية البحث في رصد التغيرات الزمنية والمكانية لتراكيز بعض العوامل الفيزيوكيميائية في مياه نهر سوريا في الساحل السوري خلال الفترة الممتدة من (أيلول 2022 حتى آب 2023)، والتعرف على نوعية المياه، وتصنيفها، والتحقق من

صلاحية استخدامها للاستهلاك البشري. ومن المعروف أن نهر سوريت هو الأخ التوأم لنهر السن ويتغذى من حوض السن، ويشكل حوض نهر السن أحد المصادر الرئيسية لتزويد المياه في المنطقة الساحلية، وتستخدم مياهه حالياً لأغراض الشرب والري وتربية الأسماك والصناعة، لذلك فإن أي خطر يهدد نهر سوريت فمن المحتمل أن يهدد نهر السن نتيجة قربهما من بعضهما البعض وتغذيتهما من نفس الحوض، والعلاقة العضوية التي تربط بينهما [12].

2 - أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في تقييم واقع التلوث في مياه نهر سوريت في الساحل السوري، وذلك بدراسة بعض العوامل الفيزيوكيميائية باعتباره يقع في منطقة تكثر فيها النشاطات البشرية وخاصة الزراعية.

يهدف البحث بشكل أساسي إلى رصد التغيرات الزمانية والمكانية لتراكيز بعض العوامل الفيزيوكيميائية: درجة الحرارة، ودرجة الحموضة PH، والناقلية الكهربائية، والمواد الصلبة المنحلة، والنترات، والفوسفات، والمتطلب الحيوي للأكسجين، والتراكيز الإجمالية للفحوم الهيدروجينية المتعددة النوى، والتعرف على نوعية المياه، ومقارنتها مع المواصفة القياسية السورية لتحديد مدى صلاحيتها للاستهلاك البشري.

3 - وصف منطقة الدراسة:

يقع الحوض الهيدرولوجي لنهر سوريت في غرب سوريا في منطقة حريصون في بانياس في الساحل السوري. وتجري مياه نهر سوريت من مجموعة من الينابيع المغذية التي تشكل بحيرة سوريت ومنها تتدفق مياه النهر في الأراضي الزراعية بجوار نهر السن

الأساسي في المنطقة. ويبعد نبع سوريث عن نبع السن مسافة 100 m باتجاه الجنوب، وتبلغ غزارة نبع سوريث ($2.5 \text{ m}^3/\text{s}$) ويشترك معه في الحوض المغذي، ويتشابه معه بالخصائص الهيدروجيولوجية والفيزيوكيميائية. ويبين الشكل (1) صورة فضائية لنهري السن وسوريث على الخريطة، حيث ينبع نهر سوريث من بحيرة سوريث التي تقع على بعد حوالي 4 km تقريباً عن البحر المتوسط باتجاه الشرق، ويتابع مجراه غرباً بين الأراضي الزراعية، ثم يتجه جنوباً ليلتقي نهر حريصون ليصب في البحر الأبيض المتوسط [13, 14].

تقع منطقة الدراسة ضمن الإحداثيات التالية: خط طول ($36^\circ 14' 59.41''$) – ($35^\circ 54' 57.40''$)، وخط عرض ($35^\circ 22' 49.5''$ – $35^\circ 13' 55.54''$). وتشكل جزءاً من المنطقة الوسطى من الجبال الساحلية، وتمتد من الشمال إلى الجنوب على شكل سلسلة واحدة بين وادي نهر الكبير الشمالي ووادي نهر الكبير الجنوبي، ويعرض يتراوح بين 25 – 30 كم بين البحر المتوسط وغور الانهدام، وتتميز بكونها غير متناظرة السفوح حيث أن الجزء الشرقي شديد الانحدار، ويتدرج نحو الغرب بهضاب أقل انحداراً وأوسع مساحة.

تتميز منطقة الدراسة تكتونياً ببنية معقدة بسبب كثافة وشدة الفوالق والصدوع والشقوق ذات الاتجاهات المختلفة، حيث يلاحظ فيها وجود ثلاثة فوالق رئيسية وهي فالق القرداحة، فالق السن، فالق المرقية، وهي من منظومة الفوالق ذات الاتجاه شمال شرق – جنوب غرب التي تلعب دوراً ملموساً في تحديد الظروف الهيدروجيولوجية والجيولوجية في الحوض، والتي تؤمن الواردات المائية للنبع، والذي يمكن تشبيهه بنهر جوفي يؤمن التغذية لنبع سوريث بسبب الميول الهيدروليكية وتوفر النفوذية والشقوقية والكارست في هذه المنطقة، وهناك ارتباط مباشر بين الهطولات المطرية وارتفاع التصريف للنبع مما يدل على وجود سرعة عالية لانتقال المياه الجوفية الراشحة ووصولها إلى النبع [15].



الشكل (1): صورة فضائية لموقع نهر سوريك

4 - منهجية إجراء البحث:

1 - جمع العينات:

جُمعت عينات مائية من أربعة مواقع على طول مجرى نهر سوريك، وتم تحديد العوامل الآتية: درجة الحرارة، ودرجة الحموضة pH، والناقلية الكهربائية، والمواد الصلبة المنحلة، والنترات، والفوسفات، والمتطلب الحيوي للأكسجين، والتركيز الإجمالية للفحوم الهيدروجينية المتعددة النوى $\sum PAHS$.

- تم أخذ العينات من المواقع المبينة في الشكل (2):

الموقع الأول S1: يقع في نقطة خروج مياه النهر من بحيرة سوريك.

الموقع الثاني S2: يقع في نقطة السد الترابي عند مطعم الميلا.

الموقع الأول S3: يقع في نقطة الأراضي الزراعية المكثفة.

الموقع الأول S4: يقع قبل مصب النهر في البحر المتوسط.

لوحظ أنه يسود حوض نهر سوريا المناخ المتوسطي المعتدل الذي يتميز بشتاء ماطر ودافئ وصيف حار ورطب يندر حدوث الأمطار فيه. كما لوحظ أحياناً جفاف نهر سوريا بعد الموقع S2 عند مطعم الميلاد في فترات الجفاف في بعض السنوات السابقة [16].



الشكل (2): صورة لمواقع أخذ العينات S1 و S2 و S1 و S2 في نهر سوريا

تمّ قطف عدة عينات مائية من المواقع S1 و S1 و S3 و S4 بحيث تمثل فصول السنة الأربعة، والتغيرات المناخية، والظروف المحيطية التي حدثت في المنطقة، وقد امتد ذلك (أيلول 2022 حتى آب 2023). الأمر الذي يسمح بتتبع تغيرات نوعية المياه على مدار العام وخلال فترة الفيضان (موسم الأمطار في فصلي الشتاء والربيع) وفترة الشح (فترة الجفاف في فصلي الصيف والخريف). كما لوحظ خلال فترة الدراسة انخفاض منسوب النهر كثيراً في المواقع S3 و S4 دون أن يجف تماماً في شهري أيلول وتشرين الأول لعام 2022م.

2 - تحليل العينات وتحديد تراكيز بعض العوامل الفيزيوكيميائية:

تم تحليل العينات حقلياً ومخبرياً وفق الخطوات الآتية:

■ تم قطف عينات مائية من نهر سوريت على عمق 20 Cm من سطح المياه وعكس اتجاه التيار، وتمّ تحديد بعض العوامل الفيزيوكيميائية حقلياً مثل: درجة الحرارة، ودرجة الحموضة (pH)، والناقلية الكهربائية، والمواد الصلبة المنحلة باستخدام جهاز قياس حقلي **PCT-407 Portable pH Conductivity TDS Meter**.

■ تم تحديد تراكيز النتترات والفوسفات مخبرياً باستخدام جهاز مقياس الطيف الضوئي **UV-630 (Spectrophotometer)** من شركة JASCO.

■ تم تحديد تراكيز BOD_5 مخبرياً باستخدام جهاز الـ BOD لقياس كمية الأوكسجين الذائب المستهلك من أجل أكسدة المواد العضوية عند درجة حرارة ثابتة 20 درجة مئوية، وخلال فترة زمنية محددة يطلق عليها اسم فترة الحضانة وغالباً تكون خمسة أيام BOD_5 .

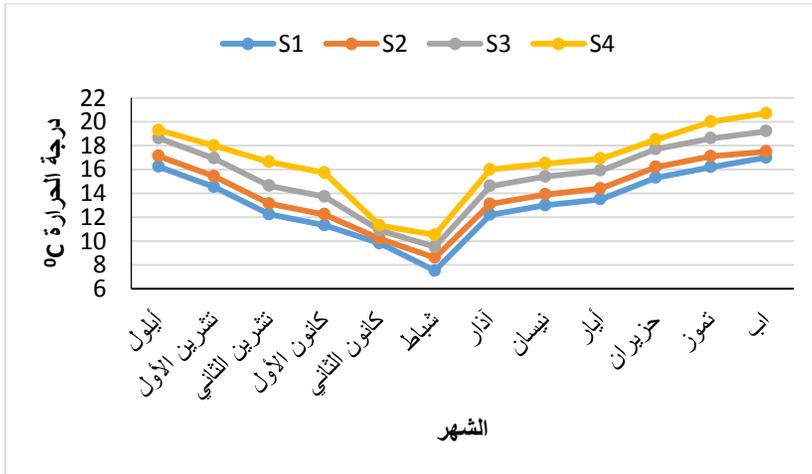
■ تم تحديد التراكيز الإجمالية للمركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات ($\Sigma PAHs$) مخبرياً باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية نوع (Hewlett - Packard) الموصول بمكشاف مطيافية الكتلة **gas chromatography/ mass spectrometry (GC/MS) [17]**.

تم إجراء التجارب والتحليل الحقلية والمخبرية في مواقع النهر وفي مخابر كلية الهندسة المدنية ومخابر المعهد العالي للبحوث البحرية في جامعة تشرين.

5 - النتائج والمناقشة:

أ - درجة حرارة المياه:

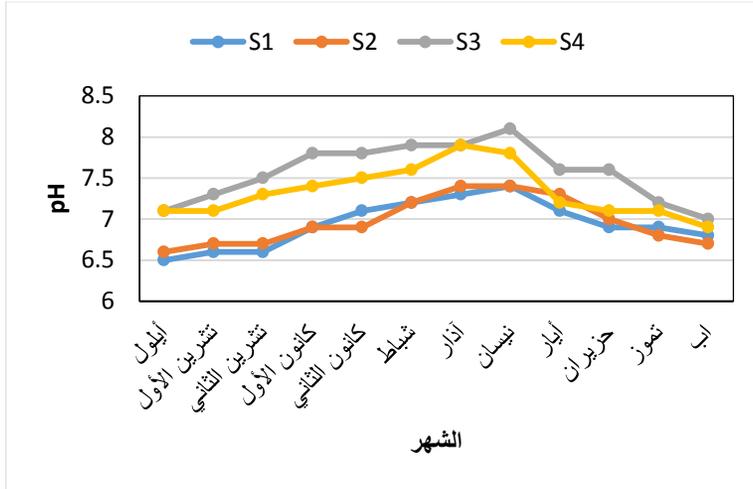
لوحظ ازدياد درجة حرارة مياه نهر سوريا بشكل مضطرب من المنبع عند الموقع S1 باتجاه المصب في البحر عند الموقع S4، وبمعدل سنوي 13.3 و 14 و 15.5 و 16.7 °C في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي. فقد أظهرت درجات الحرارة تغيرات فصلية واضحة كما هو مبين في الشكل (3)، حيث سجلت أعلى قيمة لها صيفاً 20.7 °C في شهر آب في الموقع S4، في حين سجلت أدنى القيم في فصل الشتاء في شهر شباط في المواقع S1 و S2 و S3 و S4، وقد بلغت 7.5 و 8.6 و 9.5 و 10.5 °C على التوالي، وفي الربيع في شهر آذار 12.2 في الموقع S1. لوحظ أن هناك اختلافاً بين درجات الحرارة صيفاً وشتاءً، وهناك تأثيراً لدرجة حرارة الهواء المحيط وفقاً للتغيرات المناخية الفصلية السائدة في المنطقة المحيطة بالنهر [18]. كما أن جميع القيم كانت أصغر من 25 °C حسب المواصفة القياسية السورية [19].



الشكل (3): تغيرات قيم درجات الحرارة في مياه نهر سوريا خلال فترة الدراسة

ب- الرقم الهيدروجيني (pH):

تراوحت قيم الـ pH في مياه نهر سوريت ما بين 6.5 في شهر آب في الموقع S1 و 8.1 في شهر نيسان في الموقع S3، وبمعدل سنوي 6.9 و 7 و 7.6 و 7.5 في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي كما هو مبين في الشكل (4)، حيث سجلت أعلى القيم في الموقع S3. كما اختلفت قيمة pH في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغ معدلها السنوي 7.5 و 7 على التوالي، حيث لوحظ ارتفاع قيم pH في فصلي الشتاء والربيع وانخفاضها في فصلي الصيف والخريف في المواقع الأربعة. يعود انخفاض قيم الـ pH في المواقع الأربعة في فترة شح المياه إلى تأثير مياه البحيرة بالنشاط البشري كالتصرف الصحي بالإضافة إلى النشاط السياحي في فصل الصيف وصرف مخلفات المطعم السائلة الموجود قريبا مما يعكس الطبيعة الحامضية الخفيفة للمياه في هذه الفترة. كما لوحظ أيضاً أن معظم قيم pH كانت أعلى من القيمة 7 مما يعكس الطبيعة القاعدية الخفيفة لمياه الحوض المغذي والذي يمكن أن يعزى إلى سيادة أيونات الكربونات والبيكربونات، وإلى طبيعة التكتشفات الصخرية التي تجتازها المياه عبر الحوامل المائية الجوفية المغذية للبحيرة [20]. كما كانت قيم pH في المواقع المدروسة ضمن المجال 6.5 - 9 للحدود المسموحة للمواصفة القياسية السورية.



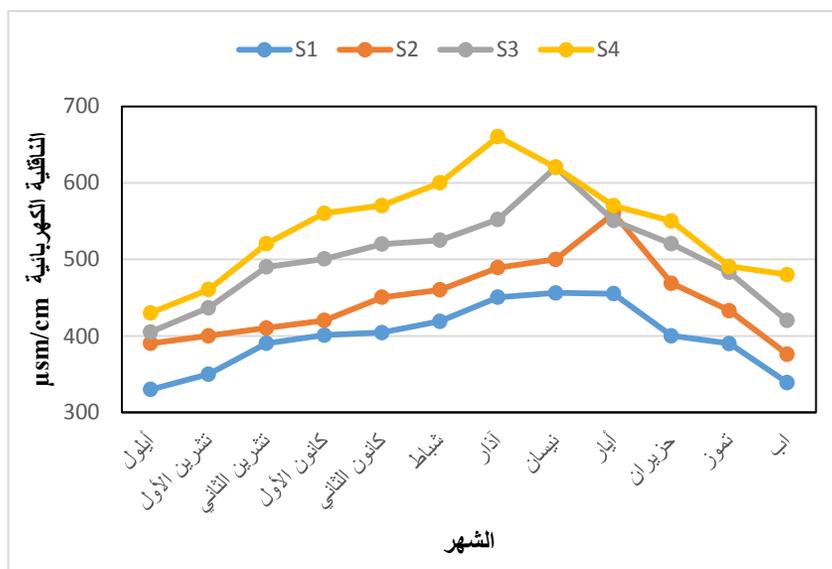
الشكل (4): التغيرات الشهرية لقيم الـ pH في مياه نهر سوريث خلال فترة الدراسة

ت- الناقلية الكهربائية (EC) : تقاس بوحدة مايكروسيمنس/سم ($\mu S/cm$)

تعبر قيمة الناقلية الكهربائية عن كمية الأملاح الذائبة الكلية في المياه. فقد لوحظ ازدياد قيم الناقلية بشكل مضطرب من الموقع S1 باتجاه الموقع S4 ، لقد تراوحت قيم EC كما هو مبين في الشكل(5) ما بين $330.2\mu S/cm$ في شهر أيلول في الموقع S1 و $660.3\mu S/cm$ في شهر آذار في الموقع S4، وكان معدلها السنوي 398.9 و 446.7 و 502.3 و 542.9 $\mu S/cm$ في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي. كما اختلفت قيمة الناقلية في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغت 513.3 و 432 $\mu S/cm$ على التوالي.

يمكن أن يعزى هذا الاختلاف في الناقلية إلى تركيز الأمطار خلال موسم الفيضان في الشتاء والربيع في منطقة الدراسة والتي تعمل على تحفيز عمليات انحلال الصخور الكربوناتية والشوارد والأملاح مما قد يتسبب في زيادة قيم الناقلية، بينما يشير انخفاض

هذه القيم إلى ضعف عمليات الانحلال للخور الكلسية المنتشرة في المنطقة في موسم شح المياه في الخريف والصيف . كانت قيم EC أصغر من $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ في المواقع الأربعة وضمن الحدود المسموحة للمواصفة القياسية السورية.



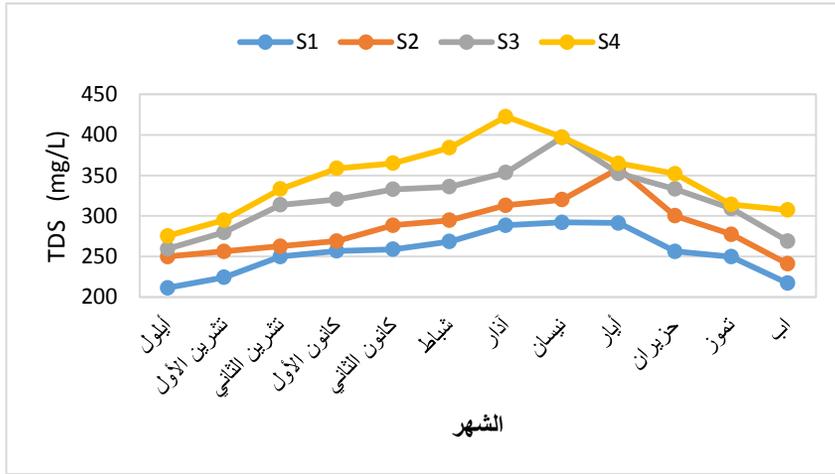
الشكل (5): التغيرات الشهرية للناقلية الكهربائية في مياه نهر سوريث

ث - مجموع المواد الصلبة المنحلة (TDS) Total Dissolved Solid:

المواد الصلبة المنحلة الكلية (TDS) في الماء هي جزيئات صلبة ذائبة أو معلقة أو قابلة للترسيب. وتتكون (TDS) من مجموعة متنوعة من المعادن والأملاح والأيونات والكاتيونات الموجودة في الماء.

يوضح الشكل(6) ازدياد قيم (TDS) بشكل مضطرب من الموقع S1 باتجاه الموقع S4 ، فقد تراوحت قيم (TDS) ما بين $211.3 \text{ mg}/\text{L}$ في شهر أيلول في الموقع S1 ، و $422.6 \text{ mg}/\text{L}$ في شهر آذار في الموقع S4، وكان معدلها السنوي

255.3 و 285.9 و 321.4 و 347.5 mg/L في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي. كما اختلفت قيمة (TDS) في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغت 328.5 و 276.4 mg/L على التوالي ، وكانت قيم TDS أقل من 500 mg/L وضمن الحدود المسموحة للشرب. يمكن أن يعزى هذا الاختلاف في TDS إلى الأمطار التي تعمل على تحفيز عمليات انحلال الصخور الكربوناتية والشوارد والأملاح في منطقة الدراسة مما قد يتسبب في زيادة قيم TDS، بينما يشير انخفاض هذه القيم إلى ضعف عمليات الانحلال للصخور الكلسية المنتشرة في المنطقة في فترات الجفاف.

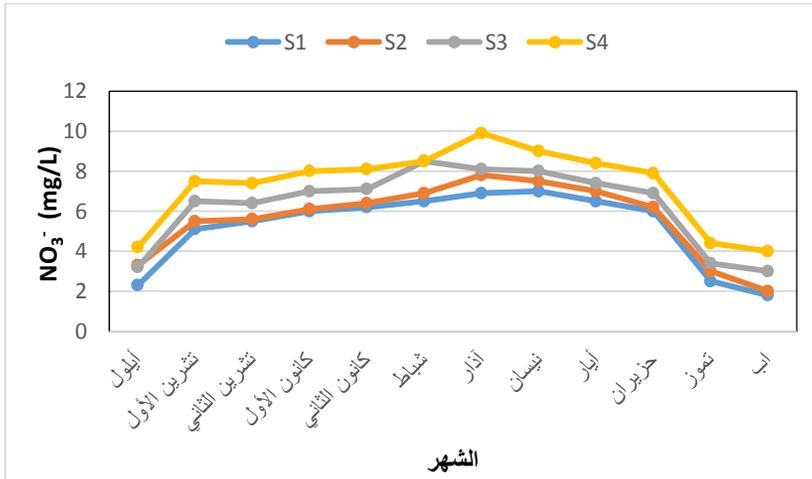


الشكل (6): التغيرات الشهرية للمواد الصلبة المنحلة الكلية (TDS) في مياه نهر سوريث

ج- النترات (NO^{-3}):

النترات هي قياس أكسدة النيتروجين، وتعتبر من المغذيات الأساسية التي تسبب النمو الزائد للنباتات أو الطحالب في البيئات المائية. فقد لوحظ ازدياد قيم NO^{-3} بشكل مضطرب من الموقع S1 باتجاه الموقع S4، وتراوحت قيم (NO^{-3}) كما يتضح من

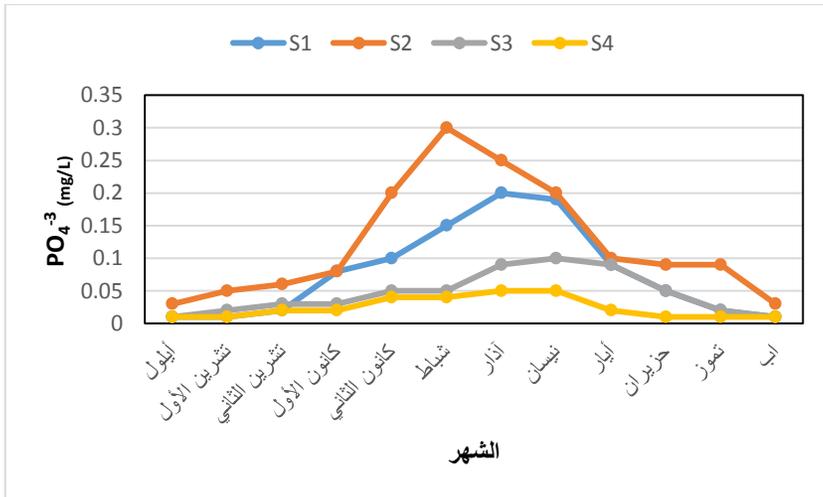
الشكل (7) ما بين 1.8 mg/L في شهر آب في الموقع S1 و 9.9 mg/L في شهر آذار في الموقع S4 ، وكان معدلها السنوي 5.2 و 5.6 و 6.3 و 7.3 mg/L في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي، وسجلت أعلى القيم في الموقعين S3 و S4 حيث الأنشطة الزراعية المكثفة على جانبي النهر. اختلفت قيمة (NO^{-3}) في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغت 7.5 و 4.7 mg/L على التوالي، حيث يرتفع تركيز النترات في موسم الفيضان بعد هطول المطر بسبب غسل التربة وخاصة الأراضي الزراعية المجاورة، حيث أن الأسمدة والمبيدات الحشرية والعشبية تزيد من تركيز النترات، كما أن التسريبات المحتملة من شبكات الصرف الصحي ومن الجور الفنية تزيد من تركيزها ، كما كان تركيز (NO^{-3}) أقل من (45 mg/L) الحد المسموح لها حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب [19].



الشكل (7): التغيرات الشهرية للنترات (NO^{-3}) في مياه نهر سوريث

ح- الفوسفات (PO_4^{-3}):

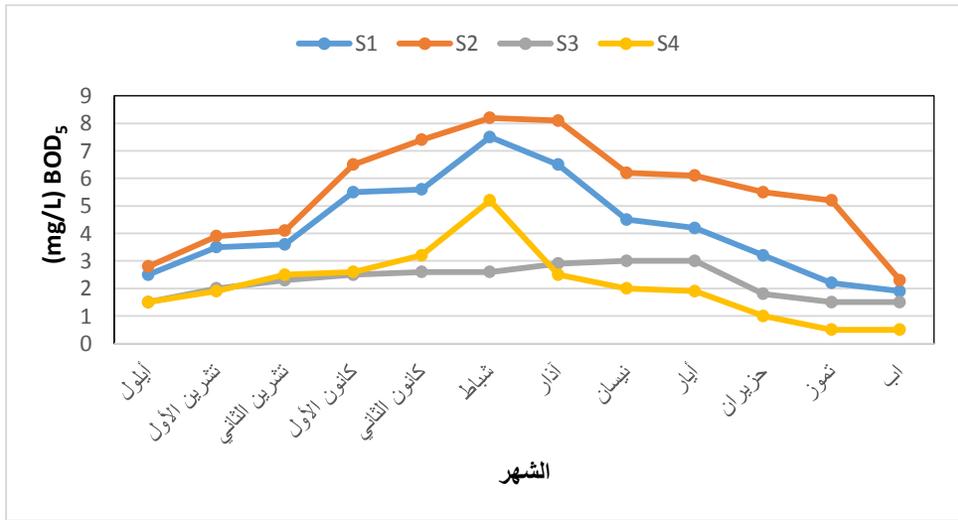
الفوسفات هي مركبات كيميائية ناتجة من العناصر الفوسفورية والأكسجين، وهي ضرورية لنمو النبات والحيوان، ولا تعتبر سامة إلا إذا وجدت بكميات كبيرة. ويمكن أن يتواجد الفوسفات في المياه بأشكال كثيرة، ناجمة عن غسل الأراضي الزراعية التي تحوي على الأسمدة والمبيدات القريبة من المصدر المائي، بالإضافة إلى أن الفوسفور يدخل في تركيب المنظفات التي تتسرب مع مياه الصرف الصحي والحفر الفنية. لقد تراوحت قيم (PO_4^{-3}) كما يتضح من الشكل (8) ما بين 0.01 mg/L في الموقعين S3 و S4 و 0.3 mg/L في شهر شباط في الموقع S2، وسجلت أعلى القيم في الموقع S2 بسبب صرف الصرف الصحي لمطعم الميلاد فيه. كان معدلها السنوي 0.08 و 0.12 و 0.05 و 0.03 mg/L في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي. كما اختلفت قيمة (PO_4^{-3}) في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغت 0.12 و 0.03 mg/L على التوالي. كانت جميع القيم أدنى من الحد المسموح لشوارد الفوسفات لأغراض الشرب (0.5 mg/L) وفق المواصفة القياسية السورية.



الشكل (8): التغيرات الشهرية للفوسفات في مياه نهر سوريا

خ- المتطلب الحيوي للأكسجين (BOD_5):

إن الطلب الحيوي للأكسجين BOD_5 من أكثر المؤشرات أهمية وشيوعاً لتحديد درجة تلوث المياه بالمواد العضوية، ويشير (BOD_5) إلى كمية الأوكسجين المذاب التي تستهلكها الكائنات الحية الدقيقة في عملية تحلل المواد العضوية المؤكسدة. يتضح من الشكل (9) أن قيم (BOD_5) تراوحت ما بين 0.5 mg/L في آب في الموقع S4 و 8.2 mg/L في شهر شباط في الموقع S2، وكان معدلها السنوي 4.2 و 5.5 و 2.3 و 2.1 mg/L في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي. وكانت أعلى القيم أيضاً في الموقع S2 نظراً للمنصرفات السائلة لمطعم الميلاد. كما اختلفت قيمة (BOD_5) في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغت 4.6 و 2.5 mg/L على التوالي. كانت معظم القيم أكبر من القيمة المسموحة 2 mg/L في مياه الشرب حسب المواصفة السورية.



الشكل (9): التغيرات الشهرية لـ BOD_5 في مياه نهر سورييت

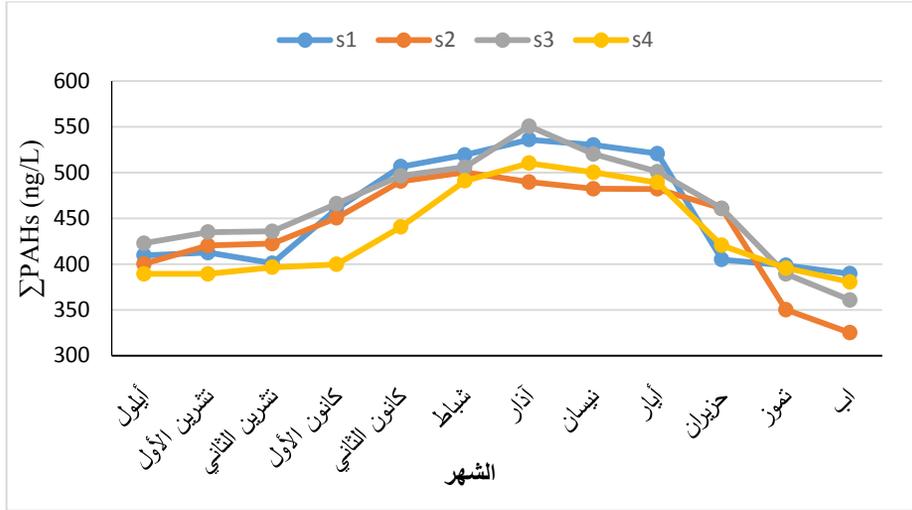
د- الفحوم الهيدروجينية العطرية PAHs:

تُعد الفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) من أخطر أشكال الملوثات العضوية الموجودة في المياه العذبة. وصنفت ضمن مجموعة الملوثات العضوية الثابتة Persistent Organic Pollutants (POPs) وفقاً لاتفاقية استكهولم، لأنها مركبات صعبة التحلل الحيوي وتبقى في المياه لشهور وسنوات عديدة [21]، ونظراً لتأثيراتها السمية المسببة للسرطانات والطفرات الجينية والوراثية فقد أعطت وكالة حماية البيئة الأمريكية USEPA (United States Environmental Protection Agency) والاتحاد الأوروبي EU (European Union) الأولوية لدراسة مركباتها وتحديد تراكيزها في المياه وتقدير مخاطرها المحتملة على الإنسان والبيئة، وكيفية التعامل معها والحد من انتشارها، واقتراح تقنيات معالجة فعالة لإزالتها من المياه وخاصة المياه العذبة المستخدمة لأغراض الشرب [22, 23].

لذلك تم في هذا البحث دراستها في مياه نهر سوريا، فقد تمكنا بنتيجة القياسات المخبرية من تم تحديد التراكيز الإجمالية للفحوم الهيدروجينية العطرية متعددة الحلقات (Σ PAHs) في المواقع الأربعة S1 و S2 و S3 و S4 في مياه نهر سوريا خلال فترة الدراسة، وذلك على مدى عام كامل وخلال فصول السنة الأربعة، وقد أظهرت نتائج القياس تلك أن أعلى قيمة لـ (Σ PAHs) كانت (550.6 ng/L) في شهر آذار في فصل الربيع في الموقع S3 كما هو مبين في الشكل (10)، وكانت أدنى قيمة (325.1 ng/L) في شهر آب في فصل الصيف في الموقع S2، وكان معدلها السنوي 457.4 و 440 و 462.1 و 433.5 ng/L في المواقع S1 و S2 و S3 و S4 على التوالي،

حيث كان المعدل أعلى في الموقع S3 وذلك بسبب وجوده في منطقة زراعية مكثفة ويكثر فيه الاستخدام المفرط للمبيدات الزراعية والأسمدة ومواد التدفئة للبيوت البلاستيكية في فصل الشتاء. كما اختلفت قيمة (\sum PAHs) في موسمي الفيضان وشح المياه فقد بلغت 498.1 و 401.3 ng/L على التوالي، ويُعزى ارتفاعها في موسم الأمطار إلى الهطولات المطرية التي حدثت في هذا الفصل وانتقالها إلى المياه عبر الينابيع المغذية للبحيرة والنهر بما تحمله من ملوثات من الحوض المغذي الذي تكثر فيه الأنشطة البشرية كونه منطقة سياحية بامتياز لكثرة مياهه وخيراته وجماله وإطلاله على شاطئ البحر المتوسط. حيث تجرف مياه الأمطار الملوثات من الأراضي الزراعية والغلاف الجوي والغابات ومكبات القمامة وشبكات الصرف الصحي والصناعي، وتتغلغل هذه الملوثات في جوف الأرض لتصل إلى النهر عبر الحوامل المائية الجوفية والسطحية، كما تصل الزيوت ومخلفات المصانع وعوادم السيارات والقطارات حيث البحيرة مجاورة للطريق الدولي (اللاذقية - دمشق) بالإضافة لمرور سكة القطار [24, 25].

يعزى انخفاض (\sum PAHs) في فترة الشح إلى ازدياد معدلات التفكك الحيوي والأكسدة الضوئية لبعض المركبات ذات الأوزان الجزيئية المنخفضة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة وازدياد التبخر ونسبة التطاير، وترسب المركبات ذات الأوزان الجزيئية الثقيلة إلى القاع. كما كانت (\sum PAHs) في عينات المياه المدروسة أكبر من القيمة المسموحة لها (100 ng/L) حسب المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب [19].



الشكل (10): التراكيز الإجمالية للفحوم الهيدروجينية العطرية (Σ PAHs) في مياه نهر سوريث

بمقارنة هذه النتائج مع تراكيز المركبات الهيدروكربونية العطرية في مياه مناطق أخرى في العالم نجد بأن هناك تقارب في التراكيز المسجلة في هذه الدراسة مع التراكيز المسجلة في المياه السطحية لنهر Diyala في العراق [26]، بينما نلاحظ انخفاضاً كبيراً في التراكيز عن القيم المسجلة في بحيرة Lagos في نيجيريا ونهر Cauca في كولومبيا [27, 28]، في حين كانت التراكيز أكبر من القيم المسجلة في مياه نهر Yinma [29]، ومياه نهر دجلة في العراق [30].

7 - الاستنتاجات والتوصيات:

1 - الاستنتاجات:

1 - وجد أن قيم بعض العوامل الفيزيوكيميائية (درجة الحرارة، والرقم الهيدروجيني، والناقلية الكهربائية، والمواد الصلبة المنحلة، والنترات، والفوسفات) كانت ضمن

الحدود المسموحة للاستهلاك البشري حسب معايير المواصفة القياسية السورية ومنظمة الصحة العالمية، وكانت قيم بعض العوامل (المتطلب الحيوي للأكسجين، والتركيز الإجمالي للفحوم الهيدروجينية العطرية) أكبر من الحدود المسموحة لها في مياه الشرب، مما يشكل خطراً بيئياً يهدد الكائنات الحية.

2- لوحظ ارتفاع قيم العوامل الفيزيوكيميائية في موسم الفيضان وانخفاضها في موسم الشح، ويعزى ذلك إلى الهطولات المطرية وجرها الملوثات إلى النهر.

2 - التوصيات:

- 1- دراسة العوامل الفيزيائية والكيميائية والجرثومية الأخرى في مياه نهر سوريث.
- 2- اقتراح إجراء المزيد من الدراسات على مياه الأنهار في سوريا لتقييم مدى صلاحيتها للاستهلاك البشري.
- 3- تطبيق برامج بيئية صارمة لحماية الحوض المغذي لنهر سوريث كونه يغذي بحيرة السن المستخدمة للشرب.

6 - المراجع:

- [1] Choo, G., Wang, W., Cho, H. S., Kim, K., Park, K., & Oh, J. E. (2020). Legacy and emerging persistent organic pollutants in the freshwater system: Relative distribution, contamination trends, and bioaccumulation. **Environment international**, 135, 105377.
- [2] Grey, D., Garrick, D., Blackmore, D., Kelman, J., Muller, M., & Sadoff, C. (2013). Water security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, **Physical and Engineering Sciences***, 371, 20120406.
- [3] OECD (2011) OECD environmental outlook to 2050: the consequences of inaction, OECD environmental outlook to 2050.
- [4] Vasseghian, Y., Hosseinzadeh, S., Khataee, A., & Dragoi, E. N. (2021). The concentration of persistent organic pollutants in water resources: A global systematic review, meta-analysis, and probabilistic risk assessment. **Science of The Total Environment**, 796, 149000.
- [5] WHO, (2012). Pharmaceuticals in Drinking-Water, World Health Organization.
- [6] WHO, (2013). Progress on Sanitation and Drinking-Water. Update, pp.40.
- [7] WHO, (2017). Safely Managed Drinking Water: Thematic Report on Drinking Water.

- [8] WHO, (2018). A Global Overview of National Regulations and Standards for Drinking–Water Quality.
- [9] Amdany, R., Chimuka, L., Cukrowska, E., Kukučka, P., Kohoutek, J., Tölgyessy, P., et al., (2014). Assessment of bioavailable fraction of POPS in surface water bodies in Johannesburg City, South Africa, using passive samplers: an initial assessment. **Environ. Monit. Assess.** 186, 5639–5653.
- [10] Li, H., Jiang, W., Pan, Y., Li, F., Wang, C., Tian, H., (2021). Occurrence and partition of organochlorine pesticides (OCPs) in water, sediment, and organisms from the eastern sea area of Shandong Peninsula, Yellow Sea, China. **Mar. Pollut. Bull.** 162, 111906.
- [11] Wang, Y., Zhang, S., Cui, W., Meng, X., Tang, X., (2018). Polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in surface water from the Yongding River basin, China: seasonal distribution, source apportionment, and potential risk assessment. **Sci. Total Environ.** 618, 419–429.
- [12] Report of the Directorate of Water Resources in Lattakia – The relationship between the two springs of al–Sen and Sureat, (2016).
- [13] Water Balance Project in the Coastal Basin, Directorate of Water Resources, Lattakia, (2005).

[14] Report of a hydrogeological sensory study to protect Al-Sen spring from pollution, **The General Authority for Remote Sensing**, Damascus, (2008).

[15] Ammar, G. (2006) –Study of the Flood in Al-sen River, **Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research– Engineering Sciences Series** Vol (28) No (2).

[16] Report of the Directorate of Water Resources in Lattakia, (2022).

[17] UNEP, "UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME", (1992). Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. **Reference Methods for Marine Pollution Studies**, No. 20, 78.

[18] Cheikho, T., Haj Issa, M., Dayoub, H. (2019) – Study of Some Physical and Chemical Properties of Al-Sen River Waters in Syrian Coastal Basin, **Syrian Journal of Agricultural Research – SJAR** 6(3), 333–350.

[19] The Syrian Arab Standards and Metrology Organization for Drinking Water No 45, (2017).

[20] Razman, N. A., Wan Ismail, W. Z., Abd Razak, M. H., Ismail, I., & Jamaludin, J. (2023). Design and analysis of water quality monitoring and filtration system for different types of water in Malaysia. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 20(4), 3789–3800.

- [21] Li, G., Shimin Wu, S., Lin Wang, L., Casimir, C., Akoh, C., C. (2016) – *Concentration, dietary exposure and health risk estimation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in youtiao, a Chinese traditional fried food*, **Food Control** 59, 328– 336.
- [22] Akinyeye, R. O., Adebawore, A. A., Awokunmi, E. E., Olanipekun, E. O., (2016) – *Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons in water from hand dug wells at Ile–Oluji, Nigeria*. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR–JESTFT)**, Vol. 10., PP 112–119.
- [23] Shrestha, A. K., Basnet, N., (2018) – *The Correlation and Regression Analysis of Physicochemical Parameters of River Water for the Evaluation of Percentage Contribution to Electrical Conductivity*, Hindawi, **Journal of Chemistry**, Volume Article ID 8369613, 9 pages.
- [24] Ashayeri, N. Y., Keshavarzi, B., Moore, F., Kersten, M., Yazdi, M., Lahijanzadeh, A. R. (2018) – Presence of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and surface water from Shadegan wetland–Iran: a focus on source apportionment, human and ecological risk assessment and sediment–water exchange. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 148, 1054–1066.
- [25] Bixiong, Y., Zhihuan, Z., Ting, M. (2006) – Pollution sources identification of polycyclic aromatic hydrocarbons of soils in Tianjin area, China. **Chemosphere**, 64(4), 525–534.

[26] Jasim, H. H., & Sultan, M. S. (2014). Determination of Priority Poly Aromatic Hydrocarbons Using Solid Phase Extraction and HPLC in Diyala River. **Al-Nahrain Journal of Science**, 17(3), 44–52.

[27] Sogbanmu, T. O., Osibona, A. O., & Otitoloju A. A., (2019). Specific polycyclic aromatic hydrocarbons identified as ecological risk factors in the Lagos lagoon, Nigeria. **Environmental Pollution**, 255. 113295.

[28] Villa, R., S., Duque, W., O., Páez, M., & Schuhmacher, M. (2016). Presence of PAHs in water and sediments of the Colombian Cauca River during heavy rain episodes, and implications for risk assessment, **Science of the Total Environment**, Vol. 540, 455–465.

[29] Sun, C., Zhang, J., Ma, Q., Chen, Y., & Ju, H. (2017)– Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water and sediment from a river basin: sediment–water partitioning, source identification and environmental health risk assessment. **Environ Geochem Health**, Vol. 39, 63–74.

[30] Hameed, M. S., Al-Zubaidi, F. S., & Wahab, A. S. A. (2014). Determination of Some Aromatic Hydrocarbon in Water of Tigris River near Al-Dora refinery. **Iraqi Journal of Science**, 55(4A), 1528–1534.

دراسة التغير في منظومة الكربونات في المياه البحرية السطحية لشاطئ مدينة اللاذقية

هناء يوسف رسلان

الدكتور حسام الدين لايقة

الدكتور حازم كراوي

المعهد العالي للبحوث البحرية جامعة تشرين

الملخص

يركز هذا البحث على دراسة تغيرات نظام الكربونات في المياه البحرية السطحية المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي والمدينة الرياضية من المنطقة الممتدة من الشاطئ و حتى مسافة 3km منه في فصلي الربيع و الصيف لعام 2022 .

لوحظت تغيرات زمانية ومكانية واضحة لتغير اجمالي القلوية، تراوحت بين $\mu\text{mol/kg}$ (2542.27- 2684.55) في فصل الربيع و $\mu\text{mol/kg}$ (2505.69-2696.74) في فصل الصيف، ولإجمالي الكربون اللاعضوي بين القيم $\mu\text{mol/kg}$ (2360.6-2436.3) ربيعاً، و $\mu\text{mol/kg}$ (2333.6-2368.5) صيفاً .

ترافقت هذه التغيرات مع تغيرات في العوامل الهيدرولوجية ، تراوحت درجة الحرارة بين (19.75-23.79) ربيعاً، و (24.56-27.12) صيفاً، أما الملوحة فقد تراوحت بين (36.96 % -34.87 %) في فصل الربيع و (37.89%- 35.62%) في فصل الصيف.(قدرت الملوحة بنسبة % جزء بالألف).

أثرت التغيرات الفصلية للعوامل الهيدولوجية وقيم نظام الكربونات (تغيرات القلوية والكربون اللاعضوي المنحل) في تغير قيم pH المياه البحرية حيث تراوحت قيم pH المياه (7.59- 7.99) ربيعاً و ارتفعت صيفاً الى المجال (7.75-8.16). لوحظ تأثير واضح للتغيرات المناخية من تغير درجات الحرارة نتيجة زيادة الانشطة البشرية في انطلاق وتحرر غاز ثنائي اكسيد الكربون على تغير نظام الكربونات في المياه البحرية .

بالنتيجة، إن التزايد المستمر لغاز ثنائي اكسيد الكربون في الهواء بسبب التلوث الناتج عن الانشطة البشرية المختلفة، أدى إلى زيادة نسبة انحلاله في المياه البحرية، وما رافقه من تغيرات في نظام الكربونات وفي قيم pH المياه، والذي ينعكس سلباً على النظام البيئي البحري من جهة، وما يترتب على ذلك من آثار سلبية على نشاط الاحياء وقدرتها على الحياة والتاقلم مع تغير قيم العوامل الهيدولوجية وتغير قيم نظام الكربونات في المياه البحرية .

كلمات مفتاحية: نظام الكربونات، القلوية الكلية، الكربون اللاعضوي المنحل، حموضة المياه، اللاذقية

Study of the change in the carbonate system in the surface marine waters of the coast of the city of Latakia

ABSTRACT

This research focuses on studying the changes of the carbonate system in surface marine waters at the mouth of the Al-Kabir Al-Shamali River and the Sports City in the area extending from the coast to a distance of 3 km during the spring and summer seasons of 2022.

Clear temporal and spatial changes were observed for the total alkalinity, ranging between (2696.74-2505.69) $\mu\text{mol/kg}$ in the spring and (2542.27-2684.55) $\mu\text{mol/kg}$ in the summer, and for total inorganic carbon between values of (2436.3-2360.6) $\mu\text{mol/kg}$ in spring, and (2333.6-2368.5) $\mu\text{mol/kg}$ in summer.

These changes were accompanied by changes in hydrological factors. The temperature ranged between (23.79-19.75) in the spring and (24.56-27.12) in the summer. As for the salinity, it ranged between (36.96‰-34.87‰) in the spring and (35.62‰-37.89‰) in the summer. (Salinity was estimated at ‰ ppt).

Seasonal changes in hydrological factors and carbonate system values (changes in alkalinity and dissolved inorganic carbon) affected the change in marine water pH values, as water pH values increased in spring between the two values (7.59-7.99) and

decreased in summer to the range (7.75-8.16). A clear impact of climate change, including temperature changes and increased human activities in the release and release of carbon dioxide gas, has been observed on changing the carbonate system in marine waters.

As a result, the continuous increase of carbon dioxide gas in the air due to pollution resulting from various human activities, which led to an increase in the rate of its dissolution in marine waters, and the accompanying changes in the carbonate system and in the pH values of the water, which reflects negatively on the marine ecosystem of On the one hand, the resulting negative effects on the activity of organisms and their ability to live and adapt to changing values of hydrological factors and changing values of the carbonate system in marine waters.

Key word: Carbonate system, Total Alkalinity, Total Inorganic Carbon, Lattakia

1- مقدمة:

ساهم التقدم الصناعي وزيادة الأنشطة البشرية المختلفة منذ الثورة الصناعية بانبعث ما يقارب 675Gton من غاز ثنائي اكسيد الكربون (CO_2) إلى الغلاف الجوي حتى وصلت قيمتها الوسطية إلى 410 ppm في عام 2019 (Friedlingstein *et al.*, 2019; Dlugokencky and Tans, 2020).

تلعب المحيطات دوراً مهماً في انخفاض نسبة غاز ثنائي أكسيد الكربون في الجو (Falkowski *et al.*, 1998)، حيث بينت الدراسات العلمية أن حوالي 25% من من هذا الغاز الناتج عن الأنشطة البشرية منذ عام 1750 قد انحل في المياه البحرية (Friedlingstein *et al.*, 2019)، وحوالي 31% قد خزن في المياه البحرية خلال الفترة 1994-2007 (Gruber *et al.*, 2019a). تؤثر درجة حرارة المياه السطحية البحرية على انحلالية CO_2 ، فعندما تنخفض درجة الحرارة تزداد عملية انحلال CO_2 من الغلاف الجوي في المحيط (Weiss, 1974 ; Weiss *et al.*, 1982 ; Lenton and Matear, 2007). في حين يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية على المستوى العالمي إلى زيادة معدلات هطول الأمطار وانخفاض عمليات الخلط العمودي للمياه، وبالتالي تناقص عملية الانحلال (Toggweiler and Samuels, 1997 ; Toggweiler and Russel, 2008).

تساهم عملية انحلال غاز ثنائي أكسيد الكربون في انخفاض نسبته في الغلاف الجوي وبالتالي التخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري من جهة، ولكنه يؤدي إلى تغير قيم pH المياه البحرية من جهة أخرى (Prentice *et al.*, 2000; Doney *et al.*, 2009; Feely *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2018; Orekhova *et al.*, 2023). بينت الأبحاث انخفاض في قيمة pH في المياه البحرية السطحية بمقدار (0.1 units)

(Jiang *et al.*, 2019)، ومن المتوقع أن ينخفض بمعدل 0.2 to 0.4 units بحلول نهاية القرن مترافقة مع زيادة انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون (Orr *et al.*, 2005; Jiang *et al.*, 2019; IPCC, 2019). بينت عمليات الرصد طويلة المدى في محطات مراقبة المحيطات منذ الثمانينات أو التسعينيات من القرن العشرين انخفاض الرقم الهيدروجيني للمحيطات بين عامي 1980 و 1990 بمقدار 0.0013 و 0.0026 وحدة سنوياً اعتماداً على الموقع (Bates *et al.*, 2014). لوحظ ارتفاع حموضة المياه البحرية السطحية في البحر الأبيض المتوسط بشكل عام والمناطق الساحلية بشكل خاص $0.003.yr^{-1}$ سنوياً (Kapsenberg *et al.*, 2017)، وهذا يشكل تهديد كبير للنظم البيئية البحرية (Fabry *et al.*, 2008; Gattuso *et al.*, 2015).

بالنتيجة، هناك انخفاض في قيم pH المياه السطحية من 0 إلى 0.3 وحدة على جهاز القياس وما يترتب عن ذلك من آثار سلبية على نشاط الأحياء البحرية وحتى موتها (Caldeira and Wickett, 2003)، فعلى سبيل المثال تتخفف قدرة الكائنات الحية على تشكيل كربونات الكالسيوم اللازمة لبناء القواقع الخاصة بها وذلك نتيجة تغير معدلات تشبع كربونات الكالسيوم في المياه السطحية، وهذا يمكن أن يعيق نمو الشعاب المرجانية والكائنات الجيرية الأخرى (Orr *et al.*, 2005 ; Kempe and Kazmierczak, 1994; Langdon *et al.*, 2000; Briffa and alagel, 2012; Carter *et al.*, 2015; Ashur *et al.*, 2017)

لابد من دراسة آلية تبادل CO_2 على السطح الفاصل هواء - بحر في ظل الزيادة المستمرة في نسبة CO_2 الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة في البحر المتوسط وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات مثل (بورحيلي 2010 و واعي 2010)، بالإضافة إلى تحديد تأثير بعض العوامل (الفيزيائية: درجة الحرارة والملوحة، والكيميائية: إجمالي الكربون اللاعضوي والقلوية الكلية) بهدف معرفة دور التغيرات الكيميائية الحاصلة في

مياه البحر وكيف ستكون استجابة النظام البيئي لذلك (Miller, 2007 ; Volta et al., 2016، هذا بالإضافة إلى تحديد دور المياه البحرية هل هي تخزين CO₂ الجوي فيها، أم تحرره باتجاه الغلاف الجوي (Carter et al., 2015 ; Lupker et al., 2016).

2- أهمية البحث وأهدافه:

2-1- أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث في دراسة التغيرات الكيميائية في المياه البحرية السورية مقابل مدينة اللاذقية وتحديد التغيرات الفصلية للقلوية الكلية وإجمالي الكربون اللاعضوي في الطبقة السطحية للمياه البحرية (حتى 5m) ومدى تأثيرهم بالخصائص الهيدرولوجية (درجة حرارة وملوحة) بهدف تحديد الدور الذي تلعبه هذه المياه مقابل الزيادة في نسبة هذا الغاز في الهواء وما يترتب عن ذلك من آثار في تغير نظام الكربونات وبالتالي تغير قيم pH المياه البحرية وما ينتج عن ذلك من مشاكل خطيرة على البيئة البحرية.

2-2- أهداف البحث:

A. تحديد إجمالي الكربون اللاعضوي والقلوية الكلية في المياه المقابلة لمدينة اللاذقية (المنطقة المقابلة لشاطئ المدينة الرياضية، ومصب نهر الكبير الشمالي).

B. دراسة تأثير الخصائص الهيدرولوجية للمياه (درجة حرارة وملوحة) على تغير نظام الكربونات.

C. دراسة تأثير التغيرات الكيميائية للمياه البحرية على قيم الـ pH وما ينتج عن ذلك من آثار سلبية على البيئة البحرية.

3- مواد وطرائق البحث:

3-1- منطقة الدراسة:

تم اخذ العينات اللازمة لإجراء هذا البحث من المياه البحرية المقابلة لمدينة اللاذقية 2022 من سبع محطات مقابل المدينة الرياضية ومنطقة مصب نهر الكبير الشمالي، ممتدة من الشاطئ وحتى بعد 3km منه في فصلي ربيع وصيف 2022 ، حيث تم أخذ العينات المائية المدروسة من 7 مواقع والمسافة الفاصلة بين كل منها 200m (الشكل 1 والشكل 2) وذلك وفق إحداثيات محددة كما هو مبين الجدولين (1 & 2).

تم أخذ عينات المياه البحرية على عمق 5m وذلك لكون طبقة المياه متجانسة من حيث تراكيز غاز CO₂ المنحل من جهة، وغير خاضعة للتغيرات الأنيية لتبادل غاز ثنائي أكسيد الكربون الجوي نتيجة التماس المباشر مع الماء، وذلك باستخدام جهاز اعتيان مائي (عبوة نسكين)، هذا بالإضافة إلى أخذت قياسات للعوامل الهيدروكيميائية (pH، درجة حرارة وملوحة) مباشرة باستخدام جهاز WTW (pH/Cond) موديل 340i.



الشكل (1): مواقع جمع العينات المدروسة الشكل (2): مواقع اخذ العينات حسب تدرج البعد عن الشاطئ

الجدول (1) : مواقع الدراسة في منطقة نهر الكبير الشمالي

Station	Latitude N	Longitude E	Distance (m)
ST1	35.482	35.802	5
ST2	35.478	35.765	500
ST3	35.478	35.713	1000
ST4	35.478	35.666	1500
ST5	35.474	35.65	2000
ST6	35.482	35.624	2500
ST7	35.482	35.597	3000

الجدول (2) : مواقع الدراسة في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية

Station	Latitude N	Longitude E	Distance (m)
ST8	35.588	35.7113	5
ST9	35.592	35.676	500
ST10	35.592	35.655	1000
ST11	35.588	35.629	1500
ST12	35.588	35.608	2000
ST13	35.584	35.592	2500
ST14	35.584	35.571	3000

تم حفظ العينات في عبوات زجاجية مصنفة سعة 2500ml مغسولة جيداً بمحلول حمض كلور الماء ومن ثم بماء مقطر ثنائي التقطير وذلك وفق الطرق المتبعة عالمياً (Dickson & Goyet, 1994).

تم أخذ العينات وفق الخطوات التالية:

- ✓ غسلت العبوات الخاصة بالعينات قبل تعبئتها عدة مرات بمياه البحر.
- ✓ تم ضبط معدل سرعة التعبئة وذلك لتجنب تشكل فقاعات غازية ضمن العبوة.
- ✓ تم الاستمرار في عملية التعبئة بعد امتلاء العبوات الزجاجية فترة من الزمن (عدة دقائق)، فهذا يسمح بالتأكد أن الماء وذلك بهدف التأكد من خلو العينة من الفقاعات الهوائية.
- ✓ تم إغلاق العبوات بشكل محكم ونقلت مباشرة إلى مخابر قسم الكيمياء البحرية في المعهد العالي للبحوث البحرية بجامعة تشرين ليتسنى إجراء التحاليل للمياه البحرية.

1. تحديد القلوية الكلية للمياه البحرية السطحية:

تم تحديد القلوية الكلية للمياه البحرية (Alkalinity Total) AT وفق الطرق المطبقة عالمياً (Dickson & Goyet, 1994) وذلك بمعايرتها بحمض كلور الماء HCl ذو التركيز 0.1N مضافاً إليه كمية من كلور الصوديوم عالي النقاوة ليصبح قريباً من ملوحة المياه البحرية، والذي تم التأكد من دقة تحضيره باستخدام مركبات كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) وثيوسلفات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

تمت عملية المعايرة بإضافة حجوم متساوية ($150\mu\text{l}$) وبشكل متتابع من HCl وأخذ تغيرات قيم الـ pH بعد كل إضافة لتحديد نقاط المعايرة.

تم حساب قيم القلوية وفق العلاقة التالية (Dickson & Goyet, 1994):

$$(V_1 / V_2 * C_{\text{HCl}}) / d = \dots \mu\text{mol.kg}^{-1}$$

V_1 : حجم الحمض المستهلك في المعايرة (ml).

V_2 : حجم عينة مياه البحر (ml).

d : كثافة المياه وتحدد بالاعتماد على كل من ملوحة ودرجة حرارة المياه البحرية (Dickson, 1981).

C : تركيز حمض HCl (0.1N)

تم التأكد من دقة النتائج بالاعتماد على التكرارية في تحديد القلوية الكلية لعينة مياه بحرية مأخوذة من عمق 5m وذلك بإجراء عشر تحاليل على نفس العينة، حيث كان مقدار الخطأ $3.5\mu\text{mol.kg}^{-1}$ ، كما لا بد من الإشارة إلى أن طريقة عرض النتائج تمت باستخدام برنامج (ODV) Ocean DataView.

4- النتائج والمناقشة:

4-1- القياسات الهيدرولوجية للمياه البحرية:

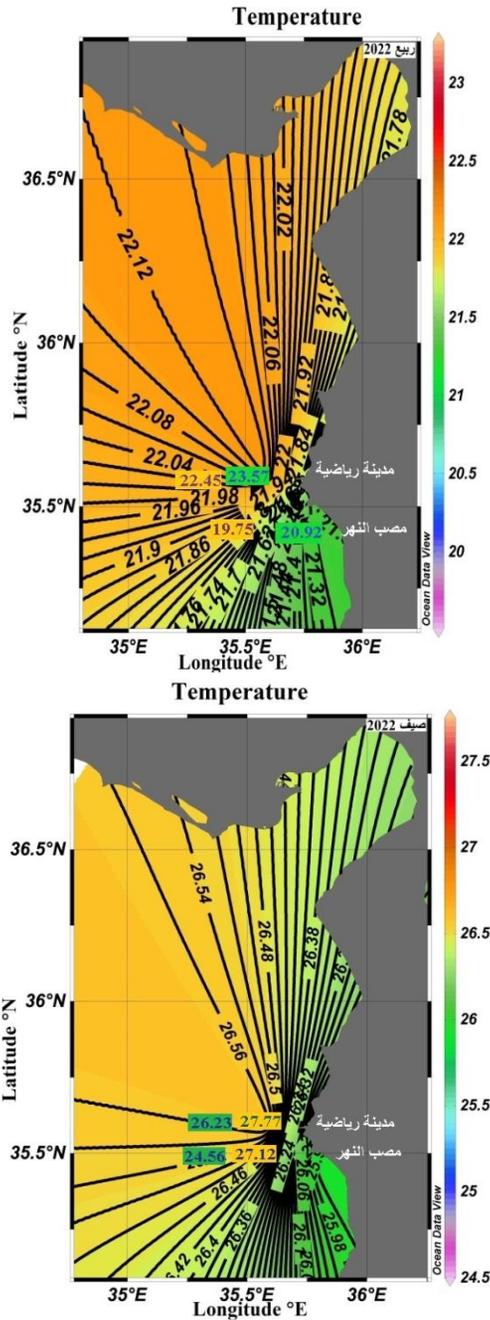
4-1-1- درجة حرارة المياه البحرية (Temperature : T):

بينت النتائج وجود تغيرات زمانية ومكانية في درجات الحرارة مع تغيرات الفصول ومع الابتعاد عن الشاطئ باتجاه العمق، حيث انخفضت درجات الحرارة المياه السطحية من المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية باتجاه منطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي كم هو مبين في الشكل (3).

تدرجت قيم الحرارة مع الابتعاد عن الشاطئ بين (19.75-20.92) في فصل الربيع و (24.56-27.12) صيفاً في المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي، حيث لوحظ تأثير واضح لمياه النهر وسرعة تدفقها وما تحمله من ملوثات صرف (صناعية ومنزلية) بشكل أكبر مقارنة مع المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية؛ فقد تدرجت القيم بين (22.45 - 23.57) في فصل الربيع (26.23 - 27.77) صيفاً.

لوحظ انخفاض في درجات الحرارة مع الاقتراب من الشاطئ في كلا الموقعين خلال فصلي الدراسة بسبب الاقتراب من مصادر المياه البرية وخاصة في منطقة مصب نهر الكبير الشمالي، وارتفاعها كلما ابتعدنا عن الشاطئ وذلك نتيجة ازدياد عمق العمود المائي وانخفاض الملوثات المضافة من مياه الصرف ، هذا بالإضافة إلى ارتفاع معدل عمليات خلط الكتل المائية.

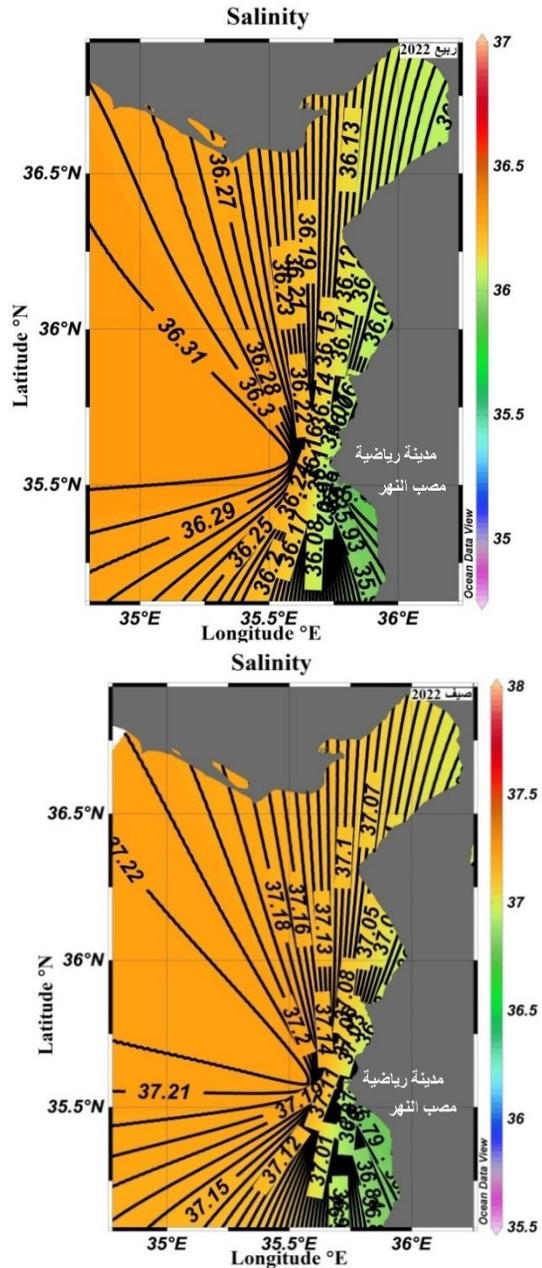
كانت الحرارة في الربيع اخفض من الحرارة في الصيف في كلا الموقعين ،تعود هذه التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة بالتغيرات الفصلية لكمية أشعة الشمس من جهة، وإلى حركة الكتل المائية واختلاف سرعة واتجاه الرياح من جهة أخرى وهذا ما أكدته العديد من الدراسات مثل (Lee et al., 2006).



4-1-2- ملوحة المياه البحرية (S: Salinity):

بينت النتائج تغير في قيم الملوحة مع تغير البعد عن الشاطئ في كلا موقعي الدراسة مترافقة مع تغير درجة الحرارة، حيث تراوحت نسب ملوحة المياه البحرية السطحية في المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي في فصل الربيع بين (34.78%) في المنطقة الشاطئية المقابلة للمصب وحتى نسبة (37.66%) على بعد 3km عن الشاطئ، في حين ارتفعت نسبة الملوحة صيفاً تريجياً بين 35.62% عند الشاطئ وحتى نسبة 37.53% بعيداً عنه. لوحظ ارتفاع نسبة الملوحة في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية من (35.37% - 36.93%) في فصل الربيع إلى (37.89 - 36.87%) صيفاً كما هو مبين في الشكل (4).

لوحظ ارتفاع نسب الملوحة مع تغير البعد عن الشاطئ في كلا الموقعين بسبب الابتعاد عن مصادر المياه العذبة والأنشطة البشرية المختلفة (مياه صرف صحي منزلي وصناعي) (Raven & Falkowski 1999; Bakker *et al.*, 1999)، هذا بالإضافة لزيادة معدلات التبخر مع ارتفاع الحرارة صيفاً، واختلاف معدل حركة الكتل المائية بين فصلي الربيع والصيف وهذا متوافق مع دراسات عديدة (Laika *etal.*, 2008; Lee *et al.*, 2006; Zweng *et al.*, 2013; Cossarini *et al.*, 2015; Nasreen, 2022).



الشكل (4): التغيرات الفصلية لنسب الملوحة المياه البحرية السطحية في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

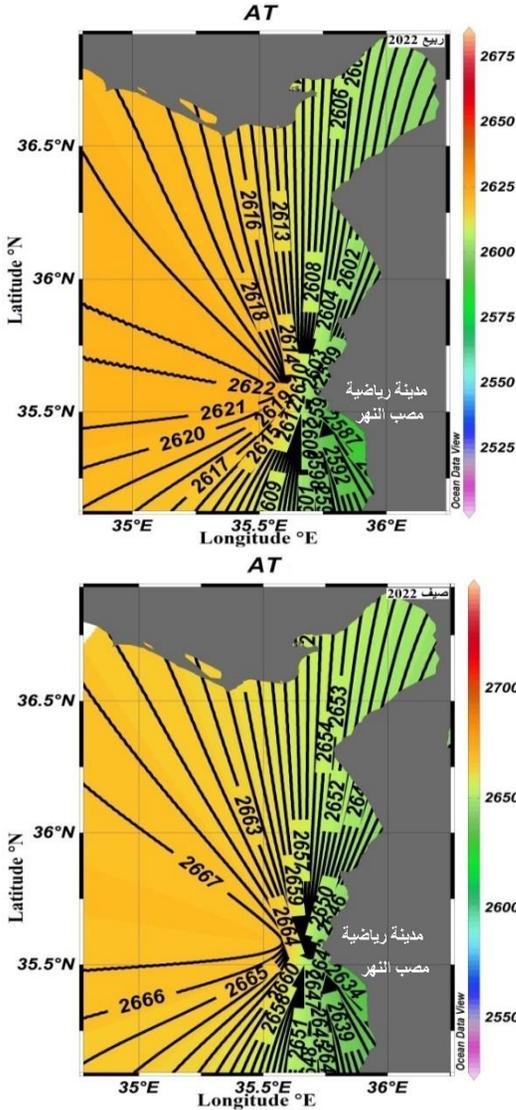
4-2- القلوية الكلية للمياه البحرية (A_T : Alkalinity Total) :

ترافقت التغيرات الفصلية لتغيرات القلوية الكلية مع تغيرات درجة حرارة وملوحة للمياه البحرية، حيث لوحظ ارتباط واضح بين القلوية الكلية وملوحة المياه في المناطق المدروسة. أظهرت الدراسة وجود تغيرات زمانية ومكانية لقيم القلوية الكلية مع تغير الفصول ومع تغير البعد عن الشاطئ في كلا موقعي الدراسة.

تراوحت قيم القلوية الكلية في المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي بين $2542.276 \mu\text{mol/kg}$ (-) و $2660.162 \mu\text{mol/kg}$ (2505.691) في فصل الربيع و $2700.813 \mu\text{mol/kg}$ (2700.813) صيفاً، في حين ارتفعت القيم في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية بين $2610.122 \mu\text{mol/kg}$ (2542.276 - 2680.487) في فصل الربيع و $2725.463 \mu\text{mol/kg}$ (2725.463) صيفاً كما هو مبين في الشكل (5).

بينت النتائج ارتفاع قيم القلوية الكلية في فصل الصيف مقارنة مع فصل الربيع؛ ويعود ذلك إلى ازدياد النشاط الحيوي البكتيري (تحلل المادة العضوية والدرع الكلسية)، في حين انخفضت القيم هذا في فصل الربيع نتيجة حاجة الأحياء البحرية إلى غاز ثنائي أكسيد الكربون المنحل لبناء مادتها الحية وإلى كربونات الكالسيوم لبناء دروعها وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (Zeebe & Wolf-Gladrow, 2001; Baes, 1982). لعب ارتفاع معدلات التبخر في فصل الصيف نتيجة ارتفاع درجة حرارة المياه مقارنة مع فصل الربيع في التغيرات الزمانية والمكانية لقيم الملوحة وبالتالي على قيم القلوية الكلية للمياه وعلى العلاقة الخطية بينهم وهذا ما أكدته الكثير من الدراسات (Laika *etal.*, 2008; Hassoun *et al.*, 2015). تؤثر عمليات التبخر القوية وخاصة في فصل الصيف في ازدياد تراكيز القلوية بشكل كبير مقارنة مع إجمالي الكربون اللاعضوي (Cossarini *et al.*, 2015).

أثر كل من تغير النشاط الحيوي ودرجة حرارة وملوحة المياه البحرية في انخفاض قيم إجمالي القلوية في المناطق القريبة من الشاطئ ذات عمق المياه القليل والمتأثرة بالأنشطة البشرية (مياه صرف صحي منزلي وصناعي)، هذا بالإضافة إلى المياه العذبة مقارنة مع المواقع البعيدة عن الشاطئ في كلا الموقعين.



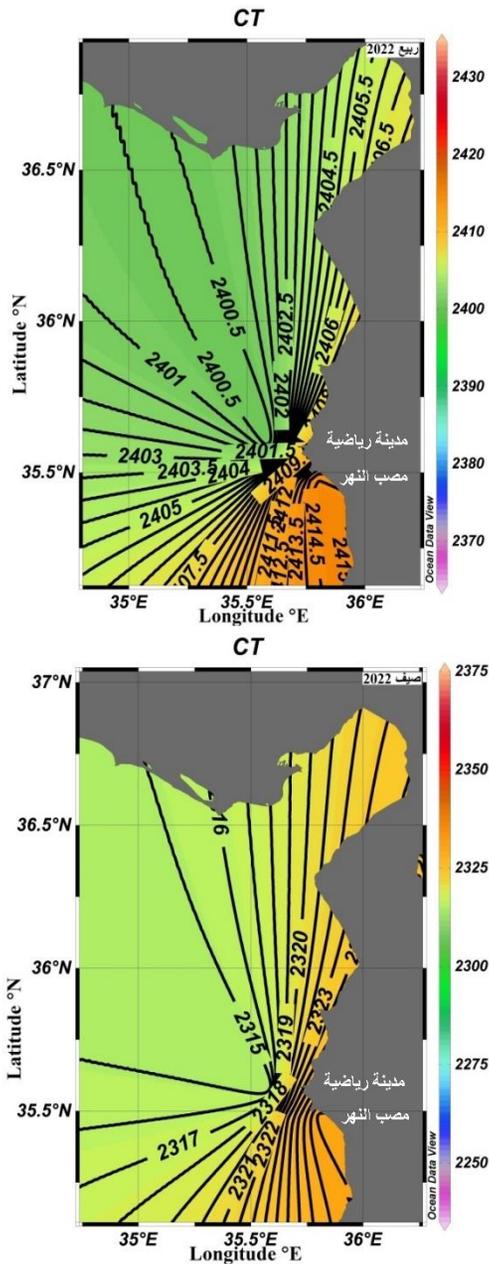
المياه البحرية السطحية AT الشكل (5): التغيرات الفصلية لقيم
في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

3-4- قيم إجمالي الكربون اللاعضوي المنحل (Total Carbon :C_T) :

تتأثر قيم إجمالي الكربون اللاعضوي (C_T) في المياه البحرية نتيجة العمليات الحيوية الجارية في المياه البحرية، حيث تزيد عمليات تنفس الاحياء البحرية و تفكك المادة الحية وتفكك كربونات الكالسيوم قيم إجمالي الكربون اللاعضوي التي تساهم في انطلاق أو تحرر غاز CO₂ إلى المياه، مقارنة مع التأثير السلبي لكل من: عملية التركيب الضوئي وتشكل كربونات الكالسيوم في تناقص قيم إجمالي الكربون اللاعضوي.

لوحظ ارتفاع واضح لإجمالي الكربون اللاعضوي في المياه السطحية البحرية منطقة المصب، حيث تراوحت قيم C_T بين تزايدت في فصل الربيع إلى المجال $\mu\text{mol/kg}$ (2433.3-2437) و $\mu\text{mol/kg}$ (2326.3-2368.8) في فصل الصيف، بينما تراوحت القيم في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية بين $\mu\text{mol/kg}$ (2370.6-2419.7) في فصل الربيع $\mu\text{mol/kg}$ (2233.4-2328.6) صيفاً كما هو مبين في الشكل (6).

يمكن أن يكون ناتج عن عمليات أكسدة المواد العضوية وتغيرات درجة حرارة وملوحة المياه (Lee et al., 2006 ; Sabine et al., 2004)، كما تلعب التغيرات الفصلية لدرجة الحرارة والملوحة 90% من التباين في التغيرات الفصلية لـ C_T في المياه السطحية البحرية في المتوسط، ويمكن أن يعزى ما تبقى من 10 % إلى المساهمات البيولوجية وعمليات التبادل CO₂ على السطح الفاصل هواء - بحر وإلى تقلب امتصاص المحيطات من CO₂ الناتج عن الأنشطة البشرية (Hassoun et al., 2015).



الشكل(6): يمثل التغيرات الفصلية لقيم C_T المياه البحرية السطحية في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

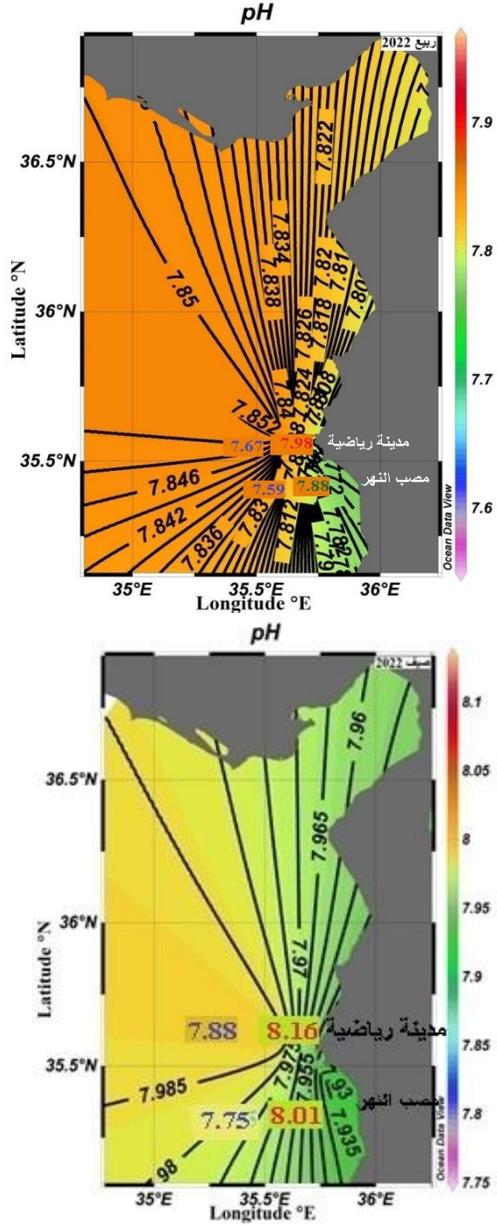
4-4- قيم pH المياه البحرية:

أكدت الأبحاث العلمية على أن استمرار عملية انحلال غاز ثنائي أكسيد الكربون الجوي الناتج عن الأنشطة البشرية المختلفة في المياه البحرية بالنحو الحالي سيؤدي إلى انخفاض قيم الـ pH بين 0.3 و0.5 وحدة على الجهاز، وبهذا الشكل فإن تغير حموضة المياه البحرية هي نتيجة لتفاعلات CO_2 مع المياه (Goyet *et al.*, 1999)، الأمر الذي يقود إلى زيادة شوارد الهيدروجين (H^+)، وبشكل متلائم ارتفاع شوارد البيكربونات (HCO_3^-) وانخفاض شوارد الكربونات (CO_3^{2-}) (Orr, *et al.*, 2005).

تتأثر قيم pH المياه البحرية بالتغيرات الفصلية لدرجة حرارة وملوحة المياه والتي تؤثر بشكل مباشر على نسبة انحلال غاز ثنائي أكسيد الكربون في المياه (Weis, 1974)، هذا بالإضافة إلى أن الملوثات المنحلة في المياه العذبة (هطولات مطرية)، واختلاف الأنشطة البشرية (الحركة الملاحية والنشاط السياحي) كل ذلك يساهم في اختلاف التغيرات المكانية في قيم الـ pH بين منطقة وأخرى (Hassoun *et al.*, 2015 ; 2012 ; Touratier *et al.*).

لوحظ بشكل عام ارتفاع في قيم الـ pH في المياه البحرية السطحية المواقع المدروسة، ومن فصل الربيع إلى فصل الصيف بشكل طردي مع ارتفاع درجة حرارة و ملوحة المياه البحرية، حيث سجلت قيم الـ pH تبايناً طفيفاً مع تغير البعد عن الشاطئ المواقع المختلفة، فقد تزايدت قيم الحموضة مع تدرج البعد عن الشاطئ في كلا موقعي الدراسة: ففي منطقة المصب تراوحت القيم في فصل الصيف بين 7.75 على مقابل منطقة المصب ، وتزايدت حتى القيمة 8.01 على بعد 3km عن الشاطئ ، وفي الربيع تدرجت قيم الـ pH بين 7.59 حتى القيمة 7.88 على بعد 2km عن الشاطئ. تزايدت القيم في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية ضمن المجال (7.88-8.16) مع تدرج البعد عن الشاطئ في فصل الصيف، وفي الربيع تزايدت القيم مع تزايد البعد عن الشاطئ ضمن المجال (7.67-7.98) كما هو مبين في الشكل (7) يلاحظ من القيم المرصودة ازدياد قيمة pH مع تزايد البعد عن الشاطئ في كلا الموقعين. اما بالنسبة للتغيرات الفصلية في قيم الـ pH فقد سجل انخفاض في القيم في كلا الموقعين في فصل الربيع وارتفاعها في فصل الصيف؛ يعود ذلك إلى ارتفاع معدلات التبخر في الصيف وعمليات

الخط مع طبقات المياه العميقة في الريح، بالإضافة لقلّة انحلال غاز CO_2 الجوي في الطبقات السطحية في فصل الصيف مقارنة الريح .



الشكل (7): يمثل التغيرات الفصلية لقيم pH المياه البحرية السطحية في فصلي ربيع وصيف 2022 في موقعين من شاطئ مدينة اللاذقية

5- الاستنتاجات والتوصيات:

5-1- الاستنتاجات:

- ✓ لوحظ تغير واضح في المتغيرات الكيميائية للمياه البحرية بين المواقع المدروسة مع ارتفاع واضح لقيم نظام الكربونات في المنطقة المقابلة للمدينة الرياضية مقارنة مع المنطقة المقابلة لمصب نهر الكبير الشمالي.
- ✓ اثرت العوامل الهيدرولوجية للمياه البحرية (ملوحة ، درجة حرارة المياه في التغيرات الزمانية و المكانية لنظام الكربونات في المياه البحرية المدروسة .
- ✓ ازدادت قيم اجمالي القلوية الكلية و الكربون اللاعضوي المنحل في المواقع البعيدة عن الشاطئ مقارنة مع المواقع القريبة منه .
- ✓ ارتفعت حموضة المياه البحرية بالاقتراب من الشاطئ في كلا الموقعين
- ✓ اثر كل من تغيرات العوامل الهيدرولوجية و النشاط الحيوي في التغيرات الزمانية و المكانية لنظام الكربونات (اجمالي القلوية الكلية و الكربون اللاعضوي المنحل) بين فصلي الربيع و الصيف .

5-2- التوصيات:

1. الاستمرار في اجراء مثل هذه الدراسة على كامل الشريط الساحلي لما لها من اثر في تحديد التأثيرات السلبية لتغير نظام الكربونات على البيئة البحرية (الاحياء النباتية و الحيوانية) .
2. العمل على القيام بابحاث مشتركة (كيميائية- بيولوجية) لتحديد تاثير تغيرات نظام الكربونات على الاحياء البحرية و على النظام الحيوي محلياً ومقارنة نتائج هذه الابحاث بالتاثيرات المدروسة عالمياً على البيئة البحرية.
3. الاستمرار بمثل هذه الدراسات في ظل التغيرات المناخية العالمية و تحديد تأثير نظام الكربونات السلبي و الايجابي على البيئة البحرية .

المراجع

1. ASHUR, M. M.; JOHNSON, N.K ., ; DIXSON, D. L.; 2017. *Impacts of Ocean Acidification on Sensory Function in Marine Organisms . Integrative and Comparative Biology*, Volume 57, Issue 1, PP. 63–80, <https://doi.org/10.1093/icb/icx010>
2. BAES, C.F.; 1982. *Ocean chemistry and biology*, in *Carbon Dioxide* W.C. Clark, Clarendon Press, Oxford, pp. 187-211.
3. BAKKER, D. C. E., BAAR, H. J. W. D., AND JONG, E. D.; 1999. *The dependence on temperature and salinity of dissolved inorganic carbon in East Atlantic surface waters*. *Marine Chemistry*, Vol. 65, pp. 263-280.
4. BATES, N., ASTOR, Y., CHURCH, M., CURRIE, K., DORE, J., GONAALEZ-D' AVILA, M., LORENZONI, L., MULLER-KARGER, F., OLAFSSON, J., SANTA-CASIANO, M.; 2014. *A time-series view of changing ocean chemistry due to ocean uptake of anthropogenic CO₂ and ocean acidification*. *Oceanography* 27 (1), 126–141. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2014.16>.
5. BRIFFA, M ., DE LA HAYE, K., MUNDAY.P.; 2012. *High CO₂ and marine animal behaviour: Potential mechanisms and ecological consequences*. *Marine Pollution Bulletin* Volume 64, Issue 8, , PP,1519-1528
6. COSSARINI, G., LAZZARI, P., AND SOLIDORO, C.; 2015. *Spatiotemporal variability of alkalinity in the Mediterranean Sea*, *Biogeosciences*, VOL. 12, pp. 1647–1658.
7. DICKSON, A. G.; 1981. *An exact definition of total alkalinity and a procedure for the estimation of alkalinity and total inorganic carbon from titration data*. *Deep-Sea Research* 28A, pp. 609–623.

8. DICKSON, A.G.; GOYET, C.;1994. *DOE: Handbook of methods for analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water*. Version 2, Dickson & Goyet eds. ORNL/CDIAC, U.S.A., pp 74. 187.
9. DONEY, S.C., FABRY, V.J., FEELY, R.A., KLEYPAS, J.A.; 2009. Ocean acidification: the other CO₂ problem. *Annual. Rev. Marine Sci.* 1 (1), 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.marine.010908.163834>.
10. DLUGOKENCKY, E., TANS, P., 2020. *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. National Oceanic & Atmospheric Administration, Earth System Research Laboratory (NOAA/ESRL) available at: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>. (Accessed 22 February 2020). last access
11. FABRY, V.J., SEIBEL, B.A., FEELY, R.A., ORR, J.C., 2008. *Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes*. *ICES J. Mar. Sci.* 65, 414–432. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn048>
12. FALKOWSKI, P.G., RICHARD, T.B., SMETACEK, V.; 1998. *Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production*. *Science*, 281, pp. 200-206
13. FEELY, R.A., DONEY, S.C., COOLEY, S.R., 2009. *Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO₂ world*. *Oceanography* 22 (4), 36–47. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.95>.
14. FRIEDLINGSTEIN, P., JONES, M.W., O’SULLIVAN, M ; *et al* . 2019. *Global carbon budget 2019*. *Earth Syst. Sci. Data* 11, 1783–1838 <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.
15. GATTUSO, J.-P., MAGNAN, A., BILLÉ, R., CHEUNG, W.W.L., HOWES, E.L., JOOS, F., ALLEMAND, D., BOPP, L., COOLEY, S., EAKIN, M., HOEGH-

- GULDBERG, O., KELLY, R.P., PORTNER, H.-O., ROGERS, A.D., BAXTER, J.M., LAFFOLEY, D., OSBORN, D., RANKOVIC, A., ROCHETTE, J., SUMAILA, U.R., TREYER, S., TURLEY, C.; 2015. *Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios*. Science 349, aac4722.
16. GOYET, C.; COATANOAN, C.; EISCHEID, G.; AMAOKA T.; OKUDA K.; HEALY R.; TSUNOGAI S.; 1999. *Spatial variation of total CO2 and total alkalinity in the northern Indian Ocean: a novel approach for the quantification of anthropogenic CO2 in seawater*. Journal Marine Research, Vol. 57. pp. 135–163.
17. GRUBER, N., CLEMENT, D., CARTER, B.R., FEELY, R.A., VAN HEUVEN, S., HOPPEMA, M., ISHII, M., KEY, R.M., KOZYR, A., LAUVSET, S.K., LO MONACO, C., MATHIS, J.T., MURATA, A., OLSEN, A., PEREZ, F.F., SABINE, C.L., TANHUA, T., WANNINKHOF, R., 2019a. *The oceanic sink for anthropogenic CO2 from 1994 to 2007*. Science 363 (6432), 1193–1199. <https://doi.org/10.1126/science.aau5153>.
18. HASSOUN, A. E. R.; GEMAYEL, E.; BENALLAL, M. A.; GOYET, C.; RIVARO, P; ABBOUD-ABI SAAB, M.; KRASAKOPOULOU, E.; TOURATIER, F.; ZIVERI, P.; 2015. *Climatological variations of total alkalinity and total dissolved inorganic carbon in the Mediterranean Sea surface waters*. Earth Syst. Dynam. VOL. 6, 789–800.
19. IPCC, 2019. IN: PORTNER, H.-O., ROBERTS, D.C., MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., TIGNOR, M., POLOCZANSKA, E., MINTENBECK, K., NICOLAI, M., OKEM, A., PETZOLD, J., RAMA, B., WEYER, N. (EDS.),

IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (in press)

20. JIANG, L.-Q., CARTER, B.R., FEELY, R.A., LAUVSET, S.K., OLSEN, A.; 2019. *Surface ocean pH and buffer capacity: past, present and future*. *Sci. Rep.* 9 (1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55039-4>.
21. KAPSENBERG, L., ALLIOUANE, S., GAZEAU, F., MOUSSEAU, L., GATTUSO, J.-P.; 2017. Coastal ocean acidification and increasing total alkalinity in the northwestern Mediterranean Sea. *Ocean Sci.* 13, 411–426. <https://doi.org/10.5194/os-13-411-2017>.
22. KEMPE, S., AND J. KAZMIERCZAK .; 1994. *The role of alkalinity in the evolution of ocean chemistry, organization of living systems, and biocalcification processes* ‘Bulletin de l’Institut oc’eanographique, pp. 61–117.
23. LAIKA, H.E. 2008. *Spatio-temporelles du flux de CO₂ à l’interface air-mer dans l’océan Antarctique*. *Océanologie-Mar.Chem.*, Perpignan University – France. pp. 1-185.
24. LANGDON, C., T. TAKAHASHI, C. SWEENEY, D. CHIPMAN, J. GODDARD, F. MARUBINI, H. ACEVES, H. BARNETT, AND M. ATKINSON .; 2000, *Effect of calcium carbonate saturation state on the calcification rate of an experimental coral reef*. *Global Biogeochemical Cycles*, 14 (2), 639–654.

25. LEE, K.; TONG, L. T.; MILLERO, F. J.; SABINE, C. L.; DICKSON, A. G.; GOYET, C.; PARK, G.-H.; WANNINKHOF, R.; FEELY, R. A.; KEY, R. M.; 2006. *Global relationships of total alkalinity with salinity and temperature in surface waters of the world's oceans*, Geophys. Res. Lett., Vol. 33, N. 19, L19605, doi:10.1029/2007gl027207
26. LEWIS, E. AND WALLACE, D. 1998. Program developed for CO₂ system calculations. Department of Applied Science Brookhaven National Laboratory Upton. New York.
27. NASREEN, D. R.; 2022. *Ocean Salinity*. International Journal for Modern Trends in Science and Technology, 8 pp. 296-302.
28. OREKHOVA, N. A., KONOVALOV, S. K., POLUKHIN, A. A., SELIVERSTOVA, A.M.; 2023. *Oxygen and pCO₂ in the Surface Waters of the Atlantic Southern Ocean in 2021–2022*. MDPI Journal, [Vol 15](#) . [Issue 9](#) . [10.3390/w15091642](#)
29. ORR, J.C., FABRY, V.J., AUMONT, O., BOPP, L., DONEY, S.C., FEELY, R.A., GNANADESIKAN, A., GRUBER, N., ISHIDA, A., JOOS, F., KEY, R.M., LINDSAY, K., MAIER-REIMER, E., MATEAR, R., MONFRAY, P., MOUCHET, A., NAJJAR, R.G., PLATTNER, G.-K., RODGERS, K.B., SABINE, C.L., SARMIENTO, J.L., SCHLITZER, R., SLATER, R.D., TOTTERDELL, I.J., WEIRIG, M.-F., YAMANAKA, Y., YOOL, A.; 2005. *Anthropogenic ocean acidification over the twentyfirst century and its impact on calcifying organisms*.

Nature 437 (7059), 681–686.
<https://doi.org/10.1038/nature04095>

30. PRENTICE, I.C., HEIMANN, M., SITCH, S.; 2000. *The carbon balance of the terrestrial biosphere: ecosystem models and atmospheric observations* Ecol. Applic., 10, pp. 1553-1573
31. RAVEN, J.A., AND FALKOWSKI, P.G.; 1999. *Oceanic sinks for atmospheric CO₂*. Plant, cell and Environment, 22, PP.741-755.
32. SABINE, C.L., FEELY, R.A., KEY, R.M., LEE, K., BULLISTER, J.L., WANNINKHOF, R., WONG, C.S., WALLACE, D.W.R., TILBROOK, B., MILLERO, F.J., PENG, T.-H., KOZYR, A., ONO, T., RIOS, A. F.; 2004. *The oceanic sink for anthropogenic CO₂*. Science, VOL.305, pp.367-371.
33. Touratier, F., Guglielmi, V., Goyet, C., Prieur, L., Pujo-Pay, M., Conan, P., and Falco, C.; 2012. *Distributions of the carbonate system properties, anthropogenic CO₂, and acidification during the 2008 BOUM cruise (Mediterranean Sea)*, Biogeosciences Discuss., VOL.9, pp. 2709–2753, doi:10.5194/bgd-9-2709.
34. WILLIAMSON, P.; TURLEY, C.; OSTLE, C. *Ocean acidification*. MCCIP Science review, UK ,2017.1-14.([http:// www.mccip.otg.uk/media/ 1760/2017arc_sciencereview_001_oac.pdf](http://www.mccip.otg.uk/media/1760/2017arc_sciencereview_001_oac.pdf)(accessed 1 August 2017.)
35. WU, H., DISSARD, D., DOUVILLE, E., BLAMART, D., BORDIER, L., TRIBOLLET, A., LE CORNEC, F., PONS-BRANCHU, E., DAPOIGNY, A., LAZARETH, C.E.;

2018. *Surface ocean pH variations since 1689 CE and recent ocean acidification in the tropical south Pacific*. Nat. Commun. 9, 2543. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04922-1>.
36. ZEEBE, R. E.; WOLF-GLADROW, D.;2001. *CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes* elsevier oceanography series,pp. 346.
37. ZWENG, M. M., REAGAN, J. R., ANTONOV, J. I., LOCARNINI, R. A., MISHONOV, A. V., BOYER, T. P., GARCIA, H. E., BARANOVA, O. K., JOHNSON, D. R., SEIDOV, D., AND BIDDLE, M. M.; 2013. *World Ocean Atlas, Salinity, edited by: Levitus, S., and Mishonov, A., NOAA Atlas NESDIS, VOL. 2., NO. pp. 74-39.*
38. WEISS, R.F., 1974. *Carbon dioxide in water' and seawater: the solubility of a non-ideal gas*. Marine Chemistry, VOL.2, pp. 203-215.
39. WEISS, R.F., JAHNKE, R.A., KEELING, C.D., 1982. *Seasonal effects of temperature and salinity on the partial pressure of CO₂ in seawater*. Nature, VOL.300, pp.511-513.
40. LENTON, A., MATEAR, R. 2007. *Role of the Southern Annular Mode (SAM) in Southern Ocean CO₂ uptake*. Global biological Cycles, VOL. 21, GB2016, doi :10.1029/2006GB002714.
41. TOGGWEILER, J.R., SAMUELS, B. 1997. *On the Ocean's Large-Scale Circulation near the Limit of No Vertical Mixing*. Journal of physical Oceanography, 28, 1832-1851.

42. TOGGWEILER, J.R., AND RUSSEL, J. 2008. *Ocean circulation a warming climate*. Nature, VOL. 45, pp. 286-288.
43. CALDEIRA, K., and WICKETT, M.E. 2003. *Anthropogenic carbon and ocean pH*. Nature VOL. 425, pp. 365-365.
44. CARTER, B. R. FRÖLICHER, T. L. DUNNE, J. P., RODGERS, K. B., SLATER, R. D and SARMIENTO, J. L. 2015. *When can ocean acidification impacts be detected from decadal alkalinity measurements*. Global Biogeochemical Cycles pp. 595-612
45. MILLERO, F. J. 2007. *The Marine inorganic carbon cycle*, Chem. Rev., VOL. 107, pp. 308–341.
46. VOLTA, C., LARUELLE, G. G., SANDRA ARNDT, S., and REGNIER, P. 2016. *Linking biogeochemistry to hydrogeometrical variability Hydrol. Earth Syst. Sci.*, VOL. 20, pp. 991–1030.
47. LUPKER, M., FRANCE-LANORD, C., and LARTIGES, B. 2016. *Impact of sediment–seawater cation exchange on Himalayan chemical weathering fluxes Earth Surf. Dynam.*, VOL. 4, pp. 675–684,
48. بورحيللي، كريمة، 2010. التلوث البحري و تأثيره على البحارة. رسالة ماجستير، قسم علم الاجتماع، كلية العلوم الانسانية و العلوم الاجتماعية، جامعة منتوري- قسنطينة، الجزائر.
49. جمال، واعي، 2010. الحماية القانونية للبيئة البحرية من أخطار التلوث (دراسة مقارنة). رسالة دكتوراه. قسم القانون الخاص، كلية الحقوق و العلوم السياسية، جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان، الجزائر