

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 4

1444 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

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

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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 عبشي	عضو هيئة التحرير

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 ألف 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
42-11	م. دارين نوفل د. حنان درويش د. عدنان محمد د. فادي شعبان	استخدام صور التابع الصناعي (-sentinel) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)
62-45	م. زيد الشيخ د. نجلا الحسن	تأثير نسبة المواد الناعمة على عوامل القص و قيم CBR
96-63	م. لارا ابراهيم د. درغام سلوم	دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرع ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد
134-97	م. وسام الديب د. عصام ملحم	دراسة آلية انهيار البلاطات البيتونية المسلحة المفرغة العاملة باتجاه واحد باستخدام حصويات معاد تدويره

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

م. دارين جابر نوفل* د.م حنان كامل درويش** د.م عدنان أحمد محمد**
د.م فادي عز الدين شعبان***

الملخص

تحظى مراقبة تشوهات وهبوط سطح الأرض باهتمام متزايد في السنوات الأخيرة نظراً لأهميتها الكبيرة في التطبيقات الهندسية الحديثة، وقد أصبحت تقنية قياس التداخل التفاضلي بالرادار ذي الفتحة التركيبية (DInSAR) تقنية واسعة الانتشار من أجل رصد الهبوطات. إذ توفر كمية هائلة من بيانات الإزاحة الأرضية لمناطق واسعة وبتكلفة منخفضة مقارنة بأساليب المراقبة التقليدية بما في ذلك استخدام جهاز المحطة الشاملة ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS). إذ تعدّ قادرة على العمل في جميع الظروف الجوية مع التغطية المكانية الإقليمية، إذ تغطي مساحة كبيرة من الأرض تصل إلى حوالي (250 كم) بدقة مكانية تبلغ (20 م × 5 م). كما أنها لا تتطلب تثبيت أي أجهزة على الأرض مثل أعمال التسوية ومسوحات الـ (GPS) التي توفر بيانات محدودة بنقاط القياس إضافة إلى التكلفة الكبيرة وخاصة عند إجرائها على مساحات كبيرة. يعد قياس التداخل بالمبعثر المستمر (الثابت) (PSI) تقنية متقدمة من تقنيات الـ (DInSAR) القادرة على قياس ومراقبة عمليات إزاحات سطح الأرض بمرور الوقت بدقة عالية.

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

يقدم هذا البحث دراسة تطبيقية حول واحدة من أكثر طرق الـ (PSI) استخداماً وهي طريقة ستانفورد للمبعثرات المستمرة (StaMPS) لتحديد قيم الإزاحات و الهبوطات في مدينة صافيتا والمناطق المحيطة بها في حال وجودها. تعتمد هذه الطريقة على اختيار المبعثرات الثابتة أو المستمرة (PS) على أساس الطور ولا تفترض نموذج تشوه سابق في المعالجة. تم استخدام (13) صورة من التوابع الصناعية (Sentinel-1) من مدار هابط لمنطقة صافيتا ومعالجتها باستخدام برنامج (SNAP) تحضيراً لتصديرها إلى طريقة (StaMPS). تمت معالجة النتائج وتحليلها وتحديد الهبوط والإزاحات وسرعة التشوه في المنطقة خلال الفترة المدروسة من (14) شباط (2020) إلى (31) تموز (2020). إذ تراوحت قيمة متوسط سرعة الإزاحة في اتجاه خط النظر (LOS) بين (-40.3 م/سنة) و (32.9 م/سنة). وتم حساب قيم الهبوط في المنطقة إذ تراوحت قيمها بين (0 م) و (27 م) حيث كانت أكبر قيمة للهبوط في شهر تموز (2020).

الكلمات المفتاحية: قياس التداخل التفاضلي بالرادار ذي الفتحة التركيبية، قياس التداخل بالمبعثر المستمر، طريقة ستانفورد للمبعثر المستمر، مدار هابط، الهبوط، سرعة التشوه

* طالبة دراسات عليا في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية

✉ dareenoff@gmail.com

** أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية.

✉ hanan.darwisha@hotmail.com, ✉ ad.moh4@gmail.com

*** أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

✉ fadi.chaaban@tishreen.edu.sy

Using The Free Sentinel-1 Satellite Images to Detect of Earth's Surface Deformations in The Safita Region, Based on Images Persistent Scatterer Interferometry (PSI) Technique

Eng. Dareen Nofl *

Dr.Eng. Hanan DARWISHE**

Dr.Eng. Adnan Mohammad**

Dr.Eng Fadi CHAABAN***

Abstract

Monitoring deformations and subsidence of the Earth's surface has been receiving increasing attention in recent years due to its great importance in modern engineering. Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry (DInSAR) has become a widespread technique for monitoring subsidence, providing a huge amount of ground displacement data for large areas at a low cost compared to monitoring traditional methods including the use of a device total station and Global Positioning System (GPS). it is able to work in all weather conditions with regional spatial coverage, as it covers a large area of land up to about (250 km) with a spatial resolution of (5 m x 20m). and it does not require any devices to be installed on the ground such as leveling works and (GPS) surveys, which provides limited data on measuring points in addition to the large cost, especially when it is conducted on large areas.

Persistent Scatterer Interferometry (PSI) is one of the(DInSAR) techniques capable of measuring and monitoring Earth's surface displacements over time with high accuracy.

This research presents an empirical study on one of the most widely used (PSI) methods, which is the Stanford Method for Persistent Scatterers (StaMPS) To determine the values of displacements and subsidence in the city of Safita and its surrounding areas, if they

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

exist. This method is based on the selection of phase-based persistent scatterers (PS) and does not assume a pre-processing deformation model. (13) images from (Sentinel-1) from the descending orbit of the Safita area were used and processed using the (SNAP) program in preparation for exporting them to (StaMPS). the results were processed and analyzed to determine the subsidence, displacements and deformation velocity in the area during the period studied from (14) February, (2020) to (31) July, (2020). Where the value of the average deformation velocity in the direction of the |Line Of Sight (LOS) ranged between (-40.3 mm/year) and (32.9 mm/year), and the values of subsidence were calculated in the region, and these values ranged between (0 mm) and (27 mm), as it was the largest value for subsidence in July (2020).

Key words: DInSAR , PSI , StaMPS, descending orbit, subsidence, deformation velocity

* Postgraduate student, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria. ✉ dareennofl@gmail.com

** Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.

✉ hanan.darwishe@hotmail.com ✉ ad.moh4@gmail.com

*** Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. ✉ fadi.chaaban@tishreen.edu.sy

1 مقدمة

تعد مراقبة هبوطات الأرض أمراً ضرورياً وهاماً لتقليل الخسائر والأضرار الناجمة عن الهبوط. مع التقدم الحاصل في العلم والتكنولوجيا، تحسنت تقنيات المراقبة بشكل كبير. في السابق، كان يتم استخدام طرق القياس الجيوديسية التقليدية لإجراء القياسات المتعلقة بهبوط الأرض [1] وطرق التسوية التي توفر قياسات دقيقة. ولكن بالمقارنة مع الطرق المعتمدة على التتابع الصناعية، والتي تغطي مناطق أوسع وتعدّ أكثر فعالية من حيث التكلفة، تصبح تلك الطرق التقليدية غير فعالة ومكلفة. قدمت العديد من الدراسات الحالية طريقة الرادار ذو الفتحة التركيبية (SAR) لرصد تشوه الأرض، والتي تعتبر إحدى تقنيات الاستشعار عن بعد المتقدمة والتي تم استخدامها عالمياً في العديد من التطبيقات. في طريقة الـ (SAR) يصدر المستشعر موجات الميكروويف الخاصة به ويسجل الموجات المبعثرة العائدة (backscattered) [2]. وهناك ميزة أخرى للـ (SAR) وهي مرونتها في الحصول على البيانات، حيث يمكنها العمل تحت أي ظروف جوية وطوال اليوم [3]. وبالتالي، يعتبر الـ (SAR) موثقاً لتقييم الأضرار وتحليل المخاطر.

حديثاً، يتم استخدام قياس التداخل التفاضلي للرادار ذو الفتحة التركيبية (DInSAR) لمراقبة وتقدير تشوه الأرض. ولكن، غالباً ما يتم تقييد هذه الطريقة بسبب عدم الترابط الزمني (temporal decorrelation) والاضطرابات الجوية والتي يصعب التخلص منها عند تقدير مخططات التداخل التمثيلية لتشوهات الأرض [4]. للتخلص من هذه القيود، يتم استخدام سلسلة من البيانات في نهج لمعالجة الـ (InSAR) طويل المدى والذي يعرف بتحليل (InSAR) للسلاسل الزمنية. إذ تم استخدام تحليل السلاسل الزمنية على نطاق واسع في مشاريع مراقبة الأرض مثل مراقبة المناطق الحضرية والمياه الجوفية وهبوط الأرض [5،6،7].

تعتبر طريقة المبعثر المستمر لتداخل الرادار ذو الفتحة التركيبية (PS-InSAR) إحدى أساليب السلاسل الزمنية للـ (InSAR) التي تم تطويرها في السنوات الأخيرة. مع بيانات

استخدام صور التابع الصناعي (Sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

السلاسل الزمنية المتراكمة على مدى فترات طويلة من المراقبة، يمكن قياس التشوه عبر مناطق أوسع وبدقة أكبر مقارنة مع طرق الـ (InSAR) التقليدية.

تتم معالجة العديد من صور الـ (SAR) لنفس المنطقة في (PS-InSAR)، والتي يمكن أن تستخرج عدداً من المبعثرات المستمرة (PS) [8]. تركز هذه الطريقة على قياس التشوه المرتبط بكل من المبعثرات المستمرة، والتي هي عبارة عن نقطة ذات كثافة عالية داخل مخطط تداخل يتم تشكيله بالنسبة لصورة رئيسية (Master) واحدة، حيث يعيد المبعثر المستمر إلى مستشعر الـ (SAR) طاقة أكبر بكثير من المبعثرات الأخرى التي تحتويها دقة الخلية (Cell Resolution)). كما تم تطوير وتطبيق العديد من منهجيات الـ (PSI) في العديد من الحالات، مثل (PS-InSAR) [9,10,11]، وشبكة النقطة المستقرة (SPN) [12]، وطريقة ستانفورد للمشتتات المستمرة (StaMPS) [13, 14]. وتم تطبيق هذه الطريقة لقياس التشوه في عدة مواقع مثل مقدونيا الغربية في اليونان [15]، ودلتا النيل في مصر [7]، وتوسكانا وشمال ألبيني في إيطاليا [4,16,17]، ومكسيكو سيتي في المكسيك [18]، وقوانغتشو في الصين [19,20].

2 هدف البحث وأهميته

تهدف هذه الدراسة إلى الاستفادة من تقنية (PSI) في رصد التشوهات في رقعة صافيتا باستخدام مجموعات بيانات التابع الصناعي (Sentinel-1) واستغلال برمجيات معالجة صور (Sentinel) مفتوحة المصدر (SNAP) (Sentinel Applications Platform) والمقدمة من وكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، بالإضافة لاستخدام طريقة (StaMPS) المقدمة بواسطة جامعة ستانفورد من أجل تحليل (PS) لإنشاء خريطة للسلسلة الزمنية للتشوه. تكمن أهمية هذا البحث في وضع منهجية معالجة توفر الوقت والجهد اللازم لكشف تشوهات سطح الأرض بشكل مجاني وتغطية مكانية كبيرة، بالإضافة إلى إمكانية تحليل المناطق بتأثير رجعي، مما يسمح لنا بدراسة التغيرات التي طرأت على السطح الأرضي نتيجة لتوفر البيانات الرادارية المستمرة منذ عام 2014 والتي يزودنا بها موقع كوبرنيكوس لبيانات التابع الصناعي (Sentinel-1).

3 مواد وطرائق البحث

3.1 قياس التداخل التفاضلي للرادار ذو الفتحة التركيبية (DInSAR) وتقنية السلاسل الزمنية

الرادار (SAR) هو عبارة عن جهاز رادار مركب على طائرة أو تابع صناعي وهو أداة استشعار عن بعد نشطة متماسكة تعمل بالميكروويف. وقد تم توثيق قدرتها على تعيين خصائص تشتت سطح الأرض بشكل جيد، إذ يولد صور عالية الدقة للاستشعار عن بعد طوال النهار وطوال الليل [21]. تحتوي بيانات الـ (SAR) على معلومات حول السعة والطور للتشتت الخلفي للرادار من الأرض. قياس التداخل بالرادار ذو الفتحة التركيبية (InSAR) هو طريقة لأخذ تغيرات طور الإشارة من مجموعتي بيانات لـ (SAR)، تم رصدها في نفس المنطقة خلال فترات مختلفة من خلال استغلال المدارات المتكررة للقمر. بيانات الصورة الأولى تسمى الرئيسية (master) والصورة الثانية تسمى التابعة (slave).

قياس التداخل التفاضلي بالرادار ذو الفتحة التركيبية (DInSAR) هو تقنية تستخدم لإنتاج مخططات التداخل التي تم إزالة المساهمة الطبوغرافية فيها من خلال استخدام معلومات الارتفاع من مصادر أخرى، مثل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM). تحتوي مخططات التداخل المحسوبة بتقنية الـ (DInSAR) على مكون تشوه سطح الأرض، وبعض مصطلحات الطور الأخرى.

يمكن التعبير عن التباين في طور قياس التداخل ($\Delta\varphi$) بواسطة العلاقة (1) [22].

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_{displ} + \Delta\varphi_{topo} + \Delta\varphi_{orb} + \Delta\varphi_{atmo} + \Delta\varphi_{scatt} + \Delta\varphi_{noise} \quad (1)$$

حيث: $\Delta\varphi_{displ} = \frac{4\pi}{\lambda} d_{LOS}$ تمثل تغير الطور بسبب إزاحة محتملة (d_{LOS}) للمبعر على الأرض على طول خط الرؤية (LOS).
(λ) الطول الموجي لمستشعر الـ (SAR).

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

$$\Delta\varphi_{topo} = \frac{-4\pi}{\lambda} B_{\perp} \cdot \frac{\Delta Z}{R \sin \theta}$$

زاوية النظر (θ)، حيث تنتج (ΔZ) بسبب الفرق بين الارتفاع الحقيقي لمركز طور التبعثر لنقطة معينة والارتفاع المعطى بواسطة الـ (DEM) المستخدم في المعالجة.

(B_{\perp}) هو خط الأساس العمودي و (R) هو المدى أو النطاق (range) بين الموقع المداري للمستشعر عند استحواذ الصورة الرئيسية ونقطة الكائن المدروسة.

($\Delta\varphi_{orb}$) هو طور التداخل المتبقي بسبب استخدام المعلومات المدارية غير الدقيقة في تركيب طور التداخل الطبوغرافي.

($\Delta\varphi_{atmo}$) هو تغير الطور بسبب التباين في ظروف انتشار الإشارة (الظروف الجوية بما في ذلك التأخيرات الأيونوسفيرية والتروبوسفيرية) بين استحواذ الصورة الرئيسية والتابعة.

($\Delta\varphi_{scatt}$) هو طور التداخل بسبب الضجيج الناتج عن التغير في التبعثر أو التشتت من البكسل.

($\Delta\varphi_{noise}$) طور التداخل بسبب الضجيج الحراري وأخطاء التسجيل المشترك.

تعمل تقنية الـ (DInSAR) الكلاسيكية فقط مع أزواج من صور الـ (SAR) ويمكن استخدامها بنجاح عندما يكون حجم التشوه أعلى من المساهمات الأخرى في طور قياس التداخل، حيث تستخدم على نطاق واسع في علم الزلازل والبراكين ومراقبة الانهيارات الأرضية. لكن، لا تعمل بشكل صحيح مع أحداث التشوه البطيئة.

باستخدام مجموعة كبيرة من الصور التي تم الحصول عليها في لحظات زمنية مختلفة، يمكن فصل المساهمات المذكورة في العلاقة السابقة وقياس الإزاحة (d_{LOS}) للمبعثرات على سطح الأرض بدقة عالية.

يمكن تقسيم تقنية السلاسل الزمنية إلى ثلاث مجموعات:

1- النهج الأول هو تقنيات التبعثر الثابت أو المستمر (PS)، وتقوم بتحليل مخططات التداخل فيما يتعلق بصورة رئيسية واحدة، حيث يتم حل مشكلة عدم الترابط من خلال تحديد بكسلات، ما يسمى بالمبعثرات المستمرة والمتوفرة بشكل رئيسي في المناطق الحضرية، وخصائص التبعثر الخاصة بها لها اختلافات طفيفة مع الزمن وزاوية النظر. يمكن استخدام المبعثرات المستمرة لتوفير دقة عالية وقياسات إزاحة عالية الكثافة على مدى فترات زمنية طويلة.

2- النهج الثاني هو تقنيات مجموعة خطوط الأساس الصغيرة (SBAS). وتعتمد على أهداف التبعثر الموزعة (DS). خففت هذه التقنيات من القيود المفروضة على ثبات الطور والمناطق الموسعة التي تتأثر بعدم ترابط الإشارة بفضل الشبكة الزائدة من مخططات التداخل، حيث تستخدم جميع مجموعات صور ال(SAR) الممكنة مع خط أساس زمني ومكاني صغير لتقليل عدم الترابط المكاني وتأثير الطور المتبقي بسبب التضاريس.

3- يتعلق النهج النهائي بالطرق الهجينة، التي تحل تغيير طور السلاسل الزمنية لكل من أهداف ال(PS) وال(DS).

3.2 تحليل المبعثر الثابت (المستمر) (PS)

قيمة الطور للخلية المستهدفة هي مجموع متماسك لجميع المبعثرات داخل الخلية. إذا احتوت الخلية المستهدفة على العديد من المبعثرات الأولية التي تظهر فيها إشارات الطور عشوائياً، كما لو كانت مستمدة من توزيع طبيعي مع تباين كبير وتحتوي على تغييرات عشوائية بمرور الوقت، فإن السلسلة الزمنية لقيم الطور هذه سيكون لها تقلبات عالية.

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

عندما تحتوي الخلية المستهدفة على مشتت واحد مهيم ومستقر، فإن قيمة الطور لمثل هذه الخلية المستهدفة يمكن تخيلها كمجموع مرجح، حيث تهيمن مساهمة طور الـ(PS) المستقرة على المجموع وتؤدي إلى طور مستقر بمرور الوقت مع تباين منخفض. وبالتالي، فإن التغييرات في قيمة الطور في هذه الخلية المستهدفة مرتبطة بالتغييرات في مبعثر فردي واحد داخل الخلية المستهدفة، مما يؤدي إلى قياسات إزاحة دقيقة ضمن جزء الطول الموجي لأجهزة الاستشعار في تتبع إشارة الطور هذه بمرور الوقت [23]. توجد طرق مختلفة من أجل العثور على هذه المبعثرات وفك إشارات الطور الخاصة بها، وتعتبر طريقة (StaMPS) إحدى طرق تحديد وتحليل المبعثرات الثابتة وهي الطريقة المعتمدة في هذا البحث.

في قياس التداخل بالمبعثر الثابت (PSI)، يتم تحديد صورة واحدة كصورة رئيسية من بين الصور المتاحة بحيث تقلل من عدم الترابط، أي تقوم بزيادة مجموع الترابط (correlation) لجميع مخططات التداخل. يتم تكوين مخططات التداخل بين الصورة الرئيسية وكل من الصور التي تم الحصول عليها في تواريخ مختلفة. يتميز كل مخطط تداخل بخط أساس عمودي معين، أي المسافة العمودية بين موقعي القمر الصناعي. يمكننا أن نطرح من طور مخطط التداخل المكونات المتعلقة بخط الأساس العمودي من خلال معرفة الموقع الدقيق للقمر الصناعي في تاريخي الاستحواذ.

في البيئة الحضرية، تظهر الهياكل التي يصنعها الإنسان كمبعثرات مستمرة أو ثابتة (PSS)، لأنها تعكس معظم الطاقة المرسلّة بواسطة الـ(SAR) مباشرة إلى المستشعر أو في آلية الارتداد المزدوج (من الأرض إلى الهيكل العمودي والعودة إلى المستشعر).

في الـ(PSI)، يتم فصل طور الإزاحة أو التشوه عن الطور بسبب تأثيرات الغلاف الجوي والضجيج عن طريق الفلترة في الزمان والمكان. حيث يرتبط التشوه بالزمن، بينما ترتبط تأثيرات الغلاف الجوي بالمكان (أي يمكن التعرف عليها في مخطط تداخل واحد ولكنها

غير مرتبطة بمخططات التداخل الأخرى نظراً لأن الغلاف الجوي يتغير عشوائياً من تاريخ إلى آخر). أما الضجيج فهو غير مترابط بالمكان والزمان.

من أجل العثور على مرشحات الـ(PS) الأولية، يتم حساب مؤشر تشتت السعة (D_A)، العلاقة (2) [24]. ويتم استخدام عتبة لفلتر مرشحات الـ(PS) وتقليل كمية البيانات، حيث تعد نقطة البداية هذه أمراً ممكناً بسبب الارتباط بين السعة واستقرار الطور [23,24].

$$D_A = \frac{\sigma_A}{\mu_A} \quad (2)$$

حيث (σ_A) هو الانحراف المعياري و (μ_A) متوسط السعة للبكسل الواحد على جميع مخططات التداخل.

يتم تحليل إشارة الطور الملتف أو المغلف للبيكسلات المحددة بواسطة هذه الطريقة للعثور على وحدات البكسل (PS) النهائية عن طريق استخدام مزيج من تقدير الضجيج والفلتر [24].

لاشتقاق سلسلة زمنية للإزاحة لكل (PS)، يتم فك الطور المغلف باستخدام آلية ثلاثية الأبعاد [24,25]. كذلك، تُقدّر مساهمات الغلاف الجوي التي تُسمى غالباً بفحص أو شاشة طور الغلاف الجوي (APS)، وأخطاء المدار و زاوية النظر (LAE) وتُطرح لاشتقاق معلومات الإزاحة فقط.

3.3 معالجة البيانات باستخدام طريقة (StaMPS)

تم إجراء تحليل السلاسل الزمنية لمنتجات قياس التداخل باستخدام مكتبات طريقة ستانفورد للمبعثرات المستمرة (StaMPS) متعددة التداخلات الزمنية (MTI) التي تم تطويرها في [26]. وهي حزمة برمجية تنفذ تقنية الـ(InsAR) للمبعثر المستمر (PS)، إذ تم تطويرها للعمل حتى في التضاريس الخالية من الهياكل من صنع الإنسان أو التي

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

تخضع لنتشوه غير ثابت. الحزمة متاحة مجاناً للتطبيقات غير التجارية. تستخدم الـ (StaMPS) الترابط المكاني للأطوار في اختيار بكسلات (PS)، مما يتيح تحديد عدد أكبر من (PS) أكثر مما يمكن أن تحدده الخوارزميات التقليدية. تعتمد المعالجة على سلسلة الخطوات التالية:

1- يتم تحديد البيكسلات التي تحتوي على إشارة ثابتة عبر الزمن بناءً على تشتت سعتها. تحتوي وحدات البكسل المرشحة هذه على هدف رادار ثابت تهيمن إشارته على جميع إشارات الطور العشوائية الأخرى، مما يمنح عودة مستقرة للطور عبر سلسلة أطول من مخططات التداخل [27].

2- يتم تقدير خصائص ضجيج الطور لكل بكسل ضمن عملية تكرارية. من خلال التطبيق المتكرر لمرشح طور تمرير منخفض ومنكيف (low-pass and adaptive phase filter) [23]. بحجم نواة يبلغ (32) بكسل، وتقدير خطأ (DEM) غير المترابط مكانياً، يتم اشتقاق التماسك الزمني للبكسل كمقياس لمدى ملاءمته للعمل كمشتت مستمر (PS).

3- يتم إجراء التحديد الأول لـ (PS) بناءً على خصائص ضجيج وحدات البكسل. يُسمح بنسبة (25) نقطة عشوائية (غير PS) لكل كيلومتر مربع للحفاظ على الحد الأدنى من تغطية (PS) أيضاً في مناطق التماسك المنخفض.

4- في الخطوة الرابعة من هذا التحديد، تتم إزالة الـ (PS) والتي تتجاوز الحد الأقصى للانحراف المعياري المسموح به لضجيج الطور لجميع وحدات البكسل المجاورة.

5- في الخطوة الخامسة، يتم تصحيح طور كل بكسل لخطأ زاوية النظر غير المترابط مكانياً استناداً إلى نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

6- يتم فك الطور المغلف، بناءً على خوارزمية فك طور تدفق الشبكة بالتكلفة الإحصائية (SNAPHU) [28].

7- يتم حساب الأخطاء المترابطة مكانياً الناتجة عن زاوية النظر (SCLA) وإزالتها من البيانات.

8- يتم تقليل مساهمة الاضطرابات الجوية بسبب الاختلافات في شاشة الطور الجوي (APS) بواسطة مرشح تمرير منخفض عبر الزمن.

3.4 منطقة الدراسة

مدينة صافيتا هي إحدى مدن محافظة طرطوس في سوريا، تقع على بعد (35 كم) شمال شرق طرطوس على ارتفاع (380 متر) عن مستوى سطح البحر، يحيط بالمدينة التلال المكسوة بالخضرة والأشجار المثمرة، وتطل المدينة على عدة قمم جبلية منها جبل النبي متى، وجبل النبي زاهر وجبل النبي صالح الذي يقع على قمته حصن سليمان الأثري. تتميز رقعة صافيتا بالميزات التالية:

➤ تضاريس جبلية ذات فروق ارتفاع واضحة بين القمم والوديان خاصة في الأجزاء الشمالية والشرقية من الرقعة بزوايا ميل كبيرة.

➤ المناخ الحار صيفا المعتدل شتاء مع هائل مطري كبير يزيد عن (1100 مم / سنة).

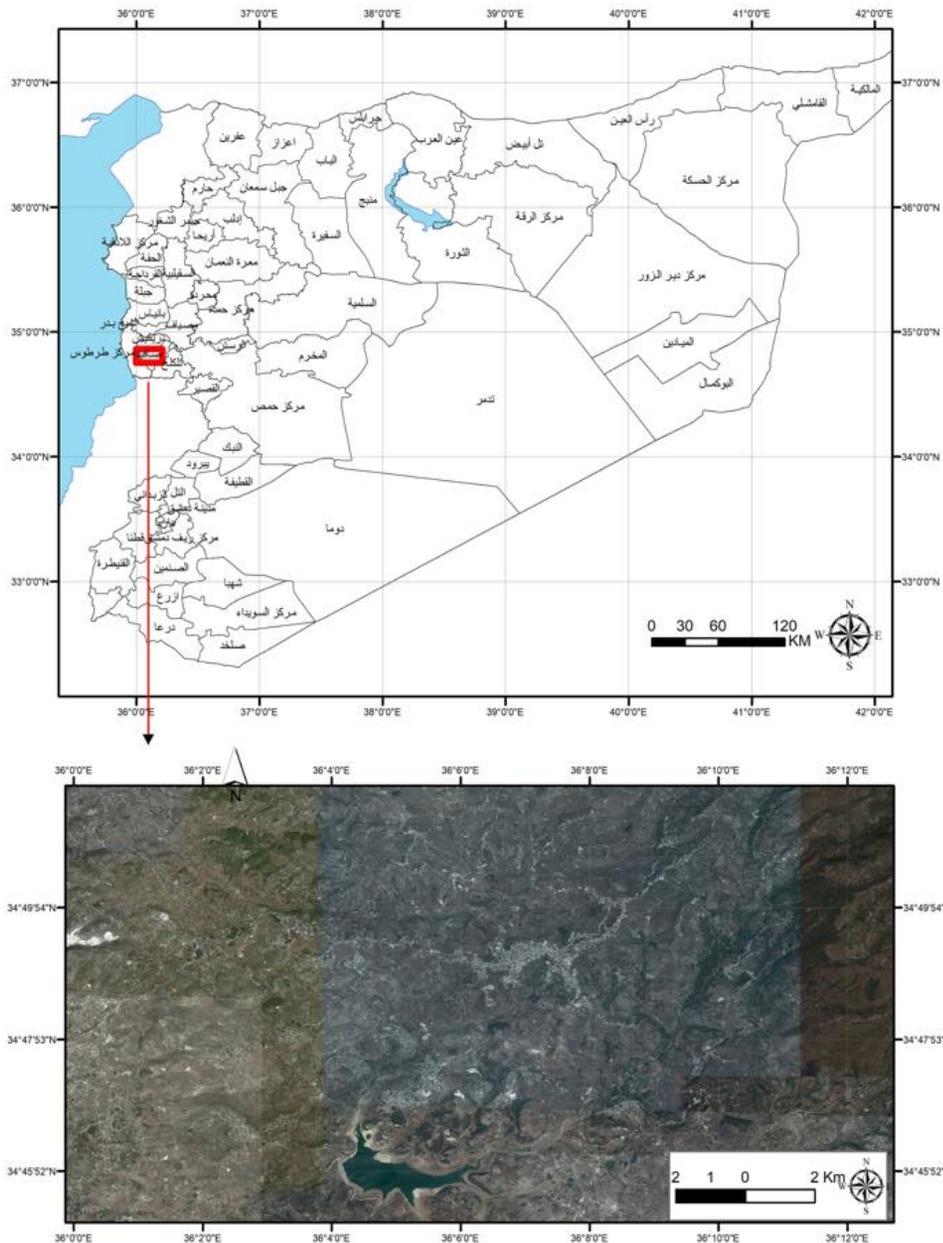
➤ التابع التدريجي للأعمار الجيولوجية من الشرق باتجاه الغرب.

➤ الميل الهادئ للطبقات الصخرية باتجاه الجنوب الغربي بشكل عام.

➤ وجود المارل والغضار في الرقعة متكشف على السطح أو قريبا منه .

هذه المميزات تعتبر عوامل مساعدة لحدوث انزلاقات متعددة في الرقعة حسب دراسة الخارطة الجيوهندسية لرقعة صافيتا عام (2007) والتي تم تقديمها للمؤسسة العامة للجيولوجيا [29]، حيث يعتبر انزلاق التربة أهم ظواهر الحركات الجيوديناميكية المتواجدة في الرقعة. وحسب الدراسة يعزى السبب الرئيسي للانزلاقات الحاصلة في مدينة صافيتا إلى الفعل العشوائي غير المدروس للإنسان كإحداث نوافذ يمر عبرها الماء أو اصطناع جبهات ذات ارتفاع عالي وبيبين (الشكل 1) منطقة الدراسة.

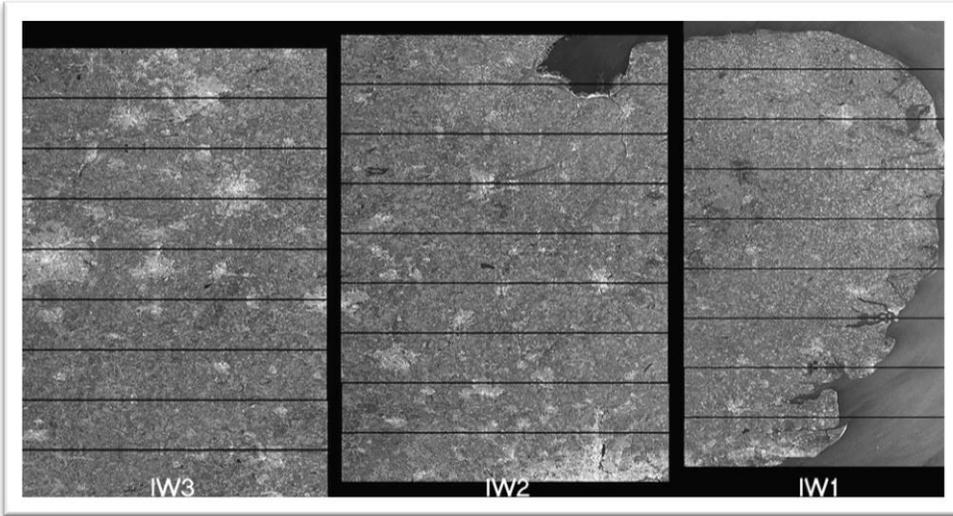
استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)



الشكل 1: منطقة الدراسة، صافيتا، سوريا

3.5 البيانات المستخدمة في البحث

تم استخدام منتجات الـ(Sentinel-1) في وضعية الشريط الواسع التداخلي (IW) في وضع رصد التضاريس بالمسح التدريجي (TOPS)، حيث تم استخدام منتجات مركب مشهد مفرد (SLC) في وضعية الاستقطاب الرأسي (VV) والتي تتكون من ثلاث رقع فرعية لكل قناة استقطاب فرعية (IW1, IW2, IW3). إذ تعتمد تسمية كل رقعة فرعية على نوع المدار، أي صاعد (Ascending) حيث يدور القمر من الجنوب إلى الشمال ويرصد من جهة الغرب أو هابط (Descending) يدور القمر من الشمال إلى الجنوب ويرصد من جهة الشرق. الرقعة الفرعية القريبة إلى المدى القريب هي (IW1)، والرقعة الفرعية في المدى البعيد هي (IW3) وتتكون كل رقعة فرعية من تسع رشقات (bursts)، حيث تتم معالجة كل رشقة كصورة (SLC) منفصلة. يتم تضمين الرشقات المتسلسلة المعقدة المركزة الفردية بترتيب زمن السمات في صورة رقعة فرعية، مع ترسيم الحدود باللون الأسود كما في (الشكل 2). تم تحميل البيانات المستخدمة في هذا البحث من مركز الوصول المفتوح كوبرنيكوس (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)، حيث يتم توفير كل مشهد كملف مضغوط بحجم (4 غيغابايت).



الشكل 2: الرقعة الفرعية لصورة (IW-SLC) في حالة المدار الهابط

في هذه الدراسة، تم استخدام بيانات الـ(SAR) ذات النطاق (C) من الـ(Sentinel-1A). كما تم استخدام (13) مشهداً من المدارات الهابطة لاحتوائها على منطقة الدراسة مما ينتج عنه كمية من بيانات الإدخال بحجم(52) غيغابايت. يبين الجدول(1) تواريخ الحصول على البيانات من الـ (Sentinel-1A).

الجدول (1): تواريخ الحصول على بيانات الـ(Sentinel-1A) في مدارات هابطة

الرقم	تاريخ الاستحواذ
1	14-02-2020
2	09-03-2020
3	21-03-2020
4	02-04-2020
5	14-04-2020
6	26-04-2020
7	08-05-2020
8	20-05-2020
9	01-06-2020
10	13-06-2020
11	25-06-2020
12	07-07-2020
13	31-07-2020

3.6 البرامج المستخدمة

تم استخدام برنامج (SNAP) لاستيراد بيانات الـ (Sentinel-1A) ومعالجتها مسبقاً وتصديرها، والـ (StaMPS / MTI) المكتوبة بلغة (bash و Matlab) باعتبارها حزمة البرامج الرئيسية الثانية لمعالجة مخططات التداخل التي تم تصديرها من برنامج (SNAP) وذلك لمعالجة وتحليل (PS). تم استخدام برنامج (MatlabR2018a) ضمن نظام التشغيل (Linux) لتشغيل (StaMPS/ MTI) من أجل تحليل (PSI). تستخدم (StaMPS / MTI) حزمتين برمجيتين إضافيتين (Triangle و snaphu)، حيث يستخدم (Triangle) [30] لتوليد مثلثات (delaunay) الدقيقة. كما تم استخدام صندوق أدوات (TRAIN) [31] لتقليل ضجيج الـ (InSAR) في الغلاف الجوي. تم تحليل منتجات الـ (StaMPS) باستخدام برنامج (ArcGIS).

3.6.1 تحليل الـ (PSI) باستخدام الـ (SNAP) والـ (StaMPS)

يتكون التحليل العام من ثلاث مراحل عمل رئيسية:

1- معالجة مخططات التداخل باستخدام الـ (SNAP):

يمكن تلخيص الخطوات المطلوبة لإعداد المنتجات اللازمة لمعالجة المبعثرات المستمرة في الـ (StaMPS) بمايلي:

1- تقسيم المنتج: بالنسبة لجميع البيانات، يجب اختيار نفس الرقعة الفرعية والرشقات لضمان نجاح التسجيل المشترك.

2- التصحيح المداري: يتم تطبيق ملفات المدار الدقيقة الخاصة بالـ (Sentinel) على جميع المنتجات ويتم تنزيلها تلقائياً أثناء المعالجة.

3- اختيار الصورة الرئيسية: يتم استخدام أداة اختيار الصورة الرئيسية المثلى لـ (InSAR)، والتي تعتمد على تصغير مجموع عدم الارتباط (decorrelation)

[32].

4- التسجيل المشترك : يتم تطبيق الترميز الجغرافي الخلفي من أجل تنفيذ التسجيل المشترك الصحيح.

5- دمج الرشقات المتجاورة في اتجاه السم.ت.

6- اختيار مجموعة فرعية من خلال إجراء اقتطاع لمنطقة الدراسة (spatial subset) وذلك لاختزال كمية البيانات المعالجة.

7- تشكيل التداخل: يتم حساب مخططات التداخل المعقدة ويتم تقدير الطور الطبوغرافي وطرحه من مخططات التداخل باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (SRTM) الذي يتم تنزيله بواسطة البرنامج. يحتوي ملف الإخراج على نطاق الطور الطبوغرافي، ونطاق الارتفاع وخطوط العرض والطول.

8- تصدير الـ(StaMPS): في هذه الخطوة، يتم إعداد بنية المجلد المطلوبة بواسطة الـ(StaMPS)، بدءاً من مجموعة المنتجات المُسجَّلة ومجموعة مخططات التداخل الخالية من مساهمة الطور الطبوغرافي.

2- معالجة الـ(PSI) باستخدام الـ(StaMPS):

باستخدام البرنامج النصي (mt_prep_snap) يتم تعيين بارامترات المعالجة لتحضير البيانات المُصدرة ليتم تحليلها في الـ(StaMPS)، حيث يتم تحديد بارامترات تشتت السعة (DA) وعدد وحدات البكسل المتداخلة في السم (na) والنطاق (nr). كما يتم تحديد عدد الرقع (patches) اعتماداً على الخصائص الحسابية للحاسب المستخدم.

تتم معالجة مجموعة مخططات التداخل باستخدام إجراءات (MATLAB) المنفذة في (StaMPS)، تكملها تصحيحات الغلاف الجوي باستخدام الـ(TRAIN)[30] بواسطة نهج (aps_linear). داخل الـ(Matlab)، يمكن تشغيل الـ(StaMPS) من الخطوات من 1 إلى 7 كما هو موضح في دليل المستخدم [33]، ويتضمن ذلك:

1- تحميل البيانات، حيث يتم إعداد مجموعة البيانات المطلوبة لمعالجة الـ(PSI).

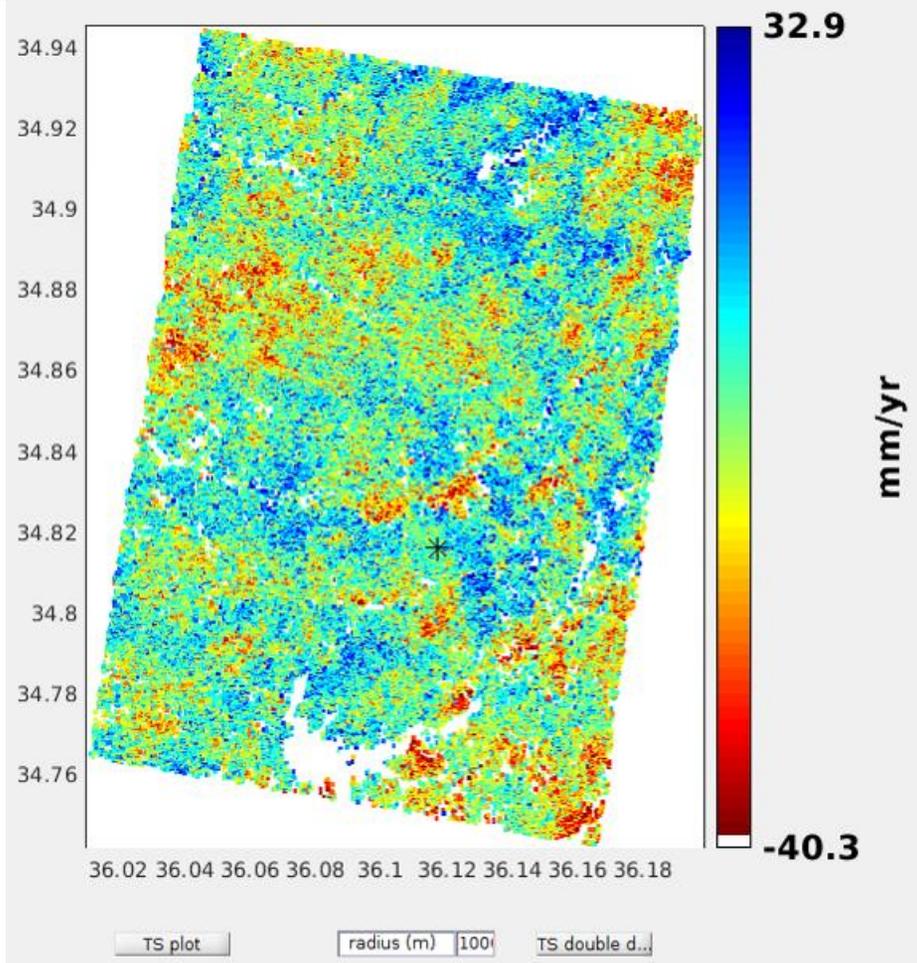
- 2- تقدير ضجيج الطور لكل بكسل مرشح في كل مخطط تداخل.
- 3- اختيار بيكسلات المبعثرات المستمرة المؤهلة على أساس خصائص الضجيج.
- 4- التخلص من المبعثرات المستمرة الصاخبة أو المبعثرات المستمرة المتأثرة بمساهمات الإشارة من العناصر المجاورة.
- 5- تصحيح الطور المغلف لخطأ زاوية النظر غير المترابط مكانياً، ويتم في هذه الخطوة دمج الرقع في حال وجودها.
- 6- يتم فك تغليف الطور باستخدام خوارزمية ثلاثية الأبعاد لفك التغليف، بعدين في المكان وبعد في الزمن كما تم وصفه في [23].
- 7- تقدير خطأ زاوية النظر المترابط مكانياً والنتائج عن أخطاء في الـ (DEM) والتعيين غير الصحيح لـ (DEM) في إحداثيات الرادار. من الإشارة غير المغلفة، يمكن إنتاج سلسلة زمنية للإزاحة على طول خط النظر للرادار (LOS)، ويتم رسم نتائج الـ (PS) في خريطة تحوي قيم تشوه الأرض خلال السلسلة الزمنية.
- يتم دمج الكائنات التي تم إنشاؤها في الـ (Matlab) أثناء معالجة الـ (StaMPS / MTI) في جدول يحتوي على الإحداثيات والسلسلة الزمنية للتشوه والسرعة المتوسطة لكل بكسل لـ (PS)، حيث يتم تصديره كملف (CSV).
- 3- تحليل النتائج في بيئة نظام المعلومات الجغرافية (GIS). يتم تحميل ملف (CSV) بالإضافة إلى خريطة تشوه الأرض في نظام المعلومات الجغرافية (ArcGIS)، حيث يمكن إجراء عمليات تحليل لنتائج الـ (PSI).

4 النتائج ومناقشتها

من أجل تحديد الإزاحات في رقعة صافيتا، تم تطبيق طريقة الـ(StaMPS) في هذه الرقعة وتم اختيار بيانات الـ(SAR) في (8) أيار (2020) كصورة رئيسية و إنشاء(12) مخطط تداخل من المدار الهابط. خلال معالجة الـ(PSI) باستخدام الـ(StaMPS)، بلغ العدد النهائي للمبعثرات المستمرة (103682) بكسلاً.

بعد تقدير خطأ زاوية النظر المترابط مكانياً وإجراء فك تغليف الطور وتقدير مساهمات الغلاف الجوي باستخدام برنامج (TRAIN)، تم الحصول على الإزاحات المطلقة في الاتجاه (LOS) عن طريق تحديد نقطة مرجعية ونصف قطر مرجعي.

ب طرح أخطاء المدار والـ(DEM) وتأثير الغلاف الجوي يمكننا الحصول على متوسط سرعة التشوه المطلقة في الاتجاه (LOS)، حيث تراوحت القيمة المتوسطة لسرعة الإزاحة أو التشوه في الاتجاه(LOS) بين(-40.3 و +32.9 مم/سنة). تشير القيمة (-40.3- مم/سنة) إلى أن الإزاحة (LOS) تتم بعيداً عن القمر أي هبوط، بينما تشير القيمة (32.9 مم/سنة) إلى أن الإزاحة (LOS) تحدث باتجاه المستشعر أي ارتفاع أو صعود (الشكل 3).



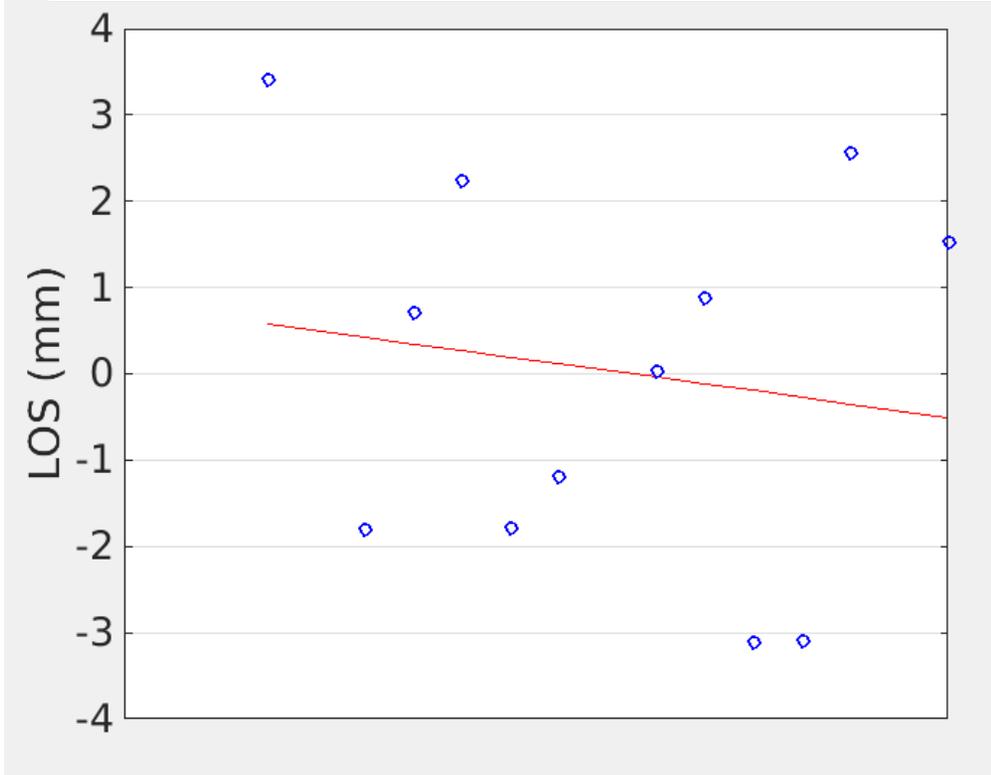
الشكل 3: مخطط رسومي يوضح متوسط سرعة التشوه المطلقة في الاتجاه (LOS)

نختار نقطة في مخطط سرعة التشوه ونحدد نصف قطر البحث (radius=10000m) لالتقاط المبعثرات المستمرة التي تغطي مدينة صافيتا والمناطق المحيطة بها فنحصل على:

✓ مخطط السلسلة الزمنية للنقاط حول النقطة المختارة ضمن نصف القطر المحدد (الشكل 4) .

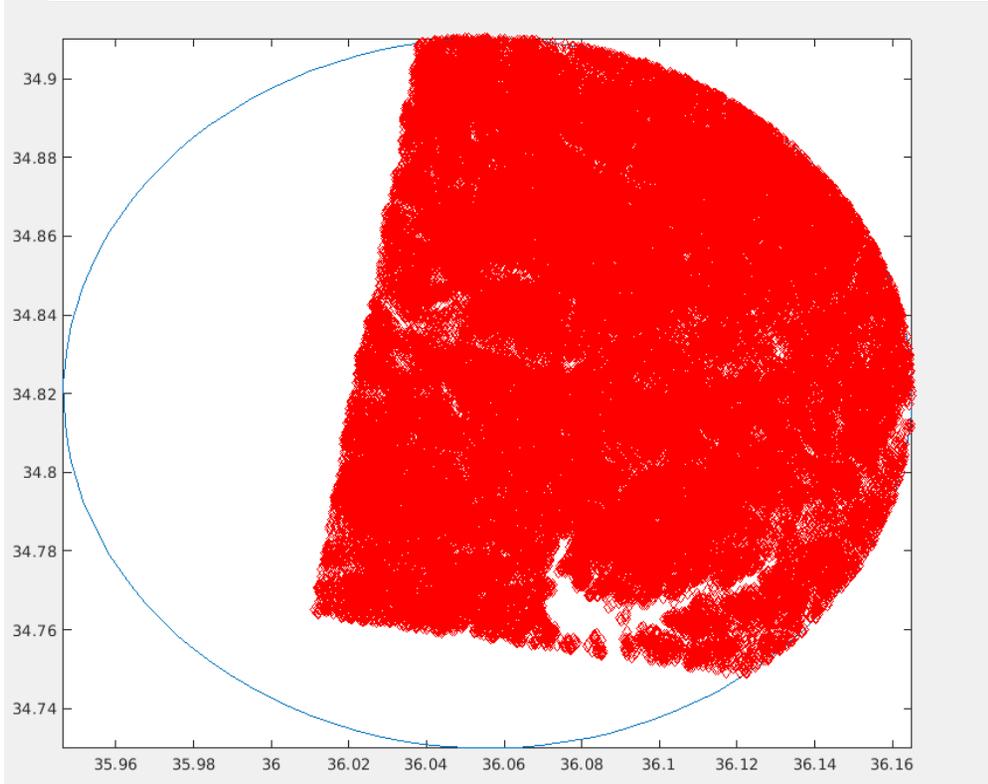
✓ عدد ومواقع النقاط الموجودة ضمن نصف القطر المحدد (الشكل 5).

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)



الشكل 4: مخطط السلسلة الزمنية للنقاط حول النقطة المختارة ضمن نصف

القطر (10000م)



الشكل 5: عدد ومواقع النقاط ضمن نصف القطر (10000م)

أخيراً يتم تصدير نتائج المعالجة إلى ملف الـ (stamps_tsexport.csv) يتضمن متوسط سرعة الإزاحة في الاتجاه (LOS) وقيم الإزاحات في الاتجاه (LOS) لنقاط الـ (PS) التي تم الحصول عليها، وهذه الإزاحات هي إزاحات تراكمية بالنسبة لتاريخ الصورة المرجعية في (8) أيار (2020) الجدول (2).

استخدام صور التابع الصناعي (sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

الجدول (2): سرعة الإزاحة وقيم الإزاحات في الاتجاه (LOS) لنقاط (PS)

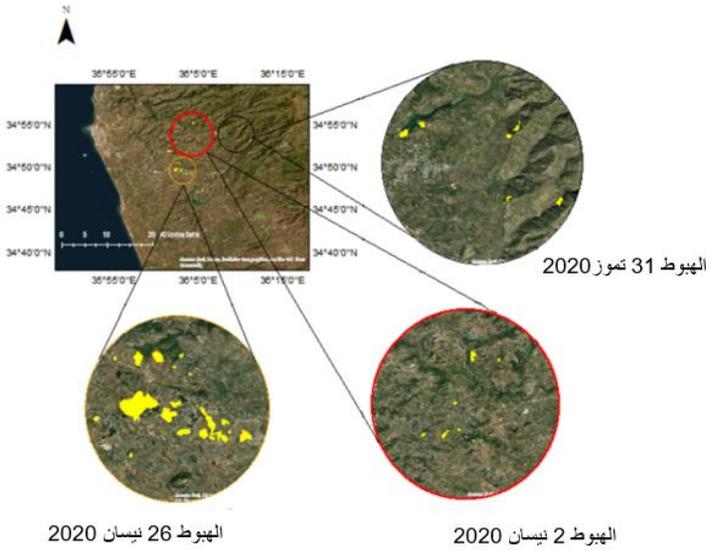
Lat	Velocity	U20000114	U20000309	U20000321	U20000402	U20000414	U20000426	U20000438	U20000501	U20000513	U20000525	U20000537	U20000549	
36.11953	34.82543	-9.897769	2.56987	-12.4681	-3.683266	7.694929	4.286003	8.932283	7.506663	2.912139	3.837724	-6.13585	-3.923423	-1.88700
36.12006	34.82561	-46.99103	7.885479	-3.47595	4.275393	0.9295478	11.42583	11.40517	2.422189	-1.026992	-0.7355468	-9.587242	-4.358649	-13.1043
36.11869	34.82581	7.159965	-5.381916	1.162783	-4.805156	0.7539198	-5.817613	-0.0446187	-2.755543	7.939399	-5.380883	-12.93271	17.54676	8.25145
36.11837	34.82598	-10.65738	-0.1004491	0.2257384	2.096984	1.944096	-3.23472	4.162089	1.222016	2.873328	-8.353288	-11.57779	-2.875484	17.38866
36.1231	34.82544	-31.67481	9.498533	-0.9543456	2.514242	5.477024	-1.834935	7.158467	-2.543457	0.9083493	-5.297515	-13.69755	4.39878	-0.62858
36.12239	34.82554	-19.46952	-1.946689	-1.946893	0.9465821	4.662419	4.430592	6.797508	0.4645034	2.333891	-2.767969	-7.090425	-1.292602	-1.69739
36.12329	34.82605	-34.6253	-0.2264663	0.4486465	3.270536	3.409721	6.286625	11.23592	-0.6812205	4.498423	-4.889498	-13.15516	-2.006699	-3.96614
36.12149	34.8263	-25.85823	-5.635827	-0.3970106	4.657887	0.01526682	11.57589	5.05333	2.909222	3.548438	-8.682377	-10.48236	4.610968	-4.78242
36.11732	34.82689	-38.14338	5.189095	-6.861072	4.894283	1.131998	10.86643	11.67592	7.288948	3.105714	-7.984645	-10.08096	-4.803905	-5.01776
36.12474	34.82597	-26.3359	1.182335	2.17751	-0.7392363	5.647588	4.530145	4.756397	-0.6089244	-1.933805	-6.213413	-11.61593	2.31448	3.99097
36.12119	34.82647	-8.626422	2.977838	-1.900038	-1.069615	-1.018627	3.875188	3.002468	2.556173	-2.650686	-6.283143	-12.58894	1.128134	18.3431
36.12201	34.82648	-23.9866	1.111335	2.377599	4.207847	-5.743515	3.569142	3.769435	-1.03061	2.602663	-2.933512	-8.386777	-5.653144	4.87925
36.11954	34.82683	-51.82008	3.56064	10.30307	10.02247	-0.3519481	0.7125185	8.211172	-8.977785	1.998008	-14.99218	-15.58632	0.7705592	2.74317
36.11922	34.827	-44.27996	4.484014	-0.3998362	3.390405	-2.952187	11.08344	9.900702	5.575649	5.368511	-6.180065	-14.43279	-2.255253	-8.70582
36.12379	34.82648	-35.45998	8.811744	-6.086935	2.023057	8.444102	4.611404	11.99593	1.551944	-1.089326	-6.192908	-7.940501	-0.5374355	-5.8593
36.1235	34.82665	-38.63532	1.251014	-1.351967	7.380438	2.910926	12.38605	6.104897	3.329995	-2.700543	-7.471719	-11.78956	-1.478201	-2.89622
36.12313	34.82671	-42.56693	-1.320041	-0.3250106	5.132006	9.517904	9.200623	12.09513	-0.4267625	0.2675251	-7.863172	-9.810089	-2.094456	-8.51388
36.1209	34.82702	-25.67377	1.953535	-3.070298	-1.644999	-0.1802281	7.392516	9.189282	6.186791	6.350368	-6.851299	-13.73237	3.813918	-2.79280
36.12376	34.82674	-28.55525	0.0793426	-2.027673	5.463499	2.983422	4.839872	10.94923	-3.400151	0.2203607	-3.936535	-8.743467	-0.8101951	-1.53776
36.12335	34.8268	-34.87608	3.027846	-2.771142	5.834406	10.10095	6.409696	4.477643	3.130188	-2.5214	-9.865247	-13.4924	2.061838	1.004
36.12289	34.82712	-28.77093	5.549874	-7.788719	2.303247	3.807761	3.282886	9.044201	5.678421	5.141845	-0.8446351	-11.55463	-0.377728	-7.3559
36.12325	34.8272	-31.46776	7.609551	3.174819	-8.084679	0.2060997	9.202488	8.150218	3.374254	-2.946901	-3.48409	-11.10204	-0.3627264	0.233540
36.12252	34.82743	-32.62885	-2.646882	-0.5333721	3.704675	1.401967	9.624376	5.775691	2.600355	0.2779263	0.5916373	-9.12234	-6.216493	-4.30226
36.11889	34.82807	-33.89037	6.005149	-9.04218	12.48356	2.632663	6.956721	5.63107	3.792661	-0.8922508	-14.03668	-9.904582	-0.2552777	5.20231

توضح النتائج في الجدول السابق سرعة تشوه الأرض بالمليمتر / السنة خلال فترة المراقبة للمبعثرات المستمرة (PS) المحددة في كل سلسلة زمنية. يمكن أن تكون سرعة الإزاحة (التشوه) سالبة ، مما يعني هبوط الأرض أو موجبة، مما يعني ارتفاع الأرض. تشير قيم الإزاحة أو التشوه إلى خط النظر (LOS) للتابع الصناعي ويمكن أن تحتوي على مكونين رأسي وأفقي ولكن باعتبار أن زاوية السقوط أقل من (45 درجة) لجميع عمليات الاستحواذ المستخدمة في الدراسة، فمن المرجح أن يكون المكون السائد هو العنصر الرأسي [34]. يمكن حساب التشوه الرأسي (s) باستخدام المعادلة (3) [35]:

$$s = -\frac{d}{\cos \theta_i} \quad (3)$$

حيث (d) هي الإزاحة في الاتجاه (LOS) و (θ_i) هي زاوية السقوط لكل (PS).

تم تصدير صورة نقطية لزاوية السقوط من برنامج الـ (SNAP)، حيث تم استخراج زاوية السقوط لكل (PS) ضمن برنامج الـ (ArcMAP) وتم تطبيق المعادلة السابقة للحصول على السلسلة الزمنية للإزاحات الشاقولية. كما تم استخدام برنامج الـ (ArcMAP) لتحديد أماكن توزع الهبوطات التي تزيد عن (20 مم)، حيث بلغت أكبر قيمة للهبوط (27 مم) بتاريخ (31 تموز 2020) كما هو موضح في الشكل (الشكل 6).



الشكل 6: مناطق توزع الهبوطات للسلسلة الزمنية من (14 شباط حتى (31 تموز (2020) في رقعة صافيتا

أما المساحات الأكبر لتوزع الهبوطات فقد كانت أكثر خلال شهر نيسان حيث تراوحت قيمها بين (20 و 26 مم) ويمكن تفسير ذلك بسبب سلسلة الهزات الأرضية التي تعرضت لها المنطقة في شهر نيسان (2020) وكانت آخرها بتاريخ (19 نيسان (2020)، ويوضح الجدول (5) الهزات التي حصلت في شهر نيسان وتواريخها وفق تقرير المركز الوطني للزلازل (Nec-Syria) و وزارة النفط والثروة المعدنية.

استخدام صور التابع الصناعي (Sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات سطح الأرض في منطقة صافيتا اعتماداً على تقنية قياس التداخل بالمبعثر المستمر (PSI)

الجدول (5): الهزات التي حصلت قرب الساحل السوري في شهر نيسان وتواريخها

no	Date	Time UTC	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude	Region Name
1	03/04/2020	18:26:35	35.94	35.51	10	2.5	NEAR THE COAST OF SYRIA
2	03/04/2020	18:20:39	35.87	35.6	6	2.6	NEAR THE COAST OF SYRIA
3	03/04/2020	18:15:42	35.83	35.55	10	4.8	NEAR THE COAST OF SYRIA
4	04/04/2020	03:41:53	35.74	35.64	18	2.6	NEAR THE COAST OF SYRIA
5	14/04/2020	23:41:00	35.86	35.54	10	2.5	NEAR THE COAST OF SYRIA
6	14/04/2020	22:55:21	35.81	35.66	7	2	NEAR THE COAST OF SYRIA
7	14/04/2020	22:37:56	35.85	35.47	10	4.2	NEAR THE COAST OF SYRIA
8	15/04/2020	17:43:05	35.9	35.44	12	2.8	NEAR THE COAST OF SYRIA
9	15/04/2020	14:11:53	35.76	35.49	20	3.7	NEAR THE COAST OF SYRIA
10	15/04/2020	11:34:32	35.82	35.47	10	2.8	NEAR THE COAST OF SYRIA
11	15/04/2020	11:34:32	35.82	35.47	10	2.8	NEAR THE COAST OF SYRIA
12	15/04/2020	09:08:42	35.91	35.47	15	3.1	NEAR THE COAST OF SYRIA
13	15/04/2020	09:08:42	35.91	35.47	15	3.1	NEAR THE COAST OF SYRIA
14	15/04/2020	08:49:02	35.98	35.45	20	2.3	NEAR THE COAST OF SYRIA
15	15/04/2020	08:18:36	35.88	35.48	10	4.4	NEAR THE COAST OF SYRIA
16	15/04/2020	07:56:54	35.79	35.58	40	2.2	NEAR THE COAST OF SYRIA
17	15/04/2020	07:40:04	35.89	35.48	10	4.7	NEAR THE COAST OF SYRIA
18	15/04/2020	03:38:03	35.87	35.51	20	2.7	NEAR THE COAST OF SYRIA
19	15/04/2020	02:35:36	35.78	35.56	40	2.8	NEAR THE COAST OF SYRIA
20	15/04/2020	01:35:31	35.96	35.6	33	2	NEAR THE COAST OF SYRIA
21	15/04/2020	00:52:01	35.88	35.6	40	2.6	NEAR THE COAST OF SYRIA
22	16/04/2020	17:39:25	35.98	35.7	49	2.8	NEAR THE COAST OF SYRIA
23	17/04/2020	21:42:35	35.9	35.45	10	2.6	NEAR THE COAST OF SYRIA
24	18/04/2020	02:01:16	35.9	35.44	10	2.4	NEAR THE COAST OF SYRIA
25	19/04/2020	22:48:37	35.85	35.51	15	3.1	NEAR THE COAST OF SYRIA

5 الاستنتاجات والتوصيات

أظهرت هذه الدراسة إمكانية استخدام معلومات التابع الصناعي (Sentinel-1) المجانية لكشف تشوهات الأرض في رقعة صافيتا. تم ذلك من خلال تقديم مخطط عمل قائم على الـ (PSI) لمعالجة بيانات الـ (SAR) بأدوات مفتوحة المصدر، ومن خلال الاستخدام المشترك لأدوات المعالجة الـ (SNAP) والـ (StaMPS). كما تم استخدام الخوارزميات المضمنة في الـ (TRAIN) لإزالة التأثيرات الجوية. تم الحصول على متوسط سرعة التشوه والإزاحات في الاتجاه (LOS) للمبعثرات المستمرة في المنطقة المدروسة.

تراوحت قيمة متوسط سرعة التشوه في اتجاه خط النظر (LOS) بين (40.3- مم/سنة و32.9 مم/سنة)، وباستخدام زوايا السقوط التي لا تتجاوز (45 درجة) تم حساب قيم الهبوطات في المنطقة إذ تراوحت هذه القيم بين (0 و 27 مم) وبلغت أكبر قيمة للهبوط خلال شهر تموز (2020). كانت المساحات الأكبر لهبوط سطح الأرض خلال شهر نيسان (2020)، ويمكن تفسير ذلك بسبب سلسلة الهزات الأرضية التي تعرضت لها المنطقة في شهر نيسان (2020).

تتفق النتائج التي حصلنا عليها مع نتائج الدراسة الجيوهندسية المقدمة لرقعة صافيتا حول وجود إزاحات في سطح الأرض، كما يمكن الحصول على المكونات الأفقية والرأسية للإزاحات (LOS) باستخدام سلسلة زمنية أكبر من صور (Sentinel-1) من مدارات هابطة وصاعدة.

6 المراجع

- [1] Abidin, H.Z.; Djaja, R.; Darmawan, D.; Hadi, S.; Akbar, A.; Rajiyowiryono, H.; Sudiby, Y.; Meilano, I.; Kasuma, M.A.; Kahar, J.; et al. Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its geodetic monitoring system. Nat. Hazards 2001, 23, 365–387.
- [2] Hanssen, R.F. Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis; Kluwer Academic: New York, NY, USA, 2010; ISBN 9789048156962.
- [3] Kang, Y.; Zhao, C.; Zhang, Q.; Lu, Z.; Li, B. Application of InSAR Techniques to an Analysis of the Guanling Landslide. Remote Sens. 2017, 9, 1046.
- [4] Lu, P.; Bai, S.; Tofani, V.; Casagli, N. Landslides detection through optimized hot spot analysis on persistent scatterers and distributed scatterers. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2019, 156, 147–159.
- [5] Perissin, D.; Ferretti, A. Urban-target recognition by means of repeated spaceborne SAR images. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2007, 45, 4043–4058.
- [6] Motagh, M.; Shamshiri, R.; Haghshenas Haghghi, M.; Wetzel, H.U.; Akbari, B.; Nahavandchi, H.; Roessner, S.; Arabi, S. Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time-series and in situ measurements. Eng. Geol. 2017, 218, 134–151.
- [7] Aly, M.H.; Klein, A.G.; Zebker, H.A.; Giardino, J.R. Land subsidence in the Nile Delta of Egypt observed by persistent scatterer interferometry. Remote Sens. Lett. 2012, 3, 621–630.

- [8] Crosetto, M.; Monserrat, O.; Cuevas-González, M.; Devanthery, N.; Crippa, B. Persistent Scatterer Interferometry: A review. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2016, 115, 78–89.
- [9] Khorrami, M.; Abrishami, S.; Maghsoudi, Y.; Alizadeh, B.; Perissin, D. Extreme subsidence in a populated city (Mashhad) detected by PSInSAR considering groundwater withdrawal and geotechnical properties. Sci. Rep. 2020, 10, 1–16.
- [10] Yazici, B.V.; Tunc Gormus, E. Investigating persistent scatterer InSAR (PSInSAR) technique efficiency for landslides mapping: A case study in Artvin dam area, in Turkey. Geocarto Int. 2020, 1–19.
- [11] Jiaxuan, H.; Mowen, X.; Atkinson, P.M. Dynamic susceptibility mapping of slow-moving landslides using PSInSAR. Int. J. Remote Sens. 2020, 41, 7509–7529.
- [12] Tessitore, S.; Fernández-Merodo, J.A.; Herrera, G.; Tomás, R.; Ramondini, M.; Sanabria, M.; Duro, J.; Mulas, J.; Calcaterra, D. Comparison of water-level, extensometric, DInSAR and simulation data for quantification of subsidence in Murcia City (SE Spain). Hydrogeol. J. 2016, 24, 727–747.
- [13] Lu, P.; Han, J.; Hao, T.; Li, R.; Qiao, G. Seasonal Deformation of Permafrost in Wudaoliang Basin in Qinghai-Tibet Plateau Revealed by StaMPS-InSAR. Mar. Geod. 2020, 43, 248–268.
- [14] Jennifer, J.J.; Saravanan, S.; Pradhan, B. Persistent Scatterer Interferometry in the post-event monitoring of the Idukki Landslides. Geocarto Int. 2020.

- [15] Tzampoglou, P.; Loupasakis, C. Mining geohazards susceptibility and risk mapping: The case of the Amyntaio open-pit coal mine, West Macedonia, Greece. Environ. Earth Sci. 2017, 76.
- [16] Tofani, V.; Raspini, F.; Catani, F.; Casagli, N. Persistent Scatterer Interferometry (PSI) Technique for Landslide Characterization and Monitoring. Remote Sens. 2013, 5, 1045–1065.
- [17] Bianchini, S.; Solari, L.; Del Soldato, M.; Raspini, F.; Montalti, R.; Ciampalini, A.; Casagli, N. Ground Subsidence Susceptibility (GSS) Mapping in Grosseto Plain (Tuscany, Italy) Based on Satellite InSAR Data Using Frequency Ratio and Fuzzy Logic. Remote Sens. 2019, 11, 2015.
- [18] Osmanoglu, B.; Dixon, T.H.; Wdowinski, S.; Cabral-Cano, E.; Jiang, Y. Mexico City subsidence observed with persistent scatterer InSAR. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 2011, 13, 1–12.
- [19] Wang, H.; Feng, G.; Xu, B.; Yu, Y.; Li, Z.; Du, Y.; Zhu, J. Deriving spatio-temporal development of ground subsidence due to subway construction and operation in Delta regions with PS-InSAR data: A case study in Guangzhou, China. Remote Sens. 2017, 9, 1004.
- [20] Ng, A.H.M.; Wang, H.; Dai, Y.; Pagli, C.; Chen, W.; Ge, L.; Du, Z.; Zhang, K. InSAR reveals land deformation at Guangzhou and Foshan, China between 2011 and 2017 with COSMO-SkyMed data. Remote Sens. 2018, 10, 813.
- [21] Hanssen RF. Radar interferometry: data interpretation and error analysis. Springer Science & Business Media; 2001 Apr 30.

- [22] Pepe A, Calò F. A review of interferometric synthetic aperture RADAR (InSAR) multi-track approaches for the retrieval of Earth's surface displacements. Applied Sciences. 2017 Dec 5;7(12):1264.
- [23] Hooper A, Segall P, Zebker H. Persistent scatterer interferometric synthetic aperture radar for crustal deformation analysis, with application to Volcán Alcedo, Galápagos. Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 2007 Jul;112(B7).
- [24] Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. Permanent scatterers in SAR interferometry. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2001, 39, 8–20. <https://doi.org/10.1109/36.898661>
- [25] Hooper A. A statistical-cost approach to unwrapping the phase of InSAR time series. In Proceedings of the International Workshop on ERS SAR Interferometry, Frascati, Italy 2010 Nov 30 (Vol. 30).
- [26] Hooper A, Bekaert D, Spaans K, Arikan M. Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation. Tectonophysics. 2012 Jan 5;514:1-3.
- [27] Crosetto M, Monserrat O, Cuevas-González M, Devanthéry N, Crippa B. Persistent scatterer interferometry: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2016 May 1;115:78-89.
- [28] Chen CW, Zebker HA. Two-dimensional phase unwrapping with use of statistical models for cost functions in nonlinear optimization. JOSA A. 2001 Feb 1;18(2):338-51.

- [29] المؤسسة العامة للجيولوجيا، دراسة الخارطة الجيوهندسية – المذكرة الإيضاحية – رقعة صافيتا (غير منشورة)، 2007.
- [30] Shewchuk JR. Triangle: Engineering a 2D quality mesh generator and Delaunay triangulator. In Workshop on Applied Computational Geometry 1996 May 27 (pp. 203-222). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [31] Bekaert, D.P.S.; Walters, R.J.; Wright, T.J.; Hooper, A.J.; Parker, D.J. Statistical comparison of InSAR tropospheric correction techniques. Remote Sens. Environ. 2015, 170, 40–47.
- [32] Zebker, H.A.; Villasenor, J. Decorrelation in interferometric radar echoes. IEEE Trans. Geosci. Remote 1992, 30, 950–959.
- [33] StaMPS. Available online: <https://homepages.see.leeds.ac.uk/~earahoo/stamps/> (accessed on 8 March 2019).
- [34] Cian F, Blasco JM, Carrera L. Sentinel-1 for monitoring land subsidence of coastal cities in Africa using PSInSAR: a methodology based on the integration of SNAP and StaMPS. Geosciences. 2019 Mar 12;9(3):124.
- [35] Yastika, P.; Shimizu, N.; Abidin, H.Z. Monitoring of long-term land subsidence from 2003 to 2017 in coastal area of Semarang, Indonesia by SBAS DInSAR analyses using Envisat-ASAR, ALOS-PALSAR, and Sentinel-1A SAR data. Adv. Space Res. 2019, 63, 1719–1736.

تأثير نسبة المواد الناعمة على عوامل القص و قيم CBR

طالب دراسات: زيد الشيخ في قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية
إشراف د. نجلا الحسن مدرس في قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية

ملخص البحث

عند دراسة وتصميم المنشآت الهندسية لا بد من إجراء توصيف مناسب للتربة ، وذلك لتجنب تعرض البنية التحتية للانهارار. وبما أن معظم الانهيارات في التربة إن لم يكن جميعها تقريباً تصنف من نوع الانهيار بالقص ، فإن مفهوم مقاومة التربة على القص من أهم الدلالات في الهندسة الجيوتكنيكية وتدخل في دراسة وتصميم جميع المنشآت الهندسية.

من الضروري في المنشآت الطرقية إضافة لتقييم مقاومة طبقة التأسيس على القص تحديد سماكة طبقات الرصف المرتبطة بقيم نسبة تحمل كاليفورنيا CBR ، فإذا كانت قيمة CBR صغيرة تكون سماكات طبقات الرصف كبيرة والعكس بالعكس.

هذه الدراسة تبحث في تأثير نسبة المواد الناعمة على عوامل مقاومة التربة على القص وعلى قيم CBR . حيث تم إحضار تربة خشنة (بحص سيل) و خلطها مع تربة ناعمة بنسب (10,20,30,40,50%) ، و تم دراسة تأثير هذه النسب المضافة على كل من قيم CBR و عوامل القص للتربة C و Φ .

أظهرت نتائج الاختبارات أنه بزيادة نسبة المواد الناعمة تتناقص كل من قيم CBR و قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة Φ ، بينما تزداد قيم التماسك C.

الكلمات المفتاحية : بحص سيل - نسبة المواد الناعمة - CBR - عوامل القص .

Effect of fine material ratio on shear factors and CBR values

Abstract

An appropriate soil characterization must be carried out when studying and designing engineering structures, in order to avoid structural failure. Since most of the failure in the soil, if not almost all of them, are classified as shear failure, the concept strength shear of soil is one of the most important factors in geotechnical engineering and included in the study and design of all engineering structurals. In road constructions, in addition to evaluating the shear strength of the foundation layer, it is necessary to determine the thickness of the pavement layers associated with the CBR values. If the CBR value is small, the thickness of the pavement layers is large, and vice versa. This study investigates the effect of the ratio of fine materials on shear strength factors of soil on and CBR values. Where coarse soil (torrent gravel) was brought and mixed with fine soil in percentages (10,20,30,40,50%), and the effect of these added percentages on each of the values of CBR and shear factors of soil C and Φ was studied. The results of the tests showed that with an increase in the ratio of fine materials, both the values of CBR and the values of the soil internal friction angle Φ decrease, while the values of cohesion C increase.

Keywords: torrent gravel- fine material ratio - CBR - shear factors.

مقدمة

تلعب الطبقة التحتية دوراً مهماً في استقرار وتوازن المنشآت ، فهي التي تتلقى الحمولات المطبقة المختلفة ومنها الحمولات الناتجة عن حركة المرور على الطرق ، ويجب أن يتم نقل الحمولات المرورية بطريقة انتشار تضمن بقاء الطبقة التحتية ضمن حدود المرونة ، وأن تبقى قوى القص ضمن حدود أمانة في ظروف التحميل وتحت الظروف المناخية القاسية .

يعتبر تصميم طبقات الرصف العامل الأهم في إنشاء شبكة الطرق ، حيث يتم إنشاء طبقات الرصف فوق التربة الطبيعية وهي عبارة عن قشرة مستقرة نسبياً من أجل تلقي الأحمال والحركات المرورية بالإضافة إلى تأمين سطح صلب ومتمين ومقاوم للتآكل [6].

تتألف طبقات الرصف من عدد من الطبقات وهي طبقة ما تحت الأساس - طبقة الأساس - الطبقة السطحية أو طبقة ما فوق الأساس بحيث تتوضع هذه الطبقات الثلاث على طبقة التأسيس التي تلعب دور وظيفي هام مع طبقات الرصف . ويجب أن تكون هذه الطبقة مرصوفة بشكل مناسب من أجل الاستفادة الكاملة من مقاومتها في حمل طبقات الرصف الثلاث التي تعلوها بالإضافة إلى حمل الحمولات المرورية المتحركة [6] . لذلك من الضروري تقييم مقاومة طبقة التأسيس التي يتركز عليها الهيكل الكامل لطبقات الرصف.

تحتوي الطبقة التحتية عدة مواد مثل البحص ، الرمل ، السيلت و الغضار والتي تؤثر على تصميم وإنشاء الطريق ، ويُعتبر تقييم الطبقة التحتية من حيث الكثافة والصلابة والمقاومة أمراً مهماً في تصميم الطرق وجودة أداءها ، ومن الشائع أن تحدد مقاومة الطبقة التحتية عند تصميم الطرق عن طريق قياس نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) إذ

تعتبر CBR مؤشر المقاومة الأكثر استخداماً في التصميم من أجل الترب الناعمة ، ويمكن استخدامها لتوصيف مقاومة مواد طبقات الرصف [3-4] ، فإذا كانت طبقة التأسيس ذات قيمة CBR عالية هذا يعني أن مقاومتها كبيرة وتكون قادرة على تحمل المزيد من الحمولات المرورية المطبقة عليها بالمقابل ستكون سماكة طبقات الرصف صغيرة نسبياً والعكس صحيح [7] .

إذاً يعتمد أداء طبقات الرصف بشكل كبير على مقاومة الطبقة التحتية ، و يعتمد أداء الطبقة التحتية على قدرة تحمل التربة التي تتبع بدورها كل من نوع التربة ، التدرج ، الرطوبة ، درجة الرص ، لدونة التربة ، وجود المواد الناعمة و خصائص التغير الحجمي لها .

عند إنشاء طبقات الرصف لا يتم استخدام مواد متماسكة أو مواد غير متماسكة بشكل كامل وإنما يتم تعديل تدرج المواد تبعاً لوجود الحبيبات الناعمة . حيث أن الترب عالية النعومة وتبعاً لنوع المحتوى المينرالي لها تكون عرضة للنقل والانتفاخ .

- قام الباحثان [2] (2015) Bao Thach Nguyen , Abbas Mohajerani بدراسة تأثير الخصائص الفيزيائية للتربة ومنها محتوى الرطوبة وقرينة اللدونة والكثافة الجافة الأعظمية على قيم CBR من أجل الترب ناعمة التدرج ، حيث تم جمع ثمانية أنواع من الترب الناعمة من مناطق مختلفة في مالبورن وأستراليا . من أجل كل نوع من الترب تم إجراء تجارب CBR من أجل أربع رطوبات مختلفة منها رطوبة الإشباع وتوصلوا لعلاقة بين CBR و محتوى الرطوبة MC ، و قرينة اللدونة PI ، و الكثافة الجافة الأعظمية MDD للتربة المدروسة.

$$\text{Log(CBR)} = 4.767 + 0.843(\text{MC}) + 0.020(\text{PI}) - 1.522(\text{MDD})$$

- عمل كل من الباحثين [7] (2016) Mr Harish S.N ، and Mr Yashas S.R ، Prof Muralidhara H.R على دراسة تأثير نسبة تحمل كاليفورنيا على خصائص تربة طبقة التأسيس و أظهرت الاختبارات أن قيم CBR تتناسب طردياً مع كل من (الوزن النوعي، الكثافة الحقلية ، الكثافة الجافة ، الكثافة الرطبة ، تماسك التربة) . مع زيادة الكثافة تصبح جزيئات التربة أكثر قدرة على تحمل الأحمال والجهود ، وبالتالي كلما زادت قيمة CBR تصبح مقاومة تربة طبقة التأسيس أكبر ، في حين تزداد CBR بتناقص كل من (محتوى الرطوبة المثالي OMC ، زاوية الاحتكاك الداخلي Φ ، حد السيولة LL) . و قدم الباحثون علاقات ارتباط بين CBR و خواص التربة منها عوامل القص للتربة C و Φ .

التماسك C	$CBR = 5.459 C^{1.481}$
زاوية الاحتكاك الداخلي Φ	$CBR = -0.3438 (\Phi)^{13.73}$

- حاول [1] (2017) Aderinola , Olumuyiwa Samson et al إيجاد علاقة بين قيم CBR وخصائص التربة وبشكل خاص التربة الغضارية ، حيث تم دراسة جدوى تحليل الانحدار الخطي الفردي وتحليل الانحدار غير الخطي المتعدد الحدود في ربط قيمة CBR بخصائص التربة الغضارية.

تم جمع نتائج الاختبارات لعينات من الغضار العالي اللدونة (CH) والمأخوذة من مواقع مختلفة من مدينة أكبور التابعة لنيجريا . و تضمنت النتائج قيم CBR ، محتوى الرطوبة المثالي ، الكثافة الجافة الأعظمية ، حد الانكماش ، حد اللدونة ، حد السيولة، دليل اللدونة .

تم تحليل النتائج باستخدام طريقة تحليل الانحدار الخطي الفردي و طريقة الانحدار غير الخطي المتعدد الحدود ، و بينت طريقة تحليل الانحدار الخطي الفردي أن أفضل ارتباط أعطى معامل الارتباط ($R^2 = 0.933$) ، بينما طريقة تحليل الانحدار غير الخطي المتعدد الحدود بينت أن أفضل ارتباط أعطى قيمة لمعامل الارتباط ($R^2 = 0.959$) . كما أظهرت الدراسة أن استخدام طريقة تحليل الانحدار غير الخطي المتعدد الحدود تعطي علاقات ارتباط أفضل من طريقة تحليل الانحدار الخطي الفردي ، و تم الحصول من طريقة تحليل الانحدار غير الخطي المتعدد الحدود على علاقة تربط بين CBR_u و (SL ، PL ، LL ، PI ، MDD ، OMC) باستخدام النموذج الأكثر ملائمة حيث $R^2 = 0.959$ وهي:

$$CBR_u = 102.311 - 1.451SL + 2.181PL + 0.916LL - 0.064MDD - 4.069OMC + 0.128SL^2 - 0.038PL^2 - 0.015LL^2 + 0.011PI^2 + 1.722 * 10^{-5} * MDD^2 + 0.047OMC^2$$

- قدم الباحث [8] Zia ur Rehman (2017) مع آخرين دراسة بحثية على عينات ترب ذات خصائص جيوتكنيكية مختلفة من مناطق مختلفة في باكستان من أجل دراسة تأثير قيم CBR على خصائص التربة حيث تم أخذ 84 عينة من مشاريع مختلفة، 43 عينة من الترب الناعمة و 41 عينة من الترب الخشنة.

وبينت نتائج اختبارات نسبة تحمل كاليفورنيا المغمورة للترب الناعمة أن قيم CBR تتراوح ضمن المجال (3.8-15%) ، أما بالنسبة للترب الخشنة فكانت قيم CBR تتراوح ضمن المجال (7-35%) ، ولوحظ أنه كلما زادت نسبة المواد الناعمة فإن قيم CBR تتجه إلى التناقص.

- أجرى [5] (2018) Faisal Iqbal , Aneel Kumar , Ali Murtaza دراسة تجريبية على تربة جامشورو (في السند - باكستان) من أجل تطوير علاقات ارتباط بين قيم CBR و الخصائص الجيوتكنيكية لهذه التربة. و قدمت الدراسة علاقة تربط بين قيم CBR_S المغمورة و كل من دليل السيولة ، حد اللدونة ، و النسبة المئوية للمواد الناعمة المارة من المنخل رقم 200 (F%) .

$$CBR_S = 11.2525(LL) - 26.4144(PI) - 0.3024(F\%) + 153.7175$$

كذلك علاقة تربط بين قيم CBR_u غير المغمورة و كل من دليل السيولة، حد اللدونة ، والكثافة الجافة الأعظمية MDD .

$$CBR_u = 17.3174(LL) - 42.5467(PI) - 102.9336(MDD) + 455.5159$$

- الباحثان [4] [3] (2010), (2009) Danistan and Vivulanandan قاما بإجراء دراسة مخبرية من أجل ربط قيم CBR_u غير المغمورة مع مقاومة القص غير المصرفة Su ، وقدا العلاقة التالية للتربة ذات النوع CH :

$$Su = - 0.426 (CBR)^2 + 2.212 (CBR)$$

و العلاقة التالية للترب ذات الأنواع SC ، CL :

$$CBR = 0.56 Su^{1.07}$$

2- هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة مدى تأثير نسبة المواد الناعمة في التربة على عوامل مقاومة القص C و ϕ و على قيم نسبة تحمل كاليفورنيا CBR .

3- مواد و طرق البحث

تم إحضار نوعين من الترب (تربة خشنة و تربة ناعمة):

1 - التربة الخشنة عبارة عن تربة بحص سيل تم إحضارها من مقلع تابع لمنطقة عين قصارين في ريف حماة الشرقي ، وهي حصويات طبيعية ، تستخدم لردميات جسم الطريق أي لردم طبقات الرصف و تعرف بما يسمى (بقايا المقلع) [7].

2 - التربة الناعمة عبارة عن تربة غضارية ذات حد سيولة مرتفع تم إحضارها من مشروع الأبراج السكنية في ضاحية الوفاء - حماه وأخذت على عمق (1.5-2m) .
تم تحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذه التربة بإجراء التجارب بمخبر ميكانيك التربة، و كانت النتائج كما هو موضح بالجدول (1).

الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة المدروسة

الخواص التربة	بحص السيل	التربة الغضارية
الكثافة الجافة الأعظمية MDD	1.95	1.65
(gr/cm ³)		
محتوى الرطوبة المثالي OMC	10.77	23.25
%		
نسبة تحمل كاليفورنيا CBR	75.88	1.23
%		
الانتفاخ النسبي	0	89.05
%		
حد السيولة WL	27.4	58.1
%		
حد اللدونة PL	21.3	39.14
%		
قربنة اللدونة Ip	6.1	18.96
%		
المكافئ الرملي	39.8	3.3
%		
نسبة البحص G	48.72	1.3
%		
نسبة الرمل S	47.24	15.3
%		
نسبة المواد الناعمة F	4.04	83.4
%		
التماسك C	0.1	0.58
kg/cm ²		
زاوية الاحتكاك الداخلية Φ	39.2	12.8
o		

- من الترتين السابقتين تم تشكيل 5 عينات (اصطناعية) بخلط الترتين مع بعضهما بنسب معينة وإجراء الاختبارات المعملية عليها لكل نسبة على حدى ، كالتالي:
- تم غسل التربة الناعمة الحبات على المنخل رقم 200 ذو الفتحة 75 ميكرون ، وتم تجفيف المار من هذا المنخل في الفرن بدرجة حرارة 105°C ، و سحقه وبذلك تم الحصول على المواد الناعمة.
- تم إضافة المواد الناعمة إلى بحص السيل المغسول على المنخل رقم 200 والمجفف وفق النسب التالية : (10 ، 20 ، 30 ، 40 ، 50%) من الوزن الجاف لبحص السيل فتم الحصول على العينات الخمس المبينة بالجدول (2) .

الجدول (2) نسب الخلط في العينات الاصطناعية (المشكلة)

العينة 1	بحص سيل + 10% نواعم
العينة 2	بحص سيل + 20% نواعم
العينة 3	بحص سيل + 30% نواعم
العينة 4	بحص سيل + 40% نواعم
العينة 5	بحص سيل + 50% نواعم

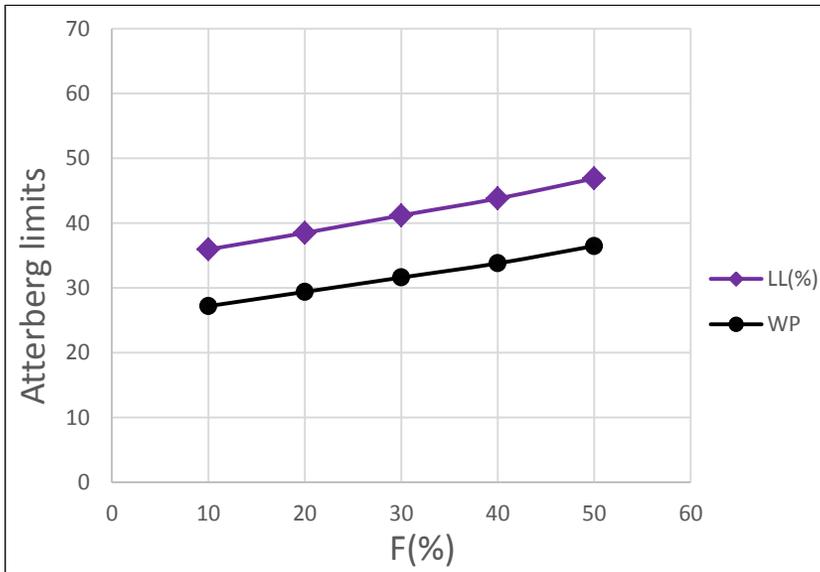
3-1- دراسة تأثير نسبة المواد الناعمة على لدونة التربة

- لإجراء تجربة حدود آتربغ تم غسل التربة الخشنة (بحص السيل) على المنخل رقم 200 للتخلص من المواد الناعمة الموجودة وتجفيف المحجوز على المنخل رقم 200 بالفرن بدرجة حرارة 105°C ، ومن ثم تم تشكيل خمس عينات بنسب الخلط الواردة في الجدول (2) .

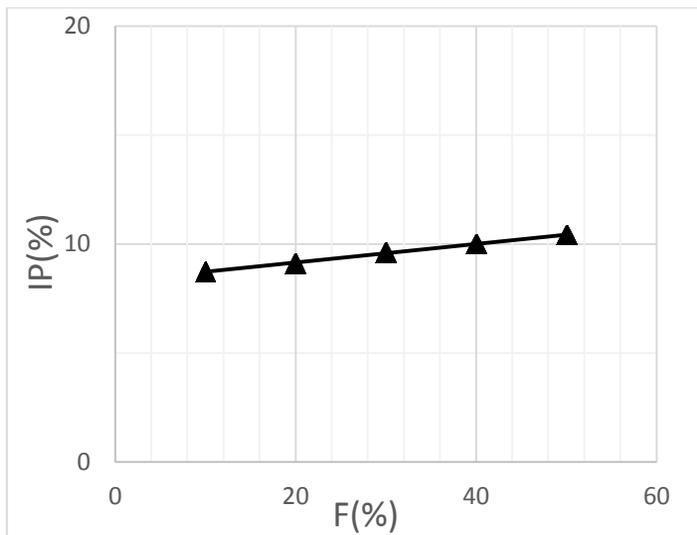
تم غسل العينات المشكلة على المنخل رقم 40 ذو الفتحة (425μ) وإجراء تجربة حدود أتريغ على التربة المارة من هذا المنخل وفق النظام ASTM-D 4318-98 . و تم الحصول على النتائج المبينة بالجدول (3) ، و الممثلة بالأشكال (1) ، (2) .

الجدول (3) تغير حدود أتريغ تبعاً لنسبة المواد الناعمة

نسبة المواد الناعمة F%					حدود أتريغ
50	40	30	20	10	
46.9	43.8	41.2	38.5	35.95	LL%
36.48	33.8	31.61	29.4	27.2	PL%
10.42	10	9.59	9.1	8.75	IP%



الشكل (1) تغير حدي السيولة اللدونة تبعاً لنسبة المواد الناعمة المضافة



الشكل (2) تغير قرينة اللدونة تبعاً لنسبة المواد الناعمة

يظهر من النتائج ازدياد حدود اللدونة بازدياد نسبة المواد الناعمة وهذا منطقي ومبرر لأن المواد الناعمة المضافة لدونتها مرتفعة ، وبالتالي مع زيادة هذه النسبة تزداد قيم حد سيولة التربة وقرينة اللدونة .

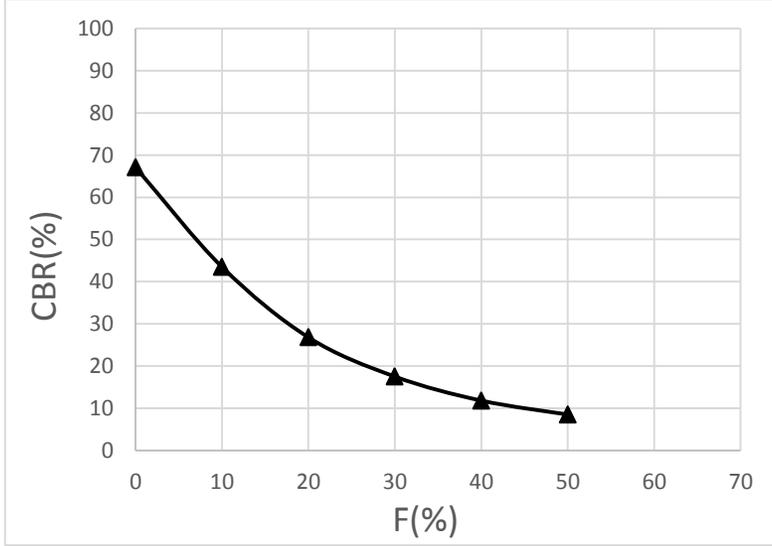
3-2- دراسة تأثير نسبة المواد الناعمة على CBR

- تم إجراء تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR على التربة الأصلية (بحص السيل) ، وكذلك على العينات الخمسة المشكلة والتي تباينت فيما بينها بنسبة المواد الناعمة المضافة وفق النظام ASTM-D 1883-94 وتم الحصول على النتائج المبينة بالجدول (4).

الجدول (4) تغير CBR تبعاً لنسبة المواد الناعمة

العينات المشكلة					بحص سيل	
50	40	30	20	10	0	F%
8.5	11.8	17.5	26.8	43.5	67.1	CBR

يوضح الشكل (3) تغير قيم CBR مع زيادة نسبة المواد الناعمة المضافة.



الشكل (3) تغير قيم CBR تبعاً لنسبة المواد الناعمة

أظهرت النتائج تناقص قيم CBR مع زيادة نسبة المواد الناعمة المضافة للتربة حيث أن زيادة نسبة المواد الناعمة وانخفاض نسبة المواد الخشنة تقلل من مقاومة الانغراس وبالتالي انخفاض قيمة CBR .

ويمكن التعبير عن الارتباط بين قيم CBR للتربة المدروسة مع نسبة المواد الناعمة F في التربة بالعلاقة التالية :

$$CBR = 64.771 * e^{-0.042F}$$

3-3- دراسة تأثير نسبة المواد الناعمة على عوامل القص

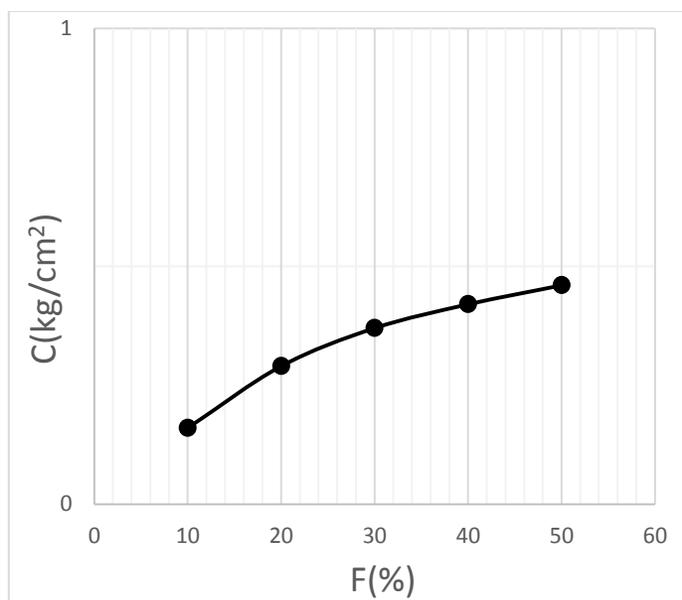
لمعرفة تأثير نسبة المواد الناعمة على عوامل القص للتربة \emptyset , C ، تم إجراء تجربة القص المباشر للتربة الأصلية (بحص السيل) ، و كذلك للعينات الخمسة المشكلة والتي

تباينت فيما بينها بنسبة المواد الناعمة المضافة ، وذلك باستخدام جهاز القص المباشر بظروف الغمر وبسرعة قص 0.5mm/min.

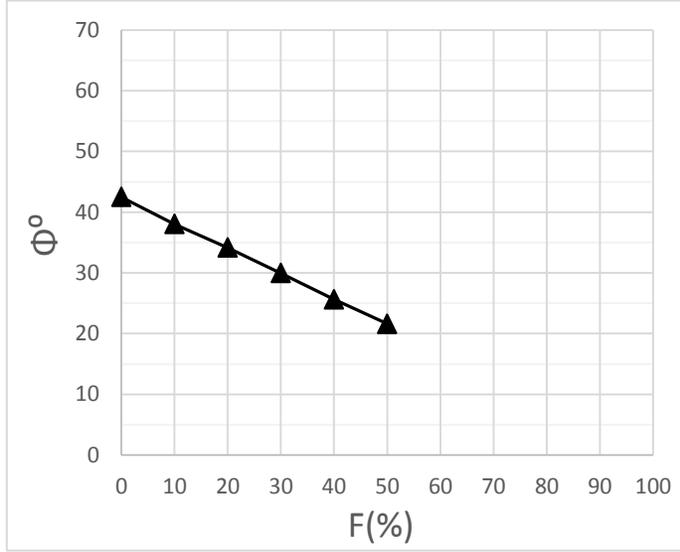
الجدول (5) يبين تغير عوامل القص (C , Φ) تبعاً لتغير نسبة المواد الناعمة المضافة، والأشكال (4) و (5) تمثيل لهذه النتائج.

الجدول (5) تغير عوامل القص (C , Φ) تبعاً لتغير نسبة المواد الناعمة

نسبة المواد الناعمة F%					بحص السيل	عوامل القص
50	40	30	20	10		
0.46	0.42	0.37	0.29	0.16	0	$C(\text{kg}/\text{cm}^2)$
21.59	25.64	29.96	34.17	38.04	41.26	Φ°



الشكل (4) تغير قيم التماسك تبعاً لنسبة المواد الناعمة المضافة



الشكل (5) تغير قيم زاوية الاحتكاك الداخلي تبعاً لنسبة المواد الناعمة المضافة

أظهرت النتائج ازدياد التماسك في التربة مع ازدياد نسبة المواد الناعمة المضافة ، ويعود ذلك لأن المواد الناعمة الغضارية لها تماسك مرتفع وازدياد نسبتها تزداد قيم التماسك ، وتم التعبير عن الارتباط بين قيمة التماسك C للتربة المدروسة و بين نسبة المواد الناعمة F بالعلاقة التالية:

$$C=0.1871 \ln(F)-0.2701$$

كما أظهرت النتائج تناقص زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة مع ازدياد نسبة المواد الناعمة المضافة ، ويعود ذلك لنقصان نسبة المواد الخشنة في التربة. إن زيادة نسبة المواد الناعمة ونقصان نسبة المواد الخشنة يؤدي الى نقصان زاوية الاحتكاك بين حبات التربة ، وذلك لأن المواد الناعمة تقلل من امكانية احتكاك الذرات الخشنة نتيجة تغليفها لسطح الحبات الخشنة.

و تم التعبير عن الارتباط بين زاوية الاحتكاك الداخلي ϕ للتربة المدروسة و بين نسبة المواد الناعمة F بالعلاقة التالية:

$$\phi = -0.3993F + 41.76$$

4- الاستنتاجات

تم في هذا البحث دراسة مدى تأثير نسبة المواد الناعمة في التربة على عوامل مقاومة القص للتربة C و ϕ و على قيم نسبة تحمل كاليفورنيا CBR ، حيث كانت العينة الأساسية عبارة عن تربة خشنة (بحص سيل) و تم إضافة مواد ناعمة عليها وفق النسب (10,20,30,40,50%) . و تم التوصل للنتائج التالية:

- 1- بازياد نسبة المواد الناعمة في التربة تزداد لدونة التربة و تزداد قيم كل من حد السيولة و حد اللدونة و قرينة اللدونة.
- 2- بازياد نسبة المواد الناعمة في التربة تتناقص قيم نسبة تحمل كاليفورنيا CBR.
- 3- بازياد نسبة المواد الناعمة في التربة تزداد قيم التماسك في التربة.
- 4- بازياد نسبة المواد الناعمة في التربة تتناقص قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.

5- التوصيات والمقترحات

بعد إجراء البحث نوصي بما يلي:

- 1- إجراء دراسة لبحث تأثير نوع المواد الناعمة المضافة على مقاومة التربة.
- 2- دراسة تأثير نسبة المواد الناعمة على سماكات طبقات الرصف.
- 3- دراسة تأثير الإضافات الكلسية أو الإسمنتية على قيم CBR.

References

- [1] Aderinola, Olumuyiwa Samson, Oguntoyinbo, Emmanuel, " Correlation between California bearing ratio Value Of Cleys With Soil Index And Compaction Characteristics ",International Journal of Scientific Research and Innovative Technology ISSN: 2313–3759 Vol. 4 No. 4; April 2017.
- [2] Bao Thach Nguyen, Abbas Mohajerani," Prediction of California Bearing Ratio from Physical Properties of Fine–Grained Soils " International Journal of Civil and Environmental Engineering ,Vol:9, No:2, 2015.
- [3] Danistan,j. and Vilpulanandan,C.(2009) " Relationship between CBR values (unsoaked) and undrained shear strength of artificial CH soils ", In: CIG–MAT–2009 Conference and Exhibition, 2009. Available from: <http://cigmat.cive.uh.edu>.
- [4] Danistan,j. and Vilpulanandan,C.(2009) " Correlation between California bearing ratio (CBR) and soil pa–rameters". In: CIG–MAT–2009 Conference and Exhibition, 2009. Available from : <http://cigmat.cive.uh.edu>.
- [5] Faisal Iqbal, Aneel Kumar, Ali Murtaza, " Co–Relationship between California Bearing Ratio and Index Properties of

Jamshoro Soil ",Mehran University Research Journal of Engineering & Technology, Volume 37, No. 1, January, 2018.

[6] Md. Mahabubuzzaman , " California Bearing Ratio (CBR) and Strength Behaviour Of Compacted Dhaka Clay As Road Subgrade ", Bangladesh University Of Engineering and Technology , Dhaka , 2001.

[7] Mr. Yashas. S. R, Mr. Harish. S. N, Prof.Muralidhara. H. R, " Effect of California Bearing Ratio on the Properties of Soil ",American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN : 2320-0936 Volume-5, Issue-4, pp-28-37.

[8] Z. U. Rehman, U. Khalid, K. Farooq, H. Mujtaba , " Prediction of CBR Value from Index Properties of different Soils " , Technical Journal, University of Engineering and Technology (UET) Taxila, Pakistan Vol. 22 No. II-2017.

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرع ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

طالب الدراسات العليا: م. لارا ابراهيم

قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث

الدكتور المشرف: د.م. درغام السلوم

ملخص البحث

الماء هو العنصر الأكثر أهمية لحياة الكائنات كافة، وهو يضمن استمرارية الحياة حيث بانعدام المياه تستحيل الحياة على هذا الكوكب، ولكي يكون الماء صالحاً للشرب وإعداد الطعام يجب أن يكون خالياً من العكارة، اللون، الطعم، بالإضافة لخلوه من المواد العضوية المسببة للأمراض والملوثات اللاعضوية والتي قد تسبب تأثيرات على الصحة. يهدف البحث إلى معرفة مدى كفاءة المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد في معالجة مياه نهر العاصي بالقصير وجعلها صالحة للاستهلاك البشري من ناحية العكارة، حيث تم استخدام مخثر كبريتات الألمنيوم "الشبة" وإجراء عدد من التجارب لسرعات ترشيح مختلفة $(3-4-5-6)m/h$ ، وقياس عكارة المياه بعد كل تجربة ورسم المخططات التي تربط بين العكارة (NTU) وحجم المياه المارة (m^3) والمعالجة بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد لكل سرعة من سرع الترشيح. وتبين من النتائج أن المرشح الرملي المختبر ذو الجريان الصاعد أكثر فعالية في حال سرعات الترشيح المنخفضة (الأقل من $4m/h$)، وأقل فاعلية في حال سرعات الترشيح الأعلى من $4m/h$.

بعض الكلمات المفتاحية العلمية الواردة بالبحث:

غسيل عكسي، مروقات التماس، مضخة التجريع، تمدد سرير الرمل، عكارة.

A study of the efficiency of water treatment with aluminum sulfate at different filtration speeds in upflow sand filters

Abstract

Water is the most important element for the life of all organisms , and it ensures the continuity of life where there is no water it is impossible for life on this planet , for the water to be fit for drinking and preparing food ,it must be empty of turbidity , colorless , tasteless , in addition to be free of disease causing organic .substances and inorganic pollutants which may cause health effects This study aims to find out the efficiency of upflow sand filters in treating water of Orontes River in Al-Qusayr and making it suitable for human consumption in terms of turbidity , where a coagulant was used Aluminum Sulphate "alum" and conducting a number of experiments for different filtration speeds(3-4-5-6)m/h , and measuring turbidity after each experiment , and drawing the diagrams that link the turbidity (NTU) and the amount of water (m^3) passing by and treating with the upflow sand filter under study for each filtration speed. It was found that the upflow sand filter is effective in the case of low speed (less than 4m/h) and less effective in case of higher speed than 4m/h.

Key Words:

Back wash, Bio Flow, Contact clarifie, Dosing pump, Expansion, pilote, Rapid Sand Filtration, Turbidity, Upflow.

1- مقدمة (introduction):

ذكر Wegelin [1] أن تقنية الترشيح الخشنة تستخدم في المعالجة الأولية لتحسين جودة المياه الخامية ولتحسين أداء الترشيح الرملي البطيء، بني أكبر فلتر عام 1889 يتسع ل18 إنش من الحجارة المتدرجة و12 إنش من القرميد و18 إنش من الحجارة المتدرجة الحجم إلى حجم البازلاء في القمة [2]، هذا الفلتر أزال مشكلة المعوقات، والغسيل كان ينجز عن طريق تفريغ الفلتر وغسيل السطح بخرطوم إلى أن تنظف أعلى الحصىات، كما بني فلتر ذا جريان صاعد عام 1891 عند بحيرة Storm في lawa لفلتر مياه البحيرة [3]، وكان عبارة عن خمس طبقات 12 إنش من الحصى الخشن في القمة متبوعة بطبقات من الحصى الأصغر والرمل الخشن والفحم والحجارة المكسرة بالتتالي، الغسيل ثابت بعكس اتجاه التدفق خلال طبقات الترشيح.

عرفت النسخة الروسية الفلتر ذا الجريان الصاعد بمروقات التماس (Contact clarifier)، حيث تم اختبار الفلاتر ذات الجريان الصاعد وتطويرها من قبل Minz، واستخدمت لتنقية المياه التي تمتلك عكارة حتى 150mg/l [4,5,6,7]، قبل اجتيازه الفلتر الرملي ذا الجريان الصاعد، يتألف الغسيل من اجتياز الماء خلال الفلتر بنفس الاتجاه ولكن بتدفق أعلى، وبينت نتائج دراسة Rublevsky على وحدة المعالجة في موسكو أن تخثير وتصفية المياه بواسطة المرشح ذا الجريان الصاعد يمكن أن يعطي كفاءة متساوية بفلتر الماء بالتلبد التقليدي والترسيب والترشيح الهابط (من الأعلى إلى الأسفل) [4,8]، كما نشر Lenchevsky واصفاً العمل ضمن مروقات التماس أن التخثير الأولي يبقى ضرورياً على الرغم من أن الفكرة الأساسية هي حذف منشآت المعالجة الأولية [9]، ويمكن أن تنقص المعالجة الأولية كثيراً باستخدام مروقات التماس في المعالجة لعدم وجود حاجة لإنتاج ندف سهلة الاستقرار وجرعات التخثير يمكن أن تنقص بمقدار % (15-30)، ووجد أن مروقات التماس كانت أقل تأثيراً بتغيير معدل التدفق والحرارة مقارنة مع وحدات الترشيح والتخثير التقليدية، وبين Minz أن الرمل المستخدم يجب ألا يحتوي على جزيئات أكبر من 2mm وأصغر من 0.5mm مع قطر وسطي (0.9-1.1)mm وثخانة طبقة الرمل 78 إنش وتتوضع أعلى (14-16) إنش

طبقة الحصى لمنع تمدد سرير الفلتر خلال الترشيح ولإعطاء زمن تشغيل أطول للفلتر، يجب ألا يتجاوز معدل التدفق الصاعد (2.5-2) غالون/د/م²، والغسيل مشابه للذي وصفه بواسطة Lenchevsky، ولاحظ Minz أنه بإزالة منشآت تشكيل الندف الأولية والترسيب ستتناقص متطلبات الفراغ إلى أكثر من النصف وسيتم إنقاص التكلفة الأولية بمقدار % (20-25) [5,7,10]، ولا تستبعد نتائج Diaper و Ives [4] إمكانية أن يكون الترشيح ذا الجريان الصاعد ملائماً للعديد من التطبيقات.

لقد أجريت اختبارات لمرشح ثلاثي الطبقات ذات ترتيب من الأعلى إلى القاعدة:

▪ 13 إنش من (1-1.2)mm انتراسيت.

▪ 14 إنش من (0.85-1)mm رمل.

▪ 13 إنش من (0.7-0.85)mm غرانيت.

تبين أنه من الضروري استخدام هواء مضغوط لتشتيت وسط الترشيح المضغوط قبل مياه الغسيل، وبينت اختبارات وحدة المعالجة التجريبية في Catsfied مع المرشح ذا الجريان الصاعد الذي يحتوي طبقة 6 إنش بقطر من $\frac{1}{4}$ إلى $\frac{3}{8}$ إنش من حبات رملية شاطئية بحجم البازلاء ومدعم بصفائح مثقبة، إزالة المواد الصلبة SS بنسبة 90% و BOD بنسبة 66% [11].

2-هدف البحث (Aim of the research):

دراسة كفاءة المرشح الرملي ذو الجريان الصاعد في معالجة مياه نهر العاصي وجعلها صالحة للاستهلاك البشري باستخدام مخثر كبريتات الألمنيوم (الشبة).

3-مواد وطرق البحث (Research material and methods):

3-1أجزاء محطة المعالجة التجريبية (Parts of the pilot treatment plant):

تتألف محطة المعالجة التجريبية من الأجزاء التالية:

- مضخة المياه.
- مضخة تجريب المواد الكيميائية.
- خزان لحل المخثر.

- المرشح الرملي ويحتوي على:1- صفيحة الفلاتر البلاستيكية المتوضعة بأرضية المرشح الرملي ذا الجريان الصاعد وتحتوي على 23 فلتر.
- 2- طبقتي الترشيح: الطبقة الأولى من رمل وادي قنديل بسماكة 20 cm [13]، مقسمة لثلاثة مجالات متساوية السماكة ذات قطر (أكبر من 2.36mm، ضمن المجال-2.36 2mm، أصغر من 2mm)، أما الطبقة الثانية من الترشيح كانت عبارة عن رمل مصري ناعم بسماكة 80cm وبأقطار 0.7-1.6mm.
- خزاني تجميع المياه المعالجة بحجم 1000ل للخزان الواحد.
- ضاغط الهواء لغسيل المرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد.
- أنابيب وصل من PPR بضاغط تشغيلي PN10 وقطر 32mm.
- صمامي عدم رجوع: الأول وضع قبل دخول المياه والثاني قبل دخول الهواء للمرشح الرملي المختبر.
- مصفاة توضع قبل مضخة المياه لمنع دخول أوراق الأشجار وأكياس النايلون والأشنة إلى المرشح الرملي المختبر.
- مقياس مانومتر لقياس فاقد الضغط.
- والشكل(1-1) يوضح أجزاء المحطة التجريبية.



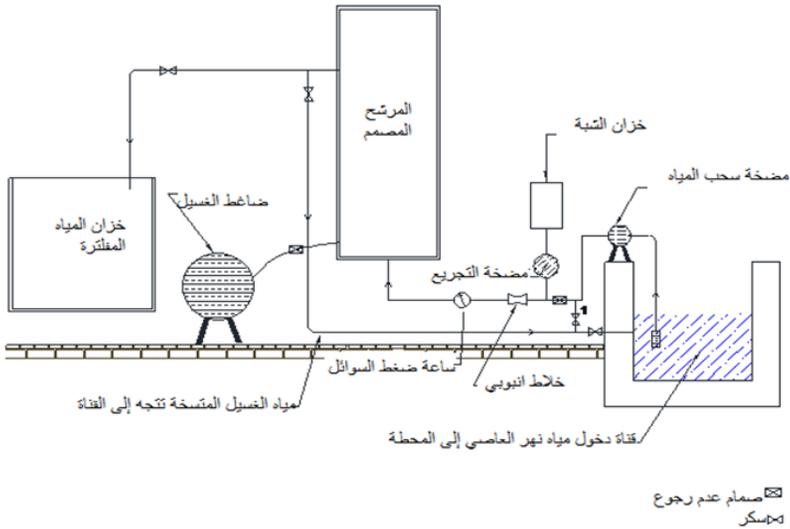
الشكل(1-1): صورة لأجزاء المحطة التجريبية.

3-2 طريقة العمل (The method of work):

- تركيب أجهزة المحطة كافة وفق المخطط التكنولوجي المدروس.
- معايرة مضخة المياه وفق سرعة الترشيح المطلوبة، عن طريق تغيير فتحة سكر "1".

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

- تحديد جرعة المخثر اللازمة وفق سرعة الترشيح المدروسة، ومعايرة مضخة تجريع مادة المخثر وفق الجرعة المطلوبة.
- البدء بالتجارب، حيث يتم سحب مياه نهر العاصي من قناة دخول المياه إلى محطة التصفية بالقصير بواسطة مضخة المياه، وتجرع بمحلول التخثير والذي تم وضعه في خزان حل المخثر بواسطة مضخة التجريع، ثم تمر المياه عبر الخلاط الميكانيكي الأنبوبي ثم تدخل المرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد، وتعتبر الفلاتر البلاستيكية الموجودة بأرضية المرشح ثم طبقات الترشيح ثم إلى خزان التجميع.
- يتم قراءة حجم المياه المعالجة (m^3) بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد والمجمعة في خزان التجميع، وذلك خلال زمن معين (30-60)min وأخذ عينة من هذه المياه لقياس عكارتها (NTU).
- تكرر التجربة كل (30-60)min.
- والشكل (1-2) يوضح سير مراحل المعالجة بالمحطة التجريبية.



الشكل (1-2): مخطط تكنولوجي لسير مراحل معالجة المياه بالمحطة التجريبية.

3-3 المواد الكيميائية المستخدمة في التجارب (Reagents):

المخثر الكيميائي الشبة (Alum): وهي من أرخص المواد المستعملة في التخثير، تعرف باسم كبريتات الألمنيوم المائية صيغتها $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O]$ ووزنها الجزيئي 594 gr/mol تحتوي على 33% من كبريتات الألمنيوم اللامائية وحتى 23% شوائب غير منحلة والوزن الحجمي $Density=850Kg/m^3$ والانحلالية في الماء 60gr/l عند درجة الحرارة $20^\circ C$.

3-4 الاختبارات والقياسات (Test&Reads):

1- التجربة المخبرية (jar test) لتحديد الجرعة المثالية من المخثر: تم إجراء تجربة الجرعة المثالية لمخثر كبريتات الألمنيوم على جهاز (Jar test) في مخبر محطة التنقية بالقصير، والمبين في الشكل (3-1).



الشكل (3-1): جهاز jar test.

تم وضع جرع مختلفة من الشبة $(1-2-3-4-5-6)mg/L$ في الحوجلات الستة المبينة بالشكل (4-1)، ف لوحظ تشكل ندف ميكرونية صغيرة جدا" لأن عكارة المياه الخامية منخفضة حوالي 11.0NTU، وكانت الندف الأفضل في الحوجلات $(3-4)mg/L$ وتم تحديدها بدقة أكثر وكانت $(3.5mg/L)$.



الشكل (1-4): البياض المستخدمة في تجربة Jar test التي تحتوي جرعات مختلفة من كبريتات الألمنيوم.

2- تجربة قياس عكارة المياه (Turbidity): تقاس العكارة بأجهزة قياس العكارة التي تعتمد في عملها مقارنة المياه العكرة مع ماء صاف بأجهزة سبكتروفوتومتر (Spectrophotometr)، والموضح في الشكل (1-5).



الشكل (1-5): جهاز قياس العكارة.

4- نتائج البحث ومناقشتها:

4-1 دورة الترشيح (3m/h):

في المحطة التجريبية تم تثبيت سرعة الترشيح على (3m/hr) علماً أن مساحة سطح المرشح:

$$1 * 0.33 = 0.33m^2$$

من علاقة استمرار التدفق:

$$Q = A * V = 0.33 * 3 = 990l/hr$$

4-1-1 حساب حجم محلول الشبة اللازم:

- جرعة الشبة 3.5mg/l أي أنه: كل 3.5mg شبة تعالج ليترًا واحدًا من المياه المارة

كل X mg شبة تعالج 990l/hr مياه مارة

أي يتم استهلاك شبة خلال ساعة واحدة في محطة الاختبار بمقدار:

$$X = 3.5 * 990 = 3465 \text{mg}$$

نحضر محلول الشبة بـ 20gr من الشبة في ليتر من الماء

أي أن: كل 1ml محلول شبة يحتوي على 20mg شبة

كل Z ml محلول شبة يحتوي على 3465mg شبة/ساعة

أي أن غزارة مضخة التجريع للمحطة التجريبية هي:

$$Z = 3465 * 1/20 = 173.25 \text{ml/hr} = 0.1731/\text{hr}$$

أي كل ساعة نحتاج إلى محلول من الشبة مقداره (0.1731/hr).

4-1-2 نتائج التجربة عند سرعة الترشيح (3m/h):

تم البدء بالتجربة الأولى بتاريخ 17/7/2022، ونظمت النتائج بالجدول (1-1):

الجدول (1-1): نتائج التجربة عند سرعة دورة الترشيح (3m/h)

رقم العينة	التاريخ	عكارة المياه الخامية (NTU)	حجم المياه (L)	عكارة المياه الناتجة عن المعالجة (NTU)	حجم المياه المعالجة تراكمياً (m ³)
1	17/7/2022	10.5	1010	4.7	1.01
2			1010	4.8	2.02
3			1010	4	3.03
4			1020	2.5	4.05
5			19170	1.8	23.22
1	18/7/2022	10.1	980	1.1	24.20
2			950	1.4	25.15
3			910	1.2	26.06
4			910	2.2	26.97
5			910	1.9	27.88
6			39480	2.05	67.36

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرع ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

68.27	2.2	910	10.5	20/7/2022	1
69.12	1.2	850			2
69.95	1.7	830			3
70.77	1.4	820			4
71.59	1.7	820			5
85.37	1.75	13780			6
86.13	1.8	760	10.3	21/7/2022	1
86.83	0.8	700			2
87.56	0.9	730			3
88.31	0.8	750			4
89.05	1.1	740			5
89.80	1.2	750			6
103.65	1.25	13850			7
104.39	1.3	740	10.8	22/7/2022	1
105.10	1.6	715			2
105.75	1.5	650			3
106.36	1.8	610			4
106.99	2.8	630			5
120.27	2.9	13280			6
120.88	3	610	11.4	23/7/2022	1
121.47	2.8	590			2
122.22	1.36	750	10.3	24/7/2022	1
122.91	1	690			2
123.59	0.9	680			3
124.30	1.2	710			4
125.02	1	720			5
137.44	1.1	12420			6

138.13	1.2	690	10.5	25/7/2022	1
138.81	0.9	680			2
139.51	1.2	700			3
140.20	1.1	690			4
140.88	0.8	680			5
141.58	0.9	700			6
154.62	1.25	13040			7
155.41	1.6	790	10	26/7/2022	1
156.17	1.2	760			2
156.95	1.2	780			3
157.67	1.1	720			4
158.39	1.2	720			5
159.13	2.1	740			6
173.45	3.4	14320			7
174.29	4.7	840	10.5	27/7/2022	1
175.11	4.5	820			2
175.93	2.9	820			3
176.69	2.9	760			4
177.47	2.3	780			5
178.25	3.1	780			6
193.04	2.35	14790			7
193.79	1.6	750	11.1	28/7/2022	1
194.50	1.6	710			2
195.21	1.6	710			3
195.94	1.9	730			4
196.66	1.9	720			5
245.41	1.9	48750			6

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرع ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

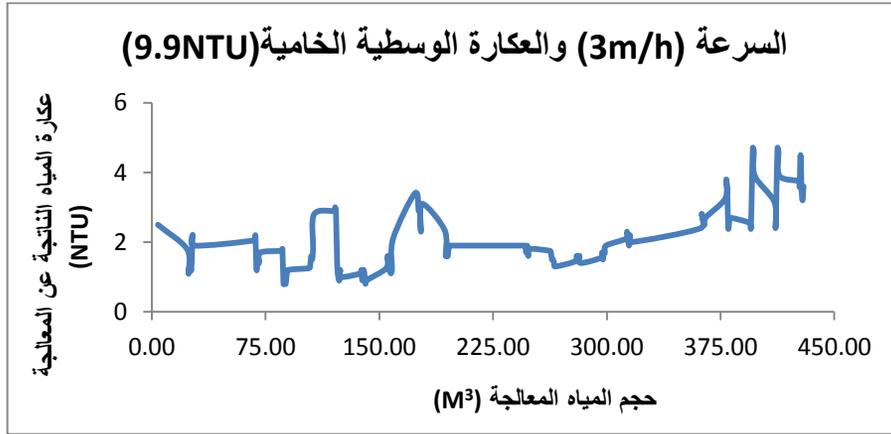
246.15	1.9	740	10.5	31/7/2022	1
246.88	1.7	730			2
247.59	1.9	710			3
248.31	1.6	720			4
249.03	1.8	720			5
262.44	1.75	13410			6
263.15	1.7	710	10.8	1/8/2022	1
263.84	1.5	690			2
264.54	1.5	700			3
265.24	1.4	700			4
265.94	1.3	700			5
279.32	1.45	13380			6
280.02	1.6	700	10.5	2/8/2022	1
280.70	1.5	680			2
281.39	1.6	690			3
282.08	1.6	690			4
282.77	1.4	690			5
296.07	1.55	13300			6
296.77	1.7	700	10.6	3/8/2022	1
297.45	1.5	680			2
298.13	1.7	680			3
298.80	1.7	670			4
299.48	1.9	680			5
312.61	2.1	13130			6
313.30	2.3	690	10.5	4/8/2022	1
313.98	2.1	680			2
314.65	1.9	670			3

315.33	2.2	680			4
316.01	2	680			5
361.75	2.4	45740			6
362.44	2.8	690	9.2	7/8/2022	1
363.11	2.7	670			2
363.78	2.5	670			3
364.44	2.5	660			4
365.11	2.7	670			5
378.03	3.25	12920			6
378.72	3.8	690	9.5	8/8/2022	1
379.39	3.5	670			2
380.07	2.4	680			3
380.73	2.6	660			4
381.40	2.7	670			5
394.26	2.55	12860			6
394.94	2.4	680	9.8	9/8/2022	1
395.61	3.5	670			2
396.27	4.7	660			3
396.94	4.6	670			4
397.61	3.9	670			5
410.52	3.15	12910			6
411.20	2.4	680	9.7	10/8/2022	1
411.87	3.5	670			2
412.53	4.7	660			3
413.20	4.6	670			4
413.87	3.9	670			5
426.40	3.75	12530			6

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

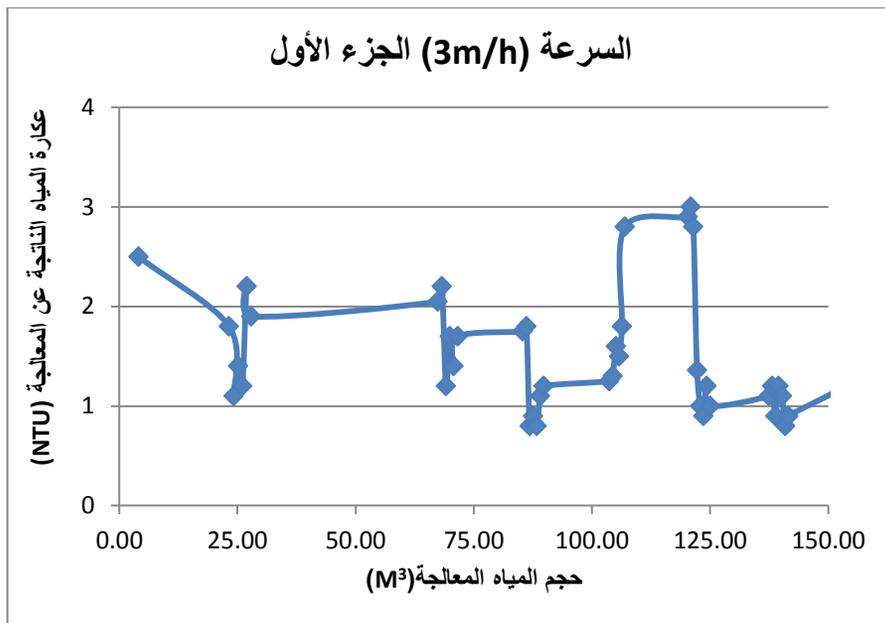
427.07	3.6	670	10.5	11/8/2022	1
427.72	4.5	650			2
428.39	3.5	670			3
429.03	3.2	640			4
429.67	3.6	640			5
461.94	5.15	32270			6
462.80	6.7	860	9.8	13/8/2022	1

ثم تم تمثيل العلاقة بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعاورة المياه الناتجة عن المعالجة (NTU) بيانياً، كما هو موضح على الشكل (1-6).

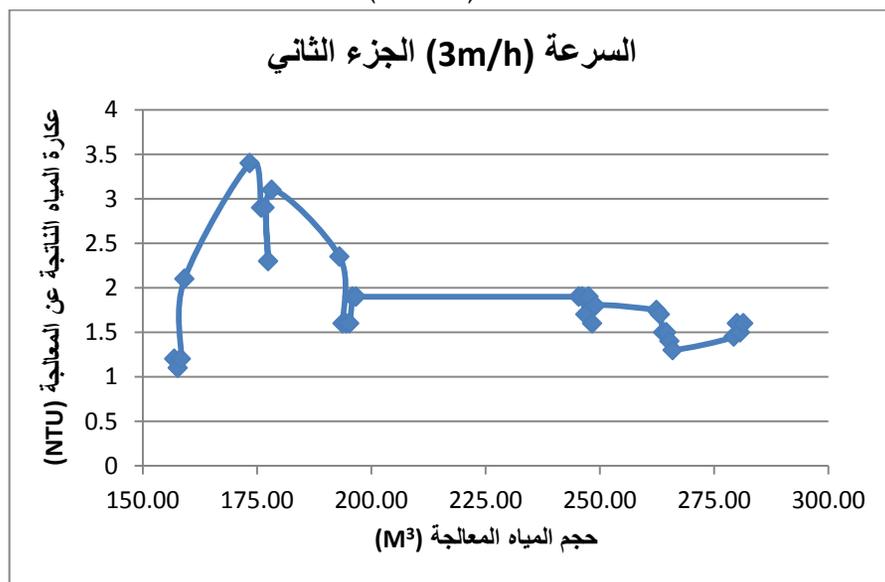


الشكل (1-6): المخطط البياني بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعاورة المياه (NTU) عند سرعة الترشيح (3m/h)

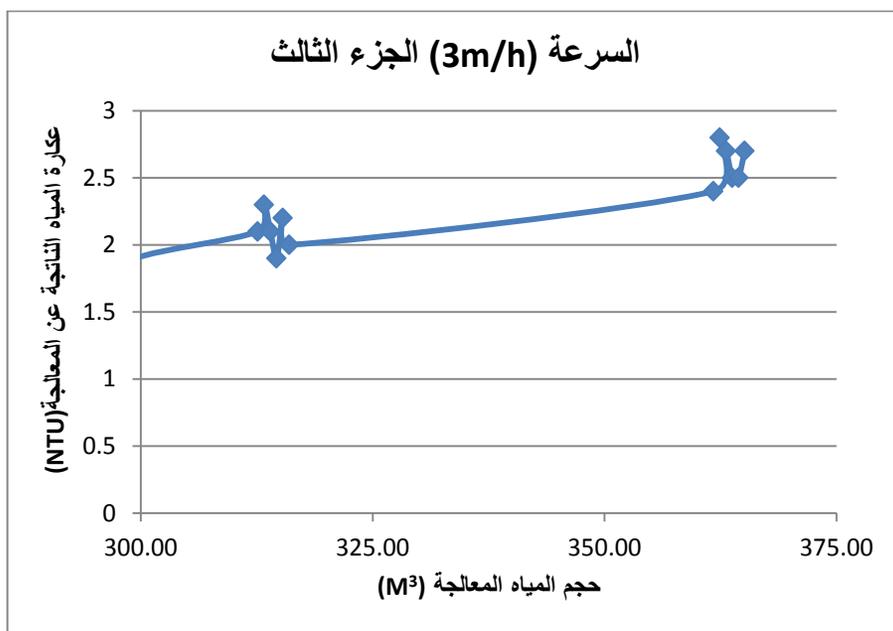
تمت تجزئة المخطط البياني الذي يربط بين حجم المياه المعالجة (m^3) والعاورة (NTU) للمياه الناتجة عن المعالجة إلى عدة أجزاء، بغية إظهار البيانات واضحة على المخطط فكانت الأشكال (1-6-1)، (2-6-1)، (3-6-1)، (4-6-1) التالية:



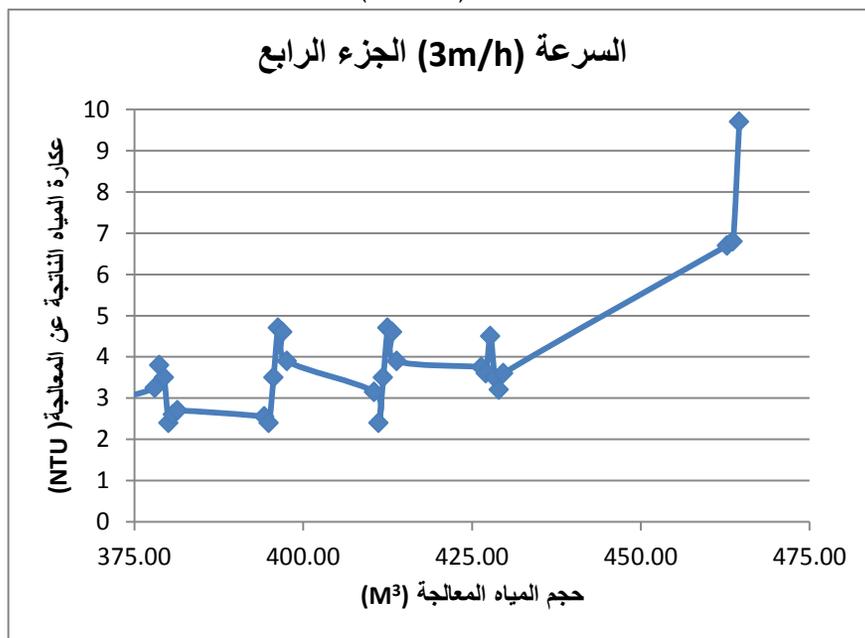
الشكل (1-6-1)



الشكل (2-6-1)



الشكل (3-6-1)



الشكل (4-6-1)

وكان حجم المياه المعالجة بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد والموافق لدورة الترشيح (3m/h) حوالي (447m³).

4-1-3 غسيل المرشح:

تم إحداث خلخلة بالهواء إلى الأعلى بشدة 3.3l/sec لمدة 2min، ثم ضخ الماء والهواء بنفس الشدة للهواء وللماء بشدة 5m³/h.m² ولمدة 10 min، ثم ضخ المياه بنفس الشدة 5m³/h.m² حتى يصبح الماء الناتج عن الغسيل رائقاً.



الشكل (7-1): صور للمرشح خلال مراحل عملية الغسيل

4-2 دورة الترشيح (4m/h):

غزارة مضخة التجريب للمحطة التجريبية (عند سرعة الترشيح 4m/h) = 0.222l/hr. ونظمت نتائج التجربة عند دورة سرعة الترشيح (4m/h) في الجدول (2-1) كالتالي:
الجدول (2-1): نتائج التجربة عند دورة سرعة الترشيح (4m/h)

رقم العينة	التاريخ	العكارة الخامية (NTU)	حجم المياه (L)	العكارة الناتجة (NTU)	حجم المياه المعالجة تراكمياً (m ³)
1	11/5/2022	11.5	680	3	0.68
2			680	2.3	1.36
3			680	1.6	2.04
4			680	1.6	2.72
5			680	1.7	3.40
6			680	2	4.08

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

4.76	1.7	680			7
5.43	2.3	670			8
6.12	2.1	685			9
6.76	2.2	640			10
30.09	1.55	23330			11
30.70	0.9	610	12.7	12/5/202	1
31.36	1.2	660			2
32.00	0.9	640			3
32.62	1.2	620			4
33.23	1.1	610			5
33.81	1	580			6
34.39	1.3	580			7
35.00	1.5	610			8
35.60	1.4	600			9
36.20	1.6	600			10
87.60	1.95	51400			11
88.20	2.3	600	16	14/5/2022	1
88.81	3.3	610			2
89.41	4	600			3
90.03	3.5	620			4
90.64	2.4	610			5
114.93	2.05	24290			6
115.51	1.7	580	13	15/5/202	1
116.09	2.4	580			2
116.63	1.8	540			3
117.15	1.9	520			4
117.77	1.7	620			5

118.39	1.9	615			6
118.99	2.1	600			7
119.60	2.2	610			8
144.39	2	24790			9
144.97	1.8	580	11.5	16/5/2022	1
145.54	1.5	570			2
146.11	1.3	570			3
146.68	1.3	570			4
147.25	1.7	570			5
147.82	1.9	570			6
148.39	2.1	570			7
148.96	2.2	570			8
149.53	2.2	570			9
150.10	2.2	570			10
150.65	2.9	550			11
171.74	3.6	21090			12
172.30	4.3	560	13	17/5/2022	1
172.84	4.84	540			2
173.41	4.6	565			3
177.91	3.05	4500			
178.14	1.5	230			4
178.57	4.05	425			5
178.94	3.86	370			6
179.28	3.04	340			7
188.27	2.915	8990	8		
188.69	2.79	420	11.2	18/5/2022	1
189.20	2.58	514			2

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

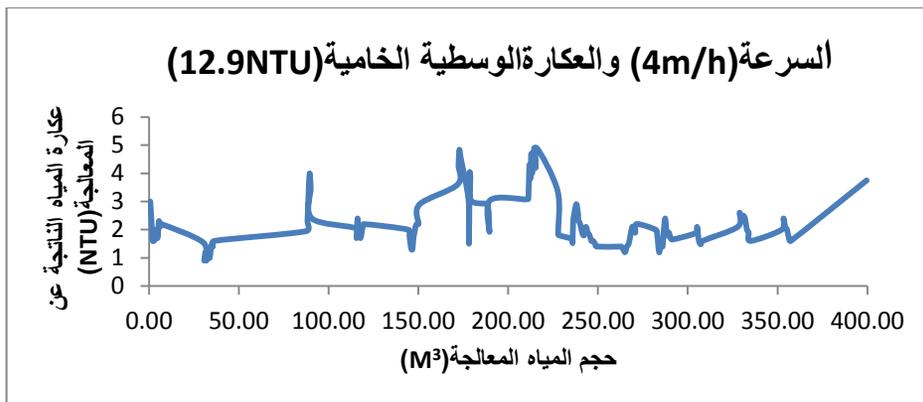
189.57	1.92	370			3
189.98	3.05	410			4
210.21	3.075	20230			5
210.73	3.1	520	12.5	19/5/2022	1
211.25	3.1	520			2
211.79	4.3	540			3
212.32	3.8	530			4
212.83	4.7	510			5
213.32	4	490			6
213.83	4.5	510			7
214.63	4.9	800			8
215.34	4.2	710			9
215.87	4.9	530			10
227.55	3.375	11680			
227.77	1.85	220	14.2	20/5/2022	1
228.19	1.8	420			2
235.53	1.67	7340			3
235.82	1.54	290	12.8	21/5/2022	1
236.20	2.3	380			2
237.16	2.7	960			3
238.08	2.9	920			4
239.02	2.5	940			5
259.95	2.35	20930			6
261.02	2.2	1070	11.7	22/5/2022	1
262.09	1.9	1070			2
263.12	1.8	1030			3
264.17	2.1	1050			4

265.22	1.9	1050			5
266.26	1.8	1040			6
267.27	1.6	1010			7
268.28	1.6	1010			8
269.28	1.5	1000			9
270.28	1.4	1000			10
282.99	1.4	12710			11
284.01	1.4	1020	15	23/5/202	1
285.03	1.3	1020			2
286.05	1.2	1020			3
287.05	1.4	1000			4
288.05	1.5	1000			5
289.01	1.8	960			6
289.99	2.1	980			7
290.91	2	920			8
291.75	1.9	840			9
292.50	2.2	750			10
302.92	2	10420			11
303.93	1.8	1010	13.7	24/5/2022	1
304.98	1.2	1050			2
306.01	1.5	1030			3
306.94	1.4	930			4
307.34	1.8	400			5
308.35	2.4	1010			6
309.35	1.8	1000			7
310.37	1.9	1020			8
311.38	1.7	1010			9

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

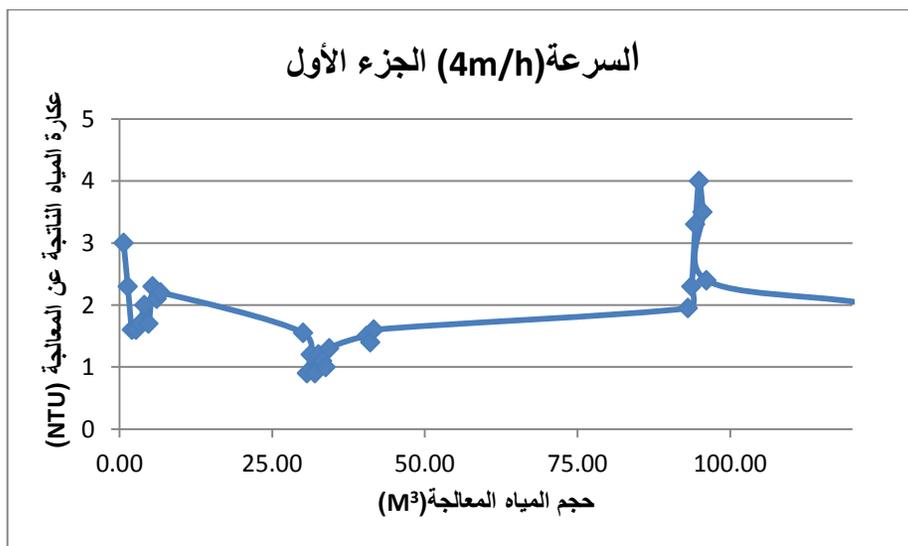
312.38	1.65	1000			10
325.11	1.875	12730			11
326.12	2.1	1010	13	25/5/2022	1
327.13	1.6	1010			2
328.15	1.48	1020			3
329.14	1.6	990			4
348.75	2.1	19610			5
349.78	2.6	1030			12.1
350.79	2.4	1010	2		
351.81	2.5	1020	3		
352.83	2.4	1020	4		
353.86	2	1030	5		
354.87	1.9	1010	6		
355.88	1.6	1010	7		
373.21	2	17330	8		
374.20	2.4	990	12.8	27/5/2022	1
375.21	2.1	1010			2
376.23	2	1020			3
377.26	1.7	1030			4
378.27	1.6	1010			5
420.55	3.75	42.280			6
421.54	5.9	990	12.2	29/5/2022	1

ثم تم تمثيل العلاقة بين حجم المياه المعالجة (m^3) والعبارة (NTU) للمياه الناتجة عن المعالجة بيانياً، فتم الحصول على المخطط المبين بالشكل (1-8) التالي:

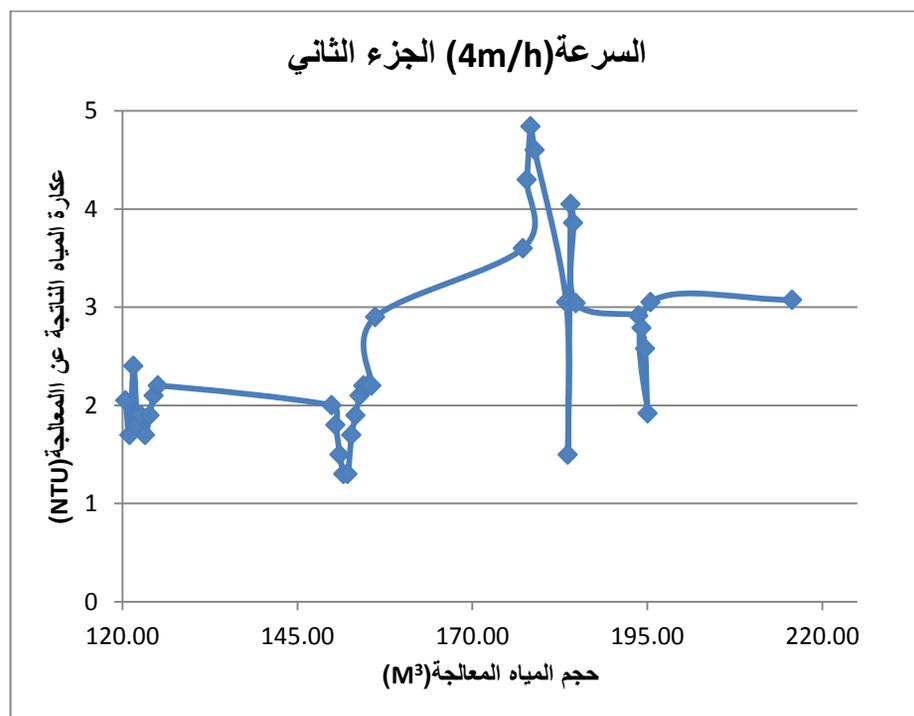


الشكل (1-8): المخطط البياني بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعكارة المياه (NTU) عند سرعة الترشيح (4m/h).

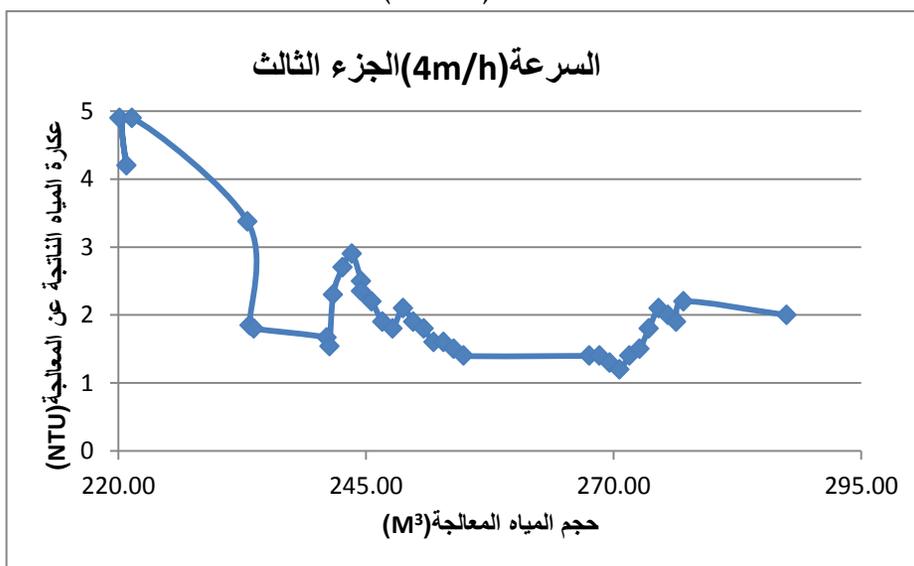
تمت تجزئة المخطط البياني الذي يربط بين حجم المياه المعالجة (m^3) والعكارة (NTU) للمياه الناتجة عن المعالجة إلى عدة أجزاء، بغية إظهار البيانات واضحة على المخطط فكانت المخططات المبينة بالأشكال (1-8-1)، (2-8-1)، (3-8-1)، (4-8-1) كمايلي:



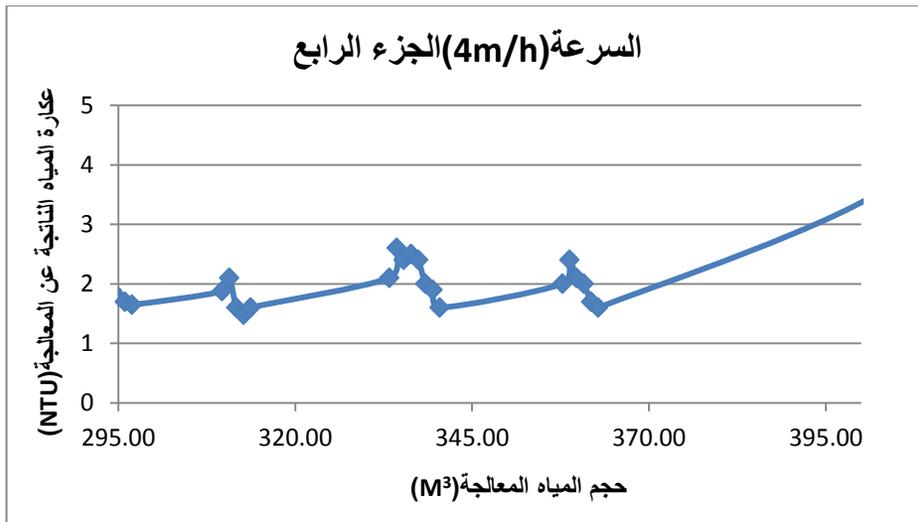
الشكل (1-8-1)



الشكل (1-8-2)



الشكل (1-8-3)



الشكل (4-8-1)

وكان حجم المياه المعالجة بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد والموافق لدورة الترشيح (4m/h) حوالي 421m³.

3-4 دورة الترشيح (5m/h):

غزارة مضخة التجريب للمحطة التجريبية (عند سرعة الترشيح 5m/h) = 0.288l/hr.

نظمت نتائج التجربة عند دورة سرعة الترشيح (5m/h) في الجدول (3-1) كالتالي:

الجدول (3-1): نتائج التجربة عند دورة سرعة الترشيح (5m/h)

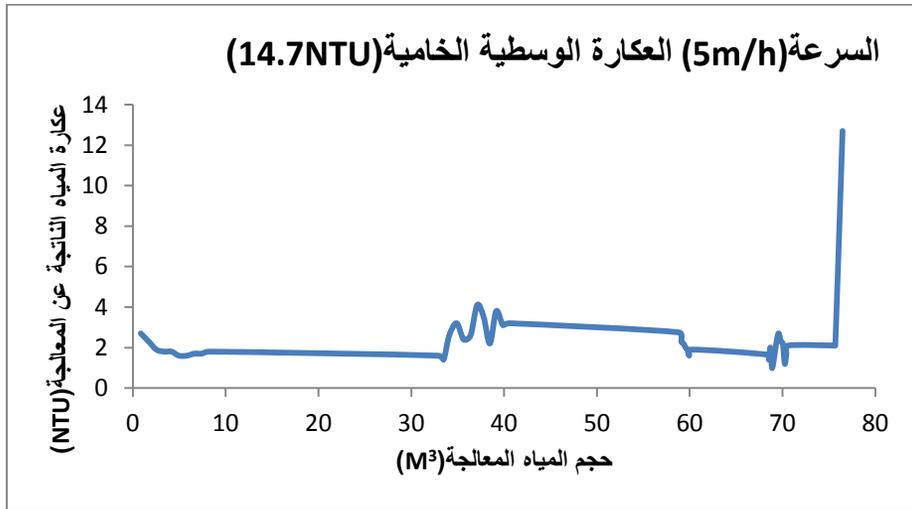
حجم المياه المعالجة تراكمياً" (M ³)	عكارة المياه الناتجة عن المعالجة (NTU)	حجم المياه (L)	عكارة المياه الخامية (NTU)	التاريخ	رقم العينة
0.85	2.7	850	14.5	23/2/2022	1
1.7	2.3	850			2
2.53	1.9	830			3
3.36	1.8	830			4
4.16	1.8	800			5
4.96	1.6	800			6
5.79	1.6	830			7
6.63	1.7	840			8

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

7.45	1.7	820			9
8.25	1.8	800			10
32.91	1.6	24660			11
33.48	1.4	570	13.8	24/2/2022	1
34.09	2.6	610			2
34.89	3.2	800			3
35.64	2.4	750			4
36.39	2.6	750			5
37.1	4.1	710			6
37.8	3.5	700			7
38.47	2.2	670			8
39.15	3.8	680			9
39.88	3.1	730			10
40.6	3.2	720			11
58.84	2.75	18240			12
59.08	2.3	240	16.8	25/2/2022	1
59.32	2.2	240			2
59.56	2	240			3
59.75	1.9	185			4
59.95	1.6	200			5
60.16	1.9	210			6
68.35	1.65	8190			7
68.53	1.4	180	14.3	26/2/2022	1
68.7	2	170			2
68.87	1	170			3
69.04	1.3	170			4
69.33	2.2	290			5

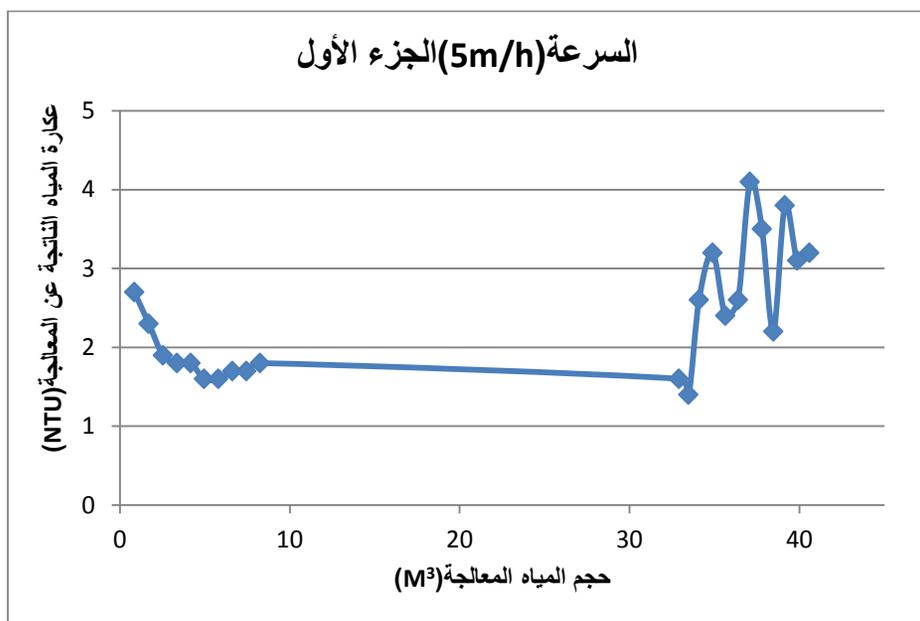
69.58	2.7	250			6
69.84	2.3	260			7
70.04	2.2	200			8
70.25	1.2	210			9
70.43	1.7	180			10
70.61	2.1	180			11
75.61	2.1	5000			12
75.69	2.1	80	14.3	27/2/2022	1
76.47	12.7	780			2

ثم تم تمثيل العلاقة بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعاكارة الناتجة عن المعالجة (NTU) بيانياً، فتم الحصول على المخطط المبين بالشكل (1-9) التالي:

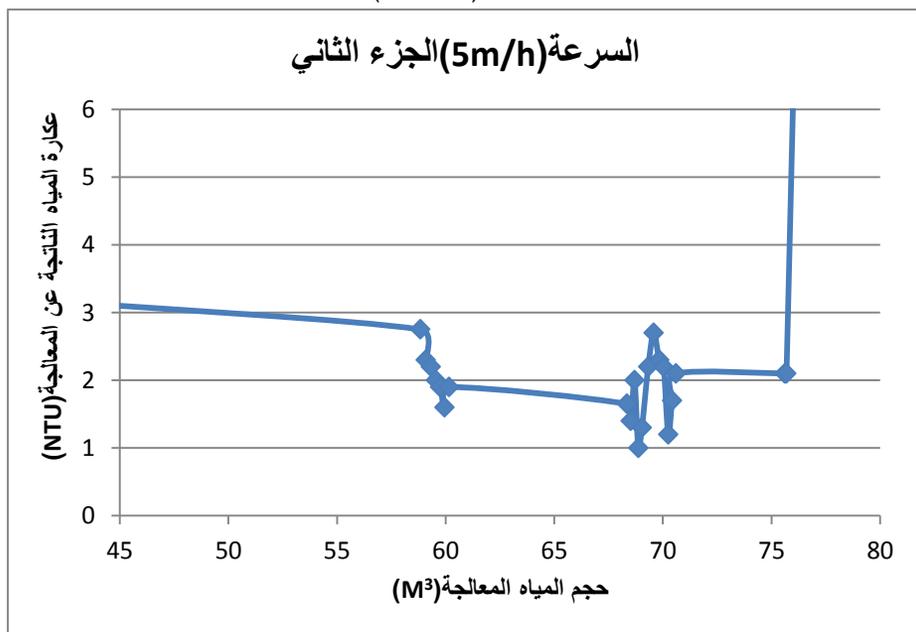


الشكل (1-9): المخطط البياني بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعاكارة المياه (NTU) عند سرعة الترشيح (5m/h)

تمت تجزئة المخطط البياني الذي يربط بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعاكارة (NTU) للمياه الناتجة عن المعالجة إلى عدة أجزاء بغية إظهار البيانات واضحة على المخطط فكانت المخططات المبينة بالشكلين (1-9-1)، (2-9-1) كما يلي:



الشكل (1-9-1)



الشكل (2-9-1)

وكان حجم المياه المعالجة بالمرشح الرملي قيد الدراسة والموافق لدورة الترشيح (5m/h) حوالي (76m³).

4-4 دورة الترشيح (6m/h):

غزارة مضخة التجريب للمحطة التجريبية (عند سرعة الترشيح 6m/h) = 0.346l/hr.

نظمت نتائج التجربة عند دورة سرعة الترشيح (6m/h) في الجدول (4-1) كالتالي:

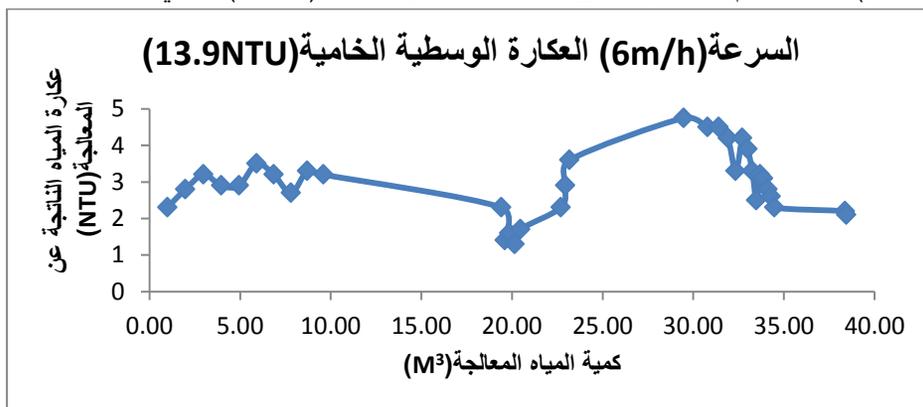
الجدول (4-1): نتائج التجربة عند دورة سرعة الترشيح (6m/h)

رقم العينة	التاريخ	عكارة المياه الخامية (NTU)	حجم المياه (L)	عكارة المياه الناتجة عن المعالجة (NTU)	حجم المياه المعالجة (m ³) تراكمياً
1	10/4/2022	12.7	990	2.3	0.99
2			990	2.8	1.98
3			1000	3.2	2.98
4			980	2.9	3.96
5			980	2.9	4.94
6			970	3.5	5.91
7			950	3.2	6.86
8			950	2.7	7.81
9			900	3.3	8.71
10			890	3.2	9.60
11			9810	2.3	19.41
1	11/4/2022	15.5	200	1.4	19.61
2			240	1.6	19.85
3			300	1.3	20.15
4			310	1.7	20.46
5			250	2.9	22.95
6			220	3.6	23.17
7			6310	4.75	29.48
1	12/4/2022	14	750	5.9	30.23

دراسة كفاءة معالجة المياه بكبريتات الألمنيوم عند سرعة ترشيح مختلفة في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

30.80	4.5	570			2
31.42	4.5	620			3
31.92	4.2	500			4
32.35	3.3	430			5
32.72	4.2	370			6
33.01	3.9	290			7
33.26	3.3	250			8
33.49	2.5	230			9
33.70	3.2	210			10
33.87	3.1	170			11
34.11	2.8	240			12
34.30	2.6	190			13
34.48	2.3	180			14
38.38	2.2	3900			15
38.46	2.1	80	12	13/4/2022	1

ثم تم تمثيل العلاقة بين حجم المياه المعالجة (m^3) والعاورة الناتجة عن المعالجة (NTU) بيانياً، فتم الحصول على المخطط المبين بالشكل (1-10) التالي:



الشكل (1-10): المخطط البياني بين حجم المياه المعالجة (m^3) وعاورة المياه (NTU) عند سرعة الترشيح (6m/h)

وكان حجم المياه المعالجة بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد والموافق لدورة الترشيح (6m/h) حوالي (39m³).

5- نتائج البحث والمقترحات والتوصيات:

5-1 نتائج البحث:

لوحظ من خلال نتائج التجارب التي تم الحصول عليها مايلي:

1- دورة الترشيح القليلة (3m/h) للمياه ذات العكارة الوسطية (1NTU) وبجرعة

مختر من كبريتات الألمنيوم (3.5g/m³) في المرشحات الرملية ذات الجريان

الصاعد أعطت نتائج ممتازة من ناحية مواصفات المياه الناتجة، وحجم المياه

المعالجة ما بين غسيلين للفلتر إذ بلغت (447m³) مياه / (0.33m³) رمل.

2- دورة سرعة الترشيح الوسطية (4m/h) وبنفس الجرعة السابقة من المختر

أعطت إنتاجية أقل من السرعة (3m/h) وبنسبة 6% بحجم المياه المعالجة،

وبقيت مواصفات المياه الناتجة مشابهة للأولى.

3- دورة سرعة الترشيح الوسطية (5m/h) وبنفس الجرعة السابقة من المختر

أعطت إنتاجية أقل من السرعة (3m/h) وبنسبة (83%) بحجم المياه

المعالجة، وبقيت مواصفات المياه الناتجة مشابهة للأولى.

4- دورة سرعة الترشيح العالية (6m/h) وبنفس الجرعة السابقة من المختر أعطت

إنتاجية قليلة جدا" بالمقارنة مع السرعة (3m/h) وبنسبة (91%) بحجم المياه

المعالجة، وبقيت مواصفات المياه الناتجة مشابهة للأولى.

5- السرعة المثلى لمعالجة المياه ذات المواصفات السابقة في المرشحات الرملية

ذات الجريان الصاعد هي (3m/h)، وبذلك تعطي أفضلية اقتصادية من خلال

الاستغناء عن الخلطات وحجرات تشكل الندف والمرسبات في محطات التنقية

التقليدية.

5-2 المقترحات والتوصيات:

- 1- نقترح أن يتم تنفيذ هكذا تكنولوجيا (مروقات التماس ذات الجريان الصاعد) في محطات معالجة مياه الشرب ذات المواصفات الخامية للمياه المشابهة لمواصفات مياه نهر العاصي، وبسرعة ترشيح نحو الأعلى (3m/h) وبجرعة مخثر من كبريتات الألمنيوم (3.5g/m^3).
- 2- تتصح الدراسة بأن تكون هناك أبحاثاً مستقبلية على ارتفاعات أكثر لسرير الترشيح للحصول على سرعة الترشيح الاقتصادية المناسبة.
- 3- تتصح الدراسة بأن تكون هناك أبحاثاً مستقبلية على كفاءة استخدام مساعدات التخثير بالإضافة إلى المخثرات.
- 4- كما تتصح الدراسة بمتابعة مثل هذا البحث لمواصفات مياه خامية مغايرة لمياه نهر العاصي وإعطاء النتائج العملية والعلمية الموافقة.

المراجع العلمية

- 1- Wegelin M (1996) 'Surface Water Treatment by Roughing Filters a Design, Construction And Operation Manual' Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (EAWAG) and Department Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC), Switzerland
- 2.. Anon. The Pawtucket, R.I., Water- Works. Eng. News, 21 :493 (Jun. 1889).
3. Anon. Filter Bed at Storm Lake, Ia. Eng. News, 26:519 (Nov. 1891)
4. Calise, V. J. & Homer, W. A. Russian Water Supply and Treatment Practices. J. San. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Engrs., 86:1 (Mar. 1960).
5. Calise, V. J. & Homer, W. A. Russian Water Supply and Treatment Practices. J. San. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Engrs., 86:1 (Mar. 1960).
6. Anon. Testing Contact Clarifiers. Zhilishchno-Kommunal. Khoz., (Rus.), 3:31 (Sep. 1963).
7. Lenchevsky, O. Some Recent Trends in Water Treatment in the U.S.S.R. Effluent and Water Treatment Journal, 1:167 (Oct. 1961).

8. Blioch, S. S. ; Perlina, A. M.; & Kozlova, N. L. Observations on the Results of a New Method for Purifying Drinking Water – The Contact Clarifier. *Gigiena i Sanitariva.*, (Rus.), 22:70 (Jan. 1957).
9. Diaper, E. W. J. & Ives, K. J. Filtration Through Size-Graded Media. *J. San. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Engrs .*, 91 :89 (Jun. 1965).
- 10 Anon. The Dutch Immedium Filter; Operating on the Upward Flow Principle. *Water and Water Eng.*, 62:217 (May 1958).
11. Anon. English Tests on Upflow Clarifier for Tertiary Treatment of Sewage. *Public Works*, 96:68 (Apr. 1965).
12. الكود السوري.
- 13.2018-2017 درغام الهندسة البيئية/1- منشورات جامعة البعث السلوم ،

دراسة آلية انهيار البلاطات البيتونية المسلحة المفرغة العاملة باتجاه واحد باستخدام حصويات معاد تدويره

اعداد المهندس وسام الديب كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

اشراف الدكتور المهندس عصام ملحم

ملخص البحث:

يتناول البحث دراسة تجريبية حول تأثير استخدام الركام المعاد تدويره (خشن + ناعم) من الأبنية المحطمة كبديل أو متمم عن الركام الطبيعي بنسب مختلفة (0-25-50-75-100)% والمستخدم في صب بلاطات بيتونية عاملة باتجاه واحد (هوردي) وتأثيره على آلية الانهيار.

تم اختبار 15 بلاطة بيتونية مفرغة مسلحة مصبوبة باستخدام حصويات طبيعية وأخرى معاد تدويرها بنسب استبدال مختلفة (0-25-50-75-100)% ومن أجل كل نسبة استبدال تم اختبار 3 بلاطات.

إن الهدف من العمل التحقيق في تأثير استبدال المواد المعاد تدويرها على آلية الانهيار . وكانت قوى التحمل القصوى للبلاطات للعينات ذات نسب الاستبدال 25 % وصلت وسطيا KN(151.76) وبنسبة 104% نسبة للعينات المرجعية. تلتها العينات ذات نسب الاستبدال 50 % بقيمة وسطية

KN (127.7) وبنسبة 87.54 % نسبة للعينات المرجعية و العينات ذات نسب الاستبدال 75 % أعطت قيم أقل وصلت وسطيا KN(100.4) وبنسبة 68.8 % نسبة للعينات المرجعية وكانت النتائج الخاصة بالعينات ذات نسب الاستبدال 100% أعلى نسبيا من مثيلاتها ذات نسب الاستبدال 75% وصلت وسطيا KN(108.6) وبنسبة

74.5 % نسبة للعينات المرجعية.

من ما تقدم وبالمقارنات فيما يخص القوى والسهوم تبين أنه في حال استخدام البيتون المصبوب من ركام معاد تدويره وينسب استبدال (25-50-75-100)% وبالمقارنة مع العينات المرجعية المصبوبة من ركام طبيعي فإن قيم السهوم تكون متقاربة نوعاً ما وذلك حتى 70% من قيم التحميل العظمى في حين أبدت العينات ذات نسب الاستبدال 100 % قيم أكبر عند الانهيار وصلت بشكل تقريبي عند الحمولة (100)K.N حتى 200 % من قيمة السهم بالعينات الأخرى.

كما أنه ومن خلال ملاحظة أشكال الانهيار لكافة البلاطات نلاحظ أن معظم الانهيار كان ضمن منطقة القص بالقرب من المساند. ويمكن القول أنه يمكن استخدام الركام المعاد تدويره وفقاً لنسب الاستبدال (25-50-75-100)% وبشكل آمن وذلك وفقاً للتدرج الحبي ووفقاً للأوزان المعتمدة في تصميم الخلطة البيتونية المبينة في البحث في حين أعطت العينات ذات نسب الاستبدال 75-100 % قيم أعلى فيما يخص السهوم وقيم أقل للحمولات ويمكن استخدامها بشكل محدود وفقاً لنوع المنشأ.

الكلمات المفتاحية : بيتون مسلح، الركام المعاد تدويره، قدرة التحمل، حمولة سهم، قابلية التشغيل

Experimental study to determine the impact of recycled aggregates on the collapse mechanism of one-way reinforced concrete hollow slabs.

summary of the research:

Abstract. The main aim of this study is to determine the impact of rough and soft recycled aggregates from demolished buildings on the flexural behavior and, in particular, of one-way reinforced concrete hollow slabs and its effect on the collapse mechanism.

15 reinforced concrete hollow slabs cast using natural and recycled aggregates were tested with different replacement percentages (0-25-50-75-100) and for every ratio, three slabs were tested.

The aim of this work is to investigate the effect of substituting recycled materials on the collapse mechanism.

With regard to the maximum bearing strength of the hollow slabs, the samples with replacement rates of 25% showed the highest resistance, reaching an average of 151.76 (KN) at a rate of 104% relative to the reference samples.

Then samples with replacement rates of 50% has an average value of resistance of 127.7 (KN) with a rate of 87.54% for the reference samples. As for the samples with a replacement rate of 75%, they gave lower values, reaching an average of (100.4 KN) with a rate of 68.8% for the reference samples. The results for the samples with a replacement rate of 100% were relatively higher than their counterparts with a replacement rate of 75%. On average (108.6 KN), with a rate of 74.5% for the reference samples.

Through the foregoing and comparisons with regard to forces and deflection, results showed that in the case of using concrete cast from recycled aggregates with replacement rates (25-50-75-100)%

and compared with reference samples cast from natural aggregates, the deflection values are somewhat close, up to 70 % of the maximum load values, while the samples with replacement ratios of 100% showed greater values at the collapse and reached approximately at the load (100) K.N up to 200% of the share value in the other samples.

Also, by observing the forms of collapse for all slabs, we notice that most of the collapse was within the shear area near the supports.

It can be said that recycled aggregates can be used according to the replacement proportions %(100-75-50-25) and in a safe manner, according to the grain gradient and according to the approved weights in the design of the concrete mixture shown in the research, while the samples with replacement ratios of 75-100% gave higher values in deflections and lower values for loads and can be used in a limited way according to the type of building .

Keywords: Reinforced concrete, Recycled aggregates, Bearing capacity, Load-deflection, workability.

1- مقدمة البحث :

بدأت دراسة مواصفات الركام المعاد تدويره و الخصائص الأساسية لركام البيتون منذ سنوات قليلة، مما جعل العديد من البلدان تبدأ بوضع معايير أو توصيات للبدء باستخدامها.

نجري في وقتنا العديد من الأبحاث على المواد المدورة وتلك الأبحاث تتطلب دراسة الخواص الفيزيائية و الميكانيكية الأساسية.

من الخصائص الرئيسية للبيتون المحضر من الحصىات المدورة : المقاومة المنخفضة و معامل المرونة المنخفض و القدرة الكبيرة على الزحف و الانكماش و الالتصاق الضعيف نسبيا (مقارنة مع البيتون العادي) مع المونة الإسمنتية مما يضعف مقاومة البيتون على الشد وقابلية التشغيل السيئة.

ويوضح الشكل (1) نمودجا للأبنية المتضررة.



الشكل (1) الأبنية المدمرة في بعض المناطق السورية

2- مشكلة ومبررات البحث:

يتطلب وضعنا العمل لإيجاد حل علمي واقتصادي لاستثمار الكم الهائل من الركام الذي ظهر من خلال الأزمة التي تعرضت لها البلاد طالت معظم المناطق ونتج عنها تهديم عدد كبير من المباني وأفضل طرق علاج لهذا الوضع إعادة تدوير الركام، و يهدف هذا البحث لدراسة تأثير الركام المعاد تدويره كبديل جزئي أو كلي عن الركام الطبيعي على خواص البيتون المصنع به وتأثير آلية انهيار البلاطات المفرغة المسلحة العاملة باتجاه واحد .

3- الدراسات المرجعية:

فيما يلي بعض النتائج التي تم الحصول عليها من بعض الدراسات حول الركام المعاد تدويره:

- انخفضت مقاومة القص بنسبة (11-19%) للجوائز ذات نسبة استبدال ركام خشن و ناعم معاد تدويره بمقدار 30% .
- وعندما استبدل كامل الركام الطبيعي بركام معاد تدويره بنسبة استبدال 100% انخفضت مقاومة القص للجوائز بمقدار 11% .
- أظهرت الجوائز البيتونية المسلحة ببيتون ركام معاد تدويره سلوكاً للقص مماثل للجوائز البيتونية من ركام طبيعي من حيث استجابة السهم للحمولة.
- و انهارت العينات في وضع انهيار القص التقليدي نتيجة لكسرها بشكل قص قطري رئيسي وتفتت البيتون تحت تأثير الحمولات، و حدث الانهيار قرب المساند [1].
- أكدت الدراسات المرجعية عدم استخدام الركام الناعم المعاد تدويره بسبب امتصاصه العالي للماء [2]، بينما أعطت دراسات اخرى مجالاً للاستخدام بنسبة منخفضة تتراوح من (10-30)% من وزن الرمل الكلي [3].

- أكدت دراسات اخرى إمكانية استخدام الركام المعاد تدويره بنسبة 20% لجميع أعمال البناء حيث أجريت التجارب على 125 خلطة بنسب مختلفة للركام المعاد تدويره وأجريت تجارب اخرى لتحديد مقاومتها على الانعطاف ومعامل المرونة والامتصاص والتجمد والذوبان[4].
- أجريت دراسات اخرى على السلوك الميكانيكي والخواص المرنة باستخدام خلطات بنسبة استبدال 30% وباستخدام ملدن لزيادة قابلية التشغيل وباستخدام نسبة w/c بين (0.4-0.6) وتوصلت إلى مقاومة مكعبية تصل إلى 32MPa ولكن بمعامل مرونة أخفض بحوالي 16% من الخلطة بركام طبيعي [5] .
- توصلت أبحاث اخرى إلى أنه عند استبدال الركام الطبيعي بالركام المعاد تدويره بنسبة 100% تتخفض مقاومة الضغط حتى 40% وينخفض معامل المرونة حوالي 45%[6].
- أجريت دراسات اخرى على خلطات بيتونية بنسب استبدال (15-30-50)% وتوصلت إلى أن المقاومة تتخفض بزيادة نسبة الاستبدال للركام المعاد تدويره حيث انخفضت بنسب (25-23-26)% في المقاومة على الضغط عن العينات المرجعية[7].
- بعض الباحثين اختبروا الركام المعاد تدويره في الحموض الكيميائية كحمض كلور الماء وحمض الكبريت وحمض الفوسفور بتركيز 0.1 مول بهدف إزالة المونة الاسمنتية الملتصقة بالركام، وهذا أدى إلى تقليل نسبة الامتصاص بحوالي (7.27-12.17)% وأعطى ترابطاً أقوى في المنطقة الانتقالية بين الركام والمونة الاسمنتية، وتوصلوا إلى أنه عند الاستبدال بنسب (5-30)% تكون مواصفات الخلطة أفضل من الخلطة بالركام الطبيعي حيث ازداد عامل

المرونة بمقدار 20% عند نسبة استبدال 30% من الركام المعاد تدويره المعالج بحمض كلور الماء [8].

- قام بعض الباحثين بدراسة أثر محتوى الاسمنت على مقاومة الضغط حيث استخدم خمس كميات مختلفة للإسمنت ($250-300-350-400$) kg/m^3 (450) وتوصلوا إلى أن الفرق بالمقاومة بين الخلطة بالركام الطبيعي والمدور يكون أقل عند استخدام كمية إسمنت أقل، فمن أجل محتوى 250 kg/m^3 (300) كانت المقاومة أقل بحوالي 80%، أما من أجل كمية إسمنت 300 kg/m^3 يصبح التغير بالمقاومة (20-5)%، كما أن الجودة التي تم الحصول عليها مع كمية اسمنت أقل من 300 kg/m^3 ضعيفة، في حين استخدام إسمنت أعلى من ذلك أعطى مواصفات أفضل وجودة أفضل [9].

4- هدف البحث :

دراسة تأثير الببتون المصبوب من الركام المعاد تدويره (خشن+ناعم) من الأبنية المحطمة كبديل عن الركام الطبيعي نسب مختلفة % (0-25-50-75-) على الية الانهيار وذلك بالنسبة للبلاطات البيتونية (المفرغة) العاملة باتجاه واحد.

5- مواد البحث وطرائقه:

5-1- الاسمنت:

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي من انتاج معمل اسمنت طرطوس صنف 32.5 N، عيار 400 kg/m^3 في جميع الخلطات البيتونية.

5-2- الركام الطبيعي:

تتكون المواد الحصوية الداخلة في تركيب الخلطة البيتونية من حصويات طبيعية مكسرة تحقق متطلبات المواصفات الأمريكية (ASTMC33-90) والمواصفة السورية (SNS 332) ومكونة من صنفين من النوع المكسر ذات المنشأ الدولوميتي الكلسي، مستخرجة من مقالع حسياء في محافظة حمص، وتعرّف كالاتي:

- بحص : مادة رقم (1)
- رمل مكسر (crushed sand): معروف محلياً باسم الزرادة مادة رقم(2).
- رمل طبيعي (natural sand): ذو منشأ سيليسي مادة رقم(3).

5-3- الركام المعاد تدويره:

تم إحضار ركام أبنية مكسر من حرستا و قمنا بفرز الركام يدوياً على المناخل الموجودة في مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية كما في الشكل (2) بالمناخل (25-16-9.5-4.75-1.18)mm.

وتم استبعاد النواع المارة من (1.18)mm بسبب امتصاصها العالي للماء كما أوصت الدراسات المرجعية [2] بالإضافة الى احتوائها على كمية عالية من الشوائب. والشكل (2) يوضح نواتج الحصويات بعد النخل اليدوي.



الشكل (2) الركام المعاد تدويره و طريقة فرزها على المناخل يدوياً

5-4- خواص الركام المعاد تدويره:

- 1- تتصف الحصويات المعاد استخدامها بكثافة نسبية أقل بنسبة (5-10%) من الحصويات الطبيعية وهذا يتعلق بمقاومة البيتون الذي تم منه استخلاص هذه الحصويات وهذا ما أفاد فيه تقرير لجنة الكود (ACI 555).
- 2- نسبة امتصاص ماء أعلى من الحصويات الطبيعية الجديدة (AGN) بسبب زيادة نسبة امتصاص الماء إلى وجود أجزاء ذات حجم أكبر من المونة الإسمنتية الملائقة لحبات الحصويات.
- 3- ناتج الاهتراء: إن مقاومة الركام المعاد تدويره للاهتراء أقل من الركام الطبيعي بسبب المونة القديمة الملتصقة والتي تنفتت بشكل أسهل وبالتالي تعطي فاقد اهتراء أكبر.

6- الدراسة التجريبية:

- تم اعتماد بلاطات بيتونية مفرغة مستطيلة الشكل أبعادها 1400*900mm وبسماكة 150mm لها نفس التسليح حيث تم تسليح الأعصاب بـ 2T10 سفلي و 1T10 علوي، وتسليح القص 1C6/17cm مع طبقة تغطية للبيتون 20mm .
- تم تصميم البلاطات لكي تنهار تحت تأثير سلوك انهيار الانعطاف .
- تم الحصول على الركام الخشن المعاد تدويره من بقايا حطام الأبنية المدمرة بواسطة التكسير اليدوي و المناخل .
- تم تحضير الخلطات البيتونية بنسب مختلفة من الركام تتراوح من (0-25-50-75-100)% و يبين الجدول (1) تصميم الخلطات البيتونية لكافة البلاطات .

- تم اختبار خمسة عشر من البلاطات (مفرغة) المصبوبة باستخدام حصويات طبيعية أو المعاد تدويرها وبأبعاد اسمية (4.25-9.6-12.5-25) بحيث تم اختبارها حتى الانهيار .
- تم تطبيق الاختبار التجريبي على 12 من البلاطات البيتونية من الركام المعاد تدويره بنسب استبدال مختلفة و 3 بلاطات من الحصويات الطبيعية كعينة مرجعية .
- جميع البلاطات مسنودة استناداً بسيطاً و تم اختبارها تحت تأثير حمولة الضغط الموزعة بشكل خطي وفق الشكل (4).

الجدول (1) تصميم الخلطات البيتونية للبلاطات وفق نسب الاستبدال للحصويات

Design quantities of component materials for concrete mixes									
تصميم الخلطات									
إضافات	مياه 3 لتر/3 Water (litter/ m3)	3 (رمل) كغ/3 Fine Agg. (kg/m3)	الحصويات الخشنة Kg/m3) Coarse Agg)				3 (الأسمنت كم/3 Cement (Kg/m3)	نوع البيتون Mixture	
			حصويات معاد تدويرها RA						حصويات طبيعية 3 (كغ/3 NA
			16-25 mm	9.5- 16mm	4.75- 9.5mm	2.5- 4.75mm			
1.5%	200	183	0	0	0	0	1687	400	M-0
1.5%	200	183	118	141	82	82	1265	400	M-25
1.5%	200	183	235	282	163	163	843.5	400	M-50
1.5%	200	183	352.5	423	245	245	422	400	M-75
1.5%	200	183	470	564	326.5	326.5	0	400	M-100

بداية تم تجهيز الركام المعاد تدويره وحساب كميات الصب وفق للجدول السابق والاوزان لكل صبة حيث تم صب كل 3 بلاطات وفق نسب الاستبدال وتم استخدام الرجاج الكهربائي خلال الصب لتجنب التعشيش والحصول على بيتون مكتنز وبعد الصب تم السقاية بشكل يومي وتغطية كافة العينات بأكياس من الخيش للحفاظ على رطوبة العينات بعد السقاية كما في الشكل (3)



الشكل (3) مراحل صب البلاطات البيتونية

تم اختبار كافة العينات تحت تأثير قوى خطية موزعة بانتظام وفقاً للشكل (4) وبتباعد 65 سم بين الحمولتين وذلك للحصول على انعطاف صافي في المنتصف. البلاطات تستند على مساند معدنية بعرض مسند 10 سم من الطرفين وتم تركيب 5 حساسات لقياس السهم اسفل وأعلى البلاطة حيث وضع 3 حساسات في أسفل البلاطة واحدة في المنتصف تماماً واثنان في منتصف البلاطة على الأطراف وفق الشكل (4) ووضع حساسين فوق المساند لقياس الانتقال الشاقولي فوق المساند. يبين الجدول رقم (2) حمولة الانهيار النظرية والاستثمارية لجميع البلاطات بالإضافة لمواصفات البيتون والحديد المستخدم

الجدول (2) حمولة الانهيار النظرية والاستثمارية لجميع البلاطات بالإضافة لمواصفات البيتون والحديد المستخدم [10]

حمولة الانهيار النظرية المعطيات													
حمولة الاستثمار KN	P KN	MUR (KN.m)	Muf (N.mm)	y(mm)	Bf*Tf(mm) ²	Ac`	d (mm)	As (mm) ²	fy (Mpa)	f'c (Mpa)	Tf (mm)	Bf (mm)	م
59.66	93.07	7.56	7562273	10.2914	15000	3087.4	122	157	458	27.4	50	300	1
59.27	92.45	7.51	7511902	11.8481	15000	3554.4	122	157	458	23.8	50	300	2
59.38	92.63	7.53	7525871	11.4164	15000	3424.9	122	157	458	24.7	50	300	3
59.17	92.31	7.50	7500285	12.2071	15000	3662.1	122	157	458	23.1	50	300	4
58.91	91.90	7.47	7466905	13.2387	15000	3971.6	122	157	458	21.3	50	300	5

ويبين الشكل (4) منصة الاختبار وتوزيع الحمولات



الشكل (4) منصة الاختبار وتوزيع الحمولات والحساسات

تم اختبار كافة العينات ومتابعة توسع الشقوق وحساب السهوم خلال مراحل التحميل حتى الوصول لحمولة الانهيار ويبين الشكل (5) أشكال الانهيار للبلاطات.



A



B



C



D



E

الشكل (5) أشكال الانهيار

A =(HS-0%),B=(HS-25%),C=(HS-50%),D=(HS-75%),E(HS-100%)

- تم اجراء الاختبار الأول على العينات المعيارية المرجعية حيث ظهر أول شق في البلاطة المعيارية (HS1-0%) عند الحمولة (56)KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة (1.07)mm (لم يتم الاعتماد على نتائج السهم في هذه البلاطة نتيجة وجود مشكلة في الاستناد تم تصحيحها في العينات اللاحقة) في حين كان قيمة السهم عند نفس الحمولة في البلاطتين المرجعيتين الثانية mm (7.111) والثالثة mm (8.71) في حين كان ظهور أول شق في البلاطة المعيارية -HS2 (0%) عند الحمولة (62)KN وقيمة السهم mm (9.86) وفي البلاطة المعيارية (HS3-0%) عند الحمولة (80)KN وقيمة السهم mm (10.65) .
- تمت زيادة التحميل بشكل تدريجي حتى تمام الانهيار حتى لم يكن بالإمكان قياس قيم السهم نتيجة للانهيار السريع وزيادة قيم السهم حيث لم يعد بالإمكان لأجهزة القياس قرأتها. وكانت قيم الحمولات عند الانهيار وفقا للجدول رقم (3)
- في العينات ذات الاستبدال 25% ومن خلال المراقبة خلال تزايد التحميل لوحظ ظهور أول شق بالعينة (HS1-25%) عند الحمولة (120)KN وكانت قيمة السهم عند هذه الحمولة mm (13.43) في حين كان عند مثيلاتها العينة (HS2-25%) عند الحمولة (85)KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة mm (11.82) وفي العينة (HS3-25%) ظهر الشق الأول عند الحمولة (60)KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة mm (8.1) .
- في العينات ذات الاستبدال 50% ومن خلال المراقبة خلال تزايد التحميل لوحظ ظهور أول شق بالعينة (HS1-50%) عند الحمولة (65)KN وكانت قيمة السهم عند هذه الحمولة mm (6.54) في حين كان عند مثيلاتها العينة (HS2-50%) عند الحمولة (70)KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة mm (10.96) وفي العينة (HS3-50%) ظهر الشق الأول عند الحمولة (50)KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة mm (1.18) .
- في العينات ذات الاستبدال 75% ومن خلال المراقبة خلال تزايد التحميل لوحظ ظهور أول شق بالعينة (HS1-75%) عند الحمولة (40)KN

وكانت قيمة السهم عند هذه الحمولة 5.34mm في حين كان عند مثيلاتها العينة (HS2-75%) عند الحمولة 60KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة 10.1mm وفي العينة (HS3-75%) ظهر الشق الأول عند الحمولة 75KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة 13.95mm .

- في العينات ذات الاستبدال 100% ومن خلال المراقبة خلال تزايد التحميل لوحظ ظهور أول شق بالعينة (HS1-100%) عند الحمولة 70KN وكانت قيمة السهم عند هذه الحمولة 2.48mm في حين كان عند مثيلاتها العينة (HS2-100%) عند الحمولة 55KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة 6.18mm وفي العينة (HS3-100%) ظهر الشق الأول عند الحمولة 70KN وقيمة السهم عند هذه الحمولة 4.6mm .

يبين الجدول (3) والشكل (6) حمولة الانهيار وظهور أول شق لكل البلاطات

الجدول (3) حمولة الانهيار وظهور أول شق بالبلاطات

رمز العينة	ظهور أول شق KN	حمولة الانهيار KN
HS1-0%	56	142
HS2-0%	62	150
HS3-0%	80	145.6
HS1-25%	120	141.1
HS2-25%	85	160.7
HS3-25%	60	153.5
HS1-50%	65	110
HS2-50%	70	130
HS3-50%	50	143.11
HS1-75%	40	90.73
HS2-75%	60	130.46
HS3-75%	75	80
HS1-100%	70	125
HS2-100%	55	104
HS3-100%	70	97

تم رصد قيم السهوم لكافة البلاطات خلال مراحل التحميل وقبل الانهيار وكانت القيم كم هو موضح بالجدول (4)

الجدول (4) قيم السهوم نسبة للحمولة

السهوم في المنتصف mm					الحمولة kn
نسبة الاستبدال 100%	نسبة الاستبدال 75%	نسبة الاستبدال 50%	نسبة الاستبدال 25%	العينة معيارية	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
0.22	0.17	0.48	0.16	0.18	5
0.35	1.93	1.72	1.04	0.63	10
1.44	3.55	2.77	2.27	1.62	20
2.98	5.32	4.08	3.69	2.62	30
2.75	6.73	5.45	4.99	4.01	40
3.66	8.38	7.01	6.43	5.00	50
4.66	9.74	8.39	7.75	6.32	60
6.18	10.92	9.66	8.82	7.50	70
7.56	13.41	11.18	10.08	8.95	80
12.68	13.56	12.40	11.29	9.95	90
20.91	تعذرت القراءة	13.97	12.49	10.93	100
تعذرت القراءة	تعذرت القراءة	15.73	13.55	12.01	110
تعذرت القراءة	تعذرت القراءة	18.40	14.92	13.21	120
تعذرت القراءة	تعذرت القراءة	24.68	17.98	13.87	130
تعذرت القراءة	تعذرت القراءة	28.63	18.68	14.72	135

كما تم رصد قيمة السهم الأعظمي المسجل لكافة العينات وذلك قبل الانهيار وتعذر إمكانية القياس لبعض العينات وكانت النتائج كما هو موضح بالجدول (4).

تم اجراء الاختبار الأول على العينات المعيارية المرجعية

1- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحملات تبين ظهور أول شق في البلاطة المعيارية (HS1-0%) عند الحمولة (56)KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة (1.07)mm (لم يتم الاعتماد على نتائج السهم في هذه البلاطة نتيجة وجود مشكلة في الاستناد تم تصحيحها في العينات اللاحقة) حيث ظهر الشق الأول أسفل البلاطة في المنتصف واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى في المنتصف واسفل الحملات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحملات المطبقة عند الحمولة (142)KN.

كما لوحظ وجود شق في اعلى البلاطة متعامد مع الحمولة.

ويبين الشكل (6) انهيار البلاطة المرجعية (HS1-0%)



الشكل (6) شكل انهيار البلاطة (HS1-0%)

2- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة المعيارية (HS2-0%) عند الحمولة KN(62) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (9.86) حيث ظهر الشق الأول أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليسرى واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف واسفل الحمولات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص في الجهة اليمنى عند الحمولة KN (110) واستمر بالتوسع بشكل واضح وسريع حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN(150). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (23.99)

3- ويبين الشكل (7) انهيار البلاطة المرجعية (HS2-0%)



الشكل (7) شكل انهيار البلاطة (HS2-0%)

4- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة المعيارية (HS3-0%) عند الحمولة 80KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة 10.65 mm حيث ظهر الشق الأول أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليسرى وتلاه الشق الثاني أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليمنى حتى الحمولة 115 KN واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف وأسفل الحمولات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص في الجهة اليمنى عند الحمولة 132 KN واستمر بالتوسع بشكل واضح وسريع حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة 145.6KN . وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء 21.1 mm

5- ويبين الشكل (8) انهيار البلاطة المرجعية (HS3-0%)



الشكل (8) شكل انهيار البلاطة (HS3-0%)

6- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS1-25%) عند الحمولة KN(120) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (13.43) حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة ثم تلاه مباشرة شقين أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليسرى وتلاه الشق الثاني أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليمنى حتى الحمولة KN (125) واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف وأسفل الحمولات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص في الجهة اليمنى عند الحمولة KN (130) واستمر بالتوسع بشكل واضح وسريع حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN(141.1). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (25.8) وبيين الشكل (9) انهيار البلاطة (HS1-25%)



الشكل (9) شكل انهيار البلاطة (HS1-25%)

7- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحملات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS2-25%) عند الحمولة 85KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة 11.82 mm حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة من الجهة اليمنى وشق آخر أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه مباشرة شق في منتصف البلاطة عند الحمولة 95 KN واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف واسفل الحملات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص بسيط في الجهة اليمنى عند الحمولة 145 KN وآخر عند المسند الأيمن عند الحمولة 152 KN واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحملات المطبقة عند الحمولة 160.7KN. وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (28.56).

وبين الشكل (10) انهيار البلاطة (HS2-25%)



الشكل (10) شكل انهيار البلاطة (HS2-25%)

8- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS3-25%) عند الحمولة KN(60) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (8.1) حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة من الجهة اليمنى أسفل منطقة تطبيق الحمولة وشق آخر عند الحمولة KN (70) في المنتصف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه شق في منتصف البلاطة عند الحمولة KN (92) واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف واسفل الحمولات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص بسيط في الجهة اليسرى أسفل الحمولة عند الحمولة KN(130) وآخر عند المسند الأيمن عند الحمولة KN (150) واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN(153.5). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (28.1).

ويبين الشكل (11) انهيار البلاطة (HS3-25%)



الشكل (11) شكل انهيار البلاطة (HS3-25%)

9- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحملات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS1-50%) عند الحمولة KN(65) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (6.54) حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة من الجهة اليمنى أسفل منطقة تطبيق الحمولة وشق آخر عند الحمولة KN (85) في المنتصف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه شق في منتصف البلاطة عند الحمولة KN (90) واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف واسفل الحملات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص بسيط في الجهة اليسرى عند الحمولة KN(135) وتوسع بشكل واضح واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحملات المطبقة عند الحمولة KN(110). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm(28.6). كما ظهر ثلاثة شقوق عند الحمولة KN (90) والحمولة KN (130) في اعلى البلاطة من الجهة اليسرى متعامدة مع الحمولة واستمرت بالتوسع كما هو موضح بالشكل حتى الانهيار كما ظهر شقين مائلين في الطرف الآخر عند الحمولة KN (80) و KN (103) متعامدين مع الحمولة من الأعلى حيث تم الانهيار تحت تأثير انهيار القص.



الشكل(12) شكل انهيار البلاطة(HS1-50%)

10- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS2-50%) عند الحمولة (70)KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة (6.54) mm حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة من الجهة اليمنى أسفل منطقة تطبيق الحمولة وشق آخر عند الحمولة (80) KN في المنتصف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه شق آخر بالقرب منه عند الحمولة (90) KN واستمرت زيادة الحمولة حيث ظهرت عدة شقوق أخرى صغيرة في المنتصف واسفل الحمولات مع تزايد طفيف في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق قص واضح عند المسند من الجهة اليمنى عند الحمولة (110) KN وتوسع بشكل واضح واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة (130)KN. وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء (33.4) mm.

ويبين الشكل (13) انهيار البلاطة (HS2-50%)



الشكل (13) شكل انهيار البلاطة (HS2-50%)

11- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS3-50%) عند الحمولة KN (50) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (6.54) حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة من الجهة اليمنى أسفل منطقة تطبيق الحمولة وشق آخر عند الحمولة KN (60) في المنتصف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه عدة شقوق صغيرة عند الحمولة KN (70) واستمرت زيادة الحمولة مع تزايد طفيف للشقوق في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم ظهر شق أسفل الحمولة بالقرب من المسند اليساري عند الحمولة KN (110) وتوسع بشكل واضح عند الحمولة KN (143) ظهر شق قص من الجهة اليسرى واستمر بتوسع. واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN (143.11). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (43.79).
يبين الشكل (14) انهيار البلاطة (HS3-50%)



الشكل (14) شكل انهيار البلاطة (HS3-50%)

12- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS1-75%) عند الحمولة (40)KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة (5.35) mm حيث ظهر الشق الأول في منتصف البلاطة من الجهة اليسرى بالقرب من أسفل منطقة تطبيق الحمولة وشق آخر عند الحمولة (50) KN في الطرف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه شق عند المسند اليميني عند الحمولة (75) KN ثم شق قص عند الحمولة (80) KN بالقرب من المسند اليميني وشق أسفل الحمولة اليمنى واستمرت زيادة الحمولة مع تزايد للشقوق في طولها وتوسعها أسفل البلاطة والانهييار نتيجة شق قص من الجهة اليمنى وتوقف قدرة البلاطة عن التحمل عند القوى . واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهييار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة (90.73)KN. وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء (16.7) mm.



الشكل (15) شكل انهيار البلاطة (HS1-75%)

13- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS2-75%) عند الحمولة KN(60) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (10.2) حيث ظهر الشق الأول أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليسرى عند الحمولة KN (60) وشق آخر عند الحمولة KN (70) بالمنتصف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه شق عند المسند اليميني عند الحمولة KN (80) وآخر بالقرب منه عند الحمولة KN (90) مع توسع هذه الشقوق بشكل بسيط ثم شق انعطاف عند الحمولة KN (100) بالقرب من المسند اليميني واستمرت زيادة الحمولة مع تزايد للشقوق في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم عند الحمولة KN (110) ظهر شق قص عند المسند اليساري وشق آخر عند المسند اليميني عند الحمولة KN (118) ثم شق قص آخر عند المسند اليميني عند الحمولة KN (121) واضح بزواوية 45 واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN(130.46). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (22.6).



الشكل (16) شكل انهيار البلاطة (HS2-75%)

14- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحملات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS3-75%) عند الحمولة (75)KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة (13.9) mm حيث ظهر الشق الأول عند الحمولة (75)KN بالقرب من المسند الأيمن (شق قص) واستمر بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحملات المطبقة عند الحمولة (80)KN. وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء (18.5) mm.



الشكل (17) شكل انهيار البلاطة (HS3-75%)

15- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS1-100%) عند الحمولة KN (70) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (2.48) حيث ظهر الشق الأول أسفل منطقة تطبيق الحمولة اليمنى من جهة المسند عند الحمولة KN (70) وشقين آخرين عند الحمولة KN (85) بالمنتصف بالقرب من أسفل الحمولة اليسرى ثم تلاه شق عند المسند الايسر عند الحمولة KN (90) وآخر بالقرب منه عند الحمولة KN (92) مع توسع هذه الشقوق بشكل بسيط ثم شق انعطاف عند الحمولة KN (100) بالقرب من المنتصف واستمرت زيادة الحمولة مع تزايد للشقوق في طولها وتوسعها أسفل البلاطة ثم عند الحمولة KN (112) ظهر شق بالمنتصف بين الحملتين واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN (125). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (23.4).



الشكل (18) شكل انهيار البلاطة (HS1S-100%)

16- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS2-100%) عند الحمولة KN (55) وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة mm (6.2) حيث ظهر الشق الأول بالمنتصف بالقرب من منطقة تطبيق الحمولة اليمنى ثم ظهور شق عند الحمولة KN (65) بالقرب من المسند اليسر واخر عند الحمولة KN (70) بالمنتصف ثم ظهر شق بالقرب من المسند الأيسر عند الحمولة KN (80) وثلاث شقوق بالقرب من الحمولة اليمنى عند الحمولة KN (85) واستمرت زيادة الحمولة مع تزايد للشقوق في طولها وتوسعها أسفل البلاطة واستمرت الشقوق بالتوسع بشكل واضح حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة KN (104). وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء mm (23.7).



الشكل (19) شكل انهيار البلاطة (HS2-100%)

17- من خلال متابعة الشقوق وتزايد الحمولات تبين ظهور أول شق في البلاطة (HS3-100%) عند الحمولة (70)KN وكان السهم في المنتصف عند هذه الحمولة (4.6) mm حيث ظهر الشق الأول اسفل منطقة تطبيق الحمولة اليسرى عند الحمولة (70) KN ثم ظهر شق عند الحمولة (85) بالقرب من المسند الأيمن واخر عند الحمولة (90) بالقرب من المسند الأيسر وشق بالمنتصف بالقرب من منطقة تطبيق الحمولة اليمنى عند الحمولة (97) KN واستمرت زيادة الحمولة مع تزايد للشقوق في طولها وتوسعها بشكل واضح وخاصة شق القص عند المسند الأيسر حتى تمام الانهيار وتوقف قدرة البلاطة على تحمل الحمولات المطبقة عند الحمولة (97)KN. وكانت قيمة السهم الأعظمي المقروء (23.1) mm.



الشكل (20) شكل انهيار البلاطة (HS3-100%)

تم تحديد طريقة انهيار كل بلاطة وفق شكل الانهيار كما تم تحديد القوة التي ظهر بها أو شق في منطقة القص وتجميعها بالجدول رقم (5)

الجدول رقم(5) شكل الانهيار البلاطات

شكل انهيار البلاطات			
رمز العينة	شكل الاهيار	ملاحظات	ظهور شق القص عند القوة
HS1-0%	توقف البلاطة عن تحمل الحمولات	شقوق بمنطقة الانعطاف	لا يوجد
HS2-0%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليساري	شق قص يسار	عند الحمولة 110KN
HS3-0%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليساري	شق قص يسار	عند الحمولة 132KN
HS1-25%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليساري	شق قص يسار	عند الحمولة 130KN
HS2-25%	انعطاف و قص بسيط عند المسند اليمين	شق قص يمين	عند الحمولة 145KN
HS1-50%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليساري	شق قص يسار	عند الحمولة 135KN
HS2-50%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليميني	شق قص يمين	عند الحمولة 110KN
HS3-50%	انهيار تحت تأثير الانعطاف و قص بمنطقة اليمين واليسار	توقف قدرة	عند الحمولة 110KN
HS1-75%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليساري	شق قص يسار عند المسند	عند الحمولة 80KN
HS2-75%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليميني	شق قص يمين	عند الحمولة 118KN
HS3-75%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليميني	شق قص يمين	عند الحمولة 75KN
HS1-100%	انهيار تحت تأثير الانعطاف و قص بمنطقة اليمين	توقف قدرة على التحمل	عند الحمولة 90KN
HS2-100%	انهيار تحت تأثير الانعطاف و قص بمنطقة اليمين	توقف قدرة على التحمل	عند الحمولة 80KN
HS3-100%	انهيار بمنطقة القص عند المسند اليساري	شق قص يسار عند المسند	عند الحمولة 90KN

7- الاستنتاجات :

من خلال متابعة الشقوق مع تزايد الحمولات تبين أن أول شق ظهر في كافة العينات (عدا العينة (HS1-25%) ما بين الحملتين KN (40-85) في حين أظهرت العينة المعيارية (HS1-25%) قيمة ظهور أول شق عند الحمولة KN (120).

فيمل يخص حمولة الانهيار الكلية كانت بالنسبة للعينة المعيارية بشكل وسطي (145.86)KN في حين ابدت العينات ذات نسبة الاستبدال 25% قيمة أعلى بشكل وسطي (151.76)KN وتلاها العينات ذات نسب الاستبدال 50% بشكل وسطي (127.7)KN في حين أعطت العينات ذات نسب الاستبدال (75-100)% قيم أقل وبشكل وسطي على الترتيب (108.667-100.39)KN.

كما أن معظم العينات انهيارات تحت تأثير قوى القص بالقرب من المساند مع ملاحظة توقف البلاطة عن المقاومة وزيادة سريعة في قيم السهوم. في حين العينات باقي العينات انهارت بعدم القدرة على تحمل الحمولات المطبقة.

ومن خلال المقارنة بين قيم السهوم الناتجة في كافة العينات خلال مراحل تطبيق القوى تبين:

فيما يخص السهم خلال مرحلة التحميل وقبل الانهيار نلاحظ أن وعند الحمولة KN (50) أن السهم في المنتصف كان لكافة العينات متقارب وبقيمة تتراوح بين mm (3.66-8.38) حيث أبدت العينات ذات نسب الاستبدال 100% بقيمة وسطية أقل قيمة.

وعند الحمولة KN (90) كانت قيم السهوم لكافة العينات متقاربة وتتراوح ما بين mm (13.56-9.95) حيث سجلت العينات المعيارية أقل قيمة في حين سجلت العينة ذات نسبة الاستبدال 75 % القيمة الأعلى.

فيما يخص قيم السهوم عند الانهيار وذلك بالنسبة لكافة العينات تبين ومن خلال المقارنة للسهوم المقروءة قبل الانهيار:

أبدت العينات المعيارية القيم الأقل بالنسبة للسهوم وبقيم وسطية $mm(14.72)$ في حين كان القراءات للعينات ذات نسب الاستبدال 25 %، وبقيمة وسطية $mm(18.68)$ (وهذه القيم تم تسجيلها وفقا للإمكانية بعد وصول البلاطة لمقاومتها القصوى) في حين كان السهم الوسطي المسجل للعينات ذات نسب الاستبدال 50% $mm(28.63)$. في حين تعذر قراءة السهوم للعينات ذات نسب الاستبدال 75% و 100% نظرا للزيادة السريعة بالسهوم خلال الانهيار وتوقف أجهزة القراءة.

أما فيما يخص قوى التحمل القصوى للبلاطات فقد أبدت العينات ذات نسب الاستبدال 25 % المقاومة الأعلى وصلت وسطيا $KN(151.76)$ وبنسبة 104% نسبة للعينات المرجعية ثم تلتها العينات ذات نسب الاستبدال 50 % بقيمة وسطية $KN(127.7)$ وبنسبة 87.54 % نسبة للعينات المرجعية أما العينات ذات نسب الاستبدال 75 % أعطت قيم أقل وصلت وسطيا $KN(100.4)$ وبنسبة 68.8 % نسبة للعينات المرجعية وكانت النتائج الخاصة بالعينات ذات نسب الاستبدال 100% أعلى نسبيا من مثيلاتها ذات نسب الاستبدال 75% وصلت وسطيا $KN(108.6)$ وبنسبة 74.5 % نسبة للعينات المرجعية.

من خلال ما تقدم وبالمقارنات فيما يخص القوى والسهوم نبين أنه في حال استخدام البيتون المصبوب من ركام معاد تدويره وبنسب استبدال (25-50-75-100)% وبالمقارنة مع العينات المرجعية المصبوبة من ركام طبيعي فإن قيم السهوم تكون متقاربة نوعا ما وذلك حتى 70% من قيم التحميل العظمى في حين أبدت العينات ذات نسب الاستبدال 100 % قيم أكبر عند الانهيار وصلت بشكل تقريبي عند الحمولة $K.N(100)$ حتى 200 % من قيمة السهم بالعينات الأخرى.

ويمكن القول ان العينات ذات نسب الاستبدال 25 % أعطت قيم قريبة فيما يخص السهوم بالمقارنة مع العينة المرجعية وقيم أعلى بالنسبة للحمولات وتلاها بشكل متتالي العينات ذات نسب الاستبدال (50-75)% حيث أعطت قيم للسهوم أعلى عند الانهيار ومقاومة أقل مقارنة بالعينات المرجعية.

كما أنه ومن خلال ملاحظة أشكال الانهيار لكافة البلاطات نلاحظ أن معظم الانهيار كان ضمن منطقة القص بالقرب من المساند.

وبالمقارنة بالنسبة لحمولة الانهيار النظرية نلاحظ أن القيم كانت بالنسبة للعينات المرجعية أعلى بحدود 155.56% بقيمة وسطية KN 145 وبالنسبة للعينات ذات نسب الاستبدال 25% كانت أعلى بنسبة 164% بقيمة وسطية KN 151.7 وبالنسبة للعينات ذات نسب الاستبدال 50% كانت أعلى بنسبة 138% بقيمة وسطية KN 127.85 وبالنسبة للعينات ذات نسب الاستبدال 75% كانت أعلى بنسبة 108.6% بقيمة وسطية KN 100.39 وبالنسبة للعينات ذات نسب الاستبدال 100% كانت أعلى بنسبة 138% بقيمة وسطية KN 118.17.

8- التوصيات :

يمكن القول أنه يمكن استخدام الركام المعاد تدويره وفقاً لنسب الاستبدال (25-50-75-100)% وبشكل آمن وذلك وفقاً للتدرج الحبي ووفقاً للأوزان المعتمدة في تصميم الخلطة البيتونية المبينة في البحث في حين أعطت العينات ذات نسب الاستبدال 75-100 % قيم أعلى فيما يخص السهوم وقيم أقل للحمولات ويمكن استخدامها بشكل محدود وفقاً لنوع المنشأ.

وبناءً عليه فإنه لا بد و من الملائم ان تطوير هذه الدراسات لإمكانية استخدام الركام ضمن البلاطات والعناصر الإنشائية الأخرى للاستخدام الإنشائي.

المراجع:

- [1] Firas Al Mahmoud (1), Rémi Boissière (1) Florian Wurtzer (1).
Institut Jean Lamour, UMR 7198, CNRS, Université de Lorraine, Nancy, France "Shear Behavior of Reinforced Concrete Beams made from Recycled Coarse and Fine Aggregates"
- [2] - Luis R. E, Brito D "Criteria for the use of fine recycled concrete aggregates in concrete production" Spain (2004)
- [3]- Tsoumani A. Barkola N. Matikas T "Recycle aggregate as structural material" university of Ioannina (2012)
- [4] - Dhir R. Paine K "Performes related approach to use of recycled aggregates" Waste & Resources Action Programme (2007)
- [5]- Corinaldesi V. " Structural concrete prepared with coarse recycled concrete aggregate"(2011)
- [6]- Xiao J. Zhang Ch. "Mechanical properties of recycled aggregate concrete under uniaxial loading " (2005)
- [7] - Akabri Y ,Arora N.K , Vakil M.D "Effects on recycled aggregate on concrete properties"(2011)

[8]- Tam V.W ,Tam C.M "Removal of cement mortar remains from recycled aggregate using pre-soaking approaches"(2006)

[9]- Kouaido D., "Influence of cement on recycled aggregates concrete " (2011)

[10]- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، الطبعة الثالثة، دمشق، 2004