



جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة البيئية

دراسة جدوى تدوير مخلفات معامل الرخام و الحجر
في صناعة مواد البناء

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية-قسم
الهندسة البيئية

إشراف: أ. د. م. شبلي الشامي

إعداد: م. زياد الأديب

صفحة فارغة

جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة البيئية

دراسة جدوى تدوير مخلفات معامل الرخام و الحجر

في صناعة مواد البناء

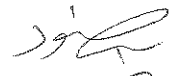
دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية-قسم الهندسة البيئية


إشراف: أ. د. م. شبلي الشامي

إعداد: م. زياد الأديب

أعضاء لجنة الحكم:

 أ. د. م. شبلي الشامي

 أ. د. م. أندراوس سعود

 د. م. عبود عبود

الشكر

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بعد رحلة طويلة من حياتي قضيتها في الجهد والمثابرة والسعي وراء نبيل المعرفة لم أجد منبعاً للعلم خيراً من أساتذتي الكرام في كلية الهندسة المدنية الذي كان لهم الأثر الأكبر في تحصيلي العلمي فلهم مني جزيل الشكر والثناء وأخص بالشكر أستاذي القدير

الأستاذ الدكتور المهندس

شبل الشامي

الذي أثار لي طريق العلم بما أفاضه علي من وافر علمه ونصائحه فكان لي خير مرشد وخير معلم فجزاه الله عني كل خير

كما أتوجه بالشكر لرئيس قسم الهندسة البيئية

الدكتور المهندس محمود حديد

كما أشكر عميد كلية الهندسة المدنية

الأستاذ الدكتور المهندس محمد غريب

الإهداء

الإهداء

إلى نبع عطاء لا ينضب

إلى النور الذي أثار لي درب النجاح.....

والدائي

إلى من عشت معهم أياماً نقصت أخطانا و نقطف ثماراً

بكل جدّ واجتهاد.....

إخوتي

إلى من كنّا يوماً واحدة في طريق النجاح.....

أصدقائي

زياد

Contents

المحتويات

1.....	صفحة العنوان
2.....	صفحة فارغة
3.....	صفحة الموافقة
4.....	الشكر
5.....	الإهداء
6.....	المحتويات
11.....	قائمة الجداول
13.....	قائمة الأشكال
16.....	قائمة الصور
18.....	الملخص
20.....	الباب الأول: مقدمة
21.....	1-1- لمحة عن مخلفات معامل الرخام و الحجر
21.....	1-2- مشكلة البحث
22.....	1-3- أهمية البحث و أهدافه
22.....	1-4- الدراسات السابقة

المحتويات

- 23.....5-1- فرضية البحث
- 24.....6-1- حدود البحث
- 24.....7-1- الجهات المهتمة بالبحث
- 25.....8-1- صناعة الرخام و الحجر في سورية
- 28.....9-1- الصخور في سورية
- 31.....الباب الثاني: معامل الرخام و الحجر
- 32.....1-2- آليات معامل الرخام و الحجر
- 34.....2-2- مخلفات معامل الرخام و الحجر
- 37.....3-2- التلوث البيئي و الصحي الناتج عن مخلفات معامل الرخام و الحجر
- 40.....4-2- كمية استهلاك الآلية من المياه
- 42.....5-2- كمية استهلاك معامل الرخام و الحجر من المياه
- 43.....الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر
- 44.....1-3- تحضير العينات
- 46.....2-3- تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS
- 47.....3-3- تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids
- 48.....4-3- تحديد كمية العوالق SS

المحتويات

- 49.....3-5- تحديد كمية المواد المنحلة DS.....49
- 49.....3-6- تحديد كمية المواد العضوية.....49
- 50.....3-7- تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة.....50
- 50.....3-8- قياس درجة حرارة المياه.....50
- 50.....3-9- قياس الرقم الهيدروجيني للمياه PH.....50
- 51.....3-10- نتائج التجارب.....51
- 63.....3-11- تحديد أقطار حبيبات المواد الراسبة.....63
- 70.....الباب الرابع: دراسة تدوير مياه معامل الرخام و الحجر.....70**
- 71.....4-1- كمية المياه المستهلكة في صناعة الرخام و الحجر.....71
- 71.....4-2- مقدمة حول الترسيب Sedimentation.....71
- 74.....4-3- ترسيب مخلفات معامل الرخام و الحجر وفق النوع الأول من الترسيب.....74
- 77.....4-4- لمحة عن أحواض الترسيب Sedimentation Basins.....77
- 81.....4-5- تحديد بارامترات تصميم حوض ترسيب مخلفات معامل الرخام و الحجر.....81
- 84.....الباب الخامس: دراسة تطبيقية على تدوير مياه معامل الرخام و الحجر.....84**
- 85.....5-1- تمهيد.....85
- 85.....5-2- تصميم حوض ترسيب مستطيل (طولي) لتدوير مياه معامل الرخام و الحجر (دراسة تطبيقية).....85

المحتويات

92.....	3-5- تقييم أداء المياه المعادة.....
95.....	الباب السادس: دراسة تدوير المواد الراسبية في صناعة مواد البناء.....
96.....	1-6- مقدمة حول صناعة مواد البناء.....
96.....	2-6- تمهيد.....
97.....	3-6- كمية المواد الراسبية التي تبقى بعد جفاف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة.....
98.....	4-6- دراسة الخصائص الهندسية من الناحية الإنشائية للمواد الراسبية بهدف تدويرها في صناعة مواد البناء كمادة بديلة عن مادة الرمل النظامي.....
103.....	النتائج التطبيقية.....
107.....	مناقشة.....
109.....	قائمة المصطلحات و الرموز.....
113.....	المراجع.....
116.....	الملحق (1) جداول تجربة الهيدروميتر.....
117.....	الملحق (2) جدول قيم اللزوجة الحركية للمياه بدلالة درجة الحرارة.....
118.....	الملحق (3) المواصفة العالمية لتدوير المياه في الصناعة.....
119.....	الملحق (4) المواصفة القياسية السورية لاستخدام مادة الرمل في صناعة مواد البناء.....

المحتويات

120.....	القسم الأجنبي باللغة الانكليزية
121.....	الملخص باللغة الانكليزية
123.....	صفحة فارغة
124.....	صفحة العنوان باللغة الانكليزية

List Of Tables

قائمة الجداول

رقم الصفحة	التوصيف	رقم الجدول
40	مثال عن مواصفات الآلية في كتيب التشغيل	(1)
44	عينات التجارب	(2)
52	نتائج العينة رقم (A)	(3)
55	نتائج العينة رقم (B)	(4)
58	نتائج العينة رقم (C)	(5)
61	نتائج العينات رقم (A) و (B) و (C)	(6)
62	نتائج تطبيق قوانين الإحصاء الرياضي	(7)
63	النتائج النهائية لخصائص مخلفات معامل الرخام و الحجر	(8)
66	بارامترات تجربة الهيدروميتر	(9)
67	نتائج تجربة الهيدروميتر للعينة رقم (A)	(10)
67	نتائج تجربة الهيدروميتر للعينة رقم (B)	(11)
68	نتائج تجربة الهيدروميتر للعينة رقم (C)	(12)
72	بارامترات قانوني ستوكس و نيوتن في الترسيب	(13)
76	نتائج تطبيق قانوني ستوكس و نيوتن	(14)
80	بارامترات زمن المكث الهيدروليكي	(15)
82	قيم زمن المكث الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات	(16)
83	قيم التحميل السطحي الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات	(17)
86	هوية شركة طعان للرخام و الحجر	(18)
87	أبعاد حوض الترسيب	(19)

قائمة الجداول

93	مواصفات المياه الناتجة عن حوض الترسيب التجريبي	(20)
100	التدرج الحبي للمواد الراسبة	(21)
100	مجال الرمل النظامي	(22)

List Of Figures

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	التوصيف	رقم الشكل
29	الموقع الجيولوجي للأراضي السورية في شمال الصفيحة العربية.	(1)
30	الخارطة التكتونية.	(2)
52	نتائج تجربة تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS للعينة رقم (A)	(3)
53	نتائج تجربة تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (A)	(4)
53	نتائج تجربة تحديد نسبة الرطوبة في المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (A)	(5)
53	نتائج تجربة تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (A)	(6)
54	نتائج تجربة تحديد كمية العوالق SS للعينة رقم (A)	(7)
54	نتائج تجربة تحديد كمية المواد المنحلة DS للعينة رقم (A)	(8)
54	نتائج تجربة تحديد كمية المواد العضوية للعينة رقم (A)	(9)
55	نتائج تجربة تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS للعينة رقم (B)	(10)
56	نتائج تجربة تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (B)	(11)
56	نتائج تجربة تحديد نسبة الرطوبة في المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (B)	(12)

56	نتائج تجربة تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids للعينه رقم (B)	(13)
57	نتائج تجربة تحديد كمية العوالق SS للعينه رقم (B)	(14)
57	نتائج تجربة تحديد كمية المواد المنحله DS للعينه رقم (B)	(15)
57	نتائج تجربة تحديد كمية المواد العضويه للعينه رقم (B)	(16)
58	نتائج تجربة تحديد كمية المواد الصلبه الكلية TS للعينه رقم (C)	(17)
59	نتائج تجربة تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids للعينه رقم (C)	(18)
59	نتائج تجربة تحديد نسبة الرطوبة في المواد الراسبة Stettleable Solids للعينه رقم (C)	(19)
59	نتائج تجربة تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids للعينه رقم (C)	(20)
60	نتائج تجربة تحديد كمية العوالق SS للعينه رقم (C)	(21)
60	نتائج تجربة تحديد كمية المواد المنحله DS للعينه رقم (C)	(22)
60	نتائج تجربة تحديد كمية المواد العضويه للعينه رقم (C)	(23)
64	جهاز الهيدروميتر	(24)
59	نسب أقطار المواد الراسبة	(25)
77	حوض ترسيب طولي	(26)
79	حوض ترسيب ذو جريان شاقولي	(27)
80	نظريه زمن المكث الهيدروليكي	(28)
82	قيم زمن المكث الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات	(29)

قائمة الأشكال

83	قيم التحميل السطحي الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات	(30)
90	مسقط لحوض الترسيب التجريبي	(31)
91	مقطع في حوض الترسيب التجريبي	(32)
101	التدرج الحبي للمواد الراسبة	(33)

List Of Pictures

قائمة الصور

رقم الصفحة	التوصيف	رقم الصورة
32	آليات القص و النشر	(1)
33	آليات القص و التهذيب	(2)
34	آليات تسوية السطوح	(3)
35	النفائات الصلبة	(4)
36	المخلفات السائلة	(5)
36	المواد الراسبة بعد جفاف المياه	(6)
37	انبعاثات الغبار	(7)
38	الإساءة إلى المنظر الجمالي	(8)
38	نمو الطحالب	(9)
42	الآلية من نوع 2000 - qsqj	(10)
45	مخبر البيئة (كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق)	(11)
45	أحد العينات	(12)
46	فرن التجفيف	(13)
46	الميزان	(14)
47	قمع إيمهوف	(15)
48	قياس كمية المواد الراسبة في قمع إيمهوف	(16)
48	ترشيح المياه	(17)
49	وزن الناتج	(18)
50	نواتج الحرق بعد ثبات الوزن	(19)
51	جهاز قياس الرقم الهيدروجيني	(20)
65	تجربة الهيدروميتر	(21)
78	حوض ترسيب قطري	(22)

قائمة الصور

92	حوض الترسيب التجريبي	(23)
94	استخدام المياه المعادة في تبريد آليات القص	(24)
94	استخدام المياه المعادة في قص قطع الرخام و الحجر	(25)
99	المهزات النظامية	(26)

Abstract

الملخص

تنتج مخلفات معامل الرخام و الحجر من عمليات قص و نشر و تهذيب و تسوية سطوح الرخام و الحجر في هذه المعامل و تقسم هذه المخلفات إلى:

1- نفايات صلبة كبيرة مختلفة الحجم من الرخام و الحجر، يتم التخلص من هذه النفايات باستخدامها في صناعة الخرسانة و الأعمال الإنشائية المختلفة و الركام.

2- مخلفات سائلة لزجة ثقيلة تتكون من الدقائق و الجسيمات الحبيبية و الرمال و النشارة الناتجة عن عمليات قص و نشر و تهذيب و تسوية سطوح الرخام و الحجر محمولة مع كميات كبيرة من المياه التي تستخدم لعمليات تبريد الآليات التي لا بد منها و لإضافة مواد تسوية سطوح الرخام و الحجر، و عادة يتم تجميع هذه المخلفات في بحيرات طبيعية أو اصطناعية و تترك لتجف تحت تأثير العوامل الجوية لتبقى المواد الراسبة أو ما يسمى بربو المحاجر التي تجمع و ترمى في أماكن عشوائية غالباً، مسببة الكثير من المشكلات البيئية و الصحية على الإنسان و الحيوان و النبات.

3- انبعاثات كثيفة من الغبار و الجسيمات الدقيقة ناتجة عن تطاير الدقائق الناعمة الناتجة عن عمليات القص و النشر و التهذيب.

4- مخلفات الصرف الصحي للمعمل، و يتم صرفها إلى شبكة الصرف الصحي المحلية.

في هذا البحث تمت دراسة الخصائص الهندسية للمخلفات السائلة من خلال إجراء تجارب مخبرية على عدة عينات أخذت من معامل مختلفة للرخام و الحجر، و دراسة إمكانية ترسيبها بشكل هندسي بهدف تدوير المياه، و تحديد قابلية استخدام

الملخص

المواد الراسبة في صناعة مواد البناء باعتبارها نوع من أنواع التربة الرملية، و تحديد الطرق الهندسية البيئية السليمة للتخلص منها و بالتالي وضع حد للتلوث البيئي و الصحي الناتج عنها. شملت هذه التجارب تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS، و المواد الراسبة Settleable Solids، و العوالق SS، و المواد المنحلة DS، و كمية المواد العضوية، و درجة حرارة المياه، و الرقم الهيدروجيني PH، و الوزن الحجمي للمواد الراسبة، و نسبة الرطوبة، و التدرج الحبي للمواد الراسبة، و أقطار حبيبات المواد الراسبة، بالإضافة إلى تحديد بارامترات تصميم حوض ترسيب هندسي بهدف تدوير المياه مع إجراء دراسة تطبيقية و تحليل النتائج و مقارنتها مع مواصفة عالمية.

الكلمات المفتاحية:

الهندسة البيئية، حماية البيئة، تدوير المياه، الإدارة البيئية، تنقية المياه، أحواض الترسيب، صناعة الرخام و الحجر، مخلفات صناعة الرخام و الحجر، صناعة مواد البناء.

الباب الأول: مقدمة

الباب الأول: مقدمة Introduction

الباب الأول: مقدمة

Introduction

1-1- لمحة عن مخلفات معامل الرخام و الحجر:

إن عملية تصنيع الرخام و الحجر بما فيها من عمليات قص و نشر و تهذيب و تسوية سطوح في معامل الرخام و الحجر ينتج عنها نفايات صلبة كبيرة مختلفة الحجم حيث يتم التخلص منها باستخدامها في صناعة الخرسانة و الأعمال الإنشائية المختلفة و أعمال الركام، و مخلفات سائلة لزجة ثقيلة تتكون من كميات المياه التي تستخدم في عمليات تبريد آليات معامل الرخام و الحجر و إضافة مواد تسوية السطوح، و الجسيمات الدقيقة و الرمال و النشارة الناتجة أثناء عمليات القص و النشر و التي تجمع غالباً في بحيرات لتجف و تتحول بعد جفافها إلى مادة خفيفة جداً تجمع عادة و ترمى بشكل عشوائي مسببة مشكلات بيئية و صحية كثيرة و هي موضوع البحث، أيضاً تصدر انبعاثات كثيفة من الغبار أثناء عمليات القص و النشر من الآليات <1>.

1-2- مشكلة البحث:

تعتبر مخلفات معامل الرخام و الحجر من أحد أخطر الملوثات الصناعية للبيئة و الصحة <1>، <2>، حيث أن غياب طرق هندسية بيئية للتخلص السليم منها و رميها بشكل عشوائي يتسبب بالكثير من المشكلات البيئية و الصحية، لذلك خصصت هذه الدراسة لبحث مشكلة مخلفات معامل الرخام و الحجر و هي تحاول الإجابة على الأسئلة التالية:

1- ما هي الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر؟

2- هل يمكن إعادة تدوير المياه التي تستهلكها معامل الرخام و الحجر؟

3- هل يمكن تدوير مخلفات معامل الرخام و الحجر في صناعة مواد البناء؟

4- ما هي الطرق الهندسية البيئية للتخلص بشكل سليم من مخلفات معامل الرخام و الحجر؟

1-3- أهمية البحث و أهدافه:

بسبب عدم وجود خطة حقيقية في سورية للتخلص من مشكلة التلوث التي تسببها مخلفات معامل الرخام و الحجر، و بسبب عدم وجود دراسات فعلية لبحث خصائص هذه المخلفات و إمكانية استخدامها في الصناعات المختلفة أو التخلص منها بشكل هندسي بيئي سليم جاءت هذه الدراسة لتغطية بعض النقص في هذا المجال و لتكون بداية لدراسات مستقبلية تنتهي بحل جذري لهذه المشكلة.

إن الهدف الرئيسي للبحث هو التخلص من التلوث البيئي الناتج عن مخلفات معامل الرخام و الحجر و ذلك من خلال تدوير المياه المستخدمة و إمكانية استخدام المخلفات في صناعة مواد البناء أو التخلص منها بشكل هندسي بيئي سليم.

و أخيراً إن عدم الخوض في هذا المجال سوف يتسبب باستمرار المعاناة من التلوث البيئي و الصحي الناتج من مخلفات معامل الرخام و الحجر و عدم الاستفادة أو التخلص منها بشكل سليم.

1-4- الدراسات السابقة:

تم استخدام مخلفات معامل الرخام و الحجر بعد تجفيفها و طحنها في عمليات تصنيع ناجحة شملت <2>:

- 1- أنابيب بلاستيكية PVC باستخدام نسبة 3.5% مخلفات كمادة مائة عوضاً عن كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ إلى 96.5% PVC و أعطت نتائج اختبار جيدة.
- 2- أواني فخارية باستخدام نسبة 50% مخلفات إلى 50% عجينة فخار و لم يحدث فيها أية تشققات أو ظواهر غير طبيعية.
- 3- أواني و أكواب من السيراميك باستخدام نسبة 30% مخلفات إلى 70% عجينة سيراميك و أعطت نتائج اختبار مرضية.
- 4- طلاء جدران باستخدام نسبة 20% مخلفات في خلطة الطلاء كبديل عن مادة كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ و قد تم تجريبه بنجاح تام.
- 5- معجون تأسيس طلاء و تم تجربته بنجاح.
- 6- أشكال خزفية و تحف عن طريق صب المخلفات المضاف إليها نسبة 45% اسمنت أبيض في قوالب بلاستيكية.

1-5- فرضية البحث:

وجد من التجارب أن المواد الراسبة الناتجة بعد جفاف المياه تمتلك خصائص هندسية للتربة الرملية بالإضافة لاحتوائها على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ التي تعتبر كمادة رابطة و لها ميزات تؤهلها لبعض التطبيقات الصناعية و الإنشائية <2>، و بالتالي فإن الباحث يفترض إمكانية ترسيب هذه المواد في حوض ترسيب هندسي و تجميعها لإعادة تدوير المياه و إمكانية استخدام المواد الراسبة في صناعة مواد البناء و التخلص من التلوث الناتج عنها.

1-6- حدود البحث:

يعتبر هذا البحث المحاولة الأولى في هذا المجال من الناحية البيئية حسب معلومات الباحث لذلك ستقتصر الدراسة على عينات مأخوذة من ثلاث معامل للرخام و الحجر مختارة بشكل عشوائي، حيث أن هذه المعامل تتعامل مع جميع أنواع الرخام و الحجر شائعة الاستخدام.

1-7- الجهات المهتمة بالبحث:

إن دراسة خصائص مخلفات معامل الرخام و الحجر و آثارها البيئية و إمكانية تدوير المياه و إمكانية استخدامها في صناعة مواد البناء من الناحية الإنشائية يعتبر مهماً لكثير من الجهات و بالتحديد وزارة البيئة التي تهتم بالتلوث البيئي و المصادر الطبيعية، ووزارة الزراعة و الاصلاح الزراعي التي تعنى بانحسار الأراضي الزراعية نتيجة غزو مخلفات معامل الرخام و الحجر لها و حماية النباتات و الحيوانات، و وزارة الصناعة التي تهتم بصناعة مواد البناء و المصادر الرملية كمادة إنشائية، و وزارة السياحة التي تهتم بالأماكن السياحية و المعالم الأثرية القريبة من معامل الرخام و الحجر التي يمكن أن تؤثر بشكل مباشر عليها، و وزارة النفط و الثروة المعدنية التي تعنى بصناعة الرخام و الحجر، و وزارة الصحة التي تعنى بصحة الإنسان، و رجال الأعمال على المستوى المحلي و على مستوى العالم الذين تهتمهم هذه المسألة من أجل الاستثمار في مجال مخلفات معامل الرخام و الحجر سواء من أجل الاستفادة منها أو التخلص منها بشكل سليم.

1-8- صناعة الرخام و الحجر في سورية:

لصناعة الرخام و الحجر في سورية حكاية نجاح يرونها تطور هذه الصناعة المتسارع، وبخاصة بعد أن استطاعت سورية التحول من بلد مستورد إلى بلد مصدر، و هذا النجاح ساهمت فيه بالإضافة إلى القطاع العام الشركات الخاصة التي استطاع بعضها دخول المنافسة العالمية في صناعة الرخام و الحجر (مثل شركة ذكرى و شركة العلوش) <3>، فقد اشتهرت سورية منذ آلاف السنين بالأعمال الرخامية و الحجرية في بناء دور العبادة و القلاع الشامخة و التي ما زالت حتى يومنا هذا، و قد ساعدها في هذا عدة عوامل أهمها الموقع الجغرافي المميز الذي تتمتع به و الإبداع و المهارة التي اشتهر بها حرفيو الرخام و الحجر بالإضافة إلى توفر العديد من الألوان المميزة و الأنواع المختلفة من الحجر، و يمكن القول أن التاريخ الحديث لصناعة الرخام و الحجر في سورية قد مر بعدة مراحل مختلفة هي:

1- فترة تأسيس الشركة العامة للرخام و الحجر و هي شركة حكومية، حيث انتشرت عدد من المقالع الصغيرة و المتوسطة من حيث الانتاج و تنتج كميات قليلة من بعض أنواع الرخام و الحجر بلون البيج الغامق و الفاتح الذي يشبه نوع (الامبرادور الاسباني) بالإضافة إلى الأسود القاتم و الأحمر، لكن و بسبب العيوب الطبيعية و عدم تناسق الألوان و عدم توفرها بكميات كبيرة لم تلق هذه المنتجات الرغبة المشجعة في اعتمادها كمواد جاهزة للتصدير و اقتصر استخدامها محلياً فقط.

2- اعتمدت سورية على صادرات بعض تلك المواد من الرخام و الحجر كأعمال فنية فقط إلى بعض الدول و أهمها: دول الخليج العربي و اليونان و قبرص و فرنسا و الولايات المتحدة الأمريكية و بريطانيا و أستراليا و ألمانيا و إيطاليا و الأردن.

3- منذ عام 1980 و حتى منتصف عام 2000 تراجعت صناعة الرخام و الحجر بسبب منع الاستيراد و تدنت تلك الصناعة إلى أدنى مستوى لها بحيث لم يتجاوز عدد الآليات المخصصة لذلك 50 آلية و لم يكن موجود أي معمل لصناعة الرخام و الحجر.

4- في مطلع عام 2001 و مع بدء التطور الاقتصادي الكبير الذي شهدته سورية في جميع المجالات التجارية و الصناعية بدأت صناعة الرخام و الحجر في سورية باستعادة نشاطها بعد أن تم السماح باستيراد الكتل الرخامية و الحجرية من جميع دول العالم، و بدأت عجلة التحديث و التطوير لبعض المعامل القديمة و بدأ الاستثمار الفعلي في هذا المجال بإحداث شركات متخصصة.

5- بعد ذلك افتتح معرض تكنوستون (المعرض الدولي لصناعة الرخام و الحجر) و الذي تنظمه أحد الشركات السورية المتخصصة في صناعة الرخام و الحجر، حيث كان له الفضل الأكبر في المساعدة و بصورة مباشرة و سريعة في تسهيل عمليات الاستثمار من خلال مشاركة العديد من الدول في هذا المعرض و عرض أحدث ما توصلت إليه هذه الشركات في مجال هذه الصناعة <4>.

يتكون الرخام و الحجر السوري من الأنواع التالية <5>:

1- الرخام البدروسي بألوان (كريم فاتح - معرق - أبيض - ملون)، يستخدم للإكساءات الداخلية و الخارجية و الأرضيات و الأدراج و المجالي و أعمال الديكور و التشكيل المختلفة.

2- الرخام الكسبي بألوان (أبيض رزي - أبيض فاتح)، و يستخدم كالرخام البدروسي.

3- الرخام الكلبي بألوان (سماوي - موشح - طحيني موشح)، و يستخدم للإكساءات و الأرضيات و الديكور.

4- الرخام البرزاوي بألوان (بيج - زهري - بني محمر - بني فاتح مع نقاط صفراء)، و يستخدم بشكل أساسي للأرضيات و الأدرج.

5- الرخام الحلبي بألوان (أسود - زهري - بيذنجاني - طحيني)، و يستخدم للإكساءات و الأرضيات و الأدرج و الزينة و التشكيل.

6- الرخام الرحيباني بألوان (أبيض - بيج فاتح)، و يستخدم في الإكساءات بأنواعها.

7- رخام عين الشرقية بألوان (بيج - بني فاتح - بني غامق)، و يستخدم للإكساءات الخارجية و الحدائق.

8- الرخام التدمري و رخام مصياف بألوان (أبيض - بيج فاتح)، و يستخدم للإكساءات الخارجية و الحدائق.

و يتم حالياً تصدير هذه المنتجات عالمياً لتدخل أسواق الأردن و السعودية و دول الخليج و لبنان و قبرص و ايطاليا و ألمانيا.

تصنع سورية ما يقارب 24 مليون متر مربع من الرخام و الحجر (سواء من الكتل الرخامية المستوردة من الخارج أو من الكتل الرخامية القادمة من المقالع المحلية) سنوياً معدة للاستخدام المحلي و التصدير و ذلك في 2500 منشأة عامة و خاصة موزعة في كافة المحافظات السورية، و تتركز المنشآت الضخمة في المدن

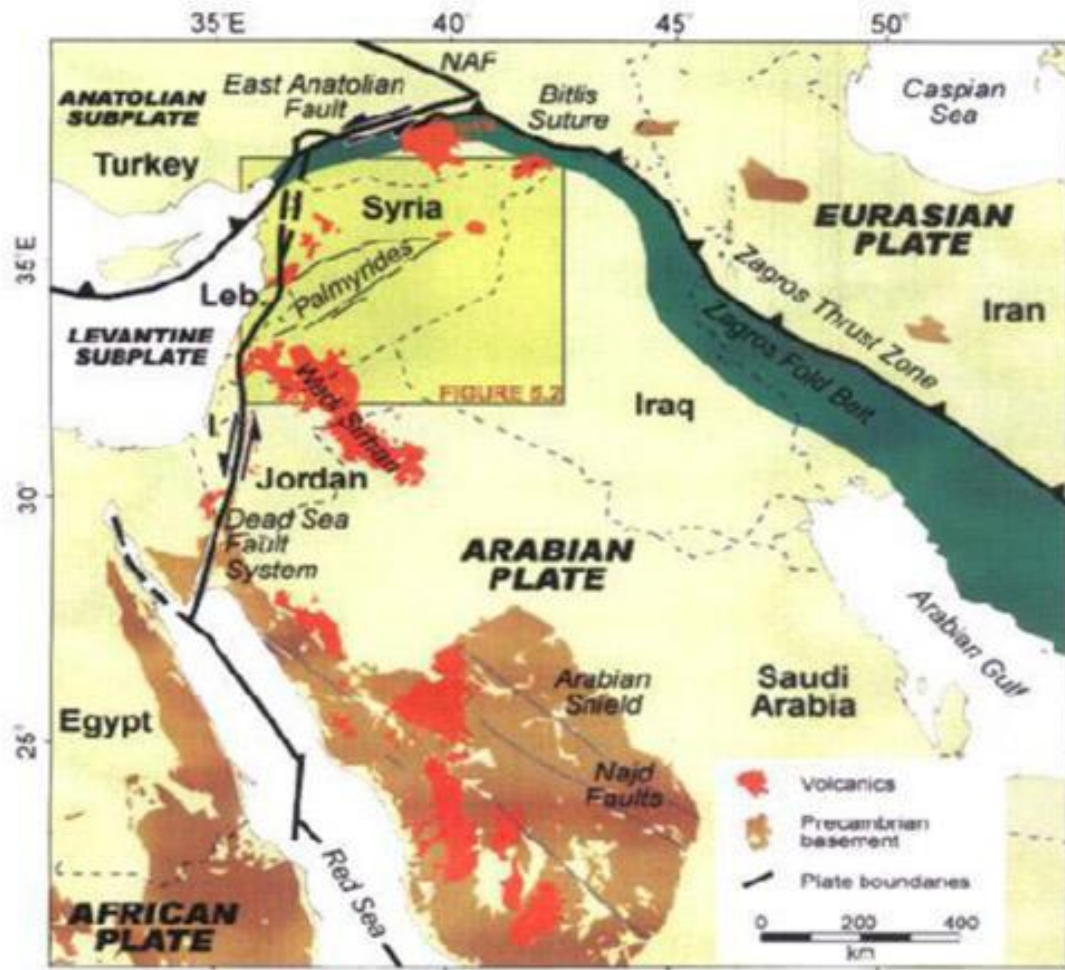
الصناعية (كمدينة عدرا الصناعية و المدينة الصناعية في حسياء)، و هذا ما تم تسجيله حتى عام 2009 <6>.

1-9- الصخور في سورية:

تعتبر الصخور في سورية أحد أهم المصادر الطبيعية، و تعتبر صناعة الرخام و الحجر من أهم الصناعات في سورية حيث يتم اقتلاع الصخور من المقالع ثم تنقل إلى معامل الرخام و الحجر ليتم تصنيعها.

تشكل الأراضي السورية (185.15 كيلو متر مربع) الجزء الشمالي من الصفيحة العربية، و تتميز بوضع جيولوجي و بنيوي معقد نسبياً، تتكشف ضمن الأراضي السورية تشكيلات رسوبية (صخور كربونائية بمعظمها) تؤلف حوالي 75% من الأراضي في سورية و الجزء المتبقي صخور بركانية تنتشر على شكل صبات بازلتية و دروع بازلتية في الجنوب الغربي و القسم الغربي الأوسط و شمال شرق سورية، بالإضافة إلى الصخور الرسوبية البركانية المرافقة في شمال و شمال غرب سورية.

و بالتالي تعتبر صخور سورية في معظمها من الصخور الرسوبية الكلسية الكربونائية الغنية بكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ التي تشكلت نتيجة عوامل التعرية و النقل و الترسيب و هذا ما يجعلها مناسبة لصناعة الرخام و الحجر، لكن تعتمد جودة الصخر على نوعية المعادن المكونة له و على ظروف و بيئة الترسيب و نوع و كمية المادة اللاصقة بين الحبيبات <7>.



الشكل (1) الموقع الجيولوجي للأراضي السورية في شمال الصفيحة العربية.

الباب الثاني: معامل الرخام و الحجر

الباب الثاني: معامل الرخام و الحجر Marble And Stone Plants

Marble And Stone Plants

الباب الثاني: معامل الرخام و الحجر

2-1- آليات معامل الرخام و الحجر:

تستخدم معامل الرخام و الحجر العديد من الآليات التي يمكن تصنيفها إلى <8>:

1- آليات قص و نشر كبيرة، مهمتها قص و نشر كتل الرخام و الحجر الضخمة القادمة من المقالع مباشرة أو المستوردة من الخارج و جعلها بأبعاد و حجوم يمكن التعامل معها، و عادة تكون هذه الآليات مثبتة في أرضية المعمل و ذات وزن و حجم كبيرين نسبياً و تستخدم الروافع.



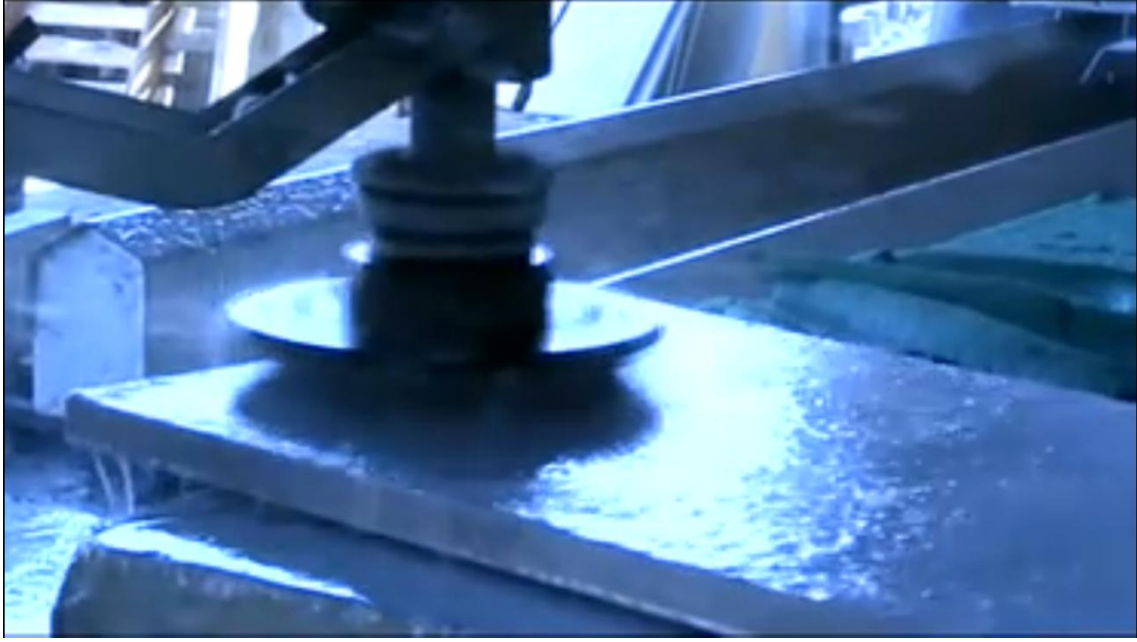
الصورة (1) آليات القص و النشر.

2- آليات قص و تهذيب، مهمتها قص و تهذيب قطع الرخام و الحجر الناتجة و جعلها بالأبعاد و القياسات المطلوبة للاستخدام، و عادة تكون هذه الآليات مثبتة على طاولات ذات إطارات يمكن تحريكها.



الصورة (2) آليات القص و التهذيب.

3- آليات تسوية السطوح، مهمتها تسوية قطع الرخام و الحجر الناتجة و تلميع سطحها و تجهيزها للاستخدام مباشرة، و تستخدم مواد كيميائية أثناء عملها هي في الغالب حمض الأوكساليك المائي و أملاحه $H_2C_2O_4$ ، و تكون بشكل مسحوق ناعم (بودرة)، حيث أنه بوجود المياه يشكل طبقة بلورية مع سطوح قطع الرخام و الحجر و يكون أوكسالات الكالسيوم و هي عبارة عن طبقة شديدة اللمعان و غير منحلة بالمياه.



الصورة (3) آليات تسوية السطوح.

توجد هذه الآليات بأنواع و حجوم و مقاسات مختلفة، لكن جميعها تستهلك كميات كبيرة من المياه أثناء عملها من أجل عمليات التبريد التي لا بد منها، و إضافة مواد تسوية السطح بالنسبة لآليات تسوية السطوح.

2-2- مخلفات معامل الرخام و الحجر:

إن عمليات قص و نشر و تهذيب و تسوية سطوح الرخام و الحجر ينتج عنها <6>:

1- نفايات صلبة كبيرة مختلفة الحجم من قطع الرخام و الحجر، هذه النفايات يتم التخلص منها باستخدامها في صناعة الخرسانة و الأعمال الإنشائية المختلفة مثل الجدران الإستنادية و غيرها و في أعمال الركام المختلفة.



الصورة (4) النفايات الصلبة.

2- مخلفات سائلة عندما تخرج المياه من الآليات محملة بالدقائق و الجسيمات الحبيبية و الرمال و النشارة الناتجة عن عمليات قص و نشر و تهذيب و تسوية سطوح الرخام و الحجر، و عادة تجمع هذه المياه في بحيرات طبيعية أو اصطناعية لتترك لتجف تحت تأثير العوامل الجوية لتبقى المواد الراسبة، التي تجمع و ترمى في أماكن عشوائية غالباً، و بسبب نعومتها يمكن أن تنتقل إلى أماكن أخرى تحت تأثير الرياح، و هي موضوع هذا البحث.



الصورة (5) المخلفات السائلة.



الصورة (6) المواد الراسبية بعد جفاف المياه.

3- انبعاثات كثيفة من الغبار و الجسيمات الدقيقة، ناتجة عن تطاير الدقائق الناعمة و النشارة أثناء عمليات القص و النشر و التهذيب.



الصورة (7) انبعاثات الغبار.

4- مخلفات الصرف الصحي للمعمل، و التي يتم صرفها إلى شبكة الصرف الصحي المحلية.

2-3- التلوث البيئي و الصحي الناتج عن مخلفات معامل الرخام و الحجر:

1- الإساءة إلى المنظر الجمالي في المكان الذي ترمى فيه.

الباب الثاني: معامل الرخام و الحجر



الصورة (8) الإساءة إلى المنظر الجمالي.

2- تشجع على نمو الطحالب في المناطق التي تجمع فيها، بسبب طبيعتها القلوية و احتوائها على نسب عالية من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.



الصورة (9) نمو الطحالب.

- 3- تؤثر بشكل سلبي على نسبة الحموضة في التربة التي ترمى فوقها، حيث تحتوي كميات كبيرة من المواد القلوية.
- 4- تشكل طبقة عازلة فوق التربة الزراعية التي ترمى فوقها، يمكن أن تمنع انتقال المياه و المواد الغذائية إلى النباتات المزروعة فيها.
- 5- تؤثر بشكل مباشر على الغطاء النباتي الموجود في المناطق التي ترمى فيها، حيث تتطاير و تتراكم على أوراق النباتات و تسد المسامات و تمنع التبادل الغازي مع الوسط المحيط.
- 6- تسبب تلوث المياه الجوفية إذا كان منسوبها قريب من سطح التربة التي ترمى عليها، لأنها تتميز بالنعومة بحيث يمكنها أن تدخل ضمن مسامات التربة و تصل للمياه الجوفية.
- 7- تؤثر مباشرة على التواجد الحيواني في المناطق التي ترمى فيها، حيث يمكنها أن تدخل الجهاز التنفسي للحيوان بسبب نعومتها مسببة له آفات صحية.
- 8- تسبب أمراض تنفسية مزمنة للإنسان مثل الربو و الحساسية في الأماكن القريبة من أماكن رمي هذه المخلفات، حيث يمكنها أن تنتقل بواسطة الرياح و أن تدخل الجهاز التنفسي للإنسان بسبب نعومتها.

2-4- كمية استهلاك الآلية من المياه:

تختلف آليات معامل الرخام و الحجر عن بعضها البعض في استهلاكها للمياه أثناء عملها بحسب نوعها و حجمها و مقاسها، حيث تحتاج هذه الآليات إلى المياه من أجل عمليات التبريد أثناء عملها و لإضافة مواد تسوية السطح بالنسبة لآليات تسوية السطح، لكن يمكن معرفة قيمة استهلاك كل آلية من المياه من كتيب التشغيل الخاص بها، حيث تقوم شركات تصنيع آليات معامل الرخام و الحجر بحساب استهلاك المياه لكل آلية و تسجيل قيمة الاستهلاك ضمن مواصفات الآلية في كتيب التشغيل <8>.

الجدول (1) مثال عن مواصفات الآلية في كتيب التشغيل <9>.

qsqj - 2000		آلية قطع رخام
mm	3000	طول الآلية l
mm	2000	عرض الآلية b
mm	850	ارتفاع الآلية a
mm	2000	قطر الشفرة d
number	6	عدد النصل N
Kw	37	قوة المحرك p
m ³ /h	6	استهلاك المياه Q _m
Kg	10.000	الوزن w
m ² /month	5000	القدرة على الانتاج Q _p

نلاحظ أن الآلية من نوع qsqj - 2000 تستهلك كمية 6 م³/سا من المياه أثناء عملها من أجل التبريد، و تنتج 5000 م² من الرخام و الحجر شهرياً.

و يمكن التعبير بشكل رياضي عن كمية استهلاك الآلية من المياه و ذلك لواحدة الانتاج من الرخام و الحجر و التي تقاس بالمتر المربع من خلال العلاقة التالية:

$$q = \frac{30 * Q_m}{Q_p} * h$$

حيث:

q: كمية استهلاك الآلية من المياه و ذلك لواحدة الانتاج أي m^3/m^2 .

Q_m : استهلاك الآلية من المياه خلال ساعة من عملها مقدر ب m^3/h .

Q_p : قدرة الآلية على الانتاج في الشهر مقدر ب $m^2/month$.

h: عدد ساعات العمل في اليوم.

و الرقم 30 للتحويل من كمية انتاج في الشهر إلى كمية انتاج في اليوم.

بالتطبيق على الآلية من نوع 2000 – qsqj، و بفرض أن معدل العمل اليومي هو نوبتي عمل في اليوم مدة كل نوبة 8 ساعات نجد:

$$q = \frac{30 * 6}{5000} * (2 * 8) = 0.576 m^3/m^2$$

أي يحتاج صناعة متر مربع واحد من الرخام و الحجر بواسطة الآلية من نوع 2000 – qsqj 0.576 متر مكعب من المياه أي 576 ليتر.

لكن يمكن أن يحتوي معمل الرخام و الحجر نفسه على أنواع مختلفة من الآليات، الأمر الذي يجعل من تحديد كمية استهلاك معمل الرخام و الحجر من المياه بدقة أمراً بغاية الصعوبة.



الصورة (10) الآلية من نوع 2000 - qsq.

2-5- كمية استهلاك معامل الرخام و الحجر من المياه:

تختلف معامل الرخام و الحجر عن بعضها البعض بعدد الآليات و أنواعها و حجومها و مقاساتها و بالتالي تختلف بكميات استهلاك المياه.

لكن يمكن التعبير عن كمية استهلاك معمل الرخام و الحجر بشكل رياضي كما يلي:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_m * h$$

حيث:

Q: كمية استهلاك معمل الرخام و الحجر من المياه مقدراً ب m^3/d .

Q_m : استهلاك الآلية من المياه خلال ساعة من عملها مقدرة ب m^3/h .

n: عدد الآليات العاملة في المعمل، h: عدد ساعات العمل في اليوم.

الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر.
Study Of Engineering Properties Of Marble And Stone
Plants Wastes

الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر
Study Of Engineering Properties Of Marble And Stone
Plants Wastes

3-1- تحضير العينات:

تم تحضير 3 عينات بكميات تراوحت بين 15 - 25 ليتر لكل عينة، و تم أخذ هذه العينات من 3 معامل للرخام و الحجر بحيث أن هذه المعامل تتعامل مع جميع أنواع الرخام و الحجر شائعة الاستخدام حيث تم أخذ عينة من كل معمل، و قد تم أخذ جميع العينات من نقطة خروج المياه من الآليات مباشرة <10>، ثم نقلت العينات إلى مخابر كلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق (مخبر الهندسة البيئية، مخبر ميكانيك التربة و الجيولوجيا الهندسية، مخبر البيتون و مواد البناء) لإجراء التجارب المخبرية عليها، و كانت العينات بحسب الجدول التالي:

الجدول (2) عينات التجارب.

رقم العينة	اسم المعمل و موقعه	الكمية (ليتر)
(A)	شركة طعان للرخام و الحجر (ريف دمشق - مدينة النبك)	25
(B)	الأشهب للرخام و الحجر (دمشق - حي الدويلعة)	15
(C)	الشرق للرخام و الحجر (ريف دمشق - مدينة جرمانا)	20



الصورة (11) مخبر البيئة (كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق).



الصورة (12) أحد العينات.

3-2- تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS:

تم تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS عن طريق تبخير عينة كميتها معروفة في الدرجة 100 - 105 درجة مئوية في فرن التجفيف ثم وزن الناتج <11>.



الصورة (13) فرن التجفيف.



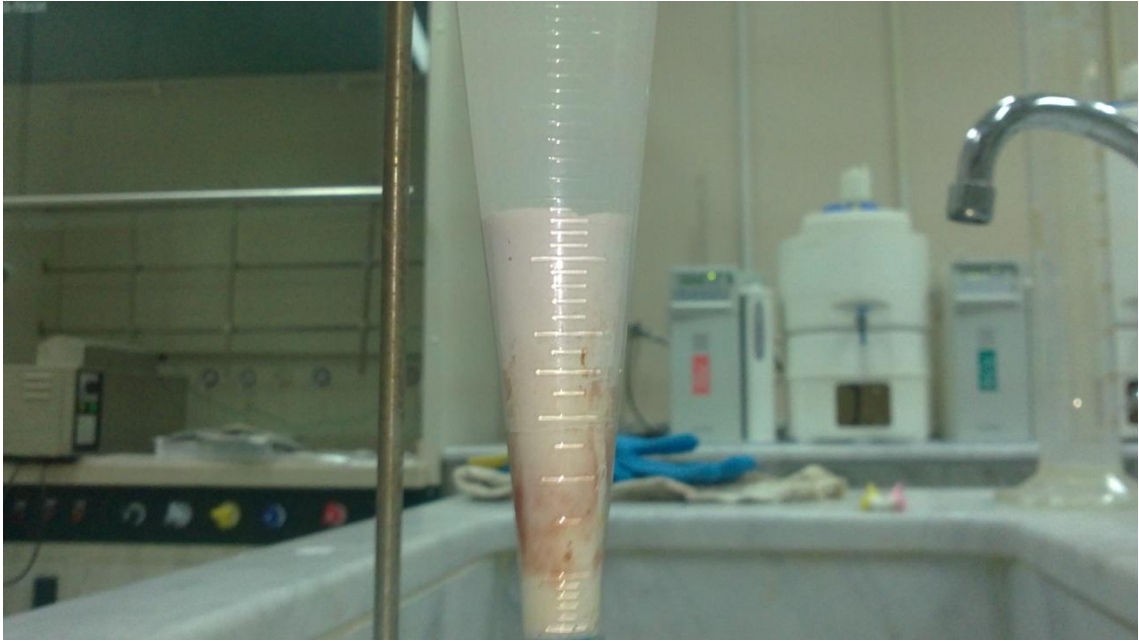
الصورة (14) الميزان.

3-3- تحديد كمية المواد الراسبة **Settleable Solids**:

تمت التجربة بواسطة أقماع إيمهوف، و هي عبارة عن أنابيب مخروطية الشكل سعة كل منها 1 لتر و تكون مدرجة لقياس كمية المواد الراسبة، و قد تم قياس كمية المواد الراسبة بعد ساعة واحدة (في النظام الأمريكي) $<11>$ ، و قد تم تحديد نسبة الرطوبة فيها بعد تجفيف المواد الراسبة في فرن التجفيف حتى ثبات الوزن حيث يمثل الفرق في الوزنين قبل و بعد التجفيف محتوى الرطوبة $<12> W$.



الصورة (15) قمع إيمهوف.



الصورة (16) قياس كمية المواد الراسبة في قمع إيمهوف.

3-4- تحديد كمية العوالق SS:

بعد انتهاء تجربة الترسيب في قمع إيمهوف تم ترشيح المياه المأخوذة من أعلى القمع عبر ورقة ترشيح و وزن الناتج <11>.



الصورة (17) ترشيح المياه.



الصورة (18) وزن الناتج.

3-5- تحديد كمية المواد المنحلة DS:

تمثل كمية المواد المنحلة DS الفرق بين وزن المواد الصلبة الكلية TS الناتجة عن التبخير و بين (وزن المواد الراسبة Settleable Solids و وزن العوالق SS) <11>.

3-6- تحديد كمية المواد العضوية:

تم حرق نواتج التبخير TS بعد وزنها في الدرجة 550 درجة مئوية حتى ثبات الوزن و وزن الناتج، حيث يمثل الفرق بين الوزنين كمية المواد العضوية، حيث تحترق المواد العضوية في الدرجة 550 درجة مئوية تقريباً <11>.



الصورة (19) نواتج الحرق بعد ثبات الوزن.

3-7- تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة:

يمثل الوزن الحجمي وزن واحدة الحجم الطبيعي للمادة <12>، يتم تحديد قيمته عن طريق وزن (غ) حجم محدد (سم³) من المادة و ذلك بعد تجفيف العينة، و لقد تبين أن الوزن الحجمي للمواد الراسبة يساوي تقريباً الوزن الحجمي للرمل الكوارتزي <13>.

3-8- قياس درجة حرارة المياه:

تم استخدام ميزان حرارة لقياس درجة حرارة المياه الخارجة من الآليات مباشرة و ذلك بشكل حقلي.

3-9- قياس الرقم الهيدروجيني للمياه PH:

تم قياس الرقم الهيدروجيني للمياه الخارجة من الآليات مباشرة باستخدام جهاز قياس الرقم الهيدروجيني بشكل حقلي.



الصورة (20) جهاز قياس الرقم الهيدروجيني.

3-10- نتائج التجارب:

ملاحظة 1:

بالنسبة إلى الخصائص التالية: كمية المواد الصلبة الكلية TS، كمية المواد الراسبة Settleable Solids، كمية العوالق SS، كمية المواد المنحلة DS، كمية المواد العضوية، الوزن الحجمي للمواد الراسبة فقد تم إجراء 10 تجارب مخبرية و ذلك لكل عينة من العينات الثلاث، أما بالنسبة للخصائص التالية: درجة حرارة المياه، الرقم الهيدروجيني للمياه PH فقد تم أخذ قياس بشكل حقيقي لكل عينة من العينات الثلاث.

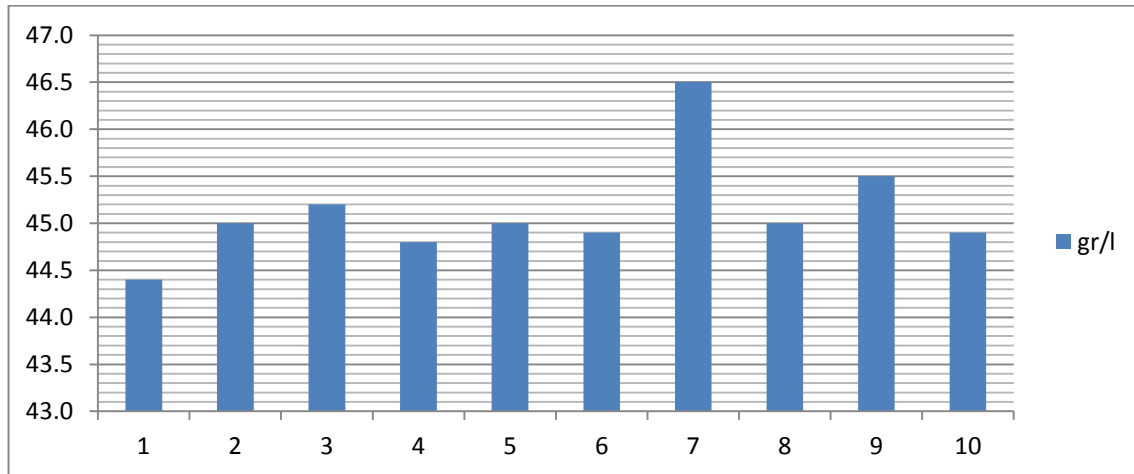
ملاحظة 2:

لقد تم تطبيق قوانين الإحصاء الرياضي على نتائج التجارب من أجل زيادة دقة النتائج و ذلك من خلال حساب قيم المتوسط الحسابي X و قيم الانحراف المعياري S.

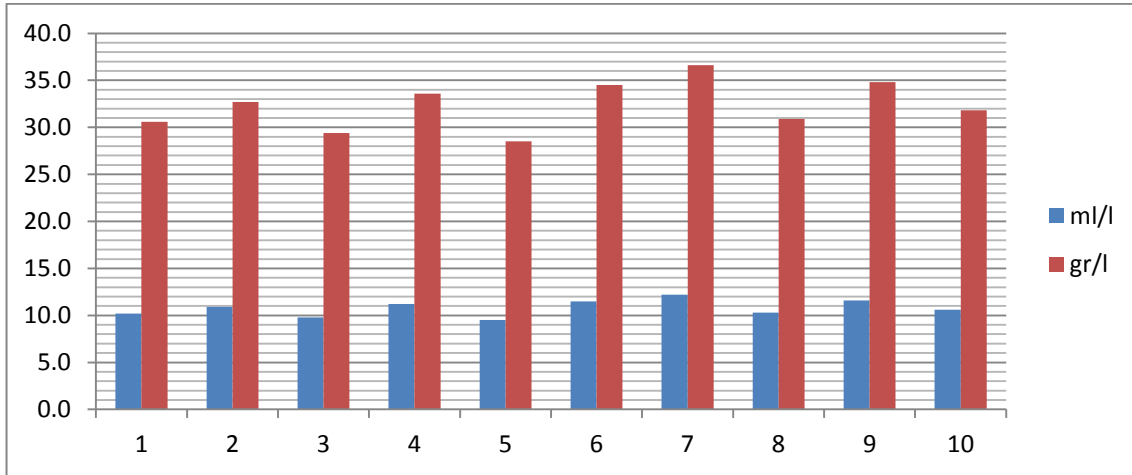
و قد كانت النتائج كما يلي:

الجدول (3) نتائج العينة رقم (A) .

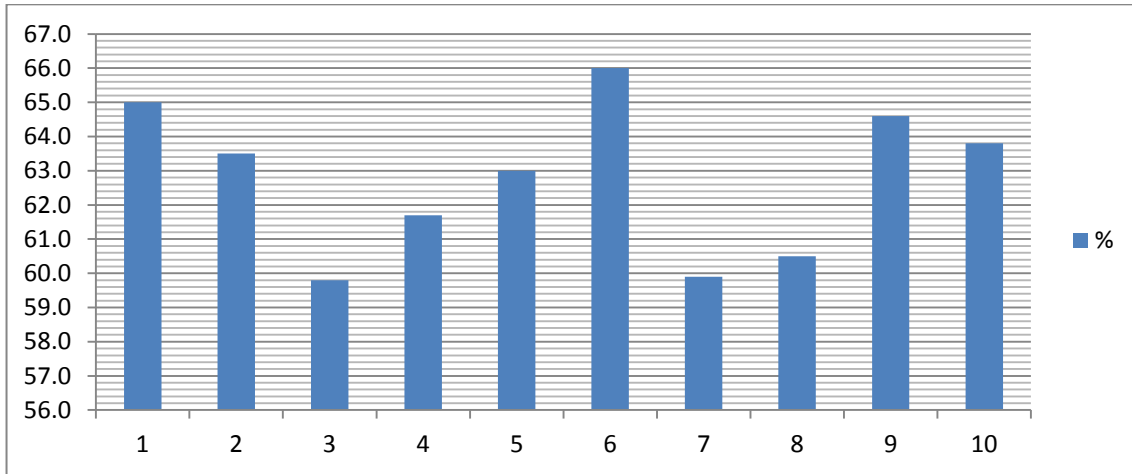
رقم العينة	رقم التجربة	TS gr/l	Settleable Solids				SS gr/l	DS gr/l	المواد العضوية gr/l	PH	درجة الحرارة درجة مئوية
			ml/l	gr/l	W%	الوزن الحجمي gr/cm ³					
(A)	1	44.4	10.2	30.6	65.0	2.73	10.2	3.6	2.2	8.6	26
	2	45.0	10.9	32.7	63.5	2.66	9.8	2.5	2.3		
	3	45.2	9.8	29.4	59.8	2.74	9.9	5.9	2.5		
	4	44.8	11.2	33.6	61.7	2.70	9.8	1.4	3.2		
	5	45.0	9.5	28.5	63.0	2.70	10.5	6.0	2.4		
	6	44.9	11.5	34.5	66.0	2.69	10.0	0.4	1.5		
	7	46.5	12.2	36.6	59.9	2.69	9.7	0.2	2.6		
	8	45.0	10.3	30.9	60.5	2.71	10.2	3.9	2.8		
	9	45.5	11.6	34.8	64.6	2.65	9.8	0.9	3.1		
	10	44.9	10.6	31.8	63.8	2.69	9.5	3.6	2.6		
X		45.1	10.8	32.3	62.8	2.7	9.9	2.8	2.5	8.6	26
S		0.53	0.81	2.44	2.09	0.03	0.28	2.01	0.46	0	0
النتيجة النهائية		45.1	10.8	32.3	62.8	2.7	9.9	2.8	2.5	8.6	26
		±	±	±	±	±	±	±	±		
		0.53	0.81	2.44	2.09	0.03	0.28	2.01	0.46		



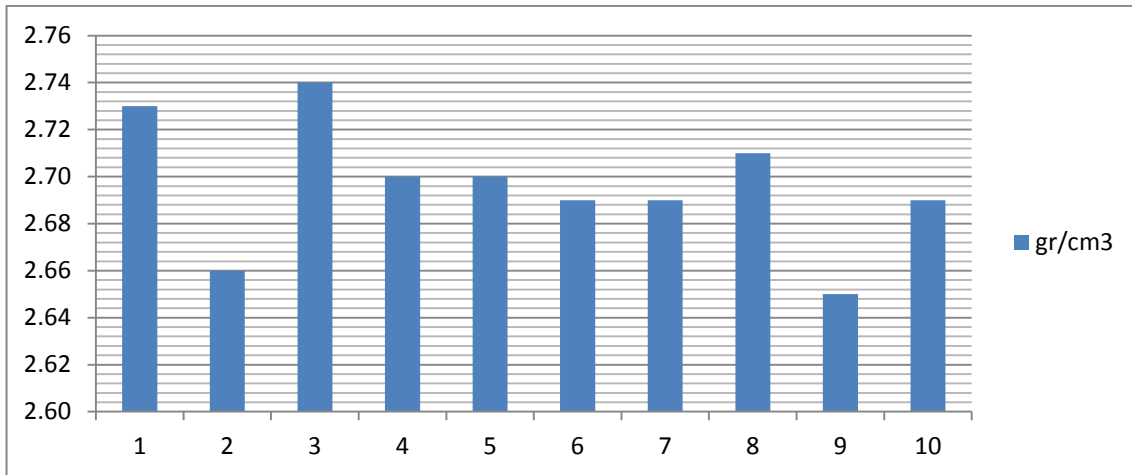
الشكل (3) نتائج تجربة تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS للعينة رقم (A) .



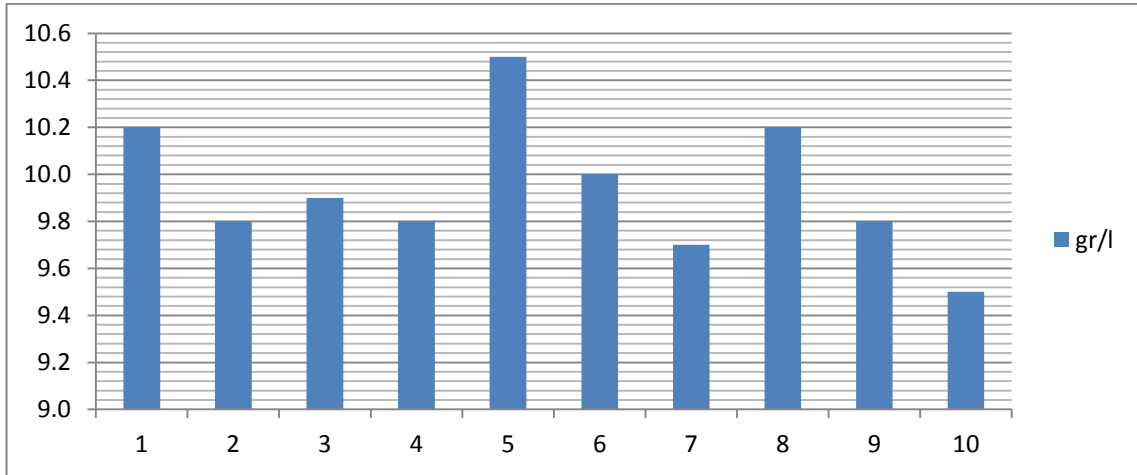
الشكل (4) نتائج تجربة تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (A) .



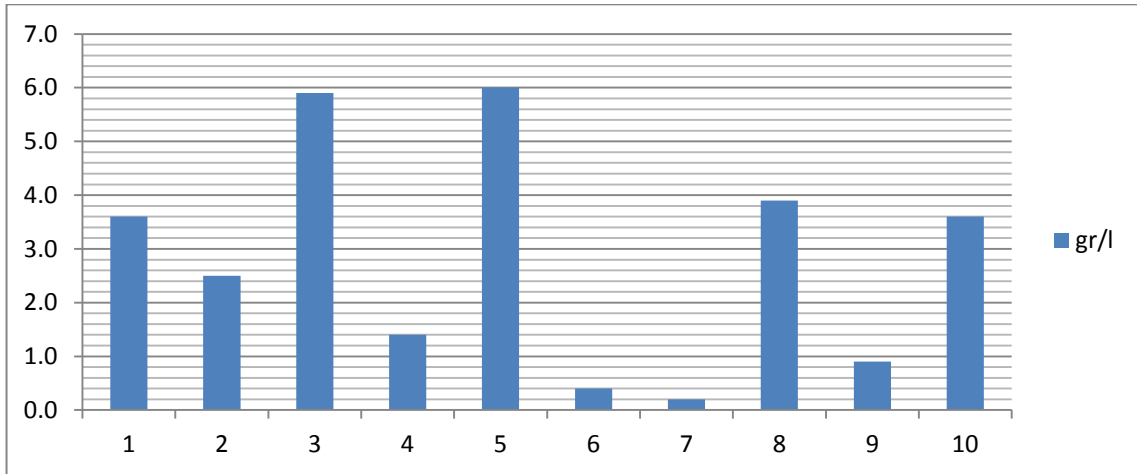
الشكل (5) نتائج تجربة تحديد نسبة الرطوبة في المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (A) .



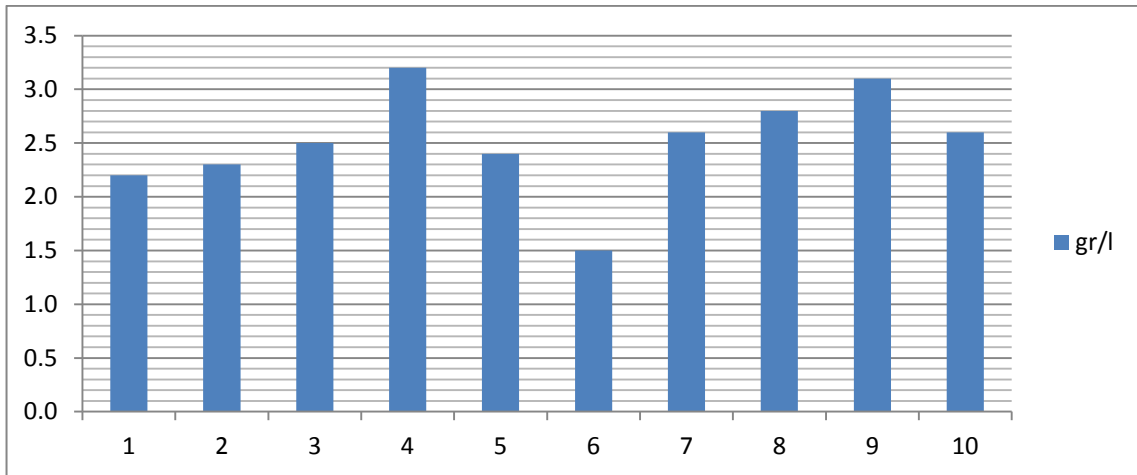
الشكل (6) نتائج تجربة تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (A) .



الشكل (7) نتائج تجربة تحديد كمية العوالق SS للعينة رقم (A).



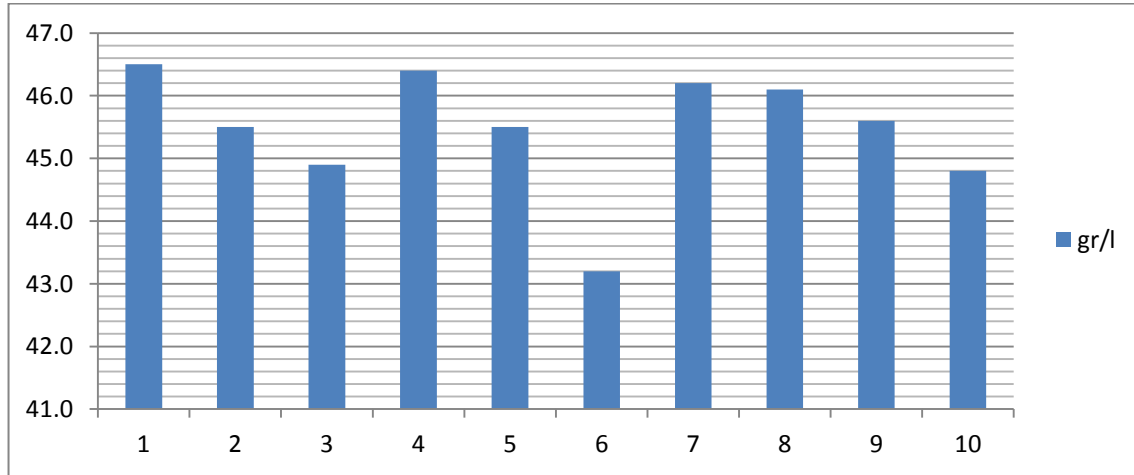
الشكل (8) نتائج تجربة تحديد كمية المواد المنحلة DS للعينة رقم (A).



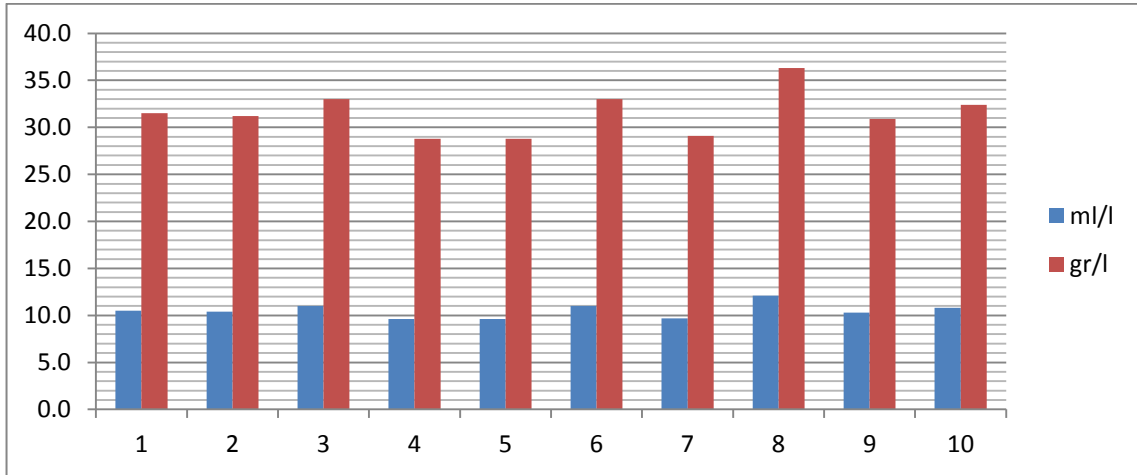
الشكل (9) نتائج تجربة تحديد كمية المواد العضوية للعينة رقم (A).

الجدول (4) نتائج العينة رقم (B) .

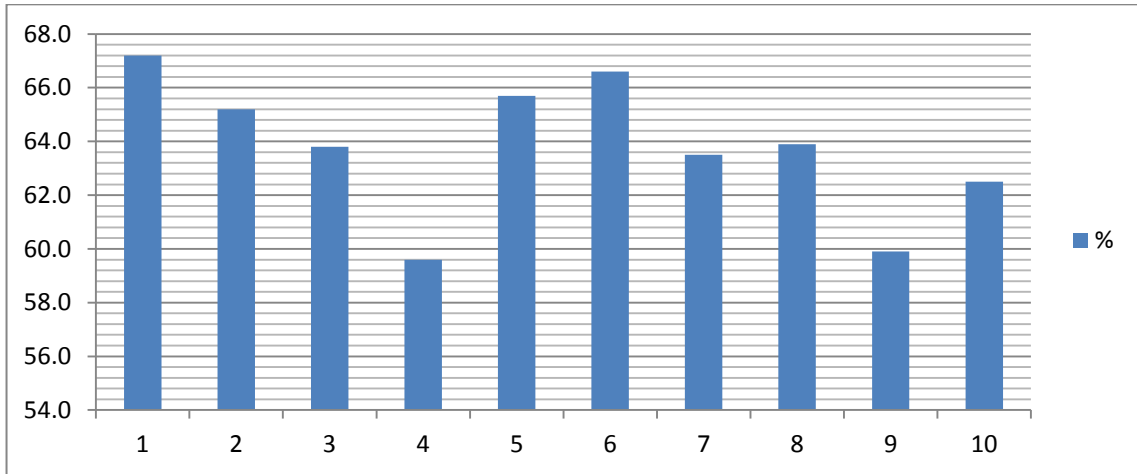
رقم العينة	رقم التجربة	TS gr/l	Settleable Solids				SS gr/l	DS gr/l	المواد العضوية gr/l	PH	درجة الحرارة درجة مئوية
			ml/l	gr/l	W%	الوزن الحجمي gr/cm ³					
(B)	1	46.5	10.5	31.5	67.2	2.70	10.3	4.7	1.5	8.4	29
	2	45.5	10.4	31.2	67.2	2.71	10.1	4.2	3.4		
	3	44.9	11.0	33.0	63.8	2.70	9.6	2.3	2.3		
	4	46.4	9.6	28.8	59.6	2.67	8.5	9.1	2.4		
	5	45.5	9.6	28.8	65.7	2.68	9.8	6.9	1.9		
	6	43.2	11.0	33.0	66.6	2.71	10.2	0.0	1.6		
	7	46.2	9.7	29.1	63.5	2.71	9.7	7.4	2.6		
	8	46.1	12.1	36.3	63.9	2.70	9.7	0.1	2.4		
	9	45.6	10.3	30.9	59.9	2.72	10.1	4.6	3.5		
	10	44.8	10.8	32.4	62.5	2.71	9.5	2.9	2.4		
X		45.5	10.5	31.5	63.8	2.70	9.8	4.2	2.4	8.4	29
S		0.94	0.74	2.22	2.44	0.01	0.49	2.86	0.63	0	0
النتيجة النهائية		45.5 ± 0.94	10.5 ± 0.74	31.5 ± 2.22	63.8 ± 2.44	2.70 ± 0.01	9.8 ± 0.49	4.2 ± 2.86	2.4 ± 0.63	8.4	29



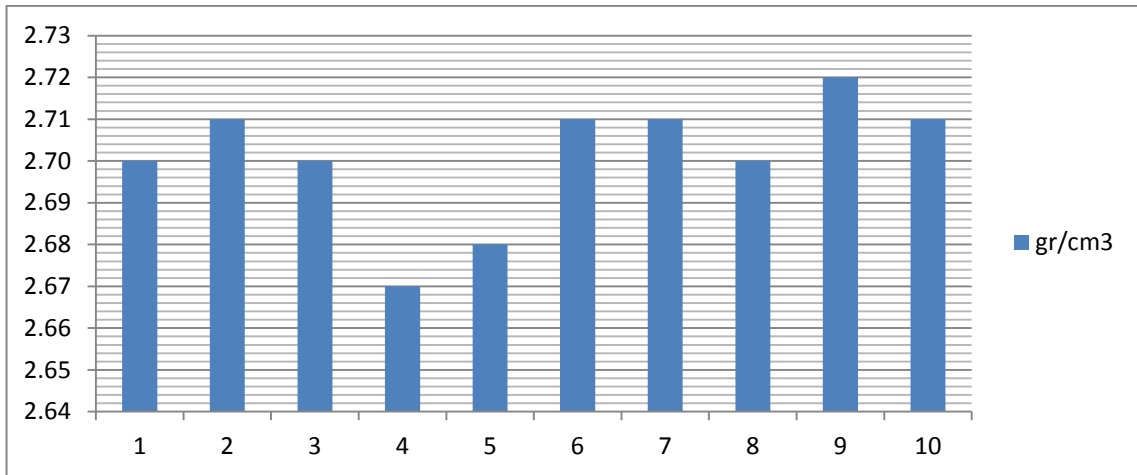
الشكل (10) نتائج تجربة تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS للعينة رقم (B) .



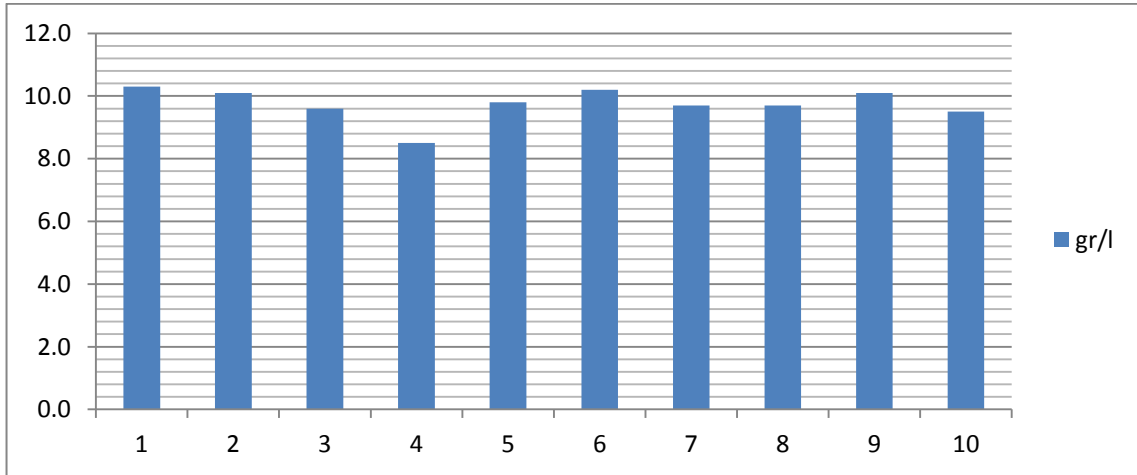
الشكل (11) نتائج تجربة تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (B).



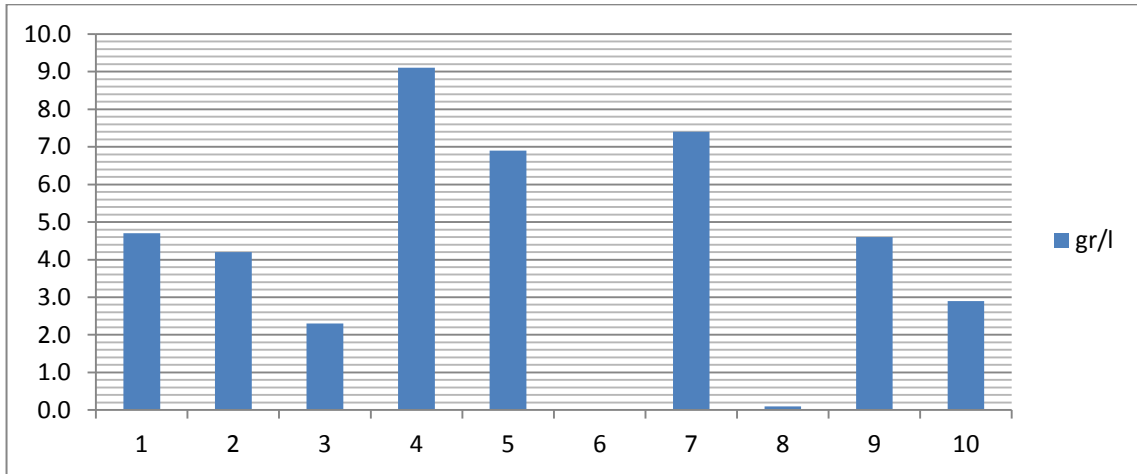
الشكل (12) نتائج تجربة تحديد نسبة الرطوبة في المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (B).



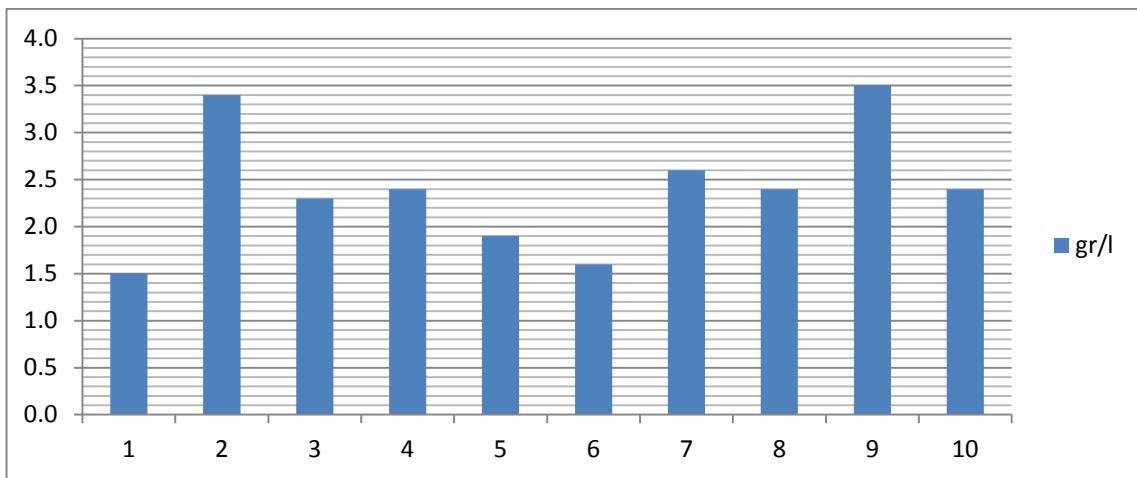
الشكل (13) نتائج تجربة تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (B).



الشكل (14) نتائج تجربة تحديد كمية العوالق SS للعينة رقم (B).



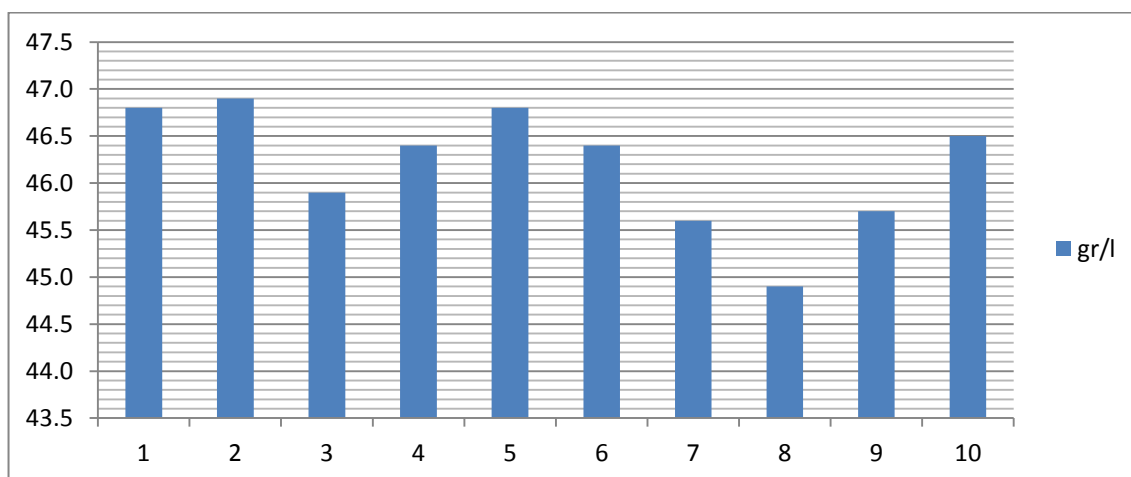
الشكل (15) نتائج تجربة تحديد كمية المواد المنحلة DS للعينة رقم (B).



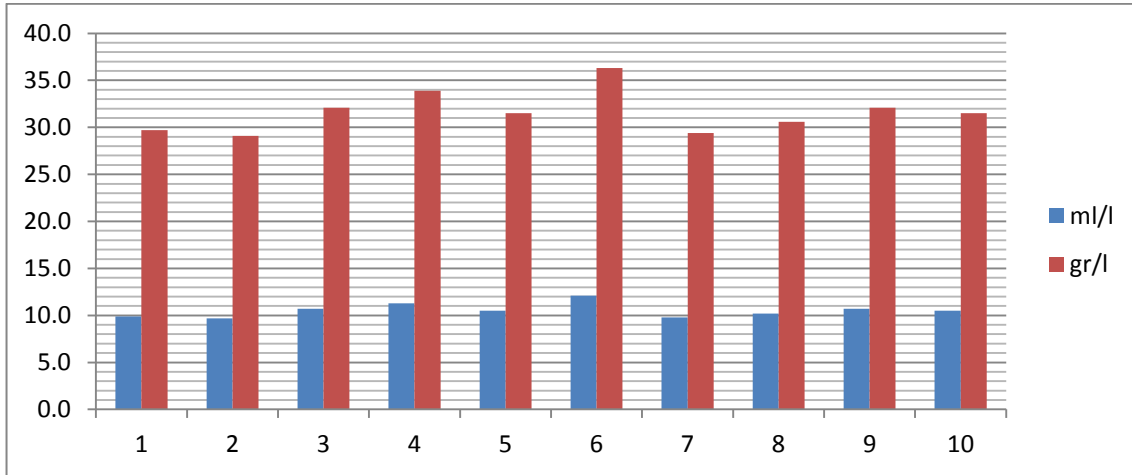
الشكل (16) نتائج تجربة تحديد كمية المواد العضوية للعينة رقم (B).

الجدول (5) نتائج العينة رقم (C) .

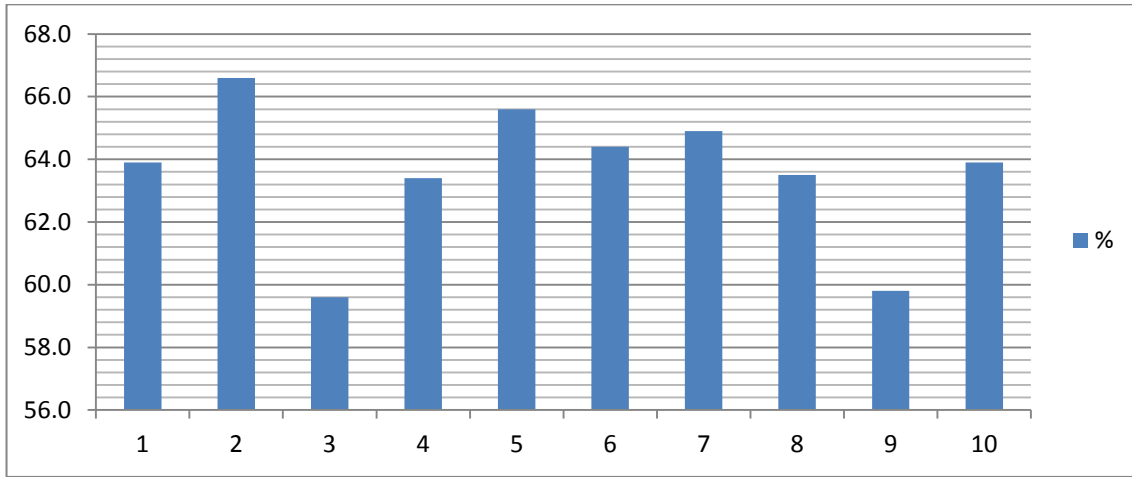
رقم العينة	رقم التجربة	TS gr/l	Settleable Solids				SS gr/l	DS gr/l	المواد العضوية gr/l	PH	درجة الحرارة درجة مئوية
			ml/l	gr/l	W%	الوزن الحجمي gr/cm ³					
(C)	1	46.8	9.9	29.7	63.9	2.70	10.5	6.6	3.2	8.3	31
	2	46.9	9.7	29.1	66.6	2.72	10.6	7.2	2.5		
	3	45.9	10.7	32.1	59.6	2.68	10.4	3.4	1.6		
	4	46.4	11.3	33.9	63.4	2.73	9.9	2.6	1.8		
	5	46.8	10.5	31.5	65.6	2.66	9.7	5.6	2.6		
	6	46.4	12.1	36.3	64.4	2.73	9.9	0.2	2.4		
	7	45.6	9.8	29.4	64.9	2.71	10.5	5.7	3.1		
	8	44.9	10.2	30.6	63.5	2.70	10.9	3.4	3.0		
	9	45.7	10.7	32.1	59.8	2.70	9.7	3.9	2.6		
	10	46.5	10.5	31.5	63.9	2.70	10.2	4.8	2.6		
X		46.2	10.5	31.6	63.6	2.70	10.2	4.3	2.5	8.3	31
S		0.61	0.70	2.09	2.14	0.02	0.39	1.98	0.49	0	0
النتيجة النهائية		46.2 ± 0.61	10.5 ± 0.70	31.6 ± 2.09	63.6 ± 2.14	2.70 ± 0.02	10.2 ± 0.39	4.3 ± 1.98	2.5 ± 0.49	8.3	31



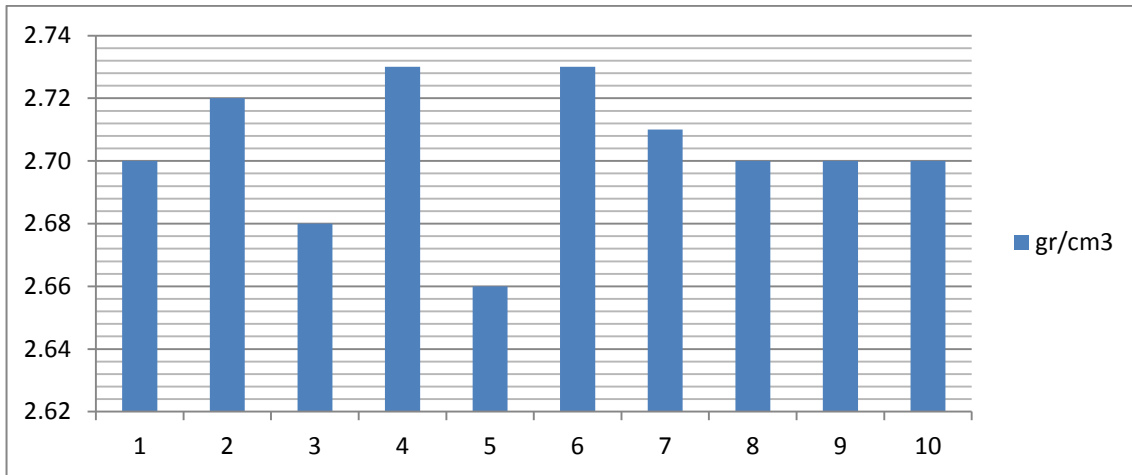
الشكل (17) نتائج تجربة تحديد كمية المواد الصلبة الكلية TS للعينة رقم (C) .



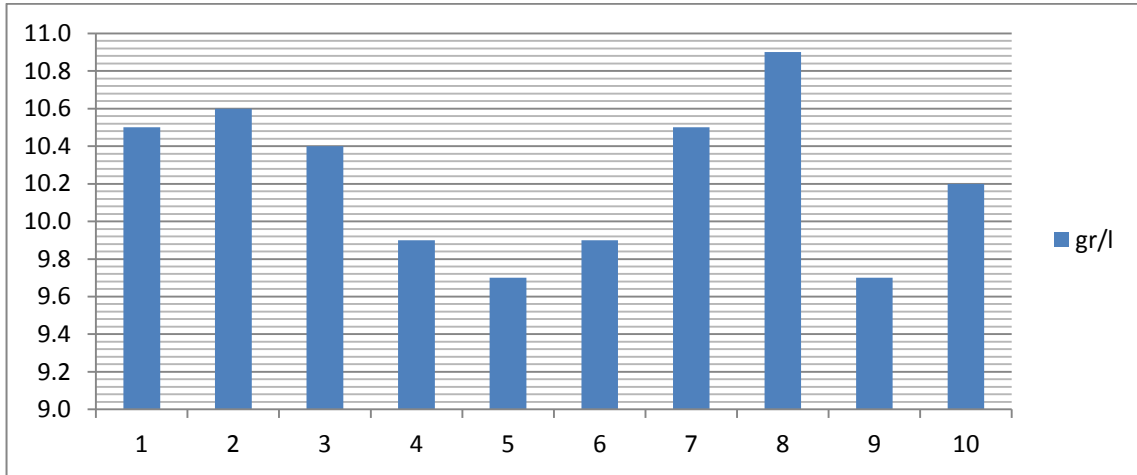
الشكل (18) نتائج تجربة تحديد كمية المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (C).



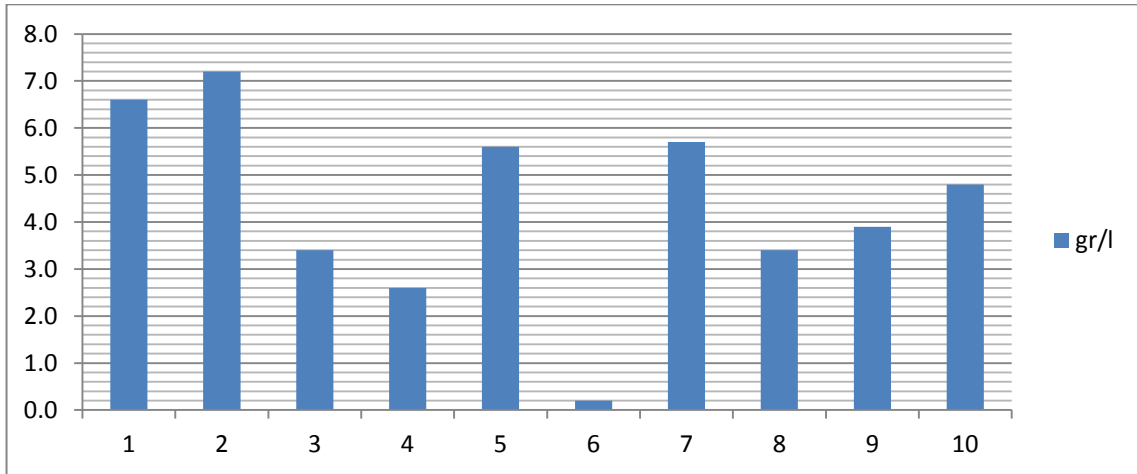
الشكل (19) نتائج تجربة تحديد نسبة الرطوبة في المواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (C).



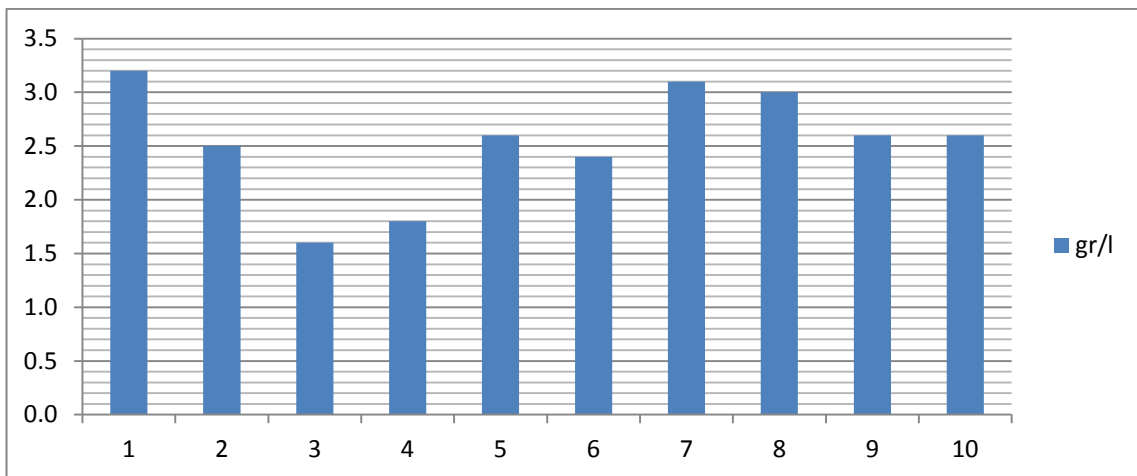
الشكل (20) نتائج تجربة تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids للعينة رقم (C).



الشكل (21) نتائج تجربة تحديد كمية العوالق SS للعينة رقم (C).



الشكل (22) نتائج تجربة تحديد كمية المواد المنحلة DS للعينة رقم (C).



الشكل (23) نتائج تجربة تحديد كمية المواد العضوية للعينة رقم (C).

الجدول (6) نتائج العينات رقم (A) و (B) و (C) .

رقم العينة	رقم التجربة	TS gr/l	Settleable Solids				SS gr/l	DS gr/l	المواد العضوية gr/l	PH	درجة الحرارة درجة مئوية
			ml/l	gr/l	W%	الوزن الحجمي gr/cm ³					
(A)	1	44.4	10.2	30.6	65.0	2.73	10.2	3.6	2.2	8.6	26
	2	45.0	10.9	32.7	63.5	2.66	9.8	2.5	2.3		
	3	45.2	9.8	29.4	59.8	2.74	9.9	5.9	2.5		
	4	44.8	11.2	33.6	61.7	2.70	9.8	1.4	3.2		
	5	45.0	9.5	28.5	63.0	2.70	10.5	6.0	2.4		
	6	44.9	11.5	34.5	66.0	2.69	10.0	0.4	1.5		
	7	46.5	12.2	36.6	59.9	2.69	9.7	0.2	2.6		
	8	45.0	10.3	30.9	60.5	2.71	10.2	3.9	2.8		
	9	45.5	11.6	34.8	64.6	2.65	9.8	0.9	3.1		
	10	44.9	10.6	31.8	63.8	2.69	9.5	3.6	2.6		
(B)	1	46.5	10.5	31.5	67.2	2.70	10.3	4.7	1.5	8.4	29
	2	45.5	10.4	31.2	65.2	2.71	10.1	4.2	3.4		
	3	44.9	11.0	33.0	63.8	2.70	9.6	2.3	2.3		
	4	46.4	9.6	28.8	59.6	2.67	8.5	9.1	2.4		
	5	45.5	9.6	28.8	65.7	2.68	9.8	6.9	1.9		
	6	43.2	11.0	33.0	66.6	2.71	10.2	0.0	1.6		
	7	46.2	9.7	29.1	63.5	2.71	9.7	7.4	2.6		
	8	46.1	12.1	36.3	63.9	2.70	9.7	0.1	2.4		
	9	45.6	10.3	30.9	59.9	2.72	10.1	4.6	3.5		
	10	44.8	10.8	32.4	62.5	2.71	9.5	2.9	2.4		
(C)	1	46.8	9.9	29.7	63.9	2.70	10.5	6.6	3.2	8.3	31
	2	46.9	9.7	29.1	66.6	2.72	10.6	7.2	2.5		
	3	45.9	10.7	32.1	59.6	2.68	10.4	3.4	1.6		
	4	46.4	11.3	33.9	63.4	2.73	9.9	2.6	1.8		
	5	46.8	10.5	31.5	65.6	2.66	9.7	5.6	2.6		
	6	46.4	12.1	36.3	64.4	2.73	9.9	0.2	2.4		
	7	45.6	9.8	29.4	64.9	2.71	10.5	5.7	3.1		
	8	44.9	10.2	30.6	63.5	2.70	10.9	3.4	3.0		
	9	45.7	10.7	32.1	59.8	2.70	9.7	3.9	2.6		
	10	46.5	10.5	31.5	63.9	2.70	10.2	4.8	2.6		

و عند تطبيق قوانين الإحصاء الرياضي على جميع العينات تصبح النتائج كما يلي:

الجدول (7) نتائج تطبيق قوانين الإحصاء الرياضي.

الخاصة	الوحدة	X	S
المواد الصلبة الكلية TS	gr/l	45.59	0.84
المواد الراسبة Settleable Solids	ml/l	10.61	0.76
	gr/l	31.82	2.28
	W %	63.4	2.27
	الوزن الحجمي gr/cm ³	2.70	0.02
العوالق SS	gr/l	9.97	0.44
المواد المنحلة DS	gr/l	3.80	2.27
المواد العضوية	gr/l	2.49	0.54
PH	-	8.4	0.12
درجة الحرارة	درجة مئوية	28.7	2.05

و بالتالي تصبح النتائج النهائية للخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر كما يلي:

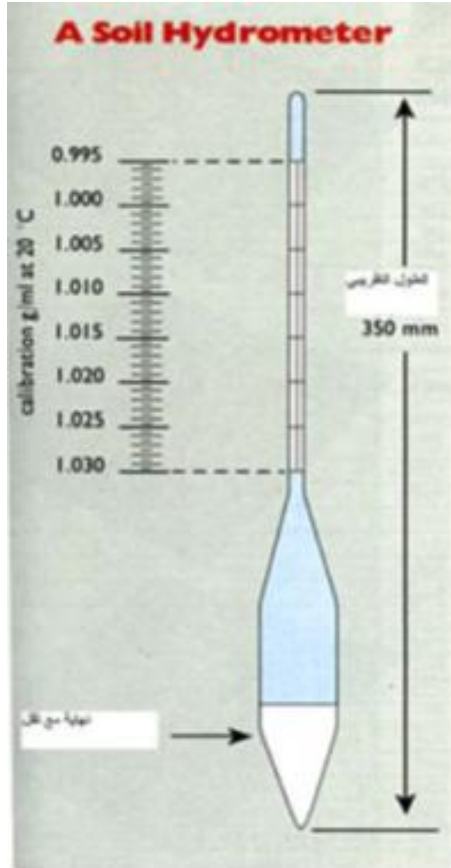
الجدول (8) النتائج النهائية لخصائص مخلفات معامل الرخام و الحجر .

الخاصة	الواحدة	النتيجة النهائية
المواد الصلبة الكلية TS	gr/l	45.59 ± 0.84
المواد الراسبة Settleable Solids	ml/l	10.61 ± 0.76
	gr/l	31.82 ± 2.28
	W %	63.4 ± 2.27
	الوزن الحجمي gr/cm ³	2.70 ± 0.02
العوالق SS	gr/l	9.97 ± 0.44
المواد المنحلة DS	gr/l	3.80 ± 2.27
المواد العضوية	gr/l	2.49 ± 0.54
PH	-	8.4 ± 0.12
درجة الحرارة	درجة مئوية	28.7 ± 2.05

3-11- تحديد أقطار حبيبات المواد الراسبة:

تم تحديد أقطار حبيبات المواد الراسبة من خلال تجربة الهيدروميتر <14>، الغرض من هذه التجربة هو تحديد كمية و قياس حبيبات الرمال التي مقاسها أصغر من 0.075 مم و تتم باستخدام جهاز الهيدروميتر و هو عبارة عن أنبوب زجاجي يتألف من جذع مدرج و بصلة مجوفة تحتوي في نهايتها على ثقل توازن، و عندما يوضع في سائل يحتوي مواد راسبة فإنه يهبط بشكل تدريجي بحسب كثافة المواد الراسبة،

يتم أخذ قيم التدرجات عند سطح السائل أثناء هبوط الجهاز خلال فترات زمنية محددة، حيث أن كل قيمة تقابل قطر معين من المواد التي ترسبت خلال كل فترة.



الشكل (24) جهاز الهيدروميتر.

آلية إجراء التجربة:

- يوزن 50 غ من المواد الراسبة الناتجة عن تبخير عينة من المياه و المارة من المنخل 0.075 مم.

- توضع في أسطوانة زجاجية مدرجة سعة 1 ليتر، و يتم إضافة 5 غ من مادة هيكسا فوسفات الصوديوم و هي مادة مبعثرة، ثم يكمل الحجم بالماء المقطر.

- يتم تحريك المياه باستخدام خلاط كهربائي حتى يتم بعثرة كامل المواد الراسبية ضمن المياه.

- توضع الأسطوانة في حمام مائي من أجل تثبيت درجة الحرارة أثناء التجربة.

- يغطس الهيدروميتر في الأسطوانة ثم يترك بحرية، و يتم أخذ قراءات بعد مرور فترات زمنية: 2 - 4 - 8 - 15 - 30 - 60 - 90 دقيقة (زمن الترسيب)، حيث تعبر كل فترة زمنية عن الزمن اللازم لترسيب الجزيئات ذات القطر الموافق.



الصورة (21) تجربة الهيدروميتر.

- تحسب أقطار حبيبات المواد الراسبية باستخدام الباراميترات الموضحة في الجدول التالي:

الجدول (9) بارامترات تجربة الهيدروميتر .

درجة حرارة المياه في التجربة	$T = 21^{\circ}$
الوزن الحجمي للمواد الراسبة	$\delta = 2.7 \text{ gr/cm}^3$
ثابت الترسيب: و يتعلق بدرجة الحرارة و الوزن الحجمي للمواد الراسبة و يؤخذ من جداول خاصة الملحق (1)	$K = 0.0133$
زمن الترسيب	t
قراءة الهيدروميتر	R
مسافة الترسيب	$Z_r = 16.3 - (0.1633 * R)$
قطر حبيبات المواد الراسبة	$D = K * \left(\frac{Z_r}{t}\right)^{0.5}$
معامل تصحيح درجة الحرارة: و يؤخذ من جداول خاصة الملحق (1)	$B = 4.7$
معامل تصحيح الوزن الحجمي: و يؤخذ من جداول خاصة الملحق (1)	$A = 0.99$
وزن العينة	$g = 50 \text{ g}$
نسبة المار	$= \frac{(R - B) * A}{g} * 100\%$

و كانت النتائج كما يلي:

الجدول (10) نتائج تجربة الهيدروميتر للعينة رقم (A).

t min	R	Z _r cm	D mm	نسبة المار %	نسبة المار تراكمي %
2	10.20	14.63	0.036	10	10
4	10.10+7%	14.64	0.025	10	20
8	10.10+1%	14.65	0.018	10	30
15	10.00+5%	14.66	0.013	10	40
30	10.00+2%	14.66	0.009	10	50
60	10.00+1%	14.67	0.007	10	60
90	10.00	14.67	0.005	10	70
120	10.00	14.67	-	-	-
240	10.00	14.67	-	-	-
720	10.00	14.67	-	-	100

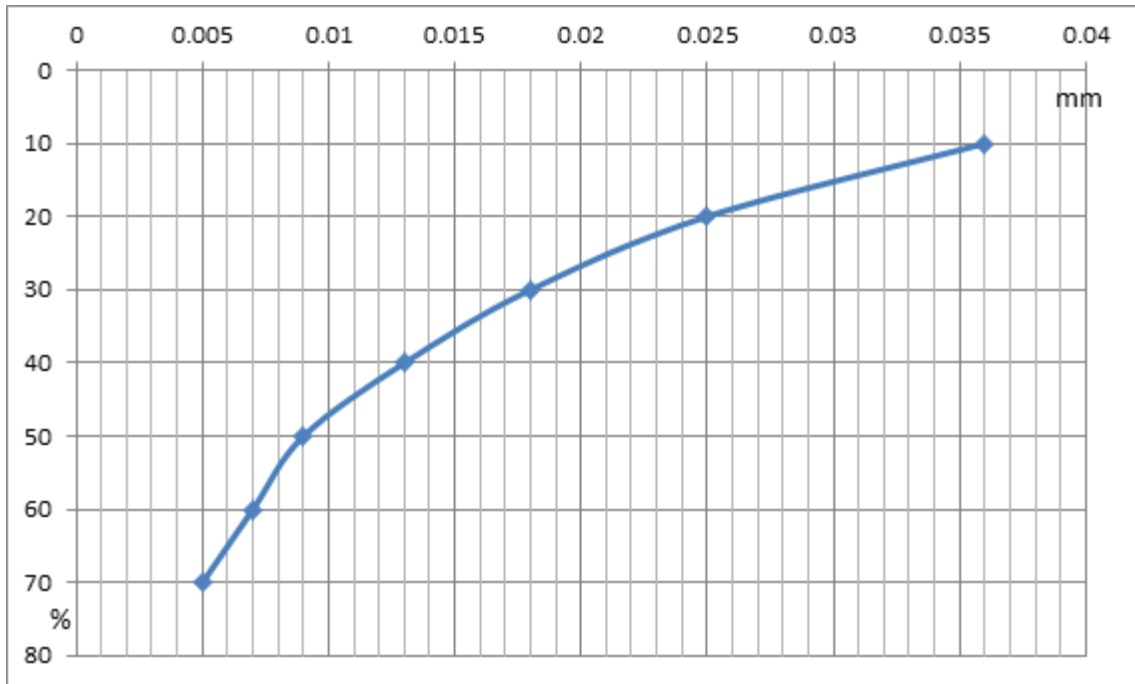
الجدول (11) نتائج تجربة الهيدروميتر للعينة رقم (B).

t min	R	Z _r cm	D mm	نسبة المار %	نسبة المار تراكمي %
2	10.20	14.63	0.036	10	10
4	10.10+6%	14.64	0.025	10	20
8	10.10+2%	14.65	0.018	10	30
15	10.00	14.65	0.013	10	40
30	10.00+4%	14.66	0.009	10	50
60	10.00+1%	14.67	0.007	10	60
90	10.00	14.67	0.005	10	70
120	10.00	14.67	-	-	-
240	10.00	14.67	-	-	-
720	10.00	14.67	-	-	100

الجدول (12) نتائج تجربة الهيدروميتر للعينة رقم (C).

t min	R	Z _r cm	D mm	نسبة المار %	نسبة المار تراكمي %
2	10.20	14.63	0.036	10	10
4	10.10+8%	14.64	0.025	10	20
8	10.10+4%	14.64	0.018	10	30
15	10.10+1%	14.65	0.013	10	40
30	10.00+6%	14.66	0.009	10	50
60	10.00+2%	14.66	0.007	10	60
90	10.00	14.67	0.005	10	70
120	10.00	14.67	-	-	-
240	10.00	14.67	-	-	-
720	10.00	14.67	-	-	100

نلاحظ بعد مرور زمن قدره 90 دقيقة يكون كامل جهاز الهيدروميتر قد هبط في المياه، و بالتالي انتهاء عملية الترسيب عند زمن ترسيب قدره 90 دقيقة و الذي يوافق لقطر حبيبات 0.005 مم، و التي تشكل نسبة 70% من المواد العالقة.



الشكل (25) نسب أقطار المواد الراسية.

الباب الرابع: دراسة تدوير مياه معامل الرخام و الحجر

Study Of Water Recycling Of Marble And Stone Plants

الباب الرابع: دراسة تدوير مياه معامل الرخام و الحجر

Study Of Water Recycling Of Marble And Stone Plants

4-1- كمية المياه المستهلكة في صناعة الرخام و الحجر:

وجدنا أن تصنيع متر مربع واحد من الرخام و الحجر يحتاج إلى 0.576 متر مكعب من المياه من أجل عمليات القص و النشر و تسوية السطح (الفقرة 2-4- كمية استهلاك الآلية من المياه)، أيضاً وجدنا أن حوالي 24 مليون متر مربع يتم تصنيعه سنوياً في سورية (الفقرة 1-8- صناعة الرخام و الحجر في سورية)، فإذا قمنا بعملية حسابية بسيطة:

$$Q_w = 24 * 10^6 * 0.576 = 13,824,000 \text{ m}^3/\text{year}$$

لوجدنا أن صناعة الرخام و الحجر تستهلك حوالي 14 مليون متر مكعب من المياه سنوياً، و هذه الكمية من المياه لا تدخل في صناعة الرخام و الحجر و إنما تستهلك من أجل عمليات تبريد الآليات و إضافة مواد تسوية السطوح و تنتهي كمخلفات، لذلك فإن دراسة إمكانية تدوير هذه المياه تعتبر عمل بيئي بامتياز بالإضافة لكونها خطوة اقتصادية هامة.

4-2- مقدمة حول الترسيب Sedimentation:

الترسيب Sedimentation هو عملية فيزيائية لإزالة الجزيئات الصلبة ذات الكثافة الأعلى من السائل الموجودة فيه، و يعد الترسيب أوسع عملية مستخدمة لتنقية المياه و تعد أحواض الترسيب أكثر طرق الترسيب استخداماً، حيث تميل الجزيئات في حوض الترسيب إلى الهبوط إلى قاع الحوض تحت تأثير الجاذبية الأرضية حيث

تشكل طبقة من المواد الراسبة في قاع الحوض، و بالتالي إمكانية إزالتها من السائل <15>.

يوجد للتربيب أنواع 4 هي:

1- التربيب المنفصل Discrete: في هذا النوع من التربيب تحافظ الجزيئات الراسبة على الخصائص الفيزيائية و الهندسية أثناء التربيب، فلا يتغير شكلها أو حجمها أو كثافتها مثل تربيب الحصى و الرمال الناعمة، هذا النوع يخضع لقانون ستوكس و قانون نيوتن في التربيب و اللذين يعبر عنهما على الترتيب بالعلاقات التالية <16>:

$$v_s = \frac{1}{18} * \frac{g}{\nu} * \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_l} * d^2$$

$$v_s = \sqrt{\frac{4 * g * (\rho_s - \rho_l) * d}{3 * C_d * \rho_l}}$$

حيث يوضح الجدول التالي بارامترات قانوني ستوكس و نيوتن في التربيب:

الجدول (13) بارامترات قانوني ستوكس و نيوتن في التربيب

m/s	سرعة تربيب الجزيء	v_s
m/s^2	تسارع الجاذبية الأرضية	g
m^2/s	اللزوجة الحركية للسائل: و تحدد حسب درجة حرارة السائل	ν
Kg/m^3	كثافة الجزيئات	ρ_s
Kg/m^3	كثافة السائل	ρ_l
m	قطر الجزيء	d
-	معامل الاحتكاك: و يحدد حسب عدد رينولدز	C_d

و يحدد عدد رينولدز Re فيما إذا كان الترسيب يخضع لقانون ستوكس أم يخضع لقانون نيوتن، و الذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$Re = \frac{\rho_l * v_s * d}{\nu}$$

فإذا كان:

$$Re > 1 -$$

يعتبر الجريان صفحياً و يطبق قانون ستوكس.

$$10000 > Re > 1 -$$

يعتبر الجريان انتقالي و يطبق قانون نيوتن مع الأخذ:

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

$$10000 < Re -$$

يعتبر الجريان مضطرب و يطبق قانون نيوتن مع الأخذ:

$$C_d = 0.40$$

2- الترسيب غير المعاق Flocculent: في هذا النوع تتكثف الجزيئات أثناء الترسيب و تتغير خصائصها الفيزيائية و الهندسية، حيث يزداد حجمها و بالتالي سرعة ترسيبها.

3- الترسيب المعاق Hindered or Zone: يسيطر هذا النوع من الترسيب عندما يكون تركيز الجزيئات الصلبة كبير 1000 غ/ل، حيث ترتبط الجزيئات مع بعضها

البعض مشكلة طبقة من الجزيئات Sludge، و لا يحدث الترسيب على مستوى الجزيئات كما في النوعين الأول و الثاني و إنما على مستوى طبقات الجزيئات المرتبطة مع بعضها البعض.

4- الترسيب المضغوط Compression: يسيطر هذا النوع من الترسيب عندما يزداد تركيز الجزيئات الصلبة أكثر فأكثر 2000 غ/ل، في هذه الحالة يحدث الترسيب فقط على شكل بنية مضغوطة من الجزيئات الصلبة حيث تتضغط هذه الجزيئات بفعل وزنها الذاتي و تركيزها العالي، و بسبب الضغط الذي تشكله الجزيئات يحدث نقص في حجم السائل.

نتيجة:

نلاحظ أن الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر (الوزن الحجمي 2.7 غ/سم³ الذي يثبت أنها جزيئات ثقيلة تشبه جزيئات الرمل الكوارتزي، و تركيزها المنخفض حوالي 30 غ/ل) (الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر) تقود إلى إمكانية ترسيبها وفق النوع الأول من الترسيب.

4-3- ترسيب مخلفات معامل الرخام و الحجر وفق النوع الأول من الترسيب:

وجدنا أن مخلفات معامل الرخام و الحجر يمكن ترسيبها وفق النوع الأول من الترسيب و ذلك لفصل المياه عن المواد الراسبة (الفقرة 4-2- مقدمة حول الترسيب Sedimentation)، كما وجدنا أن أقطار حبيبات المواد الراسبة تتدرج من 0.036 مم الأكبر حجماً إلى 0.005 مم الأصغر حجماً (الفقرة 3-11- تحديد أقطار حبيبات المواد الراسبة)، في هذه الفقرة تم تحديد فيما إذا كانت حبيبات المواد

الراسبة تخضع لقانون نيوتن أو قانون ستوكس خلال ترسيبها وفق النوع الأول من الترسيب و ذلك حسب الآلية التالية <16>:

- تم فرض أن الجريان هو جريان صفحي أي $Re > 1$.

- باعتبار فرض أن الجريان هو جريان صفحي و أن $Re > 1$ تم تطبيق قانون ستوكس لحساب سرعة ترسيب الجزيئات الموافقة للأقطار المختلفة.

- بعد حساب سرعة ترسيب الجزيئات وفق قانون ستوكس تم حساب عدد رينولدز Re الموافق حيث نكون أمام حالتين:

-1 $Re > 1$: الجريان صفحي و الجزيئات تخضع لقانون ستوكس لترسيبها وفق النوع الأول من الترسيب.

-2 $Re < 1$: الجريان ليس جريان صفحي كما هو مفروض، هنا يتم حساب معامل الاحتكاك C_d حسب قيمة Re و تطبيق قانون نيوتن الموافق ثم التأكد من عدد رينولدز مرة أخرى، و هكذا حتى نحصل على قيمة Re صحيحة.

ملاحظة:

تم أخذ كثافة المياه 1000 كغ/م³، كثافة الجزيئات 2700 كغ/م³ و تساوي الوزن الحجمي للمواد الراسبة (الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر)، تسارع الجاذبية الأرضية 9.81 م/ثا²، درجة الحرارة بشكل وسطي 30 درجة مئوية، لزوجة السائل $0.8 * 10^{-6}$ م²/ثا (الملحق (2)).

و كانت النتائج كما في الجدول التالي:

الجدول (14) نتائج تطبيق قانوني ستوكس و نيوتن.

d mm	v _s m/s	Re	تحقيق 1	C _d	v _s m/s	Re	تحقيق 2	C _d	v _s m/s
0.036	0.00150	67.5	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Not Ok	1.060	0.02748	1236.4	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Ok	0.445	0.04243
0.025	0.000724	22.6	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Not Ok	2.032	0.01654	516.9	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Ok	0.518	0.03275
0.018	0.000375	8.4	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Not Ok	4.215	0.00974	219.3	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Ok	0.652	0.02478
0.013	0.000196	3.2	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Not Ok	9.568	0.00550	89.3	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Ok	0.926	0.01767
0.009	0.000094	1.1	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Not Ok	26.002	0.00277	31.2	10 ⁴ >Re>1 الجريان انتقالي Ok	1.646	0.01103
0.007	0.000057	0.5	1>Re الجريان صفحي Ok	-	-	-	-	-	0.00006
0.005	0.000029	0.2	1>Re الجريان صفحي Ok	-	-	-	-	-	0.00003

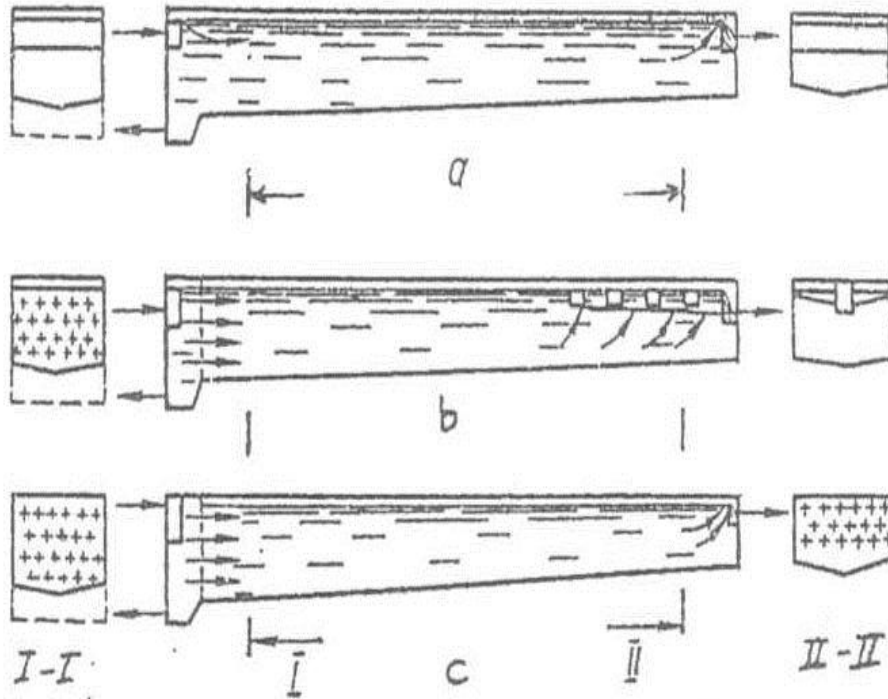
نلاحظ من الجدول أن المواد الراسبة ذات القطرين 0.005، 0.007 مم تخضع لقانون ستوكس أثناء الترسيب و يكون الجريان صفحياً، بينما ذات الأقطار التي تتراوح من 0.009 إلى 0.036 مم تخضع لقانون نيوتن أثناء الترسيب و يكون الجريان انتقالياً عندها.

4-4- لمحة عن أحواض الترسيب Sedimentation Basins:

تقسم أحواض الترسيب بحسب شكل الجريان فيها إلى <17>:

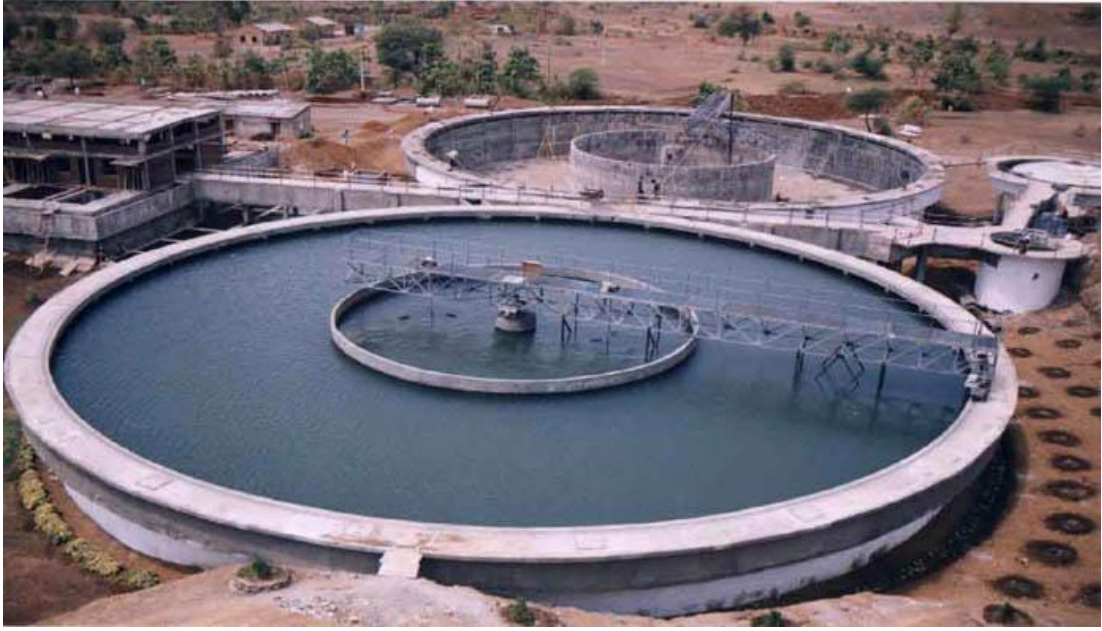
1- أحواض ذات جريان أفقي: و تقسم بدورها إلى:

- أحواض ذات جريان طولي (مستطيلة): و هي عبارة عن أحواض بشكل متوازي مستطيلات، و تكون مجهزة بأقماع لتجميع الرواسب.



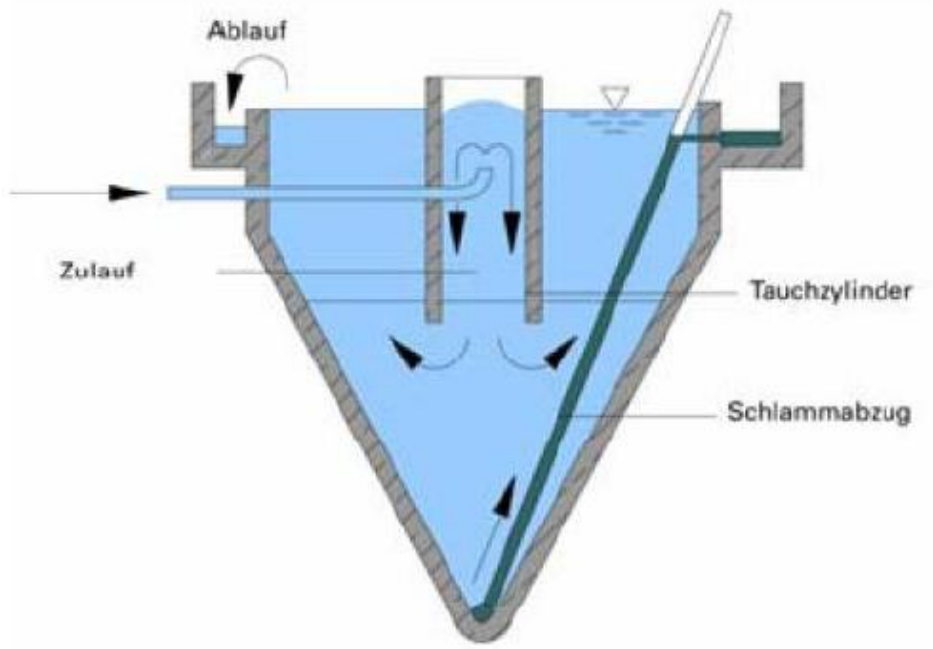
الشكل (26) حوض ترسيب طولي.

- أحواض ذات جريان قطري: و هي عبارة عن أحواض ذات مسقط دائري الشكل، تدخل المياه من منتصف الحوض و تجري قطعياً باتجاه المخارج المركبة على المحيط.



الصورة (22) حوض ترسيب قطري.

2- أحواض ذات جريان شاقولي (عامودي): و هي عبارة عن أحواض عميقة دائرية المسقط، تدخل المياه من أسفل و منتصف الحوض و يتم الجريان باتجاه مخرج المياه المركب على محيط الحوض في أعلاه، تتميز هذه الأحواض بمساحات صغيرة لذلك يتم استخدامها في محطات المعالجة الصغيرة لتوفير المساحة، و يتم تنظيف الرواسب المتجمعة بواسطة مضخات هيدروليكية.



الشكل (27) حوض ترسيب ذو جريان شاقولي.

تصمم أحواض الترسيب اعتماداً على أحد باراميترين:

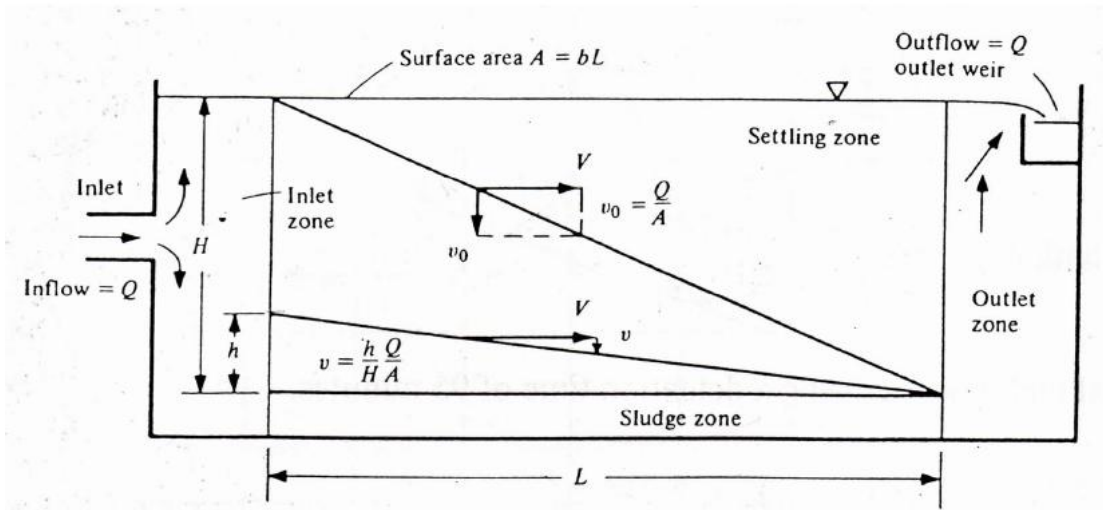
1- زمن المكث الهيدروليكي t_R : و هو الزمن الذي يلزم للجزء حتى يصل إلى قاع الحوض <15>.

$$t_R = \frac{h}{v_s} = \frac{V}{Q}$$

حيث:

الجدول (15) بارامترات زمن المكث الهيدروليكي.

زمن المكث الهيدروليكي	t_R
ارتفاع حوض الترسيب	h
سرعة ترسيب الجزيء	V_s
حجم حوض الترسيب	V
الغزارة المارة في حوض الترسيب	Q



الشكل (28) نظرية زمن المكث الهيدروليكي.

نلاحظ أن زمن المكث الهيدروليكي يرتبط مع سرعة ترسيب الجزيء، التي تحسب أساساً استناداً إلى أقطار الجزيئات الراسبة أي أن زمن المكث الهيدروليكي يحدد لكل قطر معين من الجزيئات الراسبة.

2- التحميل السطحي الهيدروليكي v_0 : و هو الغزارة التي يمكن تحميلها و ذلك لوحدة السطح من حوض الترسيب و تؤخذ قيمته مساوية لقيمة سرعة ترسيب الجزيئات <16>، و يعطى بالعلاقة التالية:

$$v_0 = \frac{Q}{A}$$

حيث A: مساحة حوض الترسيب.

و يرتبط التحميل السطحي الهيدروليكي بزمن المكث الهيدروليكي وفق العلاقة التالية:

$$t_R = \frac{h}{v_0}$$

4-5- تحديد بارامترات تصميم حوض ترسيب مخلفات معامل الرخام و الحجر:

وجدنا أن أحواض الترسيب تصمم وفق أحد بارامترين هما زمن المكث الهيدروليكي و التحميل السطحي الهيدروليكي (الفقرة 4-4-4- لمحة عن أحواض الترسيب Sedimentation Basins).

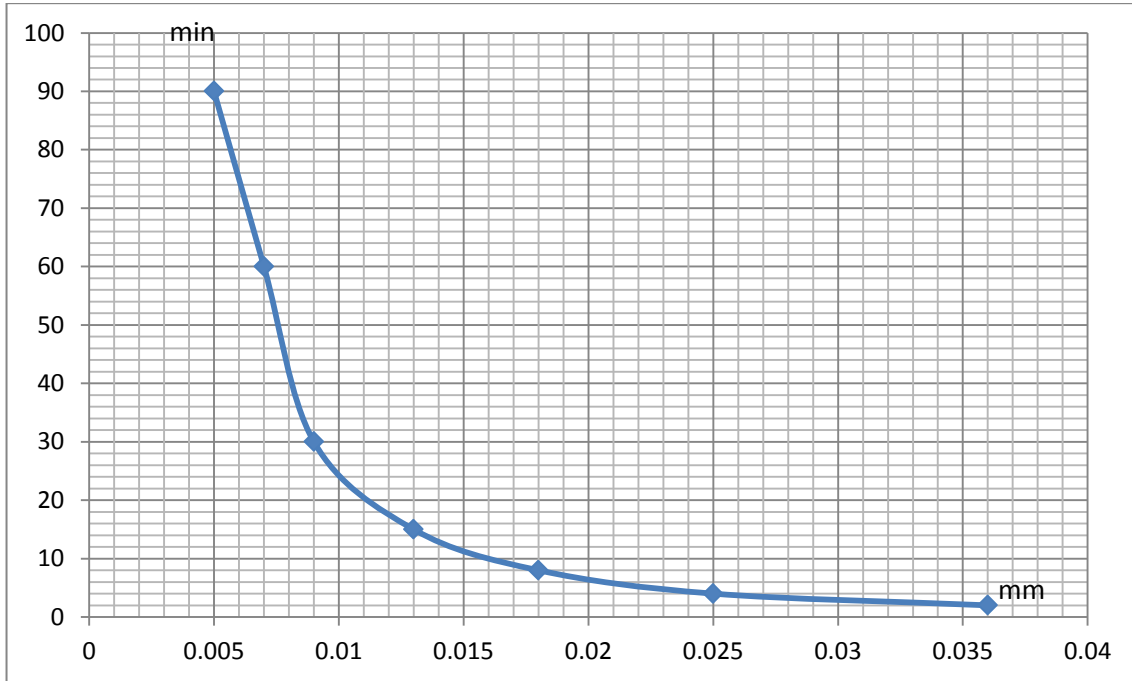
أيضاً وجدنا أن زمن المكث الهيدروليكي هو الزمن الذي يلزم للجزيء حتى يصل إلى قاع حوض الترسيب (الفقرة 4-4-4- لمحة عن أحواض الترسيب Sedimentation Basins)، حيث تم تحديد قيم زمن المكث الهيدروليكي اللازم لكل قطر من أقطار المواد الراسبة و هو زمن الترسيب المحدد في تجربة الهيدروميتر (الفقرة 3-11- تحديد أقطار حبيبات المواد الراسبة)، الذي يمثل الزمن الذي يستغرقه الجزيء ذو القطر الموافق لكي يترسب. كما أن قيم التحميل السطحي الهيدروليكي تؤخذ مساوية لقيم سرعة ترسيب الجزيئات التي حسبت في

الفقرة (4-3- ترسيب مخلفات معامل الرخام و الحجر وفق النوع الأول من الترسيب).

و بالتالي يكون لدينا:

الجدول (16) قيم زمن المكث الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات.

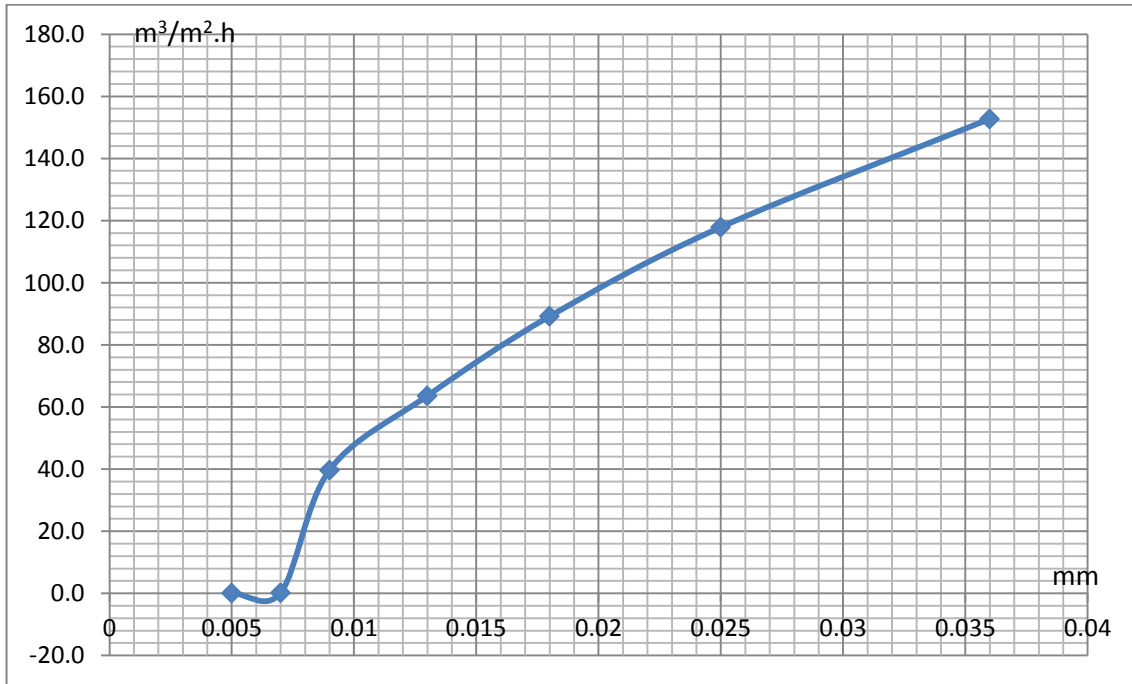
قطر الجزيء المطلوب ترسيبه مم	النسبة المئوية %	t _R min
0.036	10	2
0.025	20	4
0.018	30	8
0.013	40	15
0.009	50	30
0.007	60	60
0.005	70	90



الشكل (29) قيم زمن المكث الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات.

الجدول (17) قيم التحميل السطحي الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات.

قطر الجزيء المطلوب ترسيبه مم	النسبة المئوية %	v_s m/s	v_0 $m^3/m^2.h$
0.036	10	0.04243	152.7
0.025	20	0.03275	117.9
0.018	30	0.02478	89.2
0.013	40	0.01767	63.6
0.009	50	0.01103	39.7
0.007	60	0.00006	0.2
0.005	70	0.00003	0.1



الشكل (30) قيم التحميل السطحي الهيدروليكي لمختلف أقطار الجزيئات.

الباب الخامس: دراسة تطبيقية على تدوير مياه معامل الرخام و الحجر

**A Practical Study On Water Recycling Of Marble And
Stone Plants**

الباب الخامس: دراسة تطبيقية على تدوير مياه معامل الرخام و الحجر

A Practical Study On Water Recycling Of Marble And Stone Plants

5-1- تمهيد:

في هذا الباب تم تصميم حوض ترسيب مستطيل (طولي)، و ذلك استناداً على بارامترات التصميم التي تم تحديدها (الباب الرابع: دراسة تدوير مياه معامل الرخام و الحجر)، و باستخدام الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر التي تم تحديدها (الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر)، و قد تم بناء الحوض و تجربته في شركة طعان للرخام و الحجر <10>، ثم تم أخذ عينات من المياه بعد انتهاء عملية الترسيب و إجراء تجارب عليها و مقارنتها مع مواصفة عالمية لتدوير المياه في الصناعة، ثم إعادة استخدامها في المعمل و تقييم أدائها.

5-2- تصميم حوض ترسيب مستطيل (طولي) لتدوير مياه معامل الرخام و الحجر (دراسة تطبيقية):

1- هوية شركة طعان للرخام و الحجر: يوضح الجدول التالي هوية شركة طعان للرخام و الحجر:

الجدول (18) هوية شركة طعان للرخام و الحجر .

اسم الشركة	شركة طعان للرخام و الحجر
الموقع	ريف دمشق - مدينة النبك - أوتوستراد دمشق حمص
نوع الرخام و الحجر المستخدم	جميع أنواع الرخام و الحجر شائعة الاستخدام
عدد الآليات العاملة n	10
استهلاك الآلية الوسطي Q_m	$5.7 \text{ m}^3/\text{h}$
عدد ساعات العمل h	نوبتي عمل في اليوم بمعدل 8 ساعات عمل للنوبية

2- حجم حوض الترسيب: يحدد حجم حوض الترسيب اعتماداً على مدة المكث الهيدروليكي بالعلاقة (الفقرة 4-4-4- لمحة عن أحواض الترسيب Sedimentation Basins):

$$V = t_R * Q$$

- Q: الغزارة المارة في حوض الترسيب و تحسب من العلاقة (2-5- كمية استهلاك معامل الرخام و الحجر من المياه):

$$Q = \sum_{i=1}^{10} Q_m * h = 10 * 5.7 * (8 * 2) = 912 \text{ m}^3/\text{d}$$

- t_R : زمن المكث الهيدروليكي و تم أخذه من الجدول (16) باعتبار أننا نريد ترسيب الجزيئات حتى القطر 0.007 مم و التي تشكل نسبة 60% من المواد الراسبة أي:

$$t_R = 60 \text{ min} = 1 \text{ h}$$

فيصبح حجم حوض الترسيب:

$$V = 1 * \frac{912}{(8 * 2)} = 57 \text{ m}^3$$

تم تحويل الغزارة المارة في حوض الترسيب إلى غزارة ساعية بالتقسيم على عدد ساعات العمل في اليوم (8*2).

- نأخذ عمق h و عرض B و طول L حوض الترسيب <15> كما يلي:

$$\frac{h}{L} = \frac{1}{16} : L = 16 * h$$

$$B = 4 \text{ m}$$

$$V = L * B * h$$

بالتعويض في علاقة حجم حوض الترسيب:

$$(16 * h) * 4 * h = 57$$

بالحل نجد:

$$h = 0.95 \text{ m}$$

$$L = 16 * 0.95 = 15.20 \text{ m}$$

و بالتالي نأخذ أبعاد حوض الترسيب كما في الجدول التالي:

الجدول (19) أبعاد حوض الترسيب.

طول حوض الترسيب L	15 m
عرض حوض الترسيب B	4 m
ارتفاع حوض الترسيب h	0.95 m

3- حجم الجزء المخصص لتجميع المواد الراسبة: و هو عبارة عن حجم على شكل

جذع هرم يخصص لتجميع الرواسب:

- كمية المواد الراسبة الكلية في الحوض:

لدينا كمية المواد الراسبة (الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل

الرخام و الحجر):

$$\text{Settleable Solids} = 10.61 \text{ ml/l} \cong 10 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^3$$

فتصبح كمية المواد الراسبة الكلية في حوض الترسيب S:

$$S = \text{Settleable Solids} * Q = 10 * 10^{-3} * 912 = 10 \text{ m}^3/\text{d}$$

- لنأخذ جذع هرم على كامل عرض حوض الترسيب أي 4 م و لنفرض أبعاده

كما يلي:

أبعاد القاعدة العلوية: الطول a 4 م، العرض b 2 م.

أبعاد القاعدة السفلية: الطول a` 4 م، العرض b` 1 م.

الارتفاع h` 1 م.

و من علاقة حجم جذع الهرم:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{6} * h` * [a * b + a` * b` + (a + a`) * (b + b`)] \\ &= \frac{1}{6} * 1 * [4 * 2 + 4 * 1 + (4 + 4) * (2 + 1)] \\ &= 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- حساب تواتر تنظيف المواد الراسبة في حوض الترسيب:

$$\text{Cleaning} = \frac{S}{\text{Volume}} = \frac{10}{6} = 1.67 \text{ time/d}$$

أي يلزم تنظيف المواد الراسبة مرتين يومياً من حوض الترسيب.

ملاحظة 1:

لتجنب تفريغ الحوض و إيقاف عمله أثناء عملية التنظيف يمكن: بناء حوضين متجاورين حيث يتم إجراء عملية التنظيف لأحدهما أثناء عمل الآخر و بالعكس، أو استخدام تقنيات التنظيف الآلية.

ملاحظة 2:

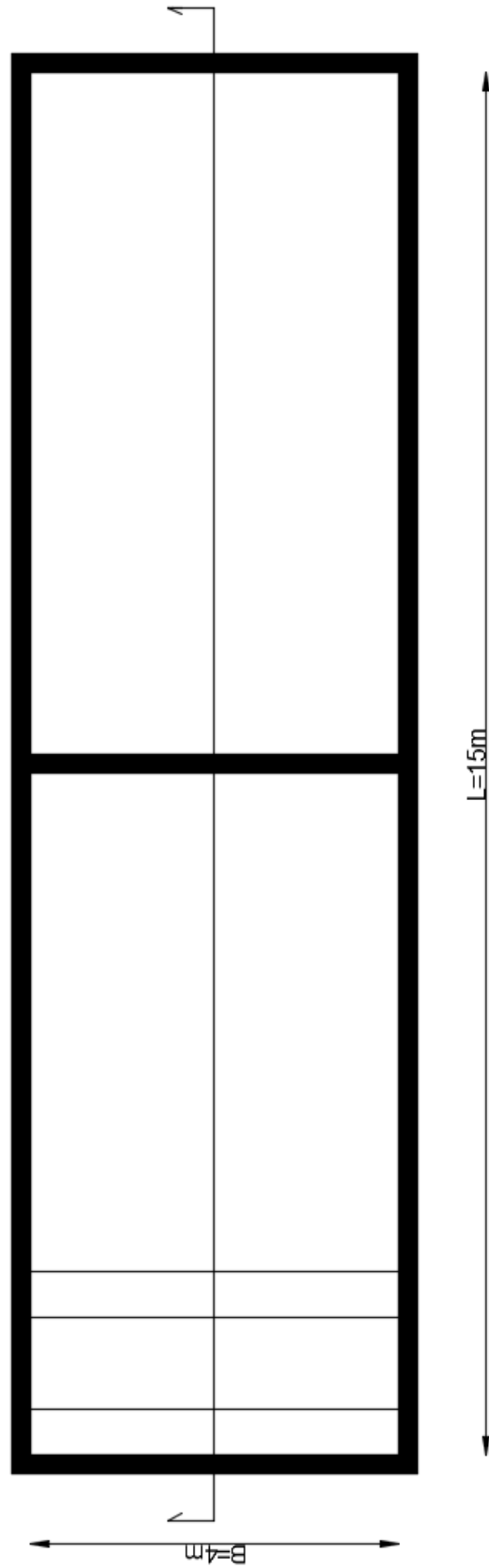
يتم إعطاء قاع الحوض ميل خفيف باتجاه جذع الهرم لتأمين ترسيب المواد الراسبة في الحجم المخصص لذلك.

ملاحظة 3:

يتم زيادة عمق الحوض بمقدار 10 سم لصالح الأمان.

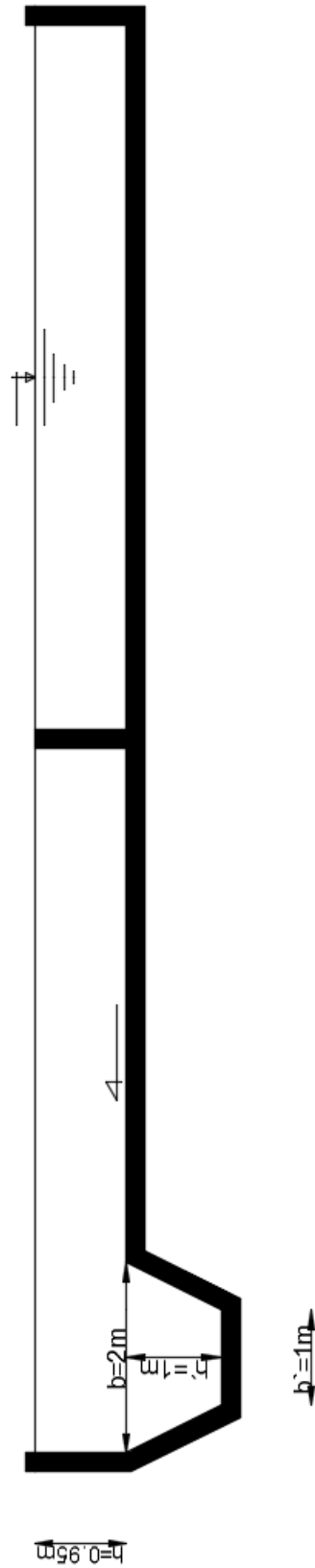
ملاحظة 4:

تم استخدام هدار منتظم الحافة لأخذ المياه المعادة.

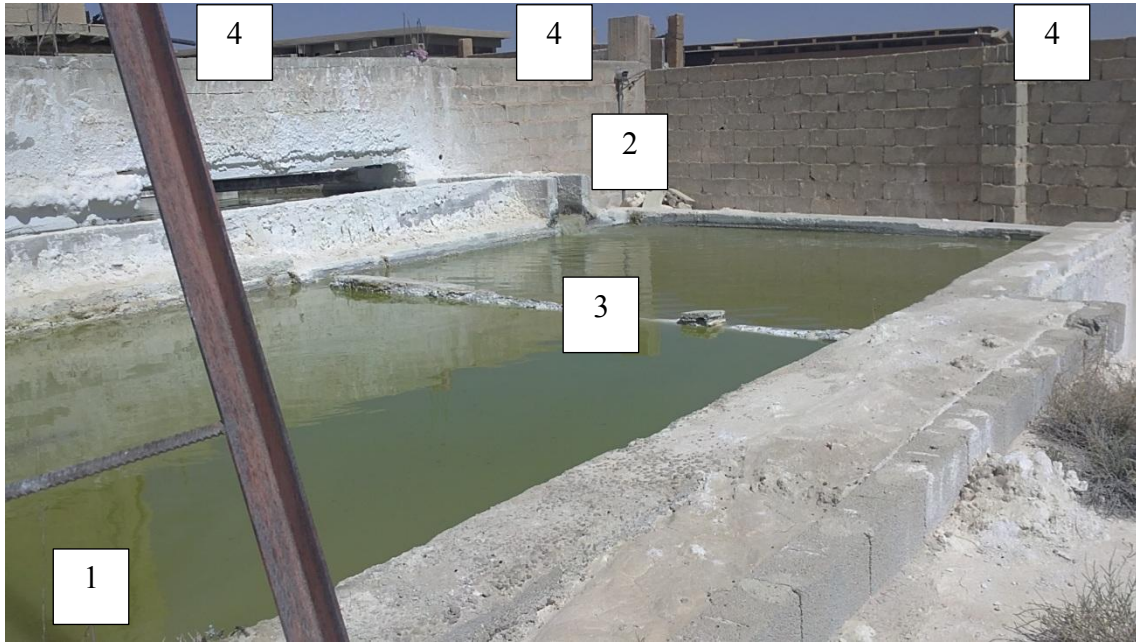


الشكل (31) مسقط لحوض الترسيب التجريبي.

الباب الخامس: دراسة تطبيقية على تدوير مياه معامل الرخام و الحجر



الشكل (32) مقطع في حوض الترسيب التجريبي .



الصورة (23) حوض الترسيب التجريبي.

1: مدخل المياه

2: مخرج المياه.

3: هدار منتظم الحافة.

4: مخازن ثكنة الكيمياء العسكرية المجاورة للشركة.

5-3- تقييم أداء المياه المعادة:

1- تم أخذ عينات من المياه الناتجة عن حوض الترسيب التجريبي بعد انتهاء عملية الترسيب، و إجراء التجارب عليها و تحديد الخصائص الهندسية لها و مواصفاتها، ثم مقارنة النتائج مع المواصفة العالمية التي تحدد قابلية استخدام المياه المعادة في عمليات تبريد الآليات <18>، الملحق (3).

الجدول (20) مواصفات المياه الناتجة عن حوض الترسيب التجريبي.

التحقيق	القيمة المسموح بها في المواصفة	القيمة	التجربة
Ok	< 1 mg/l	0.84 mg/l	DS
Ok	< 15 mg/l	5.6 mg/l	SS
Ok	< 9.1	7.9	PH
Ok	< 0.24 mg/l	0.16 mg/l	مواد عضوية
Ok	< 3 mm	0.005 mm	قطر الجزيئات العالقة
Ok	0	0	زيوت
Ok	< 48 °C	30 °C	درجة الحرارة

و بالتالي نجد أن مواصفات المياه الناتجة عن حوض الترسيب تحقق مؤشرات المواصفة العالمية.

2- تم استخدام المياه الناتجة عن حوض الترسيب التجريبي في تبريد آليات قص الرخام و الحجر في شركة طعان للرخام و الحجر التي استخدمت لقص عدة قطع من الرخام و الحجر، و لم يظهر أي تأثير يذكر على الآليات و لا على قطع الرخام و الحجر الناتجة.



الصورة (24) استخدام المياه المعادة في تبريد آليات القص.



الصورة (25) استخدام المياه المعادة في قص قطع الرخام و الحجر.

الباب السادس: دراسة تدوير المواد الراسبة في صناعة مواد البناء

**Studying Settled Materials Recycling In Building Materials
Industry**

الباب السادس: دراسة تدوير المواد الراسبة في صناعة مواد البناء

Studying Settled Materials Recycling In Building Materials Industry

6-1- مقدمة حول صناعة مواد البناء:

تحتل صناعة مواد البناء أهمية كبيرة في الاقتصاد الوطني، فقد دعا التطور الكبير في حجم بناء المنشآت الصناعية و المباني السكنية و العامة و السياحية و المنشآت المائية و الطرق و المواصلات الحديدية إلى استعمال أنواع كثيرة من مواد البناء و بكميات هائلة لم يعرفها القطر من قبل.

و هذا يضع أمام المهندسين و العاملين في حقل مواد البناء مشاكل كثيرة و معقدة يجب حلها باستمرار بشكل يسمح بالحصول على أكبر مردود و بأقل تكلفة ممكنين، فإذا استعرضنا الإحصائيات التي ترى أن كلفة مواد البناء في المباني السكنية تبلغ 45% من الكلفة الإجمالية تتضح الأهمية البالغة في تحسين مواصفات مواد البناء و مستوى صناعتها و تقليل كلفتها.

و يمكن استعمال مواد البناء بشكل فعال و مناسب عندما يتمتع المهندسون و الفنيون و العاملون في حقل مواد البناء بمعرفة جيدة بمواصفات مواد البناء على تنوعها و شروط عملها في مختلف المنشآت الهندسية <13>.

6-2- تمهيد:

في هذا الباب سوف يتم دراسة الخصائص الهندسية للمواد الراسبة التي تبقى بعد أن تجف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة، بهدف استخدامها من الناحية الإنشائية كمادة بديلة عن مادة الرمل النظامي التي تستخدم في صناعة مواد البناء،

باعتبار أنها تمتلك خصائص هندسية للتربة الرملية بالإضافة لاحتوائها على نسب عالية من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ التي تعتبر كمادة رابطة و لها ميزات تؤهلها لبعض التطبيقات الصناعية و الإنشائية (الفقرة 1-5-5- فرضية البحث).

6-3- كمية المواد الراسبة التي تبقى بعد جفاف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة:

وجدنا أن كمية المواد الراسبة Settleable Solids تساوي 31.82 غ/ل أي تساوي 31.82 كغ/م³ (الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر)، كما وجدنا أيضاً أن كمية المياه المستهلكة سنوياً في صناعة الرخام و الحجر Q_w هي 13,824,000 م³ سنوياً، و بالتالي يمكن حساب كمية المواد الراسبة الناتجة عن صناعة الرخام و الحجر Q_{ss} و التي تبقى بعد جفاف المياه كما يلي:

$$Q_{ss} = \text{Settleable Solids} * Q_w = 31.82 * 13824000 \\ = 427151680 \text{ Kg/year} \cong 427152 \text{ ton/year}$$

و إذا كان الوزن الحجمي للمواد الراسبة Settleable Solids يساوي 2.7 غ/سم³ أي يساوي 2.7 طن/م³، يمكن حساب حجم Q_{ss} بالمتر المكعب كما يلي:

$$Q_{ss} = \frac{424152}{2.7} \cong 158205 \text{ m}^3/\text{year}$$

أي لدينا ما يعادل تقريباً 427152 طن بحجم ما يعادل تقريباً 158205 متر مكعب من المواد الراسبة الناتجة عن مخلفات معامل الرخام و الحجر سنوياً.

6-4- دراسة الخصائص الهندسية من الناحية الإنشائية للمواد الراسبة بهدف تدويرها في صناعة مواد البناء كمادة بديلة عن مادة الرمل النظامي:

1- الوزن الحجمي: و يمثل وزن واحدة الحجم الطبيعي للمادة، يتم تحديده عن طريق وزن (غ) حجم محدد (سم³) من المادة و ذلك بعد تجفيف العينة، و لقد تبين أن الوزن الحجمي للمواد الراسبة يساوي تقريباً الوزن الحجمي لرمال الكوارتز الذي يستخدم في صناعة مواد البناء (الفقرة 3-7- تحديد الوزن الحجمي للمواد الراسبة).

حيث وجدنا أن قيمة الوزن الحجمي للمواد الراسبة (الباب الثالث: دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر):

$$\delta = 2.70 \pm 0.02 \text{ gr/cm}^3$$

2- التدرج الحبي: تم تحديد التدرج الحبي للمواد الراسبة من خلال إجراء تجربة التدرج الحبي <12>، و فيما يلي تم توضيح آلية إجراء هذه التجربة:

- جفف كمية من المواد الراسبة في فرن التجفيف بدرجة حرارة 105 - 110 درجة مئوية حتى ثبات الوزن.

- وزن 1000 غ من المواد الراسبة G و تمريرها على المزهات النظامية بالترتيب ذات الأبعاد التالية:

$$5 - 2.5 - 1.25 - 0.63 - 0.14 \text{ مم}$$



الصورة (26) المهزات النظامية.

- يوزن المحجوز الجزئي على كل مهزة g_i ، ثم يحسب كنسبة مئوية a_i كما يلي:

$$a_i = \frac{g_i}{G} * 100\%$$

- يحسب المحجوز الكلي A_i على كل مهزة بالنسبة المئوية بجمع المحاجيز الجزئية للمهزات العلوية و المهزة المعنية:

$$A_i = a_{2.5} + \dots + a_i$$

و يوضح الجدول التالي هذه النتائج:

الجدول (21) التدرج الحبي للمواد الراسبة.

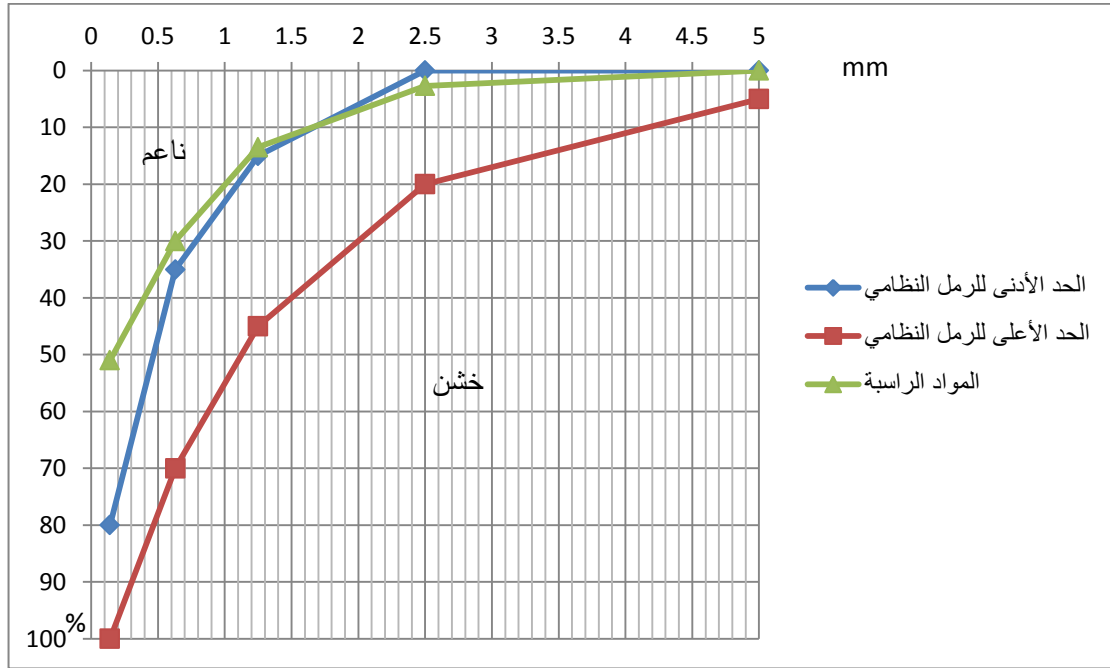
أرقام المهزات مم	المحجوز الجزئي		المحجوز الكلي
	g_i gr	a_i %	A_i %
5	0	0	0
2.5	27	2.7	2.7
1.25	108	10.8	13.5
0.63	165	16.5	30.0
0.14	210	21.0	51.0
القاعدة	490	49.0	100

- لتقييم جودة الرمل و استخدامه في صناعة مواد البناء يرسم مخطط التدرج الحبي و يقارن مع المجال النظامي للرمل المسموح استخدامه في صناعة مواد البناء، و الذي تحدده المواصفة القياسية السورية <19>.

و يوضح الجدول التالي مجال الرمل النظامي:

الجدول (22) مجال الرمل النظامي.

أرقام المهزات مم	الحد الأدنى %	الحد الأعلى %
5	0	5
2.5	0	20
1.25	15	45
0.63	35	70
0.14	80	100



الشكل (33) التدرج الحبي للمواد الراسبة.

نلاحظ أن التدرج الحبي للمواد الراسبة يقود إلى أنها تصنف ضمن مجال الرمل الناعم.

3- عامل الخشونة N_k : و يمثل مجموع المحاجيز الكلية للمهزات بدءاً بالمهزة رقم 2.5 مم و وصولاً للمهزة رقم 0.14 مم مقسوماً على 100 $\langle 12 \rangle$، فإذا كان عامل الخشونة:

$$N_k > 2.5 \text{ الرمل خشنة}$$

$$2.5 > N_k > 2.0 \text{ الرمل متوسط الخشونة}$$

$$N_k < 2 \text{ الرمل ناعم}$$

$$N_k = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.14}}{100} = \frac{2.7 + 13.5 + 30.0 + 51.0}{100} = 0.972$$

نلاحظ أن قيمة عامل الخشونة $Nk = 0.972 < 2$ و بالتالي فإن المواد الراسبة تصنف حسب عامل الخشونة على أنها رمال ناعمة.

4- نسبة النواع: بعد تمرير كامل العينة من المهزات المذكورة يتبقى جزء من العينة في القاعدة، هذا الجزء من العينة يمثل كمية النواع أو كمية المواد الناعمة في العينة و تحسب كما يلي <12>:

$$a_{base} = \frac{g_{base}}{G} * 100\% = \frac{490}{1000} * 100\% = 49\%$$

حيث يمثل g_{base} وزن المحجوز الجزئي في القاعدة.

أي لدينا نسبة 49% مواد ناعمة في العينة.

نتيجة:

بناءً على ما سبق (التدرج الحبي، عامل الخشونة، نسبة النواع) فإن المواد الراسبة الناتجة بعد جفاف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة تصنف من الناحية الإنشائية لاستخدامها في صناعة مواد البناء ضمن مجال الرمل الناعم، و بالتالي لا يمكن استخدامها كمادة بديلة عن مادة الرمل في صناعة مواد البناء.

Applied Results

النتائج التطبيقية

1- إمكانية تدوير المياه الناتجة عن مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة باستخدام حوض ترسيب و ذلك اعتماداً على الخصائص الهندسية و باراميترات التصميم التي حصلنا عليها في هذا البحث (الباب الثالث : دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر، الباب الرابع: دراسة تدوير مياه معامل الرخام و الحجر)، و بالتالي توفير ما يقارب 14 مليون متر مكعب من المياه سنوياً التي تهدر في صناعة الرخام و الحجر (الفقرة 4-1- كمية المياه المستهلكة في صناعة الرخام و الحجر) و التي تكون مخصصة غالباً لأغراض الشرب و الاستخدام البشري.

2- إمكانية تجميع المواد الراسبة التي تنتج عن جفاف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة في حوض الترسيب و سهولة تنظيفها، و بالتالي التخلص منها بشكل هندسي بيئي سليم أي التخلص من التلوث البيئي و الصحي الناتجين عنها (الفقرة 2-3- التلوث البيئي و الصحي الناتج عن مخلفات معامل الرخام و الحجر).

3- وجد من الخصائص الهندسية للمواد الراسبة (الوزن الحجمي، التدرج الحبي، عامل الخشونة، نسبة النواعم) (الباب السادس: دراسة تدوير المواد الراسبة في صناعة مواد البناء) أن هذه المواد تصنف ضمن مجال الرمال الناعمة، و بالتالي حسب المواصفة القياسية السورية لا يمكن استخدام هذه المواد عوضاً عن مادة الرمل في صناعة مواد البناء.

4- لتجنب تفريغ حوض الترسيب و إيقاف عمله أثناء عملية التنظيف يمكن: بناء حوضين متجاورين حيث يتم إجراء عملية التنظيف لأحدهما أثناء فترة عمل الآخر و بالعكس، أو يمكن استخدام تقنيات التنظيف الآلية لأحواض الترسيب <11>.

5- وجدنا أن المواد الراسبة التي تنتج بعد جفاف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة تحتوي على نسب عالية من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ و التي تعتبر كمادة رابطة بالإضافة لكميات كبيرة من المعادن الثقيلة المكونة للصخر الأصلي (الفقرة 1-9- الصخور في سورية)، و لقد وجدنا أن لها طبيعة قلوية (الباب الثالث : دراسة الخصائص الهندسية لمخلفات معامل الرخام و الحجر)، و بسبب نعومتها (الباب السادس: دراسة تدوير المواد الراسبة في صناعة مواد البناء)، و استناداً على دراسات سابقة (الفقرة 1-4- الدراسات السابقة) يمكن القول أن التخلص الهندسي البيئي السليم من هذه المواد يمكن أن يكون كما يلي:

- استخدامها في صناعة الإسمنت كمادة أولية غنية بالمواد الكلسية.
- استخدامها في الصناعات البلاستيكية كمادة مألثة (مثل صناعة الأنايب البلاستيكية).
- استخدامها في صناعة معاجين تأسيس الطلاء كمادة مألثة.
- استخدامها في صناعة التحف و الهدايا الحجرية و الأواني الفخارية و أواني السيراميك كمادة رابطة.
- استخدامها في صناعة الأسمدة الكيميائية و المبيدات الحشرية و المطاط و المنظفات كمادة مألثة.
- استخدامها كمادة عازلة في تبطين مكبات النفايات لمنع التسرب إلى التربة و إلى المياه الجوفية في هذه المكبات أو تغطية هذه النفايات يومياً.
- استخدامها في إنشاء الطرق لمنع تسرب مياه الأمطار إلى طبقة التربة الأم.

- استخدامها في المونة الاسمنتية (الطينة) كمادة رابطة.

6- لم يتم ملاحظة أية زيوت في المياه الخارجة من الآليات لأن هذه المياه أصلاً لا تمر على أية أجزاء ميكانيكية أو أجزاء يمكن أن تحتوي زيوت في آليات معامل الرخام و الحجر، و حيث أنه لا يوجد مصدر آخر للزيوت <8>.

7- يمكن في معامل الرخام و الحجر الصغيرة و التي لا تتوافر فيها المساحة الكافية لإنشاء حوض ترسيب طولي (مستطيل) استخدام حوض ترسيب ذو جريان شاقولي (عامودي) الذي يتميز بمساحات إنشاء صغيرة نسبياً (الفقرة 4-4-4- لمحة عن أحواض الترسيب Sedimentation Basins)، فكما وجدنا أن استخدام حوض ترسيب طولي يحتاج إلى 15 م طول و 4 م عرض و 1 م عمق (الباب الخامس: دراسة تطبيقية على تدوير مياه معامل الرخام و الحجر) فإن استخدام حوض ترسيب ذو جريان شاقولي يحتاج إلى 7 م كقطر لحوض الترسيب و إلى 1.4 م كارتفاع للحوض و بالتالي توفير للمساحة اللازمة لإنشاء الحوض في المعمل.

8- عند تصميم حوض الترسيب استناداً على الباراميترات التي تم التوصل إليها في هذا البحث (الباب الرابع: دراسة تدوير مياه معامل الرخام و الحجر) يمكن اعتبار أن أخذ قيمة زمن المكث الهيدروليكي 60 دقيقة و قيمة التحميل السطحي الهيدروليكي $0.2 \text{ م}^3/\text{م}^2 \cdot \text{سا}$ و اللتان تقابلان ترسيب نسبة 60 % من المواد العالقة حتى قطر 0.007 مم هي قيمة اقتصادية لتصميم حوض الترسيب، حيث أن أخذ قيم لزمن المكث الهيدروليكي و التحميل السطحي الهيدروليكي لترسيب جزيئات بقطر أكبر لا يحقق متطلبات الترسيب و أن أخذ قيم لترسيب جزيئات بقطر أصغر لا يحقق المتطلبات الاقتصادية حيث يتطلب ذلك مساحات أكبر لحوض الترسيب المراد تصميمه.

9- يجب مراعاة أن حمض الأوكساليك المائي $H_2C_2O_4$ الذي يستخدم كمادة كيميائية في آليات تسوية سطوح قطع الرخام و الحجر هو من المواد السامة الضارة بصحة الإنسان و الحيوان و النبات، لذلك لا تستخدم المياه المعادة إلا لاستخدامها في الآليات <8>.

10- يجب عدم تدوير المياه الناتجة عن الترسيب عندما تتجاوز درجة حرارتها 48 درجة مئوية و ذلك بحسب المواصفة <18>.

11- يجب عدم تدوير المياه الناتجة عن الترسيب عندما تتجاوز قيمة PH القيمة 9.1 <18>، حيث يمكن أن تضر بالآليات أو قطع الرخام و الحجر، و ذلك مالم يتم تخفيض قيمة PH إلى ما دون 9.1 باستخدام أحد طرق تخفيض قيمة PH (يمكن إضافة حمض لتعديل القلوية أو إضافة ماء أو استخدام مادة الشبة <8> مع دراسة تأثيراتها على الآليات و على قطع الرخام و الحجر و على عملية الترسيب).

12- التشديد على ضرورة ارتداء حماية لليدين (القفازات) و ارتداء الملابس و الأحذية المناسبة عند التعامل مع آليات معامل الرخام و الحجر بسبب احتواء المخلفات على مواد كيميائية بالإضافة إلى قلويتها العالية، و ارتداء حماية للفم و الأنف (الكمامة) و حماية للعيون (نظارات) عند التعامل مع انبعاثات الغبار و المواد الراسبة نظراً لكونها سهلة الدخول إلى الجهاز التنفسي ما يمكن أن تسبب آفات صحية.

13- عدم صرف مخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة إلى شبكة الصرف الصحي المحلية، بسبب قلويتها و احتوائها على مواد كيميائية و مواد راسبة.

مناقشة

Discussion

1- يعتبر هذا البحث الأول من نوعه في هذا المجال (تدوير مياه معامل الرخام و الحجر) بحسب معلومات الباحث، و قد تم استخدام عينات أخذت من معامل تتعامل مع جميع أنواع الرخام و الحجر شائعة الاستخدام، لكن لا يمكن تعميم النتائج على المعامل التي تتعامل مع أنواع مختلفة من الرخام و الحجر لذلك لابد من أخذ عينات لها و تحديد الخصائص الهندسية لها و بارامترات تصميم حوض الترسيب المناسبة لها.

2- إن المواد العضوية الملحوظة في المياه الخارجة من الآليات ناتجة عن المواد الكيميائية التي تضاف إلى آليات تسوية السطوح (حمض الأوكساليك المائي $H_2C_2O_4$)، و هي غير منحلة في المياه و تبقى كميتها ضمن الحد التي تسمح فيه المواصفة المعمول بها لتدوير المياه في الصناعة <18>، حيث لا يوجد مصدر آخر للمواد العضوية إلا إذا كان مصدر مباشر يجب ملاحظته و أخذه بعين الاعتبار.

3- يمكن التعمق بشكل أكبر و أكثر تفصيلاً بالنسبة لموضوع المواد الكيميائية التي تضاف إلى آليات تسوية السطوح (حمض الأوكساليك المائي $H_2C_2O_4$)، و دراسة تأثيراته المختلفة بشكل كيميائي تخصصي.

4- يمكن البحث أيضاً في النسبة 30 % الباقية كمواد عالقة و التي أقطار جزيئاتها أصغر من 0.005 مم، و التي لم يتوفر للباحث الأجهزة و التجارب اللازمة لتحليلها.

5- يمكن إجراء تحليل كيميائي لمخلفات معامل الرخام و الحجر السائلة، و ذلك لإعطاء إمكانية أكبر لمعالجة المياه و تدويرها و معالجة المواد الراسبة.

6- يمكن البحث في إمكانية إزالة الأوكسالات من المياه، و بالتالي إعطاء حرية أكبر في مجال تدوير المياه و استخدامها لأغراض مختلفة.

List Of Terms And Symbols

قائمة المصطلحات و الرموز

المصطلح أو الرمز	التوصيف
CaCO ₃	كربونات الكالسيوم
H ₂ C ₂ O ₄	حمض الأوكساليك المائي
qsqj - 2000	آلية قطع رخام و حجر
l	طول الآلية
b	عرض الآلية
a	ارتفاع الآلية
d	قطر شفرة الآلية
N	عدد نصل الآلية
p	قوة محرك الآلية
Q _m	استهلاك الآلية من المياه
w	وزن الآلية
Q _p	قدرة الآلية على الانتاج
q	كمية استهلاك الآلية من المياه لواحدة الانتاج
h	عدد ساعات العمل في اليوم
Q	كمية استهلاك معمل الرخام و الحجر من المياه
n	عدد الآليات العاملة في المعمل
TS	كمية المواد الصلبة الكلية
Settleable Solids	كمية المواد الراسبة
SS	كمية العوالق
DS	كمية المواد المنحلة
PH	الرقم الهيدروجيني للمياه
X	قيمة المتوسط الحسابي

قائمة المصطلحات

قيمة الانحراف المعياري	S
نسبة الرطوبة	W
مادة كيميائية مبعثرة	هيكسا فوسفات الصوديوم
درجة حرارة مياه تجربة الهيدروميتر	T
الوزن الحجمي للمواد الراسبة	δ
زمن الترسيب في تجربة الهيدروميتر	t
قراءة الهيدروميتر	R
مسافة الترسيب في تجربة الهيدروميتر	Z_r
قطر حبيبات المواد الراسبة	D
معامل تصحيح درجة الحرارة	B
معامل تصحيح الوزن الحجمي	A
وزن عينة تجربة الهيدروميتر	g
استهلاك صناعة الرخام و الحجر من المياه	Q_w
الترسيب الفيزيائي	Sedimentation
الترسيب المنفصل	Discrete
سرعة ترسيب الجزيء	v_s
تسارع الجاذبية الأرضية	g
اللزوجة الحركية للسائل	ν
كثافة الجزيئات الصلبة	ρ_s
كثافة السائل	ρ_l
قطر الجزيء	d
معامل الاحتكاك	C_d
عدد رينولدز	Re
الترسيب غير المعاق	Flocculent

قائمة المصطلحات

الترسيب المعاق	Hindered or Zone
مجموعة من الجزيئات مرتبطة مع بعضها البعض	Sludge
الترسيب المضغوط	Compression
أحواض الترسيب	Sedimentation Basins
زمن المكث الهيدروليكي	t_R
ارتفاع حوض الترسيب	h
حجم حوض الترسيب	V
الغزارة المارة في حوض الترسيب	Q
التحميل السطحي الهيدروليكي	v_0
مساحة حوض الترسيب	A
عرض حوض الترسيب	B
طول حوض الترسيب	L
كمية المواد الراسبة الكلية في حوض الترسيب	S
طول القاعدة العلوية لجذع الهرم	a
عرض القاعدة العلوية لجذع الهرم	b
طول القاعدة السفلية لجذع الهرم	a'
عرض القاعدة السفلية لجذع الهرم	b'
ارتفاع جذع الهرم	h'
حجم جذع الهرم	Volume
تواتر تنظيف المواد الراسبة من حوض الترسيب	Cleaning
كمية المواد الراسبة الناتجة عن صناعة الرخام و الحجر	Q_{ss}
وزن عينة تجربة التدرج الحبي	G
وزن المحجوز الجزئي على كل مهزة	g_i

قائمة المصطلحات

النسبة المئوية للمحجوز الجزئي على كل مهزة	a_i
المحجوز الكلي على كل مهزة	A_i
عامل الخشونة	N_k
نسبة النواعم	a_{base}
وزن المحجوز الجزئي في القاعدة	g_{base}

References

المراجع

<1> الجولاني نبيل، " الخصائص الهندسية و التطبيقات الصناعية و الإنشائية لمخلفات مصانع قص الحجر"، كلية الهندسة و التكنولوجيا، جامعة بوليتكنيك، فلسطين.

<2> الجولاني نبيل، " أثر مخلفات مصانع قص الحجر على خصائص القوة و النفاذية و الانضغاطية للتربة الطينية و الرملية"، كلية الهندسة و التكنولوجيا، جامعة بوليتكنيك، فلسطين.

<3> " الرخام السوري من مستورد إلى مصدر"، مدونة وطن - eSyria، www.esyria.sy، أحمد صطوف، الأحد 4 أيار 2015.

<4> " صناعة الرخام و الحجر في سورية"، منتديات ستار تايمز، www.startimes.com، أسامة 10، 29 - 5 - 2008.

<5> " الرخام السوري يغزو أسواق الخليج"، البيان، www.albayan.ae، يوسف البجيريمي، 28 مايو 1999.

<6> بلدنا - بلدكس، www.buildexonline.sy، 29 September 2009، عبد الله الشيخ.

<7> " جيولوجية سورية"، المؤسسة العامة للجيولوجيا و الثروة المعدنية، www.geology-sy.org.

<8> اتصالات شخصية.

<9> صانع معدات معالجة الحجر، www.sellstonemachinery.asia.

- <10> ملاحظات الدكتور المشرف على البحث.
- <11> د. م. المفتي محمد بشار، " هندسة الصرف الصحي "، قسم الهندسة البيئية، الدراسات العليا، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.
- <12> الدكتور سطاتس راتب، الدكتور سعود أندراوس، " مواد البناء "، الجزء الثاني، الأعمال المخبرية، منشورات جامعة دمشق.
- <13> الدكتور سطاتس محمد راتب، الدكتور سعود أندراوس، " مواد البناء و اختبارها "، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة.
- <14> " تجربة الهيدروميتر "، مخبر ميكانيك التربة و الجيولوجيا الهندسية، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.
- <15> Marco Van Sperling, " Basic Principle Of Wastewater Treatment ", Volume 2, Department Of Sanitary And Environmental Engineering, Federal University Of Minas Gerais, Brazil.
- <16> Dr. Rabah Fahid, " Water Treatment ", EENV 4331, Sedimentation, Islamic University Of Gaza, Environmental Engineering Department.
- <17> د. م. محمود سهير، " ترويق المياه بالترسيب "، قسم الهندسة البيئية، الدراسات العليا، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.
- <18> " Water Quality Criteria 1972 ", A Report Of The Committee On Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy Of Sciences, National Academy Of Engineering, Washington DC 1972.

المراجع

<19> م. ق. س 332 / 2007، " الحصىات المستخرجة من المصادر الطبيعية
و المستخدمة في أعمال الخرسانة "، المراجعة الأولى.

الملحق (1) جداول تجربة الهيدروميتر

الملحق (1) جداول تجربة الهيدروميتر <14>

الجدول (1) قيم ثابت الترسيب K بدلالة الوزن الحجمي و درجة الحرارة.

درجة الحرارة درجة مئوية	الوزن الحجمي غ/سم ³							
	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
16	0.0151	0.0148	0.0146	0.0144	0.0141	0.0139	0.0137	0.0136
17	0.0149	0.0146	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134
18	0.0148	0.0144	0.0142	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132
19	0.0145	0.0143	0.0140	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0131
20	0.0143	0.0141	0.0139	0.0137	0.0134	0.0133	0.0131	0.0129
21	0.0141	0.0139	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127
22	0.0140	0.0137	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0128	0.0126
23	0.0138	0.0136	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124
24	0.0137	0.0134	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0125	0.0123
25	0.0135	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0122
26	0.0133	0.0131	0.0129	0.0127	0.0125	0.0124	0.0122	0.0120
27	0.0132	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0119
28	0.0130	0.0128	0.0126	0.0124	0.0123	0.0121	0.0119	0.0117
29	0.0129	0.0127	0.0125	0.0123	0.0121	0.0120	0.0118	0.0116
30	0.0128	0.0126	0.0124	0.0122	0.0120	0.0188	0.0117	0.0115

الجدول (2) قيم معامل تصحيح درجة الحرارة B.

درجة الحرارة درجة مئوية	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
B	6.2	5.9	5.6	5.3	5.0	4.7	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9	2.6

الجدول (3) قيم معامل تصحيح الوزن الحجمي A.

الوزن الحجمي غ/سم ³	2.85	2.80	2.75	2.70	2.65	2.60	2.55	2.50
A	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02	1.04

الملحق (2) جدول قيم اللزوجة الحركية للمياه بدلالة درجة الحرارة

الملحق (2) جدول قيم اللزوجة الحركية للمياه بدلالة درجة الحرارة <15>

الجدول (1) قيم اللزوجة الحركية للمياه بدلالة درجة الحرارة.

درجة الحرارة درجة مئوية	اللزوجة الحركية 10^{-6} م ² /ثا
0	1.79
5	1.52
10	1.31
15	1.15
20	1.01
25	0.90
30	0.80
35	0.73
40	0.66

يمكن استخدام العلاقة التالية لحساب اللزوجة الحركية للمياه ضمن مجال درجة حرارة بين (10 - 30) درجة مئوية:

$$\nu = 3.76 * 10^{-6} * T^{0.450}$$

الملحق (3) المواصفة العالمية لتدوير المياه في الصناعة <18>

يوضح الجدول التالي الحدود القصوى التي تسمح فيها المواصفة <18> لتدوير المياه في تبريد الآليات الصناعية:

الجدول (1) الحدود القصوى لتدوير المياه في تبريد الآليات الصناعية <18>.

الخاصة	القيمة القصوى المسموحة mg/l
Silica (SiO ₂)	25
Aluminum (AL)	-
Iron (Fe)	1.0
Manganese (Mn)	0.02
Copper (Cu)	-
Calcium (Ca)	1,200
Magnesium (Mg) Sodium & Potasium (Na + K)	-
Ammonia (NH ₃)	-
Bicarbonate (HCO ₃)	180
Sulfate (SO ₄)	2,700
Chloride (Cl)	22,000
Fluoride (F)	-
Nitrate (NO ₄)	-
Phosphate (PO ₄)	5
DS	1,000
SS	15
Hadrness (CaCo ₃)	7,000
Alkalinity (CaCo ₃)	150
Acidity (CaCo ₃)	0
PH (unit)	5 - 9.1
Color (unit)	-
Organics	0.24
Hydrogen Sulfide (H ₂ S)	4
Temperature (F)	120

- غير مسموح بوجود جزيئات ذات أقطار أكبر أو تساوي 3 مم.

- غير مسموح بوجود زيوت.

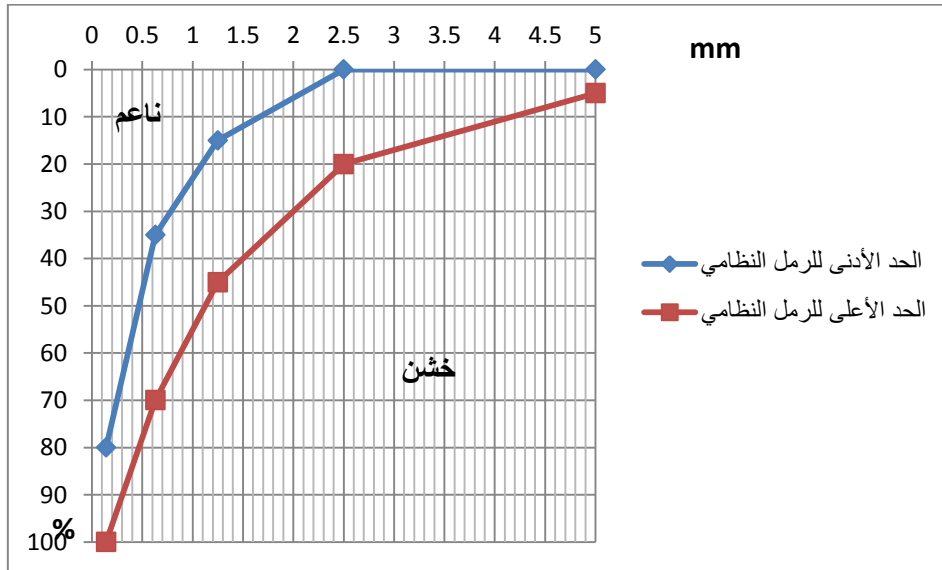
الملحق (4) المواصفة القياسية السورية لاستخدام مادة الرمل في صناعة مواد

البناء <19>

1- مجال الرمل النظامي:

الجدول (1) مجال الرمل النظامي.

أرقام المهزات	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مم	%	%
<u>5</u>	<u>0</u>	<u>5</u>
<u>2.5</u>	<u>0</u>	<u>20</u>
<u>1.25</u>	<u>15</u>	<u>45</u>
<u>0.63</u>	<u>35</u>	<u>70</u>
<u>0.14</u>	<u>80</u>	<u>100</u>



الشكل (1) مجال الرمل النظامي.

2- عامل الخشونة:

الرمل خشن $N_k > 2.5$

الرمل متوسط الخشونة $2.5 > N_k > 2.0$

الرمل ناعم $N_k < 2$

The English Portion القسم الأجنبي باللغة الانكليزية

Abstract

Marble and stone plants wastes are produced by the processes of cutting, sawing, polishing and surfaces smoothing of marble and stone in these plants which are divided into:

1- Solids wastes in big sizes with different measurements of marble and stone, which are disposed of by using them in concrete manufacture and construction work and rubble.

2- Heavy, sticky liquid wastes made up of particles, granules and sand produced by the processes of cutting, sawing, polishing and surfaces smoothing of marble and stone, loaded with big quantities of water used in machinery cooling processes, which are necessary, and adding surfaces smoothing substances, these wastes are usually collected in natural or artificial lakes and left to dry naturally so that the sediments are left over to be collected and thrown away at random which in turn cause several environmental and health problems for humans, animals and plants.

3- Bushed emissions of dust and tiny particles produced by cutting, sawing and polishing processes.

4- The factory sewage wastes which are directed into the local sewage system.

In this research the engineering properties of these liquid wastes have been studied through conducting laboratory experiments of many samples taken from different marble and stone plants, and the possibility of settling them in an engineered method has also been studied in order to recycle water and to determine the possibility of using the settled materials in building materials industry as the settled materials may be considered as a type of sand soil, the study also included determining the safe

Abstract

environmental engineering methods to dispose of the wastes and thus putting an end to the environmental pollution and health pollution resulting from them. The experiments included determining the quantity of total solids materials (TS), settleable solids, suspended solids (SS), dissolving solids (DS), organic materials, water temperature, hydrogen number PH, volumetric weight of settleable materials, humidity percentage, granular gradation of settleable materials and the diameters of the settleable materials granules, in addition to determining the parameters of designing an engineered sedimentation basin in order to recycle water including a practical study and an analysis of the results compared to international standards.

Keywords:

Environmental Engineering, Environmental Protection, Water Recycling, Environmental Management, Water Purification, Sedimentation Basins, Marble And Stone Industry, Marble And Stone Industry Wastes, Building Materials Industry.

Damascus University
Faculty Of Civil Engineering
Department Of Environmental Engineering



Feasibility Study Of Marble And Stone Plants Wastes, Recycling In Building Materials Industry

A Study Prepared For The Master's Degree In Civil Engineering-
Department Of Environmental Engineering

Prepared By: Eng. Ziad Aladeeb

Supervised By: Professor. Dr. Eng. Shabli Alshami