First Libyan International Conference on Engineering Sciences & Applications (FLICESA_LA)
13-15 March 2023, Tripoli – Libya

دراسة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة العادية

دراسة حالة (محطة النجيلة جنزور)

عيادة أمحمد ابوعجيلة [1] ، ايمن مصباح عياد [2]، خولة فتحي سليمان [2] منذر عبد الجليل الغضبان[2]
[1] عضو هيئة تدريس كلية الهندسة جامعة غريان , غريان ، ليبيا
[2] باحث كلية الهندسة جامعة غريان , غريان ، ليبيا

الملخص:تتلخص هذه الورقة البحثية حول مدى تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على الخرسانة العادية , ولتحقيق المستهدف من الدراسة , تم تصميم خمسة خلطات خرسانية بنسب (0%- 25%- 50%- 75%-100%) من مياه الصرف المعالجة كبديل للمياه الصالحة للشرب المستخدمة في صناعة الخرسانة , حيث تم إجراء مجموعة من الاختبارات منها إختبار العجينة النظامية للإسمنت وكذلك زمن الشك الابتدائي والنهائي , و إختبار الهبوط و إحتبار مقاومة الضغط والانحناء , حيث كان عدد المكعبات الخاصة باختبار مقاومة الضغط 50 مكعب 10 مكعبات لكل خلطة وعدد الكمرات 5 كمرات واحدة لكل خلطة , ومن خلال هذه الدراسة تبين انه بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي إلى الخلطة الخرسانية يقل زمن الشك الابتدائي مما يزيد في فقد العجينة الإسمنتية لخاصية اللدونة , كذلك تبين أن زمن الشك النهائي يقل بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي وبالتالي تزيد سرعة تصلب الخرسانة , كما لوحظ في اختبار الهبوط وجود انخفاض في درجة تشغيل الخرسانة كلما زادت نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة, وتزداد مقاومة الضغط بنسبة بسيطة مع زيادة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة حيث سجلت أعلى نسبة زيادة عندما كانت نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة 100% والمياه الصالحة للشرب 0% ,أما في اختبار مقاومة الانحناء فكانت النتائج متقاربة ,وكانت الخلطة التي تحتوي على نسبة 75 % من مياه الصرف الصحي المعالجة , 25% مياه صالة لشرب أكثر مقاومة للانحناء بعد 28 يوم .

الكلمات المفتاحية: (الخرسانة ، مياه صرف صحي معالجة , مقاومة الخرسانة , خلطة خرسانية ,)

1. المقدمة

نظرا لتطور العمراني وازدياد معدلات الطلب على المياه الصالحة للشرب , في الصناعات الخرسانية , وبسبب ظروف الجفاف ومحدودية المصادر المائية المتجددة , وارتفاع معدل الاستهلاك في ليبيا بشكل عام[1] . هذا يقودنا للبحث عن مصادر بديلة لاستخدامها في صناعة الخرسانة , وذلك لتقليل من استهلاك المياه الصالحة للشرب , و ذلك بإعادة تدوير مياه الصرف الصحي واستخدامها في عدة أغراض منها صناعة الخرسانة .

ونتيجة لذلك فالاتجاه في السنوات الأخيرة إلى عدم التخلص من مياه الصرف الصحي بل إعادة استعمالها بعد معالجتها [2] .حيث تعتبر مياه الصرف الصحي من المصادر الغير التقليدية التي لا يجب النظر إليها كمشكلة يجب التخلص منها ولكنها مورد مائي يجب استغلاله , والاستثمار في مجال معالجتها وإعادة استخدامها لأنها المورد الوحيد الذي يزيد مع الوقت [3]. حيث تم في هذا البحث إجراء مجموعة من الاختبارات على خرسانة استخدمت فيها مياه صرف صحي معالجة ولمحطة واحدة فقط في صناعة الخرسانة العادية وتحديد مدى تأثير نسبة إضافة مياه الصرف الصحي المعالجة على خصائص الخرسانة الطازجة والصلبة . و هناك العديد من الدراسات السابقة في مجال استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة حيث توصلت إلى إمكانية استخدام هذه المياه وتوفير مياه الشرب النقية [4]. وتجدر الإشارة إلى عدم الاهتمام بالنقص في الإمدادات المائية سوف يساهم في

استمرار أزمة نقص المياه الصالحة للشرب بسبب استخدام كميات كبيرة منها في صناعة الخرسانة في ضل التزايد المستمر في تكنولوجيا الخرسانة و استخدامها بشكل واسع .

بالنضر إلى ما تقدم وبنتائج البحث إن كانت إجابية يمكن المساهمة في توفير المياه الصالحة للشرب التي تؤدي إلى الرفع من المخزون المائي خصوص في ليبيا , التي تفتقر وبشكل كبير إلى المياه االصالحة للشرب . حيث يستفاد من هذا البحث عدة جهات منها وزارة البيئة ووزارة الصناعة وذلك لتخلص من المياه الملوثة للبيئة واستخدامها بعد معالجتها في عدة مجالات منها صناعة الخرسانة وكذلك الاستفادة من توفير المياه الصالحة للشرب .

2 - الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة لمعرفة مدى تأثير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في عملية صناعة الخرسانة العادية بحيث نصل إلى نتائج تحاكي الواقع و لا يدخل فيها أي مؤثر سوى نوعية المياه المستخدمة في الخلط ونسبها للمياه الصالحة للشرب , فقد أُجريت هذه الدراسة على خلطة خرسانية واحدة المكونات ومصممة وفقا للمواصفات القياسية , والمتغير الوحيد هو نوعية المياه , كذلك تقديم بعض النتائج والتوصيات التي قد تصبح مرجعاً في إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة العادية .

3- البرنامج العملي

تم تجهيز 50 مكعب بأبعاد(15×15×15)cm 10 مكعبات لكل خلطة لإجراء اختبار مقاومة الضغط , و كذلك تجهيز 5 قوالب بأبعاد(15×15×75)cm لإجراء اختبار مقاومة الانحناء , كذلك تم تجهيز اسطوانات صغيرة لإجراء اختباري زمن الشك الابتدائي والنهائي , وكذلك تم تجهيز المخروط القياسي الخاص باختبار الهبوط .

1. 3 المواد المستخدمة

1.1.3-الاسمنت

تم استخدام الاسمنت البورتلاندي العادي (مصنع البرج للاسمنت زليتن التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات) نوع 42.5N ووزنه النوعي $3.15N/m^3$. طبقا للمواصفات القياسية الليبية رقم 2009/340م[5].

2.1.3- الركام الناعم

تم استخدام ركام ناعم طبيعي موجود بمنطقة أبو رشاده ضمن الحدود الإدارية لبلدية غريان , وكانت نتائج التحليل المنخلي مطابقة للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) [6]. وتم اعتماد ذلك من إجراء دراسة سابقة في معامل كلية الهندسة غريان [7]. والجدول (1) يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الناعم.

الجدول (1) يوضح التحليل المنخلي للركام الناعم

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفات
5	100	100
2.36	100	100 -80
1.18	92.6	100 – 70
0.6	76.6	100 -55
0.3	58.7	70-5
0.15	13.4	15-0

3.1.3 – الركام الخشن

تم استخدام ركام خشن طبيعي موجود بمنطقة أبو رشاده ضمن الحدود الإدارية لبلدية غريان , وكانت نتائج التحليل المنخلي مطابقة للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) [6]. وتم اعتماد ذلك من إجراء دراسة سابقة في معامل كلية الهندسة غريان[7] . والجدول (2) يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي للركام الخشن [7].

الجدول (2) يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن[7].

المنخل (mm)	نسبة المار (%)	حدود المواصفات
37.5	100	100
20	66.5	70-35
14	51.73	55 -25
10	22.08	40-10
5	0.96	5-0

4.1.3 – ماء الخلط

في هذا البحث تم استخدام نوعين من المياه مياه صالحة للشرب , ومياه صرف صحي معالجة و تنص المواصفات القياسية الليبية أن المياه تكون صالحة لخلط الخرسانة إذا كان مجموع الأملاح الذائبة اقل من 2000 جزء في المليون .

1.4.1.3- مياه عذبة نقية

استخدمت مياه صالحة للشرب من محطة التحلية (الصلاحات) . والجدول (3) يبين خواص المياه المستخدمة .

الجدول (3) يبين خواص المياه المستخدمة

الخاصية	الوحدة (mg/L)
الأملاح الصلبة الذائبة TDS	100-50
نسبة الحموضة pH	6.5
الكالسيوم ca^{+2}	7.3
الماغنيسيوم mg^{+2}	0.3
الكلوريدات Cl^{-1}	20
الكربونات و البيكربونات $HCO_3\,CO_3$	20
الكبريتات SO_4^{-2}	22
المواد الصلبة العالقة TSS	0

2.4.1.3- مياه صرف صحي معالجة

تم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة المعالجة (النجيلة) جنزور التي تقع جنوب غرب العاصمة طرابلس, و تعمل بأسلوب الحمأة المنشطة (تهوية مطولة) حيث جمعت العينات من المرحلة الثانوية للمعالجة والتي تعتبر أخر مرحلة معالجة في المحطة[8] .الجدول (4) يوضح خصائص مياه الصرف المعالجة المستخدمة في الخلطة الخرسانية [9] .

الجدول (4) يبين خصائص مياه الصرف المعالجة [9]

الخاصية	الوحدة (mg/L)
الأملاح الصلبة الذائبة TDS	1950
نسبة الحموضة pH	7.37
الكالسيوم ca^{+2}	108
الماغنيسيوم mg^{+2}	97.8
الكلوريدات Cl^{-1}	78.3
الكربونات و البيكربونات $HCO_3\,CO_3$	811.3
الكبريتات SO_4^{-2}	160
المواد الصلبة العالقة TSS	25

2.3- تصميم الخلطة الخرسانية

تم استخدام الطريقة الوضعية في تصميم الخلطات الخرسانية , حيث تعطي المواد (الاسمنت , الرمل , الركام) على هيئة نسب بالوزن أو الحجم ففي هذه الدراسة تم استخدام النسب الوضعية التالية 1: 2 :4 أي واحد اسمنت اثنان رمل و أربعة ركام خشن[11] . النسب الوضعية المستخدمة في المعادلة :

300Kgاسمنت: $0.4m^3$ رمل:0.8m3 ركام خشن

1.2.3 – تحديد أوزان المواد الداخلة في تصميم الخلطة الخرسانية للمكعبات

1- تحديد وزن الاسمنت (Wc) في المكعب الواحد. Wc= 1.0125 Kg

2- تحديد وزن الركام الناعم (Wsc) في المكعب الواحد Wsc=2.187 Kg

3- تحديد وزن الركام الخشن **(Wgc)** في المكعب الواحد Wgc= 4.244Kg

3- تحديد وزن ماء الخلط تم تحديد كمية المياه المطلوبة بنسبة 50 % من وزن الاسمنت , مع مراعاة إضافة كمية قليلة من الماء على الجدران الداخلية للخلاط , و في هذه الدراسة تم استخدام نوعين من المياه (مياه صالحة للشرب ومياه

صـرف صـحي معالجـة) لعمـل 5 خلطـات , الخلطـة الأولـى (A) خلطـة مرجعيـة اسـتخدم فيهـا ميـاه صـالحة للشـرب أي 0% ميـاه صـرف صـحي معالجـة , الخلطـة الثانيـة (B) تحـوي علـى ميـاه صـالحة لشـرب بنسـبة 75 % أي 25% ميـاه صـرف صـحي معالجـة , الخلطـة الثالثـة (C) تحـوي علـى ميـاه صـالحة لشـرب بنسـبة 50% أي 50 % ميـاه صـرف صـحي معالجـة, الخلطـة (D)تحـوي علـى ميـاه صـالحة لشـرب بنسـبة 25% أي 75% ميـاه صـرف صـحي معالجـة , الخلطـة الخامسـة (E) تحـوي علـى ميـاه صـالحة لشـرب بنسـبة0 % أي 100% مياه صرف صحي معالجة.

حجـم الميـاه المسـتخدمة فـي المكعـب الواحـد مـن وزن الاسـمنت

Vw=50%×1.0125=0.506Kg (Vw)

أي **0.506** لتـر . الجـدول (5) يبـين نسـبة الميـاه الصـالحة للشـرب وميـاه الصـرف الصـحي . كـذلك الجـدول (6) يبـين النسـبة بـين حجـم الميـاه الصـالحة للشرب وحجم المياه الصرف الصحي المعالجة .

الجدول (5) يبين نسبة المياه الصالحة للشرب ومياه الصرف الصحي المعالجة

رمز الخلطة	عدد المكعبات	نسبة المياه المعالجة	نسبة المياه الصالحة
A	**10**	**%0**	**%100**
B	**10**	**%25**	**%75**
C	**10**	**%50**	**%50**
D	**10**	**%75**	**%25**
E	**10**	**%100**	**%100**

الجدول (6) يبين نسبة وحجم المياه الصالحة للشرب وحجم مياه الصرف الصحي المعالجة

رمز الخلطة	حجم مياه الصرف المعالجة (L)	حجم المياه الصالحة للشرب (L)
A	**0**	**5.063**
B	**1.266**	**3.797**
C	**2.532**	**2.532**
D	**3.797**	**1.266**
E	**5.063**	**0**

الجدول (7) يبين نسبة أوزان المواد لكل الخلطات المدروسة

رمز الخلطة	وزن الركام الناعم Kg	وزن الركام الخشن Kg	وزن الاسمنت Kg
A	**21.868**	**42.440**	**10.125**
B	**21.868**	**42.440**	**10.125**
C	**21.868**	**42.440**	**10.125**
D	**21.868**	**42.440**	**10.125**
E	**21.868**	**42.440**	**10.125**

2.2.3– تحديد أوزان المواد الداخلة في تصميم الخلطة الخرسانية للكمرات

1- تحديـد وزن الاسـمنت (Wc) فـي الكمـرة الواحدة Wc=5.0625Kg

2- تحديـد وزن الركـام النـاعم للكمـرة الواحـدة (Wsc) Wsc=10.260 Kg

3- تحديد وزن الركام الخشن للكمرة الواحدة (Wgc) Wgc= 20.452Kg

3- تحديد وزن ماء الخلط تم تحديد كمية المياه

بـنفس النسـب المسـتخدمة فـي المكعبـات الخرسـانية (A,B,C,D,E) حجـم الميـاه المسـتخدمة فـي المكعـب الواحـد مـن وزن الاسـمنت (Vw) Vw=50%×5.0625 =2.5313Kg

أي 2.5313 لتر.

تـم تحديـد كـل النسـب بطريقـة النسـب الوضـعية, والجـدول (8) يبـين نسـبة الميـاه الصـالحة للشـرب ومياه الصرف الصحي المعالجة .

الجدول (8) يبين نسبة المياه الصالحة للشرب ومياه الصرف المعالجة

رمز الخلطة	عدد الكمرات	نسبة المياه المعالجة	نسبة المياه الصالحة
A	**1**	**%0**	**%100**
B	**1**	**%25**	**%75**
C	**1**	**%50**	**%50**
D	**1**	**%75**	**%25**
E	**1**	**%100**	**%100**

الجدول (9) يبين نسبة و حجم المياه الصالحة للشرب وحجم مياه الصرف الصحي المعالجة

رمز الخلطة	حجم مياه الصرف المعالجة (L)	حجم المياه الصالحة للشرب (L)
A	0	2.5313
B	0.633	1.898
C	1.256	1.256
D	1.898	0.633
E	2.5313	0

الجدول (10) يبين نسبة أوزان المواد لكل الخلطات

رمز الخلطة	وزن الركام الناعم Kg	وزن الركام الخشن Kg	وزن الاسمنتKg
A	10.260	20.452	5.0625
B	10.260	20.452	5.0625
C	10.260	20.452	5.0625
D	10.260	20.452	5.0625
E	10.260	20.452	5.0625

3.2.3 – طريقة الخلط وتجهيز العينات

تم خط المواد ميكانيكا بواسطة الخلاط الميكانيكي سعة **65 Kg** وتم تجهيز العيينات المكعبة للاجراء مقاومة الضغط والقوالب للكمرات وبعد صب ودمك الخرسانة في القوالب والمكعبات تترك النماذج لمدة 24ساعة حتى تنضج وتتصلب ومن تم ترقم وتعالج بواسطة الغمر في حوض المعالجة بدرجة حرارة الغرفة , حيث تمت معالجة العيينات كلا حسب المدة المطلوبة من الاختبار منها ما تطلب 7 أيام ومنها 14 يوم ومنها 28 يوم بالنسبة للمكعبات الخرسانية اللازمة الاختبار مقاومة الضغط , و28 يوم بالنسبة للقوالب اللازمة لقياس مقاومة الانحناء .

4.2.3 - الاختبارات المعملية

تم إجراء كل الاختبارات في معمل الخرسانة الخاص بكلية الهندسة غريان .

1.4.2.3- اختبار العجينة النظامية للاسمنت

تم إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية الليبية 72/21 وكانت النتائج كما في الجدول رقم (11) . نسبة الماء لتحضير العجينة النظامية 28% .

الجدول (11) يبين نتائج اختبار العجينة النظامية للإسمنت

المحاولات	القيم (mm)
27% ماء	7.5
30|%ماء	4
28%ماء	6

2.4.2.3- اختبار تحديد زمن الشك الابتدائي والنهائي للإسمنت

تم إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات القياسية الليبية 72/21 , طريقة إجراء الاختبار **97/340** حدود زمني الشك , وكانت النتائج كما في الجدول (12).

الجدول (12) تحديد زمن الشك الابتدائي والنهائي

رمز الخلطة	زمن الشك الابتدائي (min)	زمن الشك النهائي (min)
A	**158**	**231**
B	**137**	**210**
C	**121**	**175**
D	**114**	**168**
E	**110**	**165**

3.4.2.3- اختبار الهبوط

تم إجراء الاختبار طيقا للمواصفات الأمريكية (ASTMC143-C143M) والجدول (13) يبين نتائج اختبار الهبوط لجميع الخلطات

الجدول (13) يبين نتائج اختبار الهبوط لجميع الخلطات

رمز الخلطة	قيمة الهبوط (mm)	حدود المواصفة (mm)
A	**30**	**280 -10**
B	**25**	**280 -10**
C	**23**	**280 -10**
D	**22**	**280 -10**
E	**18**	**280 -10**

4.4.2.3- اختبار مقاومة الضغط

تـم إجـراء هـذا الاختبـار طبقـا للمواصـفات القياسـية البريطانيـة [11] . وتـم اختبـار العينـات وهـي بعمـر (7, 14 , 28) يـوم وبلـغ العـدد الإجمـالي للعينـات 45 عينـة ,تـم اسـتبعاد العينـات الغيـر منطقيـة , و كانت النتائج كما في الجدول رقم (14)

الجدول (14) يبين قيم اختبار متوسط مقاومة الضغط

رمز العينة	مقاومة الضغط N/mm² 7ايام	مقاومة الضغط N/mm² 14يوم	مقاومة الضغط N/mm² 28 يوم
A	**24.965**	**27.101**	**32.036**
B	**25.999**	**26.862**	**33.184**
C	**26.419**	**27.497**	**32.968**
D	**26.725**	**28.810**	**35.366**
E	**26.946**	**30.645**	**37.701**

5.4.2.3- اختبـــار مقاومـــة الانحنـــاء للكمرات

تـم إجـراء الاختبـار حسـب المواصـفات البريطانيـة (BS1881:Part 118: 1983) تـم اختبـار العيينـات وهـي بعمـر 28 يـوم وتـم إجـراء الاختبـار علـى خمسـة خلطـات فقـط , كمـا هـي موضـحة بالجدول (15) .

الجدول (15) يبين قيم اختبار مقاومة الانحناء بعد 28 يوم للكمرات الخرسانية

رمز العينة	نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة %	مقاومة الانحناء N/mm² 28 يوم
A	0	2.875
B	25	2.893
C	50	2.967
D	75	3.078
E	100	2.919

4- النتائج ومناقشتها

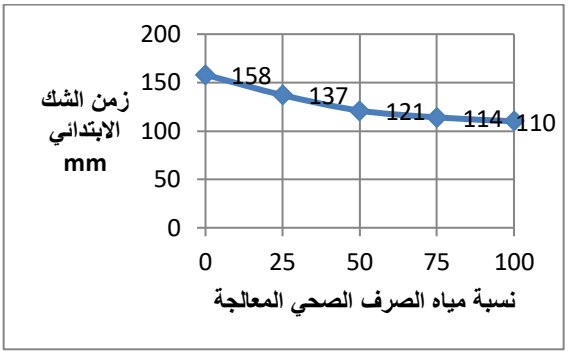
يشـمل هـذا البنـد عـرض ومناقشـة النتـائج المتحصـل عليها , من نتائج الاختبارات المعملية .

1.4 اختبار العجينة النظامية للاسمنت

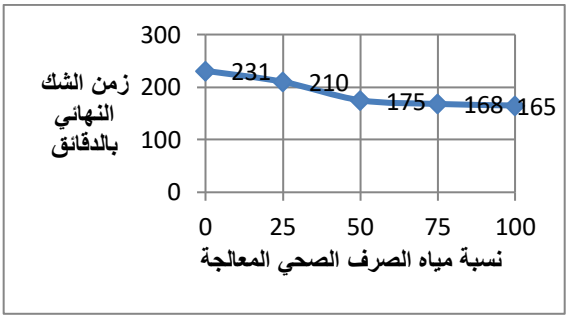
كانـت نسـبة المـاء القياسـي للعجينـة النظاميـة هـي 28% وكانـت ضـمن حـدود المواصـفة القياسـية الليبيـة (26% - 32%) تـم فـي هـذا الاختبـار استخدام المياه الصالحة للشرب فقط.

2.4- اختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي

نلاحظ من النتائج المتحصل عليها لاختباري زمن الشك الابتدائي والنهائي انه بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الخلطة الخرسانية يقل كلا من زمن الشك الابتدائي والنهائي , ويرجع ذلك إلى التغير في خواص مياه الصرف الصحي المعالجة عن المياه الصالحة للشرب الشكل (1) يبين نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي



الشكل (1) يبين نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي

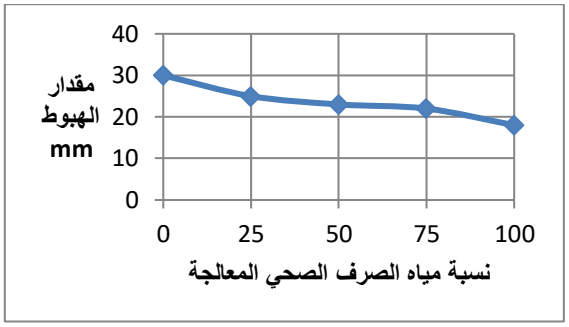


الشكل (2) يبين نتائج اختبار زمن الشك النهائي

3.4 – اختبار الهبوط للخرسانة

مـن النتـائج المتحصـل عليهـا فـي هـذا الاختبـار وكمـا هـو موضـح بالشـكل (3) إن قيمـة الهبـوط تتناسـب عكسـيا مـع التغيـر فـي نسـبة خلـط ميـاه الصـرف الصـحي المعالجـة , والميـاه الصـالحة للشـرب حيـث نلاحـظ مـن الشـكل (3) انـه كلمـا زادت نسـبة ميـاه

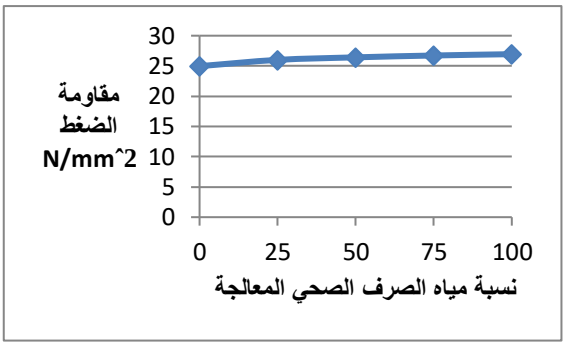
الصـرف المعالجـة قلـت نسـبة الهبـوط ويرجـع ذلـك لتغير في خواصها عن مياه الشرب



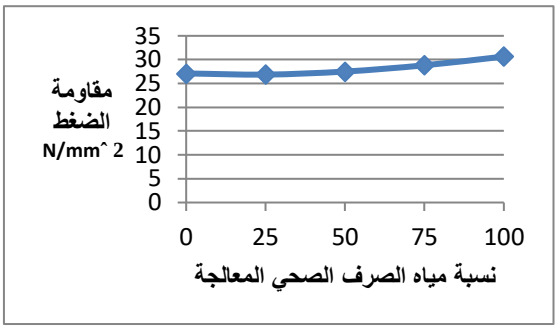
الشكل (3) يبين العلاقة بين نسبة مياه الصرف الصحي ومقدار الهبوط

4.4 – اختبار مقاومة الضغط

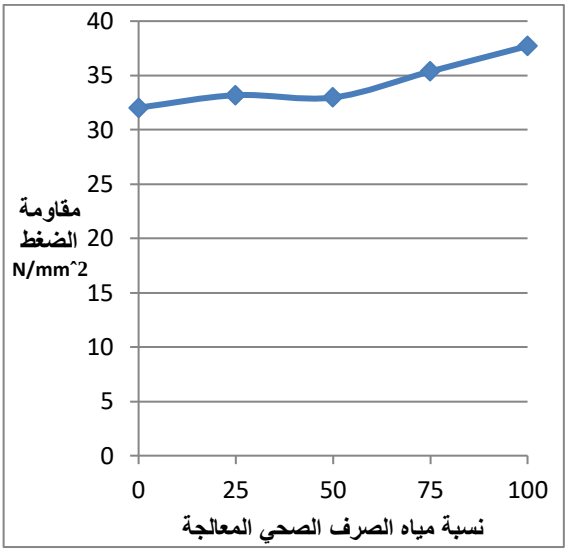
من الشكل (4) و(5) و(6) نلاحظ أن مقاومة الضغط تزداد بنسب بسيطة بزيادة الزمن وبشكل واضح لجميع العينات المدروسة باستثناء العينة C حيث نسبة مياه الصرف المعالجة 50% ,بعد 28 يوم والتي أصهرت انخفاض في مقاومة الضغط بنسب بسيطة, وكانت الزيادة في مقاومة الضغط للعينات التي استخدمت فيها مياه صرف صحي معالجة بنسبة 100 % والمياه الصالحة للشرب 0% كانت 7.935% بعد 7 أيام , 13.077 % بعد 14 يوم , 17.683 % بعد 28 يوم , ويمكن القول أن مقاومة الضغط لم تتأثر سلبا بالمياه الصرف المعالجة بل تتحسن بنسب بسيطة .



الشكل (4) العلاقة بين مياه الصرف الصحي المعالجة ومقاومة الضغط بعد 7 أيام



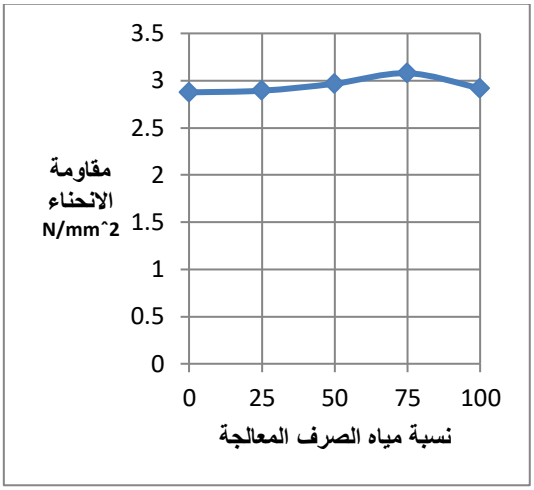
الشكل (5) العلاقة بين مياه الصرف الصحي المعالجة ومقاومة الضغط بعد 14 يوم .



الشـكل (6) العلاقـة بـين ميـاه الصـرف الصـحي المعالجة ومقاومة الضغط بعد 28 يوم .

5.4اختبار مقاومة الانحناء

نلاحـظ مـن النتـائج المتحصـل عليهـا مـن مقاومـة الانحنـاء للكمـرات الخرسـانية وكمـا هـو واضـح فـي الشـكل (7) أن مقاومـة الانحنـاء كانـت متقاربـة و وان الخلطـة D التـي اسـتخدمت فيهـا ميـاه صـرف صـحي بنسـبة 75 % أعطـت أعلـى قيمـة لمقاومـة الانحنـاء , بنسـبة زيـادة مقـدارها 7% مـن الخلطـة المرجعية



الشكل (7) يبين العلاقة بين نسبة مياه الصرف المعالجة ومقاومة الانحناء بعد 28 يوم .

5- الاستنتاجات

اعتمادا على النتائج المتحصل عليها في هذا البحث يمكن ان نستخلص الاستنتجات التالية :

1- اظهر إختبار زمن الشك الابتدائي ان زيادة نسبة مياه الصرف المعالجة يقلل من زمن الشك الابتدائي وبالتالي يزيد من سرعة فقدان العجينة الاسمنتية لخاصية اللدونة بسب التغير في خصائص المياه .

2- بالنسبة لزمن الشك النهائي يقل بزيادة نسبة مياه الصرف المعالجة وبالتالي يزيد من سرعة تصلب الخرسانة .

3- نتائج اختبار الهبوط أظهرت إنخفاض في درجة تشغيل الخرسانة كلما زادت نسبة مياه الصرف المعالجة

4- بالنسبة لمقاومة الضغط أظهرت النتائج انه بزيادة نسبة مياه الصرف الصحي المعالجة كلما زادت المقاومة بنسبة بسيطة, وكانت نسبة الزيادة 7.935 % بعد 7 أيام , و13.077% بعد 14 يوماً , و 17.683 % بعد 28 يوم في الخلطة التي استخدمت فيها مياه الصرف الصحي المعالجة بنسبة 100% (الخلطة **E**)

5- نتائج مقاومة الانحناء كانت متقاربة, وان الخلطة التي استخدمت فيها مياه الصرف الصحي المعالجة بنسبة 75%(الخلطة **D**) أعطت أعلى قيمة وكانت نسبة الزيادة بعد 28 يوم 7% عن الخلطة المرجعية **(A)** .

6 – مقارنة النتائج بدراسات سابقة كانت النتائج متقاربة جدا في اختبار زمن الشك النهائي ومقاومة الضغط حيث أنها تزيد بزيادة مياه الصرف , ورغم أن الدراسة السابقة اعتمدت على زمن الترقيد للمياه المعالجة و إختلاف محطة المعالجة[4]. إلا أن النتائج كانت متقاربة جداً.

6- التوصيات

1- توسيع الدراسة بحيث تجرى إختبارات على خرسانة تحتوي على نسب مياه صرف صحي معالجة مثل تحديد ثبات الحجم للاسمنت , واختبار التغير في الكثافة , واختبار الاختراق.

2- إجراء اختبارات معملية لمعرفة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثيا في الخلطات الخرسانية.

3- مواصلة الدراسة لما له من أهمية بيئية واقتصادية .

4- إجراء اختبارات معملية لمعرفة تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة المسلحة .

5- إجراء اختبارات معملية لمعرفة مدى تأثير المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة على مكونات الخلطة الخرسانية .

7- المراجع

1. عبد العالي بوحش حمد الدايخ , دراسة الوضع المائي في ليبيا , كلية الزراعة جامعة عمر المختار 2005 .
2. محمد صادق العدوي , النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي ,(دار الراتب الجامعية) , 1988.
3. معالجة مياه الصرف الصحي , مواقع الكترونية مختلفة .
4. فؤاد فرج فروج , إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في صناعة الخرسانة , المؤتمر الوطني السادس لمواد البناء والهندسة الإنشائية , 2016.
5. المواصفات القياسية الليبية للاسمنت 2009/340
6. BS 882 :1992 ,Specification for aggregates from natural sources for concrete.
7. صالح نوري بشير عبد الله بشير , عبد المهيمن أبو كنيشة , دراسة جودة بعض مواد البناء المتوفرة محليا في مدينة غريان , 2016 .
8. محطة معالجة مياه الصرف الصحي النجيلة (جنزور)
9. مختبر دلتا للخدمات الفنية , شارع رأس حسن طرابلس.
10. محمود إمام , تصميم الخلطات الخرسانية, 2005-2007 .
11. British standard institution (BS EN 12390-3: 2009), Testing.