

## اللجنة العلمية

رئيساً	أ.د. محمد طيب الليلة
عضو	أ.د. صباح محمد جميل
عضو	أ.د. أحمد يسف حاجم
عضو	أ.د. سعد علي الطعان
عضو	أ.د. خليل حسن سيد مرعي
عضو	أ.د. عبد الحكيم حامد أحمد
عضو	أ.د. باسل محمد سعيد
عضو	أ.د. جاسم محمد عبد الجبار
عضو	أ.د. باسل شكر محمود
عضو	أ.د. برهان محمود العلي
عضو	أ.م.د. علي حيدر سعد الجميل
عضو	أ.م.د. قصي كمال الدين الأحمد
عضو	أ.م.د. رافد أحمد خليل

إعداد

أ.د. عبد الحكيم حامد أحمد

**Dams and Water Resources  
Engineering  
And  
Environmental Engineering**

**الهندسة السدود والموارد المائية  
و  
هندسة البيئة**

## هندسة السدود والموارد المائية

و

### هندسة البيئة

#### المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	تسلسل
1	التنبؤ بقيم تصارييف الزاب الاسفل في شمال العراق باستخدام الشبكات العصبية ذات الانحدار العام GRNN تيمور عبدالمجيد أوجي	.1
9	تقييم النحر الموضوعي مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة نور إدريس خطاب إنعام علي قاسم الجمعة	.2
21	إزالة المغذيات من مياه الصرف الصحي الطبية باستخدام المفاعل الحيوي ذو الأغشية الغاطسة محمد علي الهاشمي طالب رشيد عباس ياسر ابراهيم جاسم	.3
33	تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية والفسفور ونسبة التدوير في كفاءة المرشحات الحيوية ذات الوسط البلاستيكي بإزالة المغذيات قصي كمال الدين الأحمدى ايناس سمير محمود محمد الدباغ	.4
46	تقييم خصائص الرسوبيات ومنحني السعة لخزان سد الموصل - العراق عيسى الياس عيسى د. نضير الانصاري د. سفن كنتسون	.5
53	تقييم صلاحية مياه وادي المر للري أسفل مشروع ري الجزيرة الشمالي / شمال العراق علي محمد سليمان يسرى طه عبد الباقي	.6
62	الخصائص الهيدروليكية للهدارات المقوسة ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية رعد هوبي إرزوقي أحمد شهاب أحمد	.7
76	دراسة المياه الجوفية في مناطق مختارة من محافظة نينوى وتقييمها للزراعة احمد خليل ابراهيم عبدالمحسن سعدالله شهاب وليد محمد شيت العبدريه	.8
91	إزالة المعادن الثقيلة من مياه الفضلات الصناعية بالترسيب الكيميائي دريد فاضل احمد يوسف صالح عيسى	.9
102	تأثير المجال المغناطيسي على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الإسالة/الخزان/الجوفي وإمكانية الاستفادة منها في مجالات مختلفة أحلام زكي أمين	.10
116	تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة حرارة الماء في كفاءة إزالة الملوثات العضوية وقيمة الرقم الهيدروجيني وتركيز الأوكسجين المذاب في برك الأكسدة المغطاة بنباتات عدس الماء قصي كمال الدين الأحمدى زينة عامر إدريس أحمد الشريفي	.11
130	تأثير الطمر الصحي الهوائي واللاهوائي للنفايات الصلبة البلدية وتدوير العصارة الناتجة على نوعيتها نادية أفرام يعقوب الرحماني	.12
148	تأثير المجال المغناطيسي المسلط على أنبوب الري على تصريف المنقطات انمار عبد العزيز الطالب عزيزة علي محمد	.13
161	اعداد خارطة لشبكة بزل مغطى لمشروع ري الجزيرة الشمالي باستخدام تقنيات الحاسوب نجلى يونس عبدالله نوال محمد ججو هدى هاشم بدر	.14

## التنبؤ بقيم تصاريف الزاب الاسفل في شمال العراق باستخدام الشبكات العصبية ذات الانحدار العام GRNN

تيمور عبدالمجيد أوجي

قسم هندسة السدود والموارد المائية / كلية الهندسة/ جامعة الموصل

### الملخص

ان رافد الزاب الاسفل يعتبر واحداً من الروافد المهمة لنهر دجلة في شمال العراق. فهو يجهز نهر دجلة بحوالي (15.5%) من انتاجه السنوي. يبلغ طول الرافد حوالي 400 كم وتبلغ مساحة جابيته حوالي 22000 كم<sup>2</sup> تتوزع على الاراضي الايرانية حيث المنبع والاراضي العراقية. ان التنبؤ بقيم الجريان لهذا الرافد يعتبر من المسائل الضرورية في تشغيل سد دوكان الذي يقع على هذا الرافد بالنسبة لمواضيع درء الفيضان وكذلك ادارة المياه في فترات الجفاف. في هذا البحث تم التحري وتقييم استخدام نموذج الشبكات العصبية ذات الانحدار العام Generalized regression neural networks وهي احد انواع نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs) للتنبؤ بجريان نهر الزاب الاسفل. تمت مقارنة نتائج النموذج المعتمد مع نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية من نوع التغذية الامامية Feed forward الاكثر شيوعاً في العالم. ان اداء النماذج المعتمدة تغيرت مع تغير الحالات المأخوذة بنظر الاعتبار ولكن مع ذلك بقيت نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ذات التغذية الامامية هي الافضل اداء. كذلك تضمن البحث التحري عن جدوى اضافة دليل الشهر الى مدخلات النماذج المدروسة. فضلا عن ذلك تمت دراسة اداء نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ بالقيم العليا والصغرى لتصاريف النهر.

## Forecasting of Lesser Zab Discharges In Northern Iraq Using Generalized Regression Neural Networks (GRNN)

Taymoor A. Awchi

Dams & Water Res. Eng. Dept./College of Engineering/ University of Mosul/IRAQ  
Email: awchi2002@yahoo.co.in

### Abstract

The Lower Zab River is one of the main and most important tributaries of Tigris River in Northern Iraq region. It supplies Tigris River with more than 15.5% of its yield. The river is approximately 400 kilometers long and drains an area of 22,000 square kilometers. The forecasting of this river flows is very important in operation of existing Dokan Dam for flood mitigation and also in drought periods. The Generalized Regression Artificial Neural Network (GRNN) is investigated and evaluated for flow forecasting. The results of GRNN are compared to the results of the well-known Feedforward Neural Networks (FFNN). The performances of the networks are varied with different cases involved in the study, but generally, the FFNN was almost better than other networks. The effect of including a time index within the inputs of the networks is investigated. In addition, the performances of the ANNs are investigated in forecasting the maximum and minimum peaks of the river flow.

**Key Words:** Forecasting, ANNs, River flow, Peak flow, Zab River

## مقدمة :

ان تخمين قيم التصاريح المستقبلية للانهار يعتبر من المواضيع المهمة في حقل الهيدرولوجي وهندسة الموارد المائية لانها تؤثر بشكل مباشر في عملية تصميم وتشغيل الكثير من منشآت الموارد المائية مثل تصميم السدود والوقاية من الفيضان وتشغيل خزانات المياه وتوزيع مياه الشرب وتوليد الطاقة الكهربائية في الفترات الجافة والتخطيط للنقل النهري. لذا فان كمية المياه المجهزة من قبل اي نهر في المستقبل تعتبر من اهم مواضيع البحوث في حقل الهيدرولوجي.

ذكر (Besaw et al. (2010 ان الطرق الحالية للتنبؤ بتصاريح الانهار تقع ضمن اربعة مجموعات وهي : الطرق المفاهيمية conceptual والطرق القياسية metric والطرق الفيزيائية physically-based والطرق المستوحاة من البيانات data-driven. وبسبب قلة المصادر الضرورية في عملية تطوير وتقييم الطرق الثلاثة الاولى اصبحت الطرق المستوحاة من البيانات الهيدرولوجية هي الطريقة التي اعتمدت بشكل واسع للتنبؤ بقيم التصاريح، وعلى الرغم من ان الطرق المستوحاة من البيانات عادة تتطلب نفس البيانات التي تتطلبها الطرق الثلاثة المذكورة آنفا ولكنها تحتاج الى وقت اقل بكثير لصياغتها وهي مفيدة في تطبيقات الوقت الحقيقي ولها الامكانية لتوفير تنبؤات دقيقة للتصاريح المستقبلية.

استخدم العديد من النماذج التصادية للتنبؤ بقيم تصاريح الانهار في مجال التخطيط لأنظمة الموارد المائية، وضمن هذه الطرق الشائعة ماهي بسيطة مثل موديلات الانحدار الخطي البسيط والمتعدد Multiple linear regression (MLR) ونماذج الانحدار الآلي (AR) Auto regression (AR) ونماذج الانحدار الآلي ذات المعدل المتحرك ARMA ونماذج (ARMA with exogenous variable) ARMAX ونماذج (ARMA) و ARMAX مع معاملات زمنية (periodic parameters) ونماذج ARIMA ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ANNs وفي كل هذه الطرق افترض وجود علاقة خطية بين المتغيرات الهيدرولوجية (Awchi and Srivastava, 2003).

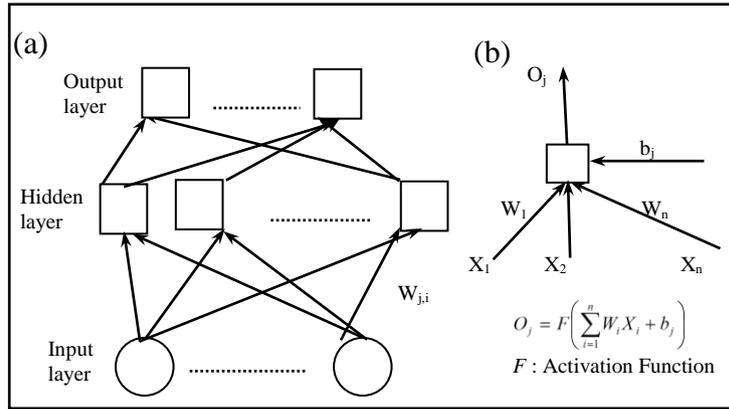
ذكر (Awchi and Srivastava (2009 ان من صفات الشبكات العصبية الاصطناعية الجاذبة قابليتها لتوصيف العلاقة بين المدخلات والمخرجات لعملية معينة دون التدخل في معرفة العلاقات الفيزيائية لها، وحتى لو كانت البيانات تحوي على بعض الضوضاء وبعض الاخطاء فان للشبكات العصبية الاصطناعية القدرة على التعرف على العلاقة السائدة . ان هذه الصفات تقترح بان تكون الشبكات العصبية الاصطناعية مناسبة لحل مشاكل التخمين والتنبؤ في حقل الهيدرولوجي. ان نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية وبعدها اعتبارات تعد مشابهة لنماذج الانحدار في حقل الهيدرولوجي، عدا انها لا تحتاج الى تعريف العلاقات بشكل رياضي. فضلا عن ذلك ، فانها تعتبر مرنة اكثر وذلك بسبب توفر الحرية في اختيار عدد الطبقات المخفية وعدد العصبونات المخفية في كل طبقة. ان تركيب نماذج ANN يسمح للمعلومات بالتحرك في مسارات متعددة وأنية وذلك يوفر الفرصة للإنجاز المتناظر Parallel implementation .

وضح (Kişi (2004 تطبيق نماذج ANN في التنبؤ بقيم معدلات التصاريح الشهرية حيث تمت مقارنة اداء نماذج ANN مع نتائج نماذج (AR) Autoregressive ، ووضحت النتائج ان تقنية ANN يمكن ان توفر بديلا متفوقا على نموذج AR لتطوير نماذج محاكاة المدخلات والمخرجات ونماذج التنبؤ . وفي بحث آخر استعرض (Kişi (2008 نموذج افتراضي conjunction يعرف بـ Neurowavelets للتنبؤ بقيم التصاريح اليومية لنهر غير دائم. ان نماذج Neurowavelet قد طور بالمزج بين اسلوبين وهما طريقة تحويل الموجات المنفصل واسلوب ANN . اظهرت النتائج ان هذه الطريقة قللت من نسبة الخطأ في التنبؤات وزادت من قيمة معامل الترابط بين القيم الاصلية والمتوقعة مقارنة مع نماذج ANN.

يهدف البحث الحالي الى اختبار نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ذات الانحدار العام Generalized Regression Neural Networks (GRNN) في عملية التنبؤ بقيم تصاريح نهر الزاب الاسفل في منطقة شمال العراق. تم استخدام بيانات التصاريح لعدة اشهر سابقة كمدخلات للنموذج واعتبر تصريف النهر للشهر الجاري كمخرجات للنموذج. تطرق البحث كذلك الى اهمية اشراك معامل زمني ضمن المدخلات لتنمية قابلية التنبؤ للنموذج.

## الشبكات العصبية ذات التغذية الامامية FFNN

يوضح الشكل (1) بناء الشبكة العصبية ذات التغذية الامامية ويشير الى هيكلها وكذلك الى نظام الاواصر بين عناصرها. يتميز الهيكل عادة بعدد الطبقات وعدد العصبونات في كل طبقة، كما تتضمن الطبقات الانواع التالية: طبقة الادخال وتتضمن عصبونات تسمى وحدات الادخال والتي تتعلق ببيانات المتغيرات المدخلة الى الشبكة . ان الوحدات الادخالية لا تقوم بتطوير البيانات ولكنها ببساطة تقوم بتوزيع المعلومات الى الوحدات الاخرى، حيث ان الطبقة المخفية تحوي عصبونات تسمى بالعصبونات المخفية والتي لا يمكن رصدها بشكل مباشر وتوفر الخاصية اللاخطية للشبكة وطبقة الاخراج تحوي وحدات الاخراج والتي تقوم بتوجيه القيم الممكنة او المقترحة التي يمكن تعيينها للحالة تحت الدراسة.



شكل (1) : شكل تخطيطي يوضح :

(أ) تركيب الشبكات العصبية ذات التغذية الامامية و (ب) احد العصبونات

يعتبر تعيين القيم الابتدائية لأوزان الاواصر وقيم العتبة عملية بالغة الاهمية، فالتخمين الاولي الاقرب الى القيم المثلى لأوزان الاواصر يساعد على تعليم اسرع للشبكة. مع هذا فلا توجد طريقة معينة لعمل تخمين اولي جيد للأوزان لذا فانها تعتمد على تعيين قيم ابتدائية عشوائية. عندما تنتهي عملية التدريب ، يجب ان تثبت جميع الاوزان (Jain and Singh, 2003). تدرب شبكات FFNN عادة باستخدام خوارزمية التدريب المسماة بطريقة الانتشار الخلفي Back-propagation والتي هي نوع من تقنيات الهبوط اعتمادا على درجة الانحدار Gradient descent مع نشر الخطأ الخلفي وهي حاليا من اكثر الطرق شيوعا لتدريب الشبكات العصبية الاصطناعية من نوع FFNN، وهي طريقة نظامية لتدريب الشبكات العصبية متعددة الطبقات، تستخدم في هذه الطريقة مجموعة ازواج بيانات ادخال واخراج تسمى (Patterns). تغذى مجموعات بيانات الادخال الى الشبكة لإنتاج بيانات اخرج والتي تقارن مع القيم الحقيقية للمخرجات فاذا لم يكن هناك فروقات بين القيم الحقيقية للمخرجات والقيم الناتجة عن الشبكة عندها لا تحتاج الشبكة الى تدريب اضافي وبعبكسه سوف تغير الاوزان باتجاه الخلف ابتداءً من طبقة الاخراج ثم الطبقة المخفية الى طبقة المدخلات. بما ان التدريب يستخدم بيانات اخرج حقيقية ، فان طريقة الانتشار الخلفي يشار اليها بطريقة تدريب بإشراف معلم Supervised. ان دالة الاداء المثالية المستخدمة لتدريب الشبكات العصبية ذات التغذية الامامية هو معدل مجموع مربعات خطأ الشبكة

$$mse = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - O_j)^2 \quad (1)$$

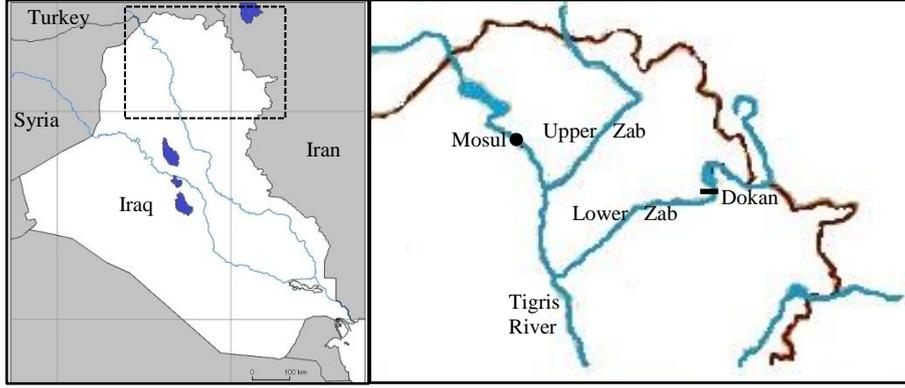
حيث ان  $T_j$  هو الهدف المبتغى و  $O_j$  هو الناتج الحقيقي عند وحدة الاخراج  $z$  (Awchi and Srivastava, 2003). استخدمت خوارزمية تدريب Levenberg-Marquardt (Demuth and Beale, 2008) في هذه الدراسة لتدريب شبكة FFNN والتي هي واحدة من اسرع خوارزميات التدريب وينصح بها لتدريب الشبكات الصغيرة والمتوسطة الحجم والتي تحوي على عدة مئات من الاواصر.

### الشبكات العصبية ذات الانحدار العام GRNN

هذا النوع من الشبكات والذي اقترح من قبل Specht (1991) لا يحتاج الى عملية متكررة كما هي الحال في طريقة الانتشار الخلفي وهي تقوم بتقريب العلاقة لاي دالة بين متجهات المدخلات والمخرجات وتقوم بتخمين قيم المخرجات مباشرة من بيانات التدريب. واكثر من هذا فهي متماسكة بمعنى انه عندما تصبح مجموعة بيانات التدريب كبيرة فان الخطأ في التخمين يقترب من الصفر مع محددات طفيفة فقط على الدالة. ان شبكة GRNN تتكون من اربعة طبقات، الطبقة الاولى هي طبقة الادخال والطبقة الثانية تحوي وحدات الامثلة، ومخرجات هذه الطبقة تمر الى مجموع الوحدات في الطبقة الثالثة، والطبقة الرابعة تغطي وحدات الاخراج (Cigizoglu, 2005).

## موقع الدراسة وجمع البيانات

يتعامل البحث مع بيانات التصاريح الشهرية المرصودة اعلى سد دوكان (الداخلة الى البحيرة) على نهر الزاب الاسفل في شمال العراق. ينبع نهر الزاب الاسفل من الاراضي الايرانية والتي تضم 5000 كم<sup>2</sup> من مساحة جابية النهر والمتبقي منها وهي بحدود 17000 كم<sup>2</sup> تقع في الاراضي العراقية. يجري هذا النهر 370 كم في شمال غرب ايران وشمال شرق العراق قبل ان يلتقي نهر دجلة بحدود 130 كم جنوب مدينة الموصل (ESCWA-BGR Cooperation, 2012) والشكل (2) يبين موقع منطقة الدراسة. البيانات المتوفرة هي بيانات التصاريح الشهرية التي تم جمعها للفترة من كانون الثاني 1929 ولغاية شهر ايلول 1996 والتي تتضمن 813 شهر.



الشكل (2) : منطقة الدراسة والتي تتضمن محطة رصد دوكان في شمال العراق

ينطلب استخدام تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية تقسيم البيانات الى مجموعتين؛ المجموعة الاولى تستخدم للتدريب ( والتي تسمى مجموعة بيانات التدريب) والمجموعة الثانية تستخدم لتقييم نتائج الشبكة (وهي تسمى مجموعة بيانات التقييم). ان مجموعة البيانات المثالية التي يمكن استخدامها مع الشبكات العصبية الاصطناعية يجب ان تمثل احتمالية الحدوث الكاملة لبيانات الادخال وان تسهل تمثيل العملية اللاخطية الجارية، كذلك احتواء البيانات على مجموعات غير ضرورية قد يبطئ من تدريب الشبكة وعلى العكس يكون التدريب ضعيفا نتيجة قلة البيانات المستخدمة في التدريب. يفضل عادة ان تكون مجموعة بيانات التدريب حاوية على القيم العظمى والصغرى والتي تساعد الشبكة في عملية الاقحام interpolation وعملية التنبؤ ضمن هذين القيمتين لأنه من المعروف ان الشبكات العصبية الاصطناعية ضعيفة القابلية في مجال التقدير الاستقرائي extrapolation. بعد فحص مجموعة البيانات تبين ان القيم العظمى والصغرى تقع بعد الربع الاول من البيانات لذا تقرر استخدام بيانات التصاريح للأشهر 1 الى 213 (26% من البيانات المتوفرة) لمجموعة بيانات التقييم وبيانات الاشهر 214 الى 813 (600 قيمة تمثل 74% من البيانات) كمجموعة بيانات تدريب. والجدول (1) يبين مجموعة احصائيات عن البيانات الكاملة وبيانات التدريب وبيانات التقييم لتصاريح نهر الزاب الاسفل.

جدول (1) : مجموعة احصائيات بيانات التصاريح الشهرية لنهر الزاب الاسفل في محطة دوكان (م/3ثا)

Statistics	Whole data set	Training data set	Validation data set
Minimum	29	29	66
Maximum	4135	4135	2403
Mean	527.5	537	500.4
Median	319	315	334
Range	4106	4106	2337
S. deviation	534.7	558.3	462
Skewness	2.499	2.66	1.52
Lag1	0.693	0.683	0.73
Lag2	0.341	0.336	0.352
Lag3	0.052	0.066	-0.019

تم في هذا البحث استخدام نوعين مختلفين من الشبكات العصبية الاصطناعية وهما شبكات FFNN وشبكات GRNN . ولتدريب وتقييم نتائج الشبكات العصبية لكل نوع تم كتابة برنامج بلغة Matlab وباستخدام صندوق العدد toolbox الخاصة بالشبكات العصبية المرفق ببرنامج Matlab R2010 . ان البيانات التاريخية لتصارييف نهر الزاب الاسفل اظهرت التواء Skewness موجبا بمقدار 2.499 فضلا عن ذلك فان فحص الارتباط الالي اظهرت ثباتا ضعيفا Persistence (lag1=0.693, lag2=0.341, lag3=0.052) والجدول اعلاه يوضح ان القيم العظمى والصغرى لبيانات التقييم تقع ضمن مدى البيانات المخصصة للتدريب وهذه تساعد الشبكة على ابداء اداء وتنبؤ افضل.

### استخدام تقنية ANN في التنبؤ بتصارييف نهر الزاب الاسفل

من اجل تحسين عملية التدريب وتحسين كفاءة اداء الشبكات العصبية الاصطناعية يجب اتخاذ خطوة معينة قبل عملية التدريب، فمن المفيد عادة ان يتم تحويل بيانات الادخال والاخراج بحيث تكون محصورة ضمن نطاق معين. في هذا البحث تم تحويل وحصر البيانات بين قيمتي -1 و +1 وحسب المعادلة الموضحة ادناه:

$$Z_t = \frac{2(Q_t - Q_{min})}{(Q_{max} - Q_{min})} - 1 \quad (2)$$

حيث ان  $Z_t$  هي قيم التصارييف المعيارية Standardized والتي تقع في المدى (-1 و +1)،  $Q_t$  هي التصارييف الشهرية،  $Q_{min}$  و  $Q_{max}$  هي اعلى وادنى قيم تصريف ضمن البيانات على التوالي (Demuth and Beale, 2008). بعد انجاز عملية التدريب يختبر النموذج المتدرب الى عملية تقييم باستخدام مجموعة المعيارية.

ان مدخلات الشبكات العصبية هي تصارييف النهر للاشهر السابقة والمخرجات هي تصريف النهر للشهر الجاري (t). تم اختيار 6 تركيبات لمدخلات الشبكة وهي: (1)  $Q_{t-1}$  (2)  $Q_{t-1}$  و  $Q_{t-2}$  (3)  $Q_{t-1}$  و  $Q_{t-2}$  و  $Q_{t-3}$  (4)  $Q_{t-1}$  و  $Q_{t-2}$  و  $Q_{t-3}$  و  $Q_{t-4}$  (5)  $Q_{t-1}$  و  $Q_{t-2}$  و  $Q_{t-3}$  و  $Q_{t-4}$  و  $Q_{t-5}$  و  $Q_{t-6}$ . اختبر تأثير عامل الزمن على اداء الشبكات العصبية (Awchi, 2007; Kişi, 2008) بإضافة دليل زمني  $\tau$  لكل تركيبية مدخلات الى الشبكة. ان الدليل  $\tau$  يشير الى رقم الشهر وهو يحمل الارقام 1 الى 12، اما بالنسبة لمخرجات الشبكة فقد كان التصريف للشهر الجاري (t) ولكل التركيبات المستخدمة.

اعتمدت ثلاثة معايير لتقييم اداء الشبكات العصبية الاصطناعية وهي معامل الارتباط (R) Correlation coefficient ومعامل مربع الخطأ (MSE) Mean square error والخطأ النسبي (RE) Relative Error وباستخدام المعادلات التالية:

$$R = \frac{\sum_{t=1}^n (Q_{t(com)} - \bar{Q}_{(com)}) (Q_{t(obs)} - \bar{Q}_{(obs)})}{\sqrt{[\sum_{t=1}^n (Q_{t(com)} - \bar{Q}_{(com)})^2][\sum_{t=1}^n (Q_{t(obs)} - \bar{Q}_{(obs)})^2]}} \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Q_{t(obs)} - Q_{t(com)})^2 \quad (4)$$

$$RE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Q_{t(com)} - Q_{t(obs)}|}{Q_{t(obs)}} \quad (5)$$

حيث ان n يمثل عدد البيانات الموجودة،  $Q_{t(obs)}$  و  $Q_{t(com)}$  هي تصارييف النهر المرصودة والمحسوبة بواسطة نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية على التوالي. اما  $Q_{(obs)}$  و  $Q_{(com)}$  فهي قيم المعدل الحسابي للتصارييف المرصودة والمحسوبة.

الجدول (2) يوضح قيم MSE و R لمجموعة بيانات التقييم ولكلا نوعي الشبكات المستخدمة. يتبين من الجدول ان اداء نماذج FFNN كان نوعا ما افضل من اداء شبكات GRNN علما ان هناك دراسة سابقة اكدت تفوق اداء شبكة GRNN على شبكات FFNN في التنبؤ بتصارييف الانهار (Kişi, 2008). ان الدراسات السابقة اظهرت ان الشبكات العصبية من نوع FFNN ذات ثلاث طبقات وباستخدام دالة تحويل من نوع Sigmoid يمكن ان تحاكي اي علاقة لا خطية متعددة المتغيرات (Hsu et al., 1995). بالنسبة للبحث الحالي فقد اوضحت النتائج ان معدل التصارييف المنتبأ بها كانت 3.66% و 6.6% اعلى من معدلات البيانات المرصودة بالنسبة لشبكات FFNN و GRNN على التوالي.

ان قيم MSE لشبكات FFNN كانت الافضل في التركيبية رقم (10) والتي تبين ان التصاريح لخمسة اشهر سابقة تؤثر بشكل كبير في تخمين قيم التصريف للشهر الحالي وفي الوقت الذي اظهرت فيها النتائج ان تصريف الشهر الحالي اكثر تأثراً بتصاريح الاشهر الاربعه السابقة في حال استخدام شبكات GRNN وكما هو واضح في التركيبية رقم (8) . بالنسبة لشبكات GRNN كانت قيم Spread لأفضل النتائج تتراوح بين 0.1 و 0.2 (0.15 على الاغلب).

جدول (2) : قيم MSE و R لمجموعة بيانات التقييم

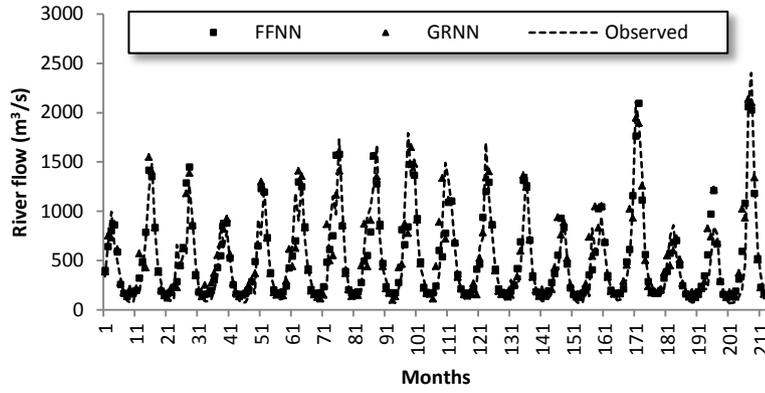
	Network input	FFNN		GRNN	
		MSE	R	MSE	R
1	$Q_{t-1}$	9.692	0.743	10.13	0.724
2	$Q_{t-1}$ and $\tau$	3.976	0.904	4.933	0.883
3	$Q_{t-1}$ and $Q_{t-2}$	6.293	0.840	6.935	0.822
4	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ and $\tau$	3.957	0.907	5.005	0.880
5	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ and $Q_{t-3}$	5.700	0.860	7.248	0.832
6	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ and $\tau$	4.197	0.898	4.915	0.880
7	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ and $Q_{t-4}$	5.507	0.862	6.869	0.830
8	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ , $Q_{t-4}$ and $\tau$	4.335	0.893	<b>4.912</b>	<b>0.881</b>
9	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ , $Q_{t-4}$ and $Q_{t-5}$	5.780	0.859	6.688	0.837
10	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ , $Q_{t-4}$ , $Q_{t-5}$ and $\tau$	<b>3.935</b>	<b>0.904</b>	4.936	0.880
11	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ , $Q_{t-4}$ , $Q_{t-5}$ and $Q_{t-6}$	5.659	0.858	6.512	0.840
12	$Q_{t-1}$ , $Q_{t-2}$ , $Q_{t-3}$ , $Q_{t-4}$ , $Q_{t-5}$ , $Q_{t-6}$ and $\tau$	3.957	0.903	4.961	0.880

ان تحديد عدد العصبونات المخفية اللازمة لتدريب الشبكة تعتبر العملية الاصعب في تدريب شبكات ANN بسبب عدم وجود طريقة عامة لاجادها . لذا فان هيكلية نماذج ANN يتم الاستقرار عليها بعد عملية تجربة وخطأ ( trial and error) متعددة [11][Hsu et al., 1995]. فاذا كانت تركيبة النموذج صغيرة جدا ، فمن الممكن ان لا يمتلك النموذج درجة الحرية اللازمة للتعلم بشكل صحيح، ومن جهة اخرى اذا كانت تركيبة النموذج كبيرة جدا فانها قد لا تستطيع تجميع العلاقة Converge خلال التدريب او يمكن ان يكون هناك زيادة في توافق Overfit البيانات وفي كلا الحالتين تعتبر عملية التدريب غير كفوة.

في البحث الحالي؛ ابتدأت عملية تدريب الشبكة FFNN باستخدام 3 عصبونات مخفية ثم تم زيادتها بمقدار عصبونه واحدة لكل مرة صعودا الى 10 عصبونات ولكل تركيبة بيانات ادخال وذلك لاختيار افضل اداء للنموذج. لقد لوحظ ان اداء النماذج يبدأ بالتراجع عند زيادة عدد العصبونات عن 10 لذا تم التوقف عند هذا العدد. وقد اظهرت الدراسة ان افضل النتائج قد تم الحصول عليها عندما تراوحت اعداد العصبونات المخفية بين 3 و 5 عصبونات. بالنسبة لعدد تكرارات البيانات في مرحلة التدريب epochs فقد اظهرت النتائج ان افضل اداء للشبكة FFNN كان عند 50 تكرار لعملية التدريب ، وهذه النتيجة قد تم التوصل اليها بعد سلسلة طويلة من المحاولات وبما ان شبكات FFNN تعتمد على تعيين قيم اولية عشوائية لأوزان الاواصر في الشبكة في بداية اي عملية تدريب، فان الشبكة نفسها يمكن ان يختلف اداؤها من محاولة الى اخرى. وجدير بالذكر ان النتائج المعتمدة في هذا البحث هي لأفضل حالات اداء الشبكة والتي قد اختيرت من بين عدد كبير من المحاولات.

ان اصعب عملية في استخدام شبكات GRNN هي تحديد قيم Spread ولكل تركيبة من المدخلات والتي يمكن ان ينتج عنها اقل قيم للـ MSE . اختير عدد من قيم Spread والتي تراوحت بين 0.001 و 1.0 وبطريقة التجربة والخطأ. اعطت شبكات GRNN افضل النتائج عندما كانت قيم Spread تقع بين 0.1 و 0.2 . الشكل (3) يبين منحنيات تصاريح نهر الزاب الاسفل المرصودة والمتنبأ بها بشبكات FFNN و GRNN.

أوجي : التنبؤ بقيم تصارييف الزاب الاسفل في شمال العراق باستخدام الشبكات العصبية ...



شكل (3) : التصارييف الشهرية لنهر الزاب الاسفل المرصودة والمتنبأ بها لمجموعة بيانات التقييم

ان الشكل اعلاه يعرض توافقا جيدا بين القيم المرصودة والمتنبأ بها بطرق ANN . وهذه تتفق مع النتائج الموضحة في الجدول (2) وتعكس جودة تدريب الشبكات والاختيار الموفق للمعاملات.

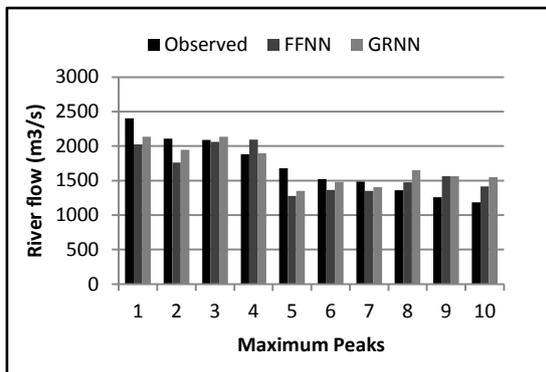
### تأثير ادخال دليل الزمن

من اجل عرض بيانات تصارييف النهر على شكل سلسلة زمنية ، تم اشراك مدخل آخر ضمن المدخلات ولكل تركيبة من التركيبات المعرفة سابقا والتي تعبر عن رقم الشهر ( $\tau$ ) خلال السنة (راجع جدول 2) ولكلا نموذجي FFNN و GRNN . اظهرت النتائج وفي كل الحالات المدروسة وبكلا نوعي شبكات ANN المستخدمة ان هناك زيادة ملحوظة في قيم R وانخفاض واضح في قيم MSE مقارنة مع النتائج المستحصلة لنفس التركيبات بدون استخدام دليل الزمن. قد لا تكون جميع الحالات المدروسة قد تأثرت بنفس المستوى ولكن يمكن ملاحظة وبشكل عام ان هذا التأثير اكبر عند استخدام عوامل ادخال اقل في الشبكة.

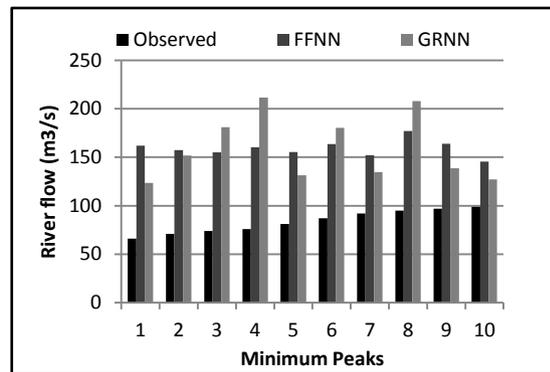
ان الانخفاض في قيم MSE لطور التقييم تراوحت بين 30% و 59% لشبكات FFNN و 23.8% و 51.3% لشبكات GRNN . والارتفاع في قيم R قد تراوح بين 5.2% و 17.8% لشبكات FFNN وبين 4.76% و 21.96% لشبكات GRNN.

### التنبؤ بالقيم العظمى والصغرى للتصارييف

تم اختبار اداء شبكات ANN المأخوذة بنظر الاعتبار في هذا البحث في حالة التنبؤ بالقيم العظمى والصغرى للتصارييف. ان تحديد القيم العظمى والصغرى للتصارييف تعتبر من الاهمية بمكان في التخطيط وادارة مسائل الموارد المائية مثل تصميم وتشغيل المطافح وبوابات التحكم بالمياه وتحليل حالات الجريان الواطئ والتي تؤثر في تشغيل الخزانات المائية في حالات الجفاف. لتحقيق هذا الهدف ، تم اختيار 20 قيمة من القيم العظمى والصغرى لتصارييف من بيانات مجموعة التقييم وضمن احتمالية حدوث اقل من 10% للقيم العظمى واحتمالية حدوث اكبر من 90% للقيم الصغرى. الشكل (4) يوضح القيم المختارة للتصارييف والقيم المتنبأ بها من قبل شبكات ANN.



(a)



(b)

شكل (4) : القيم المختارة :

(أ) للتصارييف العظمى و (ب) للتصارييف الصغرى والقيم المتنبأ بها باستخدام شبكات ANN

يوضح الشكل (4) وبشكل عام ان التنبؤات هي اكثر تطابقا مع القيم المرصودة في حالة التنبؤ بالقيم العظمى للتصارييف وعلى العكس فهي اضعف في حالة التنبؤ بالقيم الصغرى، ويمكن أيضا ملاحظة ان تنبؤات كلا النموذجين FFNN و GRNN متقاربة مع بعض في حالة التنبؤ بالقيم العظمى للتصارييف. ويبين الشكل ان التنبؤات المحسوبة هي اقل من القيم المرصودة في حالة التنبؤ بالقيم العظمى للتصارييف وهي اكبر من القيم المرصودة في حالة التوقع بالقيم الصغرى للتصارييف مما يظهر بعض الضعف في توقعات قيم التصارييف العظمى والصغرى باستخدام تقنية ANN .

ان معدلات الخطأ النسبي RE للتنبؤات بالقيم العظمى والصغرى كانت 15% و 16.5% لشبكات FFNN وكانت بنسبة 22.6% و 83.6% لشبكات GRNN، كما ان معدلات الخطأ النسبي للتنبؤ بالقيم العظمى كانت 15.5% و 17.1% لشبكات FFNN و GRNN على التوالي بينما كان معدل الخطأ النسبي للتنبؤ بالقيم الصغرى هي 52.1% و 90.8% لشبكات FFNN و GRNN على التوالي. يتضح من النتائج ان معدلات الخطأ النسبي هي اكبر بكثير في حالة التنبؤ بالقيم الصغرى للتصارييف. وان معدلات الخطأ النسبي الكلية ولكلا مجموعتي القيم العظمى والصغرى كانت 33.82% و 56.15% لشبكات FFNN و GRNN على التوالي. يبدو من النتائج ان اداء شبكات FFNN التقليدية مدعومة بإدخال دليل الزمن  $\tau$  هي افضل من اداء شبكات GRNN.

### الاستنتاجات

التنبؤ الدقيق بقيم التصارييف المستقبلية هو عامل حيوي في مجال التخطيط وادارة الموارد المائية المستدامة فالتنبؤ الدقيق والتوقيت المناسب للتنبؤ بقيم التصارييف العظمى والصغرى يمكن ان يوفر المعلومات المطلوبة لاتخاذ قرارات مدروسة بشكل جيد. تم في هذا البحث استخدام نوعين من الشبكات العصبية الاصطناعية وهي شبكات من نوع FFNN وشبكات GRNN في التحري والتنبؤ بقيم التصارييف الشهرية لنهر الزاب الاسفل والمرصود في اعلى بحيرة سد دوكان في شمال العراق. اظهرت الدراسة جدوى اعتماد الشبكات العصبية الاصطناعية كأداة للتنبؤ بقيم تصارييف النهر. عملية مقارنة اداء الشبكات العصبية الاصطناعية المستخدمة بثباته، وفي معظم الحالات المدروسة، كانت شبكات FFNN هي الافضل اداءً. نتائج البحث اظهرت وبشكل جلي ان اشراك دليل الزمن ضمن مدخلات الشبكات العصبية يمكن ان يحسن من اداؤها وبشكل ملحوظ. كما وجد ان نتائج الشبكات العصبية ANN كانت تحت المتوقعة في حالة التنبؤ بالقيم العظمى للتصارييف وكانت اعلى من المتوقع في حالة التنبؤ بالقيم الصغرى للتصارييف.

### المصادر

- 1- Besaw, L. E., Rizzo, D. M., Bierman, P. R., and Hackett, W. R. "Advances in ungauged streamflow prediction using artificial neural networks", Journal of Hydrology, 386, 2010, 27-37.
- 2- Awchi, T. A., and Srivastava, D. K. "Artificial neural network model application in stochastic generation of monthly streamflows for Mula project", In: Singh, V. P. and Yadava, R. N. (Ed), Water resources system operation, Proceedings of the International Conference on Water and Environment (WE-2003), 2003, Bhopal, India.
- 3- Awchi, T. A., and Srivastava, D. K. "Analysis of drought and storage for Mula project using ANN and stochastic generation models", Hydrology Research, 40 (1), 2009,79-91.
- 4- Kişi, O. "River flow modeling using artificial neural networks", Journal of Hydrologic Engineering, 9(1), 2004, 60–63.
- 5- Kisi, O. "River flow forecasting and estimation using different artificial neural network techniques". Hydrology Research, 39 (1), 2008, 27–40.
- 6- Jain, S. K., and Singh, V. P. "Applications of artificial neural networks to water resources" Water and Environment International Conference (WE-2003), 2003, Bhopal, India.
- 7- Demuth, H., Beale, M., and Hagan, M. "Neural Network Toolbox For Use With MATLAB", User Guide, Version 6.0, The MathWorks, Inc., MA., 2008, <http://www.mathworks.com>.
- 8- Specht, D. F. "A general regression neural network", IEEE Trans. Neural Networks, 2(6), 1991, 568-576.
- 9- Cigizoglu, H. K., and Kişi, O. "Flow prediction by two backpropagation techniques using k-fold partitioning of neural network training data" Nord.Hydrol., 36(1), 2005
- 10- ESCWA-BGR Cooperation, Inventory of Shared Water Resources in Western Asia (Online Version). Chapter 4: Shared Tributaries of the Tigris River. Beirut, 2012.
- 11- Awchi, T. A. "Application of Radial Basis Function Neural Networks for Reference Evapotranspiration Prediction", Journal of Al-Rafidain Engineering, 16(1), 2007, University of Mosul.
- 12- Hsu, K., Gupta, V., and Sorooshian, S. "Artificial Neural Network Modeling of the rainfall –Runoff Process"., Water Resources Research, 31(10), 1995, 2517-2530.

## تقييم النحر الموضعي مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة

إنعام علي قاسم الجمعة  
inaam\_juma@yahoo.com

نور إدريس خطاب  
nooralkattab@yahoo.com

كلية الهندسة - جامعة الموصل  
قسم هندسة السدود والموارد المائية

### الخلاصة

يعتبر النحر الموضعي من أهم المشاكل التي تواجه المنشآت الهيدروليكية وخاصة الهدارات والتي تؤدي في كثير من الأحيان إلى انهيار وتقويض المنشأ بالكامل. تم في هذا البحث دراسة خصائص النحر مختبرياً مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة والتي تتكون من ربع دائرة في المقدم وحافة حادة في المؤخر. أجريت (48) تجربة في قناة مختبرية كونكريتية مستطيلة المقطع، إذ استخدم حجمين من الحصى في فرش أرضية القناة بمعدل قطر (1.58 و 2.22) سم وثلاث ارتفاعات للهدار (18 و 24 و 30) سم وأربعة تصاريح مختلفة. أظهرت النتائج المختبرية بأن نسبة النقصان في أقصى عمق للنحر للهدارات ذات القمة المركبة بالمقارنة مع الهدارات ذات الحافة الحادة تراوحت ما بين (6%) إلى (13%) كما أوضحت النتائج بأن هنالك علاقة طردية جيدة بين كل من العمق النسبي للنحر ( $D_s/D_m$ ) والطول النسبي للنحر ( $L_s/D_m$ ) مع رقم فرود ( $Fr_s$ ) والسقوط النسبي لسطح الماء ( $\Delta H_w/P$ ) وبمعاملات تحديد ( $R^2$ ) بين (0.97) و (0.99) وكذلك عند رقم فرود معين فإن أقصى عمق للنحر يزداد بزيادة ارتفاع الهدار. تم استنباط علاقتين وضعيتين لحساب كل من ( $D_s/D_m$ ) و ( $L_s/D_m$ ) بدلالة رقم فرود ( $Fr_s$ ) والسقوط النسبي لسطح الماء ( $\Delta H_w/P$ ) وبمعاملات تحديد عالية. الكلمات الدالة : النحر الموضعي ، الهدارات ذات الحافة الحادة ، الهدارات ذات القمة المركبة.

## Evaluation of Local Scour Downstream Compound-Crested Weirs

Inaam Ali Al-juma

Noor Adrees Khattab

University of Mosul  
Collage of Engineering

Dams and Water Resources Engineering Department

### Abstract

Local scour in bed material downstream weirs is considered the most unfavorable process which endangers the overall stability of the weir. In this study, local scour D/S a compound-crested weirs which consists of both quarter round and sharp crest configuration is performed and compared to the one for sharp-crested weir. Forty eight experiments were conducted in a horizontal rectangular laboratory channel for a wide range of discharges. Two sizes of gravel with  $D_m=1.58$  and 2.22 cms were tested and three heights of weirs,  $P=18, 24$  and 30 cm. Experimental results showed that the percentage of reduction in maximum depth of scour in compound-crested weirs as compared with sharp-crested weirs was between 6% and 13%.The results showed a good agreement between the relative depth of scour,  $D_s/D_m$  and the relative length of scour,  $L_s/D_m$  with densimetric Froude number,  $Fr_s$ . In addition, for specific  $Fr_s$  and by increasing weir height, the maximum depth of scour increases. On the other hand, an empirical relations were obtained for weirs to estimate the  $D_s/D_m$  and  $L_s/D_m$  in terms of  $Fr_s$  and relative water surface fall,  $\Delta H_w/P$  with high determination coefficients.

## المقدمة

تعتبر الهدارات أحد المنشآت الهيدروليكية المهمة التي لها استعمالات كثيرة في مجالات هندسة المياه وخاصة لتنظيم وقياس التصريف في الأنهر والقنوات المفتوحة، أو لرفع منسوب الماء لإغراض الري و لأي متطلبات أخرى. إن إقامة مثل هذه المنشآت الحيوية مهمة من المهمات الأساسية في السيطرة على المياه لما لها من تأثيرات ايجابية وفي الوقت نفسه لا يمكن التغاضي عن الآثار السلبية التي يمكن أن يخلفها وجود تلك المنشآت التي وضعها الإنسان ليتحكم بالطبيعة الجغرافية، كما أن الحفاظ على استقرارية المنشآت الهيدروليكية من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند التصميم أو الإنشاء . لقد عنيت مشكلة النحر مؤخر المنشآت الهيدروليكية ومنذ القدم بالكثير من الاهتمامات من قبل الباحثين فأهتم الباحثون بدراسة أقصى عمق وطول وشكل حفرة النحر. درس العديد من الباحثين خصائص حفرة النحر من حيث العمق و الطول والناجحة عن الجريان مؤخر المنشآت الهيدروليكية ومنهم ([1]،[2]،[3]). أجرى [4] دراسة مختبرية لمقارنة حفرة النحر وامتدادها في حالة جريان الماء فوق هدار ذي حافة حادة وهدارا ذي حافة حادة مائل المؤخر بعدة ميول واستنتجوا أن أقصى عمق للنحر في حالة الجريان فوق هدار مائل المؤخر بميل قليل يكون اقل فيما لو كان الجريان فوق هدار ذي حافة حادة القائم (بدون ميل مؤخر). أجرى [5] دراسة حول النحر الموضعي مؤخر هدارات مستطيلة ذات قمة حادة، وتوصلوا إلى أنه يزداد أقصى عمق للنحر بزيادة رقم فرود ( $Fr_s$ ) ولرقم فرود معين فأن عمق النحر يزداد بزيادة ارتفاع الهدار و إن طول الرمل المترسب بعد حفرة النحر يتناسب طرديا مع رقم فرود ( $Fr_s$ ). درس [6] تقويم للنحر الموضعي مؤخر الهدارات مفردة الدرجة ذات القمة العريضة حيث تم إجراء دراسة مقارنة مختبرية بين نوعين من الهدارات الأولى ذو قمة عريضة (تقليدي) والآخر هدار ذو قمة عريضة يحتوي على درجة مفردة في المؤخر. أظهرت النتائج المختبرية بان استخدام الهدار المدرج أدى إلى تخفيض النحر الموضعي بمقدار 5 مرات عند المقارنة مع الهدار التقليدي. أجرى [7] دراسة حول عمق النحر مؤخر هدار ذو فتحات واستنتجوا أن ان التغير في قطر الفتحة النسبي ( $d/p$ ) لا يؤثر على عمق النحر. أجرى [8] سلسلة من التجارب المختبرية في قناة مختبرية حيث تم بناء نموذجين أحدهما يحاكي منشآت السيطرة الحجرية والثاني باستخدام هدارات متدرجة ذات سلال حصوية لدراسة النحر مؤخر تلك منشآت ودراسة خصائص الجريان على المنشأ لتحليل ميكانيكية النحر وطول حفرة النحر وأقصى عمق للنحر. لاحظ الباحثان أن تأثير نظام الجريان الذي يحدث فوق المنشأ يؤثر بشدة على عملية النحر وخاصة أقصى عمق للنحر. إن الهدف من البحث الحالي هو دراسة خصائص النحر مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة والتي تتكون من ربع دائرة في المقدم وحافة حادة في المؤخر ومقارنتها مع الهدارات ذات الحافة الحادة. تضمنت الدراسة قياس أقصى عمق وطول لحفرة النحر مؤخر تلك المنشآت وذلك بتغير نصف قطر الحافة وارتفاع الهدار ومعدل قطر مادة القعر.

## التحليل النظري

إن العوامل الأساسية التي تؤثر على أقصى عمق للنحر ( $D_s$ ) وأقصى طول للنحر ( $L_s$ ) مؤخر الهدارات يمكن صياغتها بالعلاقة التالية :

$$D_s, L_s = f(q, D_m, P, \Delta H_w, g, \Delta \rho_s, \rho_w, \mu) \quad (1)$$

إذ أن :

$$D_s = \text{أقصى عمق حفرة النحر مؤخر المنشأ (L)}$$

$$L_s = \text{أقصى طول حفرة النحر مؤخر المنشأ (L)}$$

## الجمعة : تقييم النحر الموضعي مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة

$$q_w = \text{التصريف لوحدة العرض المار فوق حافة الهدار (L}^3\text{/T/L)}.$$

$$D_m = \text{متوسط قطر مواد القعر (L)}.$$

$$P = \text{ارتفاع الهدار (L)}.$$

$$\Delta H_w = \text{الفرق بين منسوب الماء مقدم و مؤخر الهدار (L)}.$$

$$g = \text{التعجيل الأرضي (L/T}^2\text{)}.$$

$$\Delta \rho_s = \text{الفرق بين الكثافة الكتلية لمواد القعر والماء (M/L}^3\text{)} (\rho_s - \rho_w).$$

$$\rho_s = \text{كثافة مواد القعر (M/L}^3\text{)}.$$

$$\rho_w = \text{كثافة الماء (M/L}^3\text{)}.$$

$$\mu = \text{اللزوجة التحريكية (M/L.T)}.$$

وباستخدام طريقة التحليل البعدي (Theorem II) يمكن وضع المتغيرات في المعادلة (1) بالعلاقة اللا بعدي التالية:

$$\frac{D_s}{D_m}, \frac{L_s}{D_m} = f_1 \left( \frac{\Delta H_w}{P}, Fr_s, Re \right) \dots \dots \dots (2)$$

إذ أن :

$$D_s/D_m = \text{نسبة عمق حفرة النحر إلى متوسط قطر مواد القعر (عمق حفرة النحر النسبي)}.$$

$$L_s/D_m = \text{نسبة طول حفرة النحر إلى متوسط قطر مواد القعر (طول حفرة النحر النسبي)}.$$

$$\Delta H_w/P = \text{نسبة الفرق في منسوب الماء مقدم ومؤخر الهدار إلى ارتفاع الهدار (السقوط النسبي للهدارات)}.$$

$$Fr_s = \text{رقم فرود بدلالة كثافة مواد القعر للهدارات ويساوي} \left( Fr_s = \frac{q_w}{\sqrt{g * D_m^3 * \left( \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)}} \right)$$

$$Re = \text{رقم رينولدز ويساوي} \left( Re = \frac{\rho_w * q_w}{\mu} \right)$$

عندما تكون قيم أرقام رينولدز عالية يصل الجريان إلى الاضطراب الكامل عندها يضمحل تأثير رقم رينولدز في

القنوات المفتوحة وبذلك يمكن إهماله [9] وإسقاط تأثيره من العلاقة (2) وتصبح المعادلة بالشكل التالي:

$$\frac{D_s}{D_m}, \frac{L_s}{D_m} = f_2 \left( \frac{\Delta H_w}{P}, Fr_s \right) \dots \dots \dots (3)$$

## العمل المختبري

تم تصنيع (6) نماذج من الهدارات من مادة البلاستيك الزجاجي (Fiber Glass) بسمك (4) سم وبعرض (81) سم وبارتفاعات (18،24،30) سم النوع الاول من الهدارات مستطيلة ذات حافة حادة (Sharp crested Weir) بعرض قمة (2) ملم وتحد بزاوية (45°) مع الأفق. النوع الثاني من الهدارات ذات قمة مركبة (Compound crest weir) تتكون من ربع دائرة في المقدم توصل بخط مستقيم إلى المؤخر. نصف القطر (R) لربع الدائرة يساوي ارتفاع الهدار مقسوم على 12 (R=P\12) [10] كما موضح في الشكل (1). تم إجراء التجارب في قناة مشيدة من الخرسانة ذات قعر ثابت بطول (24.65) م و عرض (0.81) م وعمق (0.76) م يصل الماء إلى حوض التغذية بواسطة أنبوب قطره (15.24) سم عن طريق مضخة تسحب الماء من الخزان الأرضي الموجود أسفل أرضية المختبر. يمر الماء من حوض التغذية إلى القناة الخرسانية ومنها إلى حوض التصريف ثم إلى الخزان الأرضي ومن ثم يسحب الماء عن طريق المضخة أي أن منظومة الجريان مغلقة إذ أن الماء الخارج من القناة يعود إلى الخزان الأرضي. تم رفع أرضية القناة بصبة خرسانية بعرض

(0.81) م وعمق (0.2) م وبطول (6.30) م من بوابة التحكم، ثبت نموذج الهدار في القناة بالارتفاع المطلوب نهاية الصبة عمودي على اتجاه الجريان ثم فرش القعر لمسافة (2.5) م بالحصى مؤخر الهدار على كامل عرض القناة بسمك (0.2) م وبشكل مستو. الشكل (2) يوضح تفاصيل القناة المختبرية المستخدمة. يتم تشغيل مضخة التجهيز ويفتح صمام السيطرة حسب التصريف المطلوب ويستمر الجريان لحين التأكد من توقف عملية النحر وتوقف حركة مواد القعر حيث يتم إيقاف تشغيل المضخة والانتظار لحين بزل الماء الموجود في القناة والمار فوق مواد القعر ثم يتم قياس مناسب القعر (أبعاد حفرة النحر) مؤخر الهدار طولياً وعرضياً في كل تجربة باستخدام مشبك بأبعاد (5×5) سم أي يكون مقسم إلى صفوف وأعمدة، تعاد التجارب بتغيير التصريف بين (20-45) لتر/ثا لكافة النماذج. يستبدل الحجم الأول للحصى الذي رمز له (A) ( $D_m=2.22\text{cm}$ ) بالحجم الثاني الذي رمز له (B) ( $D_m=1.58\text{cm}$ ). كما موضح ببرنامج العمل المختبري في الشكل (3).

### النتائج والمناقشة

#### 1- تأثير كل من المتغيرات اللا بعدية، $Fr_s$ و $\Delta H_w/p$ على خصائص النحر

يعتبر رقم فرود ( $Fr_s$ ) من العوامل المؤثرة والمهمة في خصائص النحر. يتضح من تحليل البيانات المختبرية أن هناك علاقة طردية تربط بين أقصى عمق نسبي للنحر ( $D_s/D_m$ ) و ( $Fr_s$ ) وكذلك أقصى طول نسبي للنحر ( $L_s/D_m$ ) مع ( $Fr_s$ ) كما موضح في الأشكال من (4) إلى (7) والتي تبين أن عند رقم فرود معين فإن  $D_s$  يزداد بزيادة  $P$ . إن زيادة رقم فرود ( $Fr_s$ ) ينتج من زيادة التصريف والذي بدوره يزيد من عملية النحر. وجد أن العلاقة الاسية هي أفضل العلاقات التي تربط كل من ( $D_s/D_m$ ) مع ( $Fr_s$ ) والتي يمكن كتابتها بالشكل التالي:

$$\frac{D_s}{D_m} = a_1 * Fr_s^{b1} \quad (4)$$

والتي أعطت معامل تحديد ( $R^2$ ) تراوح بين (0.975-0.998) للهدارات ذات القمة المركبة وبين (0.967 - 0.996) للهدارات ذات الحافة الحادة. تم إيجاد قيم الثوابت  $a_1$  و  $b_1$  باستخدام القياسات المختبرية بثبوت قطر الحصى المستخدم وارتفاع الهدار ولجميع النماذج كما في الجدول (1). أما بالنسبة للعلاقة بين ( $L_s/D_m$ ) و ( $Fr_s$ ) فقد وجد أن العلاقة الخطية هي أفضل العلاقات التي تربط بينهما وبالشكل التالي:

$$\frac{L_s}{D_m} = a_2 + b_2 * Fr_s \quad (5)$$

والتي أعطت معامل تحديد ( $R^2$ ) تراوح بين (0.93-0.98) للهدارات ذات القمة المركبة و (0.92-0.98) للهدارات ذات الحافة الحادة. باستخدام القياسات المختبرية تم إيجاد كل من  $a_2$  و  $b_2$  بثبوت قيم قطر الحصى المستخدم وارتفاع الهدار ولجميع النماذج كما هو موضح في الجدول (2).

الجمعة : تقييم النحر الموضعي مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة

جدول (1): قيم المعاملات ومعامل التحديد ( $R^2$ ) للمعادلة (4)

(الهدار ذو القمة المركبة)						
Case	$D_m=2.22\text{cm}$			$D_m=1.58\text{cm}$		
P(cm)	$a_1$	$b_1$	$R^2$	$a_1$	$b_1$	$R^2$
18	0.501	1.261	0.998	0.526	1.268	0.999
24	0.534	1.413	0.993	0.803	1.157	0.994
30	0.636	1.375	0.975	0.875	1.201	0.975
(الهدار ذو الحافة الحادة)						
18	0.607	1.239	0.996	0.648	1.198	0.997
24	0.597	1.395	0.987	0.89	1.144	0.991
30	0.715	1.347	0.967	1.026	1.142	0.972

جدول (2): قيم المعاملات ومعامل التحديد ( $R^2$ ) للمعادلة (5)

(الهدار ذو القمة المركبة)						
Case	$D_m=2.22\text{cm}$			$D_m=1.58\text{cm}$		
P(cm)	$a_2$	$b_2$	$R^2$	$a_2$	$b_2$	$R^2$
18	-3.211	5.463	0.974	-1.38	4.75	0.980
24	-0.953	5.630	0.934	2.99	4.32	0.958
30	-0.966	5.635	0.948	7.45	3.79	0.962
(الهدار ذو الحافة الحادة)						
18	-2.462	5.490	0.989	-1.725	4.96	0.964
24	-0.902	5.581	0.952	4.874	4.206	0.921
30	-0.155	5.744	0.975	7.64	4.127	0.973

ولدراسة تأثير السقوط النسبي ( $\Delta H_w/P$ ) على خصائص حفرة النحر رسمت العلاقة بين ( $\Delta H_w/P$ ) مع كل من  $D_s/D_m$  و  $L_s/D_m$  ولجميع النماذج كما في الأشكال (8) و (9). ومن تحليل النتائج المختبرية أتضح أن العلاقة الخطية هي العلاقة الأنسب وكما يلي:

$$\frac{D_s}{D_m} = a_3 + b_3 * Fr_s \quad (6)$$

$$\frac{L_s}{D_m} = a_4 + b_4 * Fr_s \quad (7)$$

ولإيجاد قيم الثوابت ( $a_3$  و  $b_3$ ) و ( $a_4$  و  $b_4$ ) استخدمت البيانات التجريبية لكافة النماذج بثبوت قطر الحصى وارتفاع الهدار كما في الجدول (3) و (4) .

جدول (3): قيم المعاملات ومعامل التحديد ( $R^2$ ) للمعادلة (6)

(الهدار ذو القمة المركبة)						
Case	$D_m=2.22\text{cm}$			$D_m=1.58\text{cm}$		
P(cm)	$a_3$	$b_3$	$R^2$	$a_3$	$b_3$	$R^2$
18	-25.2	29.553	0.965	-40.69	48.77	0.822
24	-34	39.48	0.928	-57.18	67.35	0.95
30	-36.31	42.36	0.932	-72.39	84.48	0.894
(الهدار ذو الحافة الحادة)						
18	-48.25	54.71	0.88	-84.9	97.22	0.889
24	-38.03	43.44	0.968	-72.23	68.4	0.978
30	-14.62	18.08	0.873	-61.3	71.32	0.923

جدول (4): قيم المعاملات ومعامل التحديد ( $R^2$ ) للمعادلة (7)

(الهدار ذو القمة المركبة)						
Case	$D_m=2.22\text{cm}$			$D_m=1.58\text{cm}$		
P(cm)	$a_4$	$b_4$	$R^2$	$a_4$	$b_4$	$R^2$
18	-150.4	178.78	0.89	-205.13	248.03	0.895
24	-169.3	197.84	0.929	-192.33	235.44	0.953
30	-163.6	193.82	0.927	-209.02	251.91	0.922
(الهدار ذو الحافة الحادة)						
18	-84.8	105.1	0.88	-202.06	242.57	0.89
24	-214.1	245.8	0.958	-118.3	150.39	0.908
30	-170.5	198.27	0.88	-248.6	294.53	0.926

رسمت العلاقة بين أقصى عمق للنحر النسبي مع رقم فرود لكل من الهدار ذو الحافة الحادة والهدار ذو القمة المركبة كما في الأشكال (10) و (11)، يتضح من الأشكال أن نسبة النقصان في أقصى عمق للنحر للهدارات ذات القمة المركبة بالمقارنة مع الهدارات ذات الحافة الحادة بلغت من 6% إلى 13% .

أظهرت النتائج المختبرية أن نسبة النقصان في طول حفرة النحر للهدارات ذات القمة المركبة بالمقارنة مع الهدارات ذات الحافة الحادة تراوحت بين (5) % إلى (10) % والأشكال (12) و(13) توضح ذلك. الأشكال (14) و(15) توضح العلاقة بين  $D_s$  و  $L_s$  مع التصريف لوحدة العرض  $q$  لنموذجي الحصى المستخدم ، يتضح من الشكل أن  $D_s$  يقل بزيادة قطر الحصى ولنفس التصريف ( $q_w = 0.044$ ) م<sup>3</sup>/ثا. وان أقصى عمق عمق للنحر،  $D_s$  كان 11.53 و 7.9 سم لنموذجي الحصى ( $D_m = 2.22-1.58$ ) سم على التوالي.

تم إيجاد علاقتين وضعيتين الأولى لحساب العمق النسبي الأقصى ( $D_s/D_m$ ) والثانية لحساب الطول النسبي الأقصى ( $L_s/D_m$ ) لحفرة النحر وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS-18) ولكلا النوعين من الهدارات بدلالة المتغيرات اللابعدية ( $Fr_s$ ) و ( $\Delta H_w/p$ ) وكما يلي:

### الهدار ذو القمة المركبة

$$\frac{D_s}{D_m} = 0.78Fr_s^{1.11} \left( \frac{\Delta H_w}{P} \right)^{0.13} \dots\dots\dots (8)$$

$R^2=0.89$

$$\frac{L_s}{D_m} = 5.56Fr_s^{0.9} \left( \frac{\Delta H_w}{P} \right)^{0.46} \dots\dots\dots (9)$$

$R^2=0.93$

### الهدار ذو الحافة الحادة

$$\frac{D_s}{D_m} = 0.78Fr_s^{1.17} \left( \frac{\Delta H_w}{P} \right)^{0.15} \dots\dots\dots (10)$$

$R^2=0.87$

$$\frac{L_s}{D_m} = 6.27Fr_s^{0.86} \left( \frac{\Delta H_w}{P} \right)^{0.49} \dots\dots\dots (11)$$

$R^2=0.92$

تبين الأشكال (16) إلى (19) مقارنة بين العمق والطول النسبي للنحر المحسوب من المعادلات والمقاس مختبريا.

### 2- شكل سطح الماء

تم رسم شكل سطح الماء للهدار ذو القمة المركبة بارتفاع (P=18سم) ولجميع التصاريح كما موضح في الشكل (18) ويتضح من الشكل بأن سطح الماء يكون ثابتا تقريبا لغاية الاقتراب من الهدار ثم ينخفض بشدة بعد السقوط وبعدها يرتفع نتيجة ارتطامه بالقعر الحصوي وتشتت الطاقة ثم يستقر سطح الماء على سطح ثابت ولمسافة حوالي (100) سم من مؤخر الهدار.

### 3- شكل القعر

يوضح الشكل (19) مقطع طولي للنحر عند مركز القناة للهدارات ذات القمة المركبة و الحادة الحافة والذي يبين أن عمق النحر وطول حفرة النحر أقل في الهدارات ذات القمة المركبة عنها في الهدارات ذات الحافة الحادة ويلاحظ ان اقصى ارتفاع للحصى المترسب للهدار ذو القمة المركبة و الهدار الحاد الحافة بلغ 4 سم و 6 سم وعلى بعد 75 سم و 100 سم وعلى التوالي اي ان نسبة النقصان في اقصى ارتفاع للحصى المترسب بالنسبة للهدارات ذات القمة المركبة بلغت 33% عنها في الهدارات الحادة الحافة. تم استخدام برنامج (Surfer-8.0) لرسم شكل ثلاثي الأبعاد للقعر بعد استقرار عملية النحر بالنسبة للهدارات ذات الحافة الحادة و الهدارات ذات القمة المركبة والشكل (20) يمثل شكل ثلاثي الأبعاد للنحر مؤخر هدار بارتفاع (P=30 سم) وتصريف مقداره (44.3) لتر/ ثا.

## الاستنتاجات

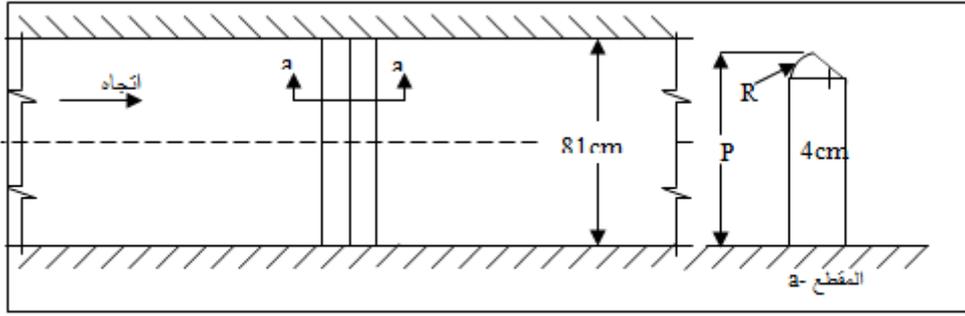
ضمن محددات البحث يمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1. أظهرت النتائج المخبرية أن هنالك علاقة طردية جيدة بين كل من العمق النسبي للنحر والطول النسبي للنحر بدلالة كل من رقم فرود لمواد القعر بمعامل تحديد تراوح بين (0.975-0.998) و (0.93-0.98) على التوالي والسقوط النسبي بمعامل تحديد (0.82-0.95) و (0.86-0.92) على التوالي.
  2. عند رقم فرود معين فإن أقصى عمق للنحر يزداد بزيادة ارتفاع الهدار.
  3. أن نسبة النقصان في أقصى عمق للنحر للهدارات ذات القمة المركبة بالمقارنة مع الهدارات ذات الحافة الحادة تراوحت بين 6% إلى 13%.
  4. أن نسبة النقصان في طول حفرة النحر للهدارات ذات القمة المركبة بالمقارنة مع الهدارات الحادة الحافة تراوحت بين 5% إلى 10%.
  5. تم استنباط علاقتين وضعيتين لحساب كل من  $D_s/D_m$  و  $L_s/D_m$  بدلالة  $Fr_s$  و  $\Delta H_w/P$  وبمعاملات تحديد 0.89 و 0.93 على التوالي.
  6. أن نسبة النقصان في أقصى ارتفاع للحصى المترسب للهدارات ذات القمة المركبة بالمقارنة مع الهدارات ذات الحافة الحادة بلغت 33%.
- وبذلك يمكن الاستفادة من هذا النوع من الهدارات لتقليل النحر خلف تلك المنشآت.

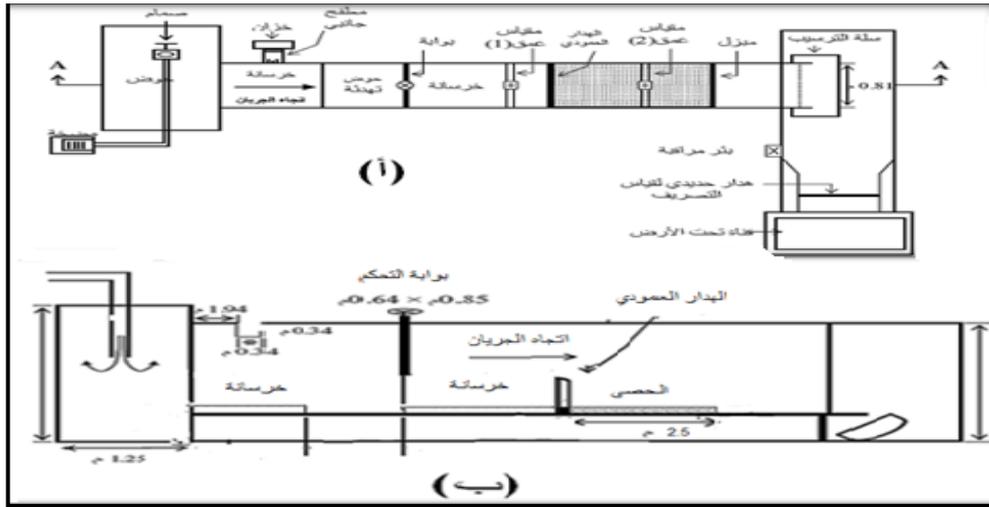
## المصادر

- [1] Ashour, M. A, Abouzeid, G., Mohaamed, K. A. and Shenouda A.GH, "Comprehensive Study on Scour Down Stream Curved weirs. "Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12, Alexandria, Egypt, 2008, pp.1635-1653.
- [2] Chen, Z. Shao, X. and Zhang, J, "Experimental Study on the Upstream Water Level Rise and Downstream Scour Length of Submerged Dam." J. of Hydraul. Res. IAHR, Vol. 43, No.6, 2005, pp.703-709.
- [3] Dey, S. and Raikar, R.V. , "Scour Below a High Vertical Drop." J. of Hydraul. Eng. ASCE, Vol.133, No.5, 2007, pp.564-568.
- [4] Asai, K., Mimura, Y. and Kawamoto, N., "Experimental Study on Scour and Sedimentation of River Bed by Overflow from Weir." J. of Hydraul. Res., IAHR, Vol. 15, No. 1, 2002, pp. 45- 50.
- [5] Dehghani, A. A., Bashiri, H., Meshati, SH., Mohamed, E., "Local Scouring due to Flow Jet at Downstream of Rectangular Sharp-Crested Weirs.", 2009, pp.127-131.
- [6] Hussein, H.H., Elyass, S.S and Shareef, S.D, "Local scour Evaluation of the Down Stream Single Step Broad -Crested Weirs." The Eleventh Scientific Comprehensive of Technical Education Engineering Recherches, Iraq, 2010, pp.198-209.
- [7] Sobeih, M.F. et al, "Scour Depth Downstream Weir with Openings." International J. of Civil and Structural Engineering Vol. 3, No.1, 2012, pp. 295-270.
- [8] Pagliara, S. and Palermo, M., "Rock Grade Control Structures and Steeped Gabion Weirs Scour Analysis and Flow Features." Acta Geophysica, Vol. 61, No.1, 2013, pp. 126-150.
- [9] Chow, V. T., "Open Channel Hydraulics.", Mac Graw-Hill International Company, International Student Edition, 1959.
- [10] Abid Ali, H.S., " Characteristics of Flow Over the Round Crested Weirs.", M.Sc.Thesis, Dept .of Civil Engineering, University of Basrah, Iraq, 1986.

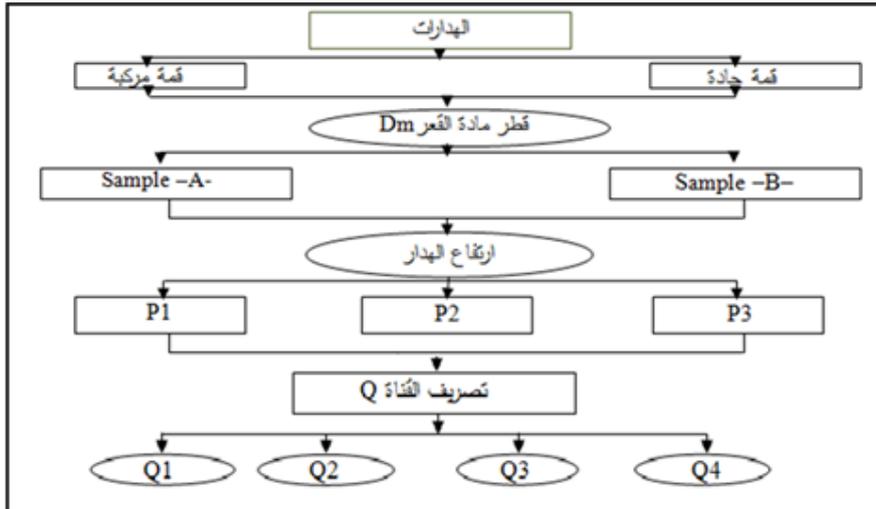
الجمعة : تقييم النحر الموضعي مؤخر الهدارات ذات القمة المركبة



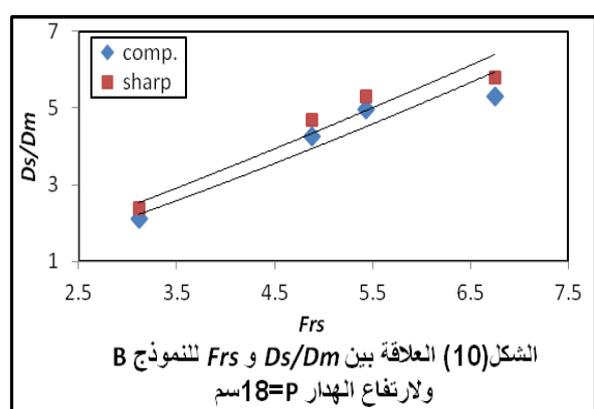
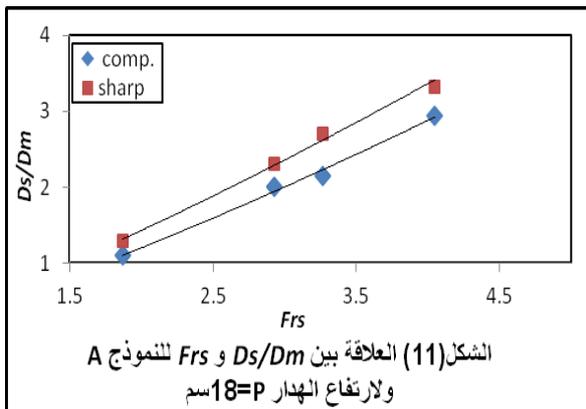
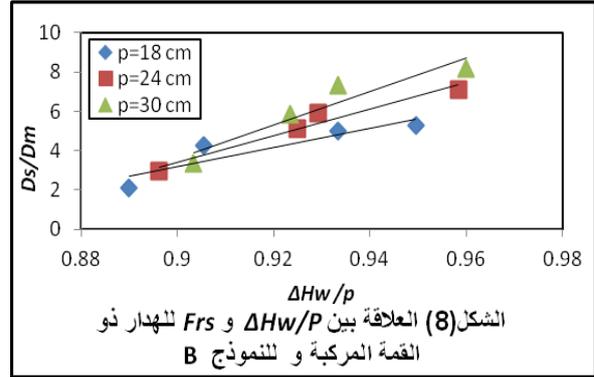
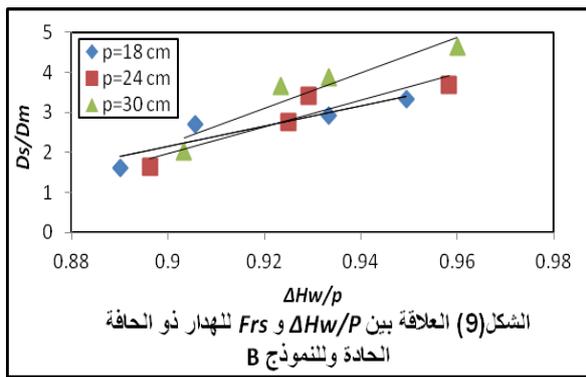
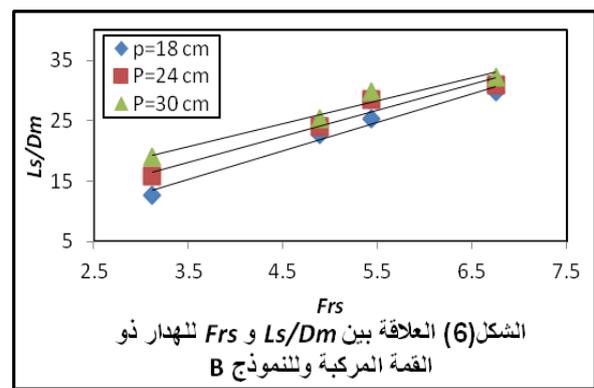
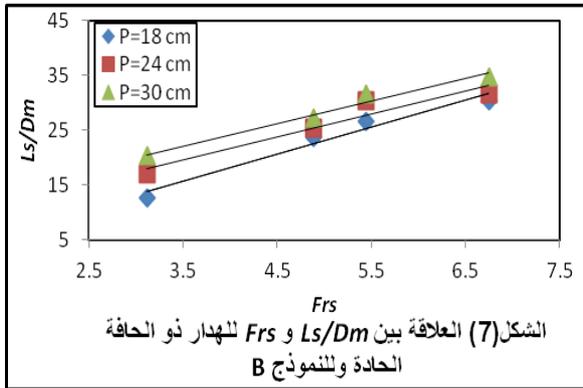
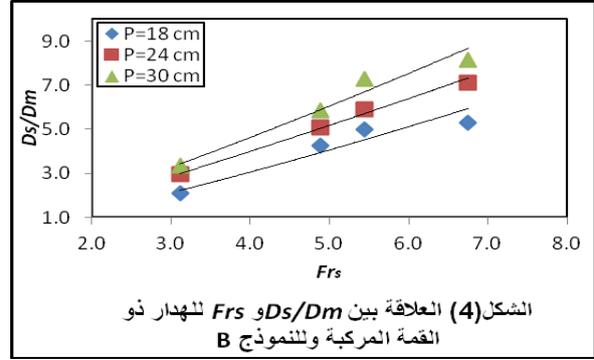
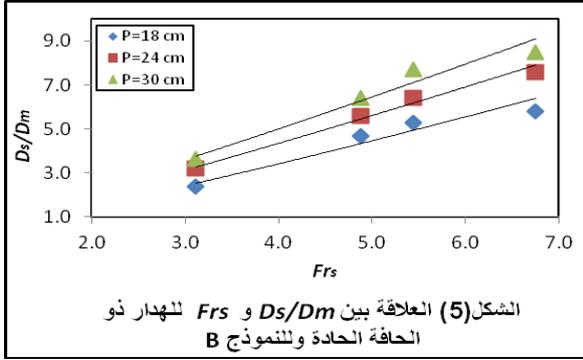
الشكل (1) مقطع رأسي للهدار ذو القمة المركبة



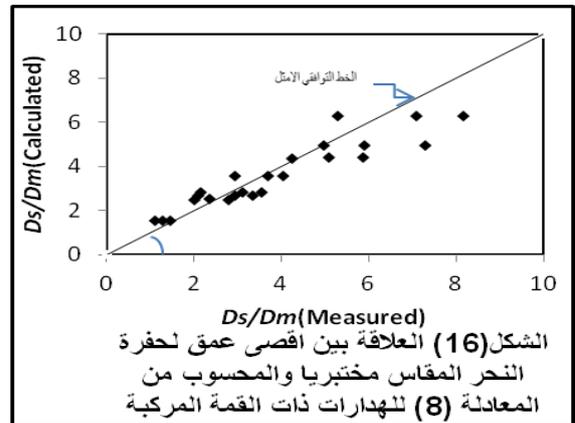
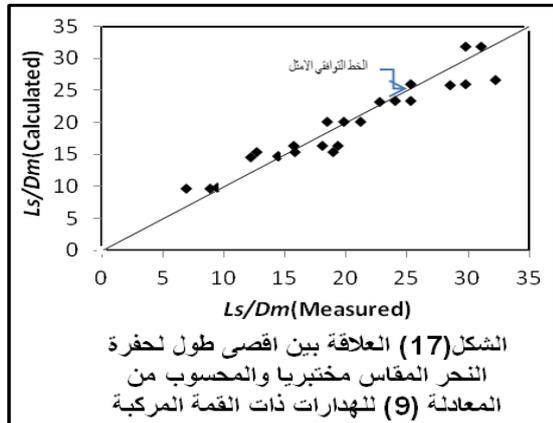
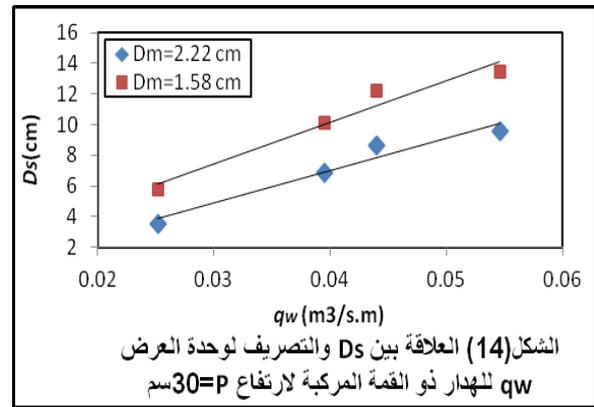
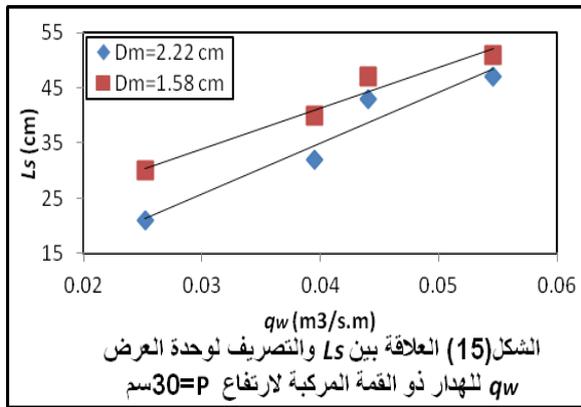
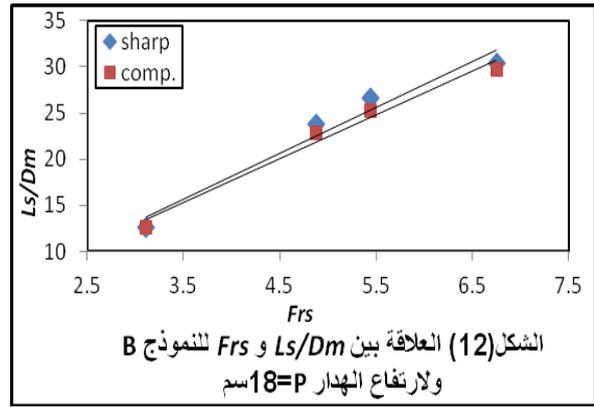
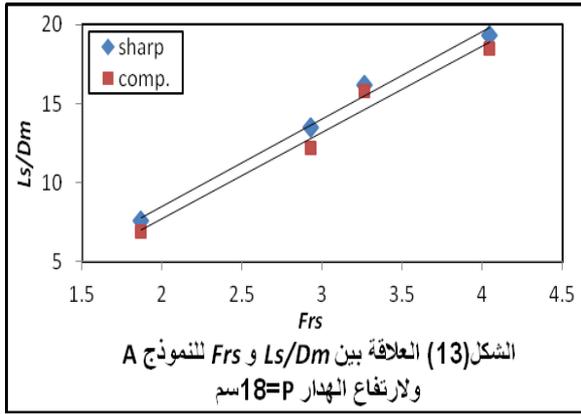
الشكل (2) القناة المختبرية المستخدمة أ- منظور علوي (الرسم بدون مقياس) ب - مقطع طولي

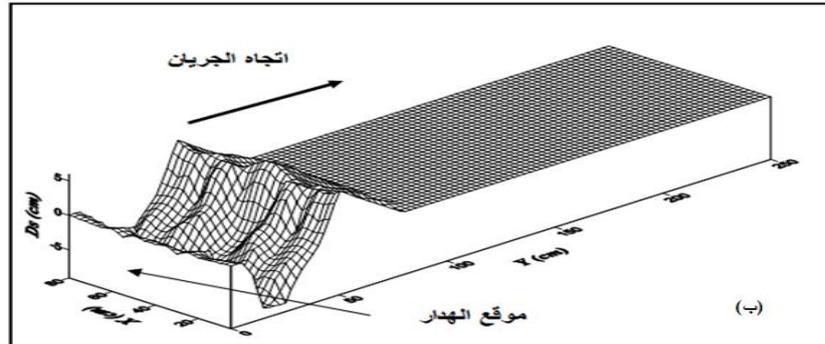
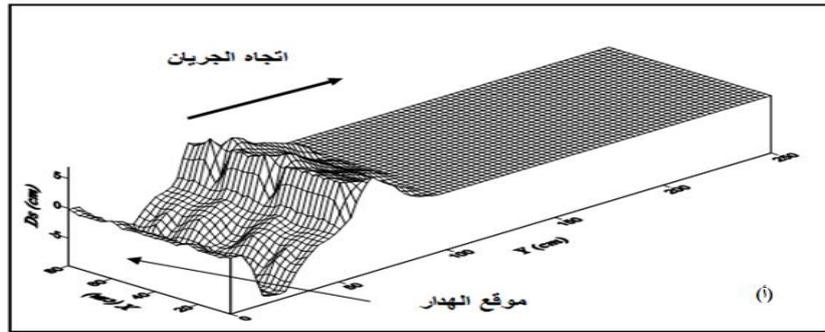
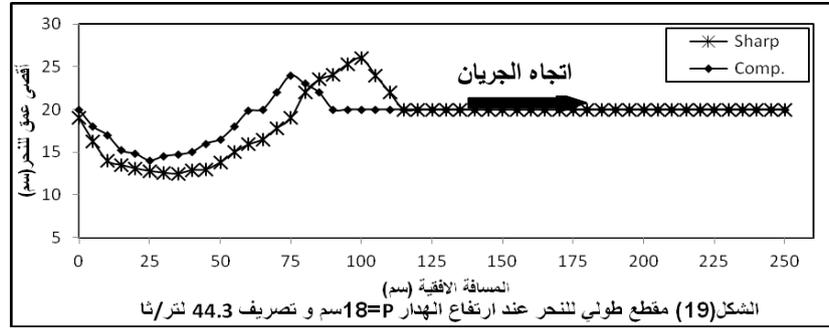
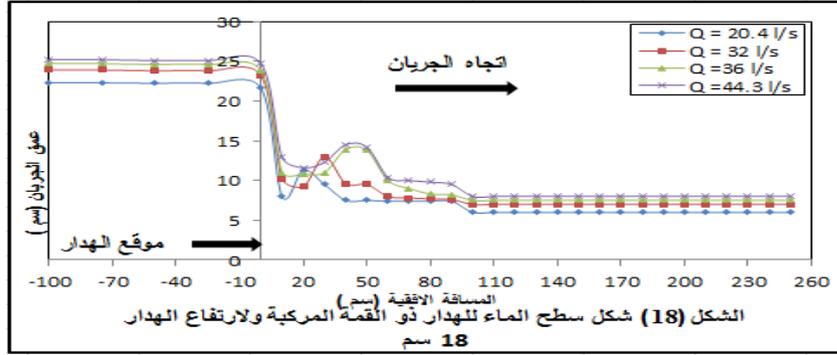


الشكل (3) برنامج العمل المختبري



الجمعة : تقييم النحر الموضعي مؤخر الهدرات ذات القمة المركبة





الشكل (20) : شكل ثلاثي الأبعاد لقعر القناة أ-للهدار ذو الحافة الحادة ب - الهدار ذو القمة المركبة لارتفاع الهدار 30سم وتصريف 44.3 لتر/ثا

اذ ان:

X = عرض القناة (L) .

Y = المسافة الافقية مؤخر الهدار (L) .

## Nutrient Removal From Medical Wastewater Using Membrane Bioreactor

Mohammed Ali I. Al-Hashimi<sup>a</sup> ;  
Talib Rashid Abbas<sup>b</sup> ; Yaser Ibrahim Jasem<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Building and Construction Engineering, University of Technology, Baghdad, Iraq

<sup>b</sup> Environment and Water Directorate, Ministry of Science and Technology, Jaderia, Baghdad, Iraq

E-mail: mohashimi2003@yahoo.com

Tel: +9647901389424

### Abstract

In this study, a lab scale the sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor (SAM) system was studied to treat a hospital wastewater to remove organic matter as well as nitrogen and phosphorus under different internal recycling time mode. During the operation period, the BOD5 and COD removal efficiency was higher than 98 and 90%, respectively regardless of change of operational conditions. In addition, the results showed excellent removal of pathogen and turbidity with average of 98.33 and 99.5%, respectively. The change of anoxic/anaerobic (Ax/An) ratio representing internal recycling time mode significantly affected on nitrogen and phosphorus removal. As increasing Ax/An ratio nitrogen removal efficiency increased but phosphorus removal efficiency decreased. The Ax/An ratio of 2/2, achieving optimal nitrogen and phosphorus removal efficiency of 93% and 83%, respectively. In addition, the SAM system produces high quality effluent which can achieve the Iraqi limits for irrigation purpose for all measured parameters.

Keywords: SAM, MBR, Nitrogen removal, Phosphorus removal

### إزالة المغذيات من مياه الصرف الصحي الطبية باستخدام المفاعل الحيوي ذو الأغشية الغاطسة

ياسر ابراهيم جاسم

قسم هندسة البناء والانشاء

الجامعة التكنولوجية / بغداد

طالب رشيد عباس

مديرية البيئة والمياه/وزارة العلوم والتكنولوجيا

الجادرية / بغداد

محمد علي الهاشمي

قسم هندسة البناء والانشاء

الجامعة التكنولوجية / بغداد

### الخلاصة

في هذه الدراسة تم اختبار نظام المفاعل الحيوي ذو الأغشية الغاطسة المتعاقب (هوائي محدد الاهوائي) في معالجة مياه الصرف الصحي للمستشفيات من خلال إزالة الملوثات العضوية إضافة إلى النتروجين والفسفور باستخدام أنماط وقت تدوير داخلي مختلفة. وقد أظهرت النتائج خلال فترة التشغيل كفاءة عالية في إزالة الأوكسجين المطلوب حيويًا والأوكسجين المطلوب كيميائيًا وبنسبة تزيد على 98 و 90% على التوالي. كما وقد أظهرت النتائج إضافة إلى ذلك إزالة ممتازة لمسببات الأمراض والعكرة وبنسبة تزيد على 98 و 99% على التوالي. إن التغيير في نسبة وقت التدوير الداخلي (هوائي محدد الاهوائي) يؤثر بصورة واضحة على كفاءة الإزالة لكل من النتروجين والفسفور. حيث إن زيادة هذه النسبة يؤدي إلى زيادة في كفاءة إزالة النتروجين مع نقصان في كفاءة إزالة الفسفور. إن نسبة وقت التدوير الداخلي المثلى والتي تعطي أعلى كفاءة إزالة لكل من النتروجين والفسفور (93 و 83%) على التوالي هي 2 ساعة هوائي محدد 2 ساعة لاهوائي. كما وقد أوجدت الدراسة إن نظام المفاعل الحيوي ذو الأغشية الغاطسة المتعاقب (هوائي محدد الاهوائي) يقدم أفضل ماء منتج من خلال تلبيته لحدود المواصفة العراقية الخاصة بالمياه المكررة لإغراض الري ولجميع معايير المقاييس.

## 1. Introduction

The membrane bioreactor (MBR) has been gaining great attention in wastewater treatment as membrane filtration promises a complete solid-liquid separation, prevents failure of biological system due to biomass loss and/or bulking and maintains high mixed liquor suspended solids (MLSS) in the reactor [1]. For this reason, MBR has widely applied to remove organic pollutants as well as nutrient in wastewater [2]. Recent studies on wastewater treatment using MBRs have focused on nutrient removal [3]. Some reported aerobic MBR system with separate anoxic tank for denitrification, while the modified Ludzack–Ettinger (MLE)-type MBR was developed for continuous operation [4]. In addition, alternating anoxic and oxic conditions were adopted in a submerged MBR by intermittent aeration for simultaneous removal of organics and nutrients [5]. These MBRs have shown improved nitrogen removal, but phosphorous removal was unstable.

A novel MBR process that remove nitrogen and phosphorus simultaneously, so called, sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor (SAM) was introduced and showed its superior abilities on phosphorus removal over the MLE (modified Luzack-Ettinger) type MBR system [6]. The track study for SAM verified that the phosphorus release and denitrification happened only by the intermittent recycling of the mixed liquor. Several bench-scale studies on the effects of parameters affecting on nitrogen and phosphorus removal, such as hydraulic retention time (HRT), recycling time, recycling rate, solids retention time (SRT) and different carbon sources was conducted and reported that the parameters influenced over nitrogen and phosphorus removal, directly or indirectly [7].

Nowadays, nutrient removal has attracted great attention in wastewater treatment for reuse. [8]. Wastewater reuse can both reduce the demand on fresh water supplies and minimize the discharge of treated water to the environment [9]. Iraq area is characterized by arid to semi arid climate with low rainfall. As the population has grown against a background of decreasing freshwater resources, so the water available to individuals has fallen dramatically. Wastewater reuse is an important approach to help overcome the water scarcity problem of the Iraq. Moreover, since current local wastewater treatment unite in various hospital is not capable to meet Iraqi standards (especially in terms of nutrient and pathogen removal), this study was designed to evaluate the performance of the SAM process for nutrient removal in hospital wastewater under different internal recycling time mode to achieve best nutrient removal. Moreover, to produce recycled water that is suitable for irrigation purposes.

## 2. Materials and methods

### 2.1 Laboratory-scale experiment

The lab-scale SAM system was composed of sequencing an anoxic/anaerobic zone and aerobic zone where the flat-sheet UF membrane module was immersed, as shown in Fig. 1. The PVDF (Polyvinylidene fluoride) membrane module has an effective filtration area of 0.8 m<sup>2</sup> and its nominal pore size is 0.08 μm. The membrane module was fully immersed and symmetrically placed in the system. An airlift was installed underneath the membrane module at a rate to maintained DO concentration of approximately 4.2 ± 0.3 mg/L as adopted by [10]. The constant flux of 13 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> was maintained and the transmembrane pressure was monitored. The membrane was operated intermittently to minimize membrane fouling; 12 min suction and 3 min rest (according to the membrane manual). The hospital wastewater was continuously fed into the sequencing zone with flow rate of 312 L/d. In the aerobic zone through membrane filtration, the effluent could be generated continuously regardless of the sequencing zone condition.

The sequencing anoxic/anaerobic conditions are controlled by the intermittent recycle of the mixed liquor directly from the aerobic zone to sequencing zone. In time of recycling, the anoxic conditions could be induced and nitrate is reduced to nitrogen gas by denitrification process. No recycling caused oxygen and nitrate deficiency in the sequencing reactor to create the anaerobic condition for phosphorus release then the released orthophosphate is synthesized into the cell in the aerobic reactor under aerobic condition. Finally, the phosphorus is removed from the system by withdrawing the excess sludge directly from the aerobic reactor. Table 1 shows the characteristics of influent.

## **2.2 Operation condition**

The operation condition of the lab-scale experiment is listed in Table 2. Temperature, pH, HRT and MLSS ranges were 18-27 °C, 6.8-8, 8.3 h and 7700-8300 mg/L, respectively (according to the membrane manual). The internal recycle is maintained at the rate of 300% of the influent flow rate as adopted by [11]. To investigate the effect of internal recycling time mode on nutrient removal, runs 1, 2 and 3 are operated at different internal recycling time mode. Internal recycling time mode determines  $A_x/A_n$  ratio, which represents relative time length of anoxic period to anaerobic period.

## **2.3 Analytical method**

Biochemical oxygen demand (BOD) was measured using the WTW OxiTop control system, Germany. Chemical oxygen demand (COD) was measured using CSB/COD-Reactor (AL32 AQUALYT- IC, Germany). Ammonium, nitrate, nitrite and ortho-P were measured using the spectrophotometer (WTW Photo Flex, Germany). Dissolved oxygen concentration and pH were measured using the Do meter (YSI, Model 556, USA). Measurement of mass liquor suspended solids (MLSS) and total suspended solids (TSS) followed standard [12].

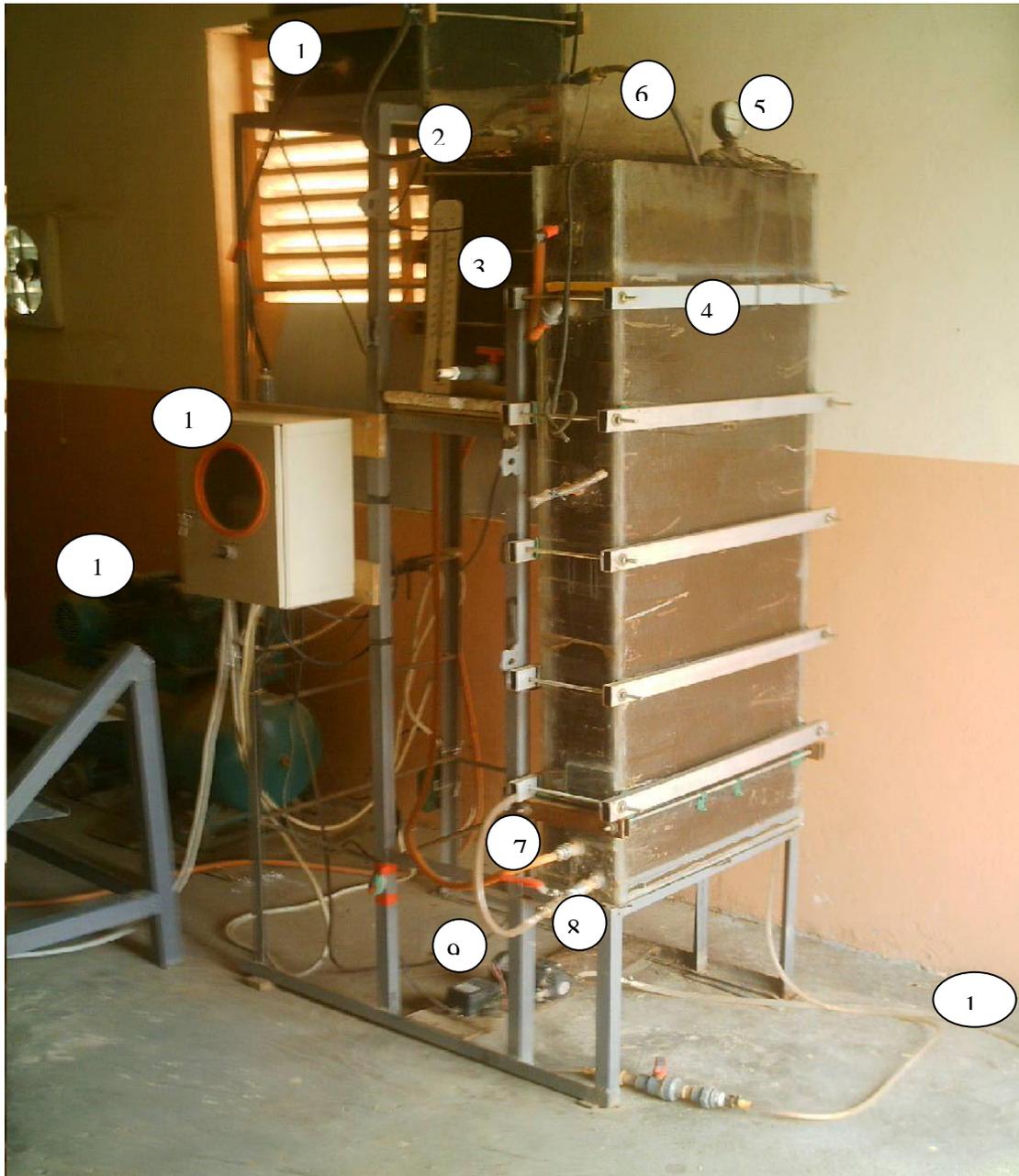


Fig. (1): A photograph of the sequential (Ax/An) MBR system

1	Influent tank 40*40*75 cm	4	Aerobic bioreactor 15*60*142 cm	7	Air feed	10	Permeate line
2	Feed in	5	Gauge	8	sludge wasting	11	Control panel
3	(Ax/An) bio- reactor 30*40*60 cm	6	Recycle line	9	Suction pump	12	Air compressor

Table (1): Composition of the influent wastewater

Parameters	Unites	Range	Average
BOD <sub>5</sub>	mg/l	440 – 840	620
COD	mg/l	558 – 980	750
Orthophosphate PO <sub>4</sub> -P	mg/l	9.05 - 48	18.5
Ammonium NH <sub>4</sub> -N	mg/l	76.3 – 232.8	154.74
Nitrate NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0 – 16.4	4.68
Nitrite NO <sub>2</sub> -N	mg/l	0.1 – 0.58	0.331
TSS	mg/l	100 - 254	170
Oil and Grease	mg/l	120 - 210	164.3
pH		7.2 – 7.68	7.4± 0.29
Fecal Coliforms	MPN/100 ml	460 - 1100	780

Table (2): The operation conditions of the SAM experiment

Parameters	Unites	Average value		
		Run 1	Run 2	Run 3
Flux	L.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup>	15.12	15.12	15.12
SRT	day	58.5	66	116
COD/P		38.65	29.3	27
Operation time	day	13	15	14
Internal recycle rate	L/h	39	39	39
Ax/An	h	4/2	2/2	2/4

### 3. Results and Discussion

#### 3.1 Organic Matter Removal

All the results presented in this study were obtained from the laboratory-scale reactor at steady-state conditions. Fig. 2 and Fig. 3 presents the variation of influent and effluent of BOD<sub>5</sub> and COD and there removal efficiency, respectively. Despite the fluctuations in the influent quality, the SAM was very stable and effective in achieving approximately 98.5% BOD<sub>5</sub> and more than 90% COD removal for all runs, corresponding to the average 9.2 and 67 mg/L in the effluent, respectively. This improved performance of the SAM would be explained by the higher MLSS of the MBR system and the enhanced removal by membrane separation. These results were in a good agreement with previous study [13], who reported that the removal of organic matter was varied between 90% and 99%.

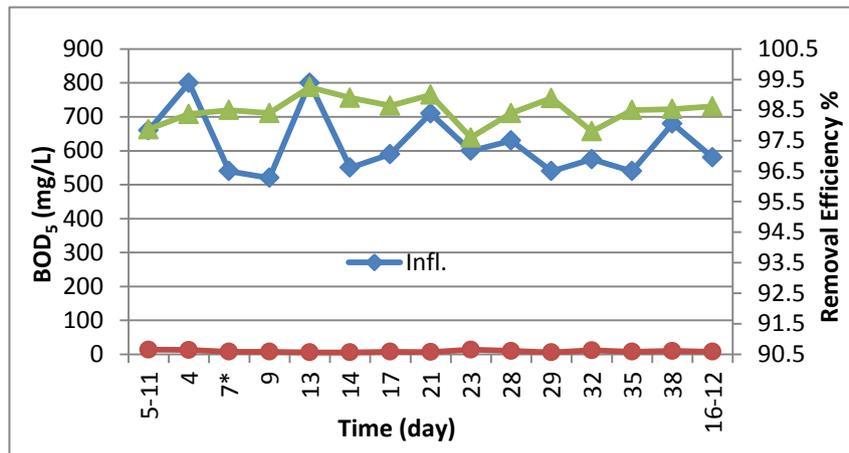


Fig. (2): The influent and effluent BOD<sub>5</sub> concentrations and removal efficiency of the SAM system. (\*) means rainy day

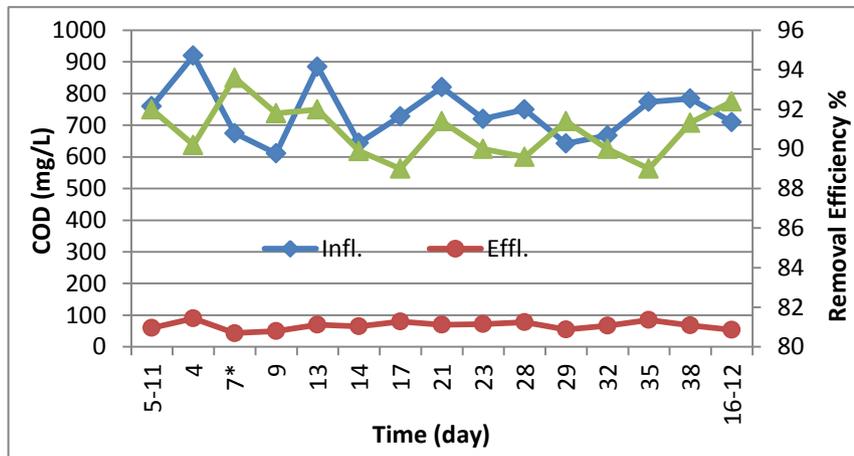


Fig. (3): The influent and effluent COD concentrations and removal efficiency of the SAM system. (\*) means rainy day

### 3.2 Nitrogen And Phosphorus Removal

In order to determine the optimal time mode in lab-scale SAM, R-1, 2, 3 were operated at different internal recycling time mode. Internal recycling time mode determines Ax/An ratio, which represents relative time length of anoxic period to anaerobic period of sequencing anoxic/anaerobic reactor. As shown in the Fig. 4(a), despite the fluctuations in the influent quality, the NH<sub>4</sub>-N is almost completely (100%) eliminated within the SAM system, indicated that complete nitrification occurred in the aerobic zone and all the influent NH<sub>4</sub>-N entered in to aerobic bioreactor was completely oxidized into nitrate and nitrite.

Run-1 of highest Ax/An ratio (4/2) shows high level of denitrification process developed in the anoxic bioreactor with the effluent nitrogen compounds accounted for less than 9% of its in the influent as evident in Fig.'s 4(a, b, c), achieving 91% removal efficiency of nitrogen as evident in Fig. 4(d). While limiting phosphorus removal efficiency was achieved (61% as evident in Fig. 5(b)). This mean that nitrogen and phosphorus removal efficiency were dependent on Ax/An ratio. The same observation was also reported by [14, 15]. R-3 compared to R-1, operated at lowest Ax/An ratio (2/4) showed the highest phosphorus removal efficiency of 80% while worst in nitrogen (only 55%). This result is in a good agreement with previous study [10].

R-2 was operated at Ax/An ratio of (2/2), shows a more stable effluent concentration of nitrogen compounds accounting for 7% of its concentration in the influent as evident in Fig.'s 4(a, b, c), indicating high level of denitrification process developed in the anoxic bioreactor achieving high nitrogen removal efficiency of 93% as evident in Fig. 4(d). The relatively higher nitrogen removal efficiency of the SAM system for this run (93%) with the lower anoxic period of 2 h compared to 91% for run 1 with the higher anoxic period of 4 h was not agreed with the previous study [10]. This may be explained by that the denitrifying phosphorus accumulating organisms (PAOs) are known as being able to reduce nitrate together with the absorption of phosphorus, while utilizing the accumulated substrate as an electron donor. This process is reported to perform slower than “conventional” heterotrophic denitrification [16] and need more time to accumulate.

As shown in Fig.'s 5(a, b), despite the fluctuations in the influent quality, the SAM system had showed excellent performance on phosphorus removal, achieving approximate 83% averagely, corresponding to the average 3.66 mg /L in the effluent. The relatively higher phosphorus removal efficiency of the SAM system for R-2 (83%) with the lower anaerobic period of 2 h compared to 80% for R-3 with the higher anaerobic period of 4 h was not agreed with the previous study [10]. This unexpected results, which may be attributed to two reasons: first, relatively low COD/P ratio of R-3 (27) compared to (29.3) for R-2. COD/P ratio is critical for PAOs to grow, function, and take up phosphorus from solution. Phosphorus removal efficiencies exhibited an increase trend with the increasing of influent COD/P and a linear positive relationship was found between COD/P and phosphorus removal, [17]. Second, long SRT of R-3 compared to R-2 (116 versus 66 day) resulted secondary release of phosphorus through endogenous decay of PAOs and release it into solution. [10], reported that is a strong link between SRT and phosphorus removal in enhanced biological phosphorus removal process. As SRT increased, the percent phosphorus in MLVSS increased because the decay rate of PAOs was relatively lower than that of normal heterotrophic organisms, while the sludge wasting rate decreased.

### 3.3 The Best Time Mode

As shown in Fig. 6, R-2 represents the best phase of SAM system, which was operated under internal recycling time mode of 2 h anoxic followed by 2 h anaerobic, corresponding to the Ax/An ratio of 2/2, achieving best simultaneous nitrogen and phosphorus removal efficiency of 93% and 83%, respectively.

To find out the suitability of effluent water from SAM system with the irrigation limits, the measured parameters were compared with the Iraqi limitations for wastewater reuse for agricultural irrigation No. 3, 2012 [18]. The SAM system shows a good performance to meet the requirements of the (INLWRA No. 3, 2012) for all measured parameters.

### 3.4 Pathogen Removal And Turbidity

The membranes serve as microbial barriers that can capture most of the biomass inside the bioreactor. Therefore, the MBR system produces excellent removal efficiency of pathogen (in terms of coliforms and fecal coliforms) with 98.33%, corresponding to the average effluent of 13 cell/100 ml. This result is slightly less than that presented by a previous study [19] who reported that the rate of fecal coliforms removal has been reported 99.96% in Hamadan (west of Iran) hospital. This result is probably due to pollution of the system or due to mistake in sampling, where the ultrafiltration membrane which has a pore diameter smaller than the size of bacteria and parasitic microorganisms.

It is generally accepted that MBR provides excellent treated water turbidity [20]. In this study, the turbidity removal efficiency of SAM system was between 99% and 100% for all runs. Furthermore, despite the TSS value of the influent fluctuated between 100 mg/L and 254 mg/L, the effluent turbidity remains less than 0.3 NTU and all recorded data were below 0.5 NTU as shown in Fig. 7. The excellent removal efficiency of turbidity illustrates the effectiveness of the membrane. The same observation was also reported by [21].

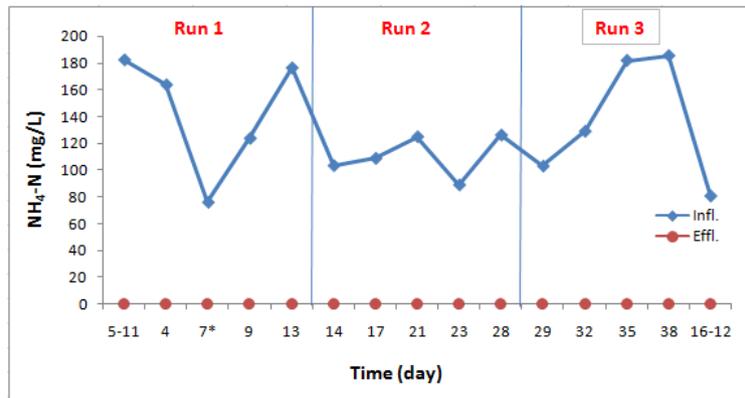


Fig. 4 (a): The influent and effluent  $\text{NH}_4\text{-N}$  concentrations for the SAM experiment. (\*) means rainy day



Fig. 4 (b): The influent and effluent  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentrations for the SAM experiment. (\*) means rainy day

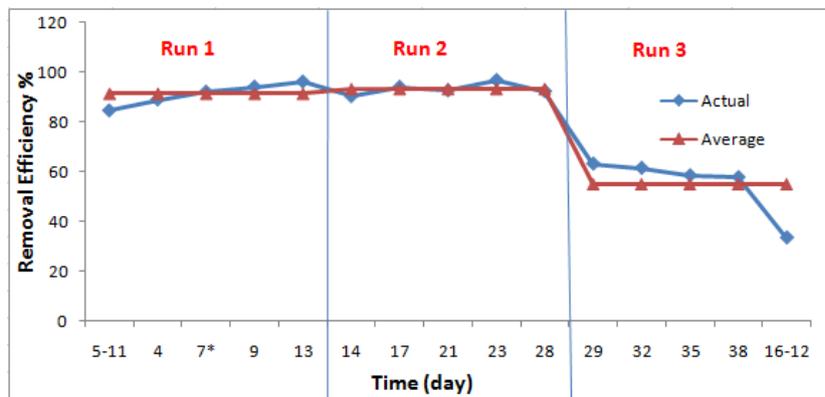


Fig. 4 (c): The influent and effluent  $\text{NO}_2\text{-N}$  concentrations for the SAM experiment. (\*) means rainy day

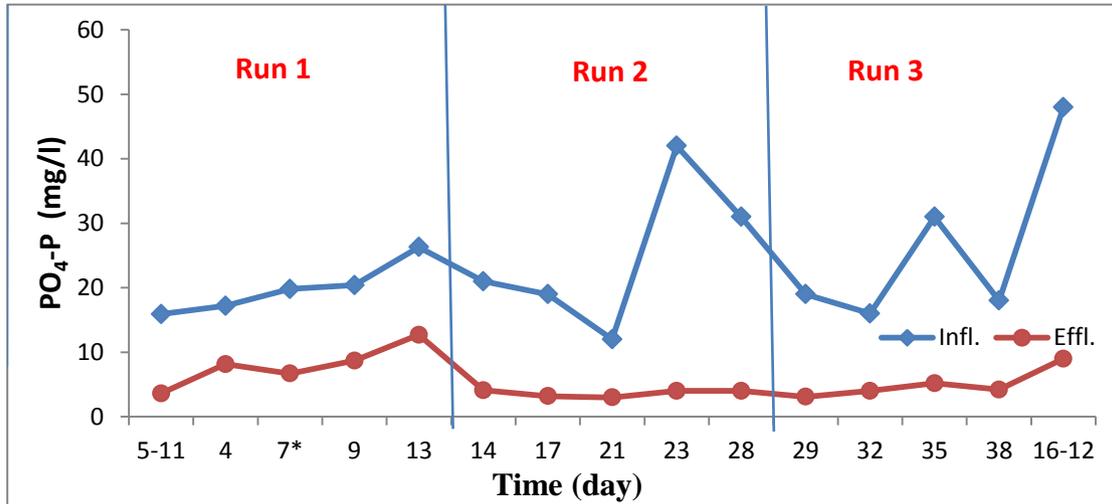


Fig. 4 (d): Nitrogen Removal Efficiency for the SAM experiment. (\*) means rainy day

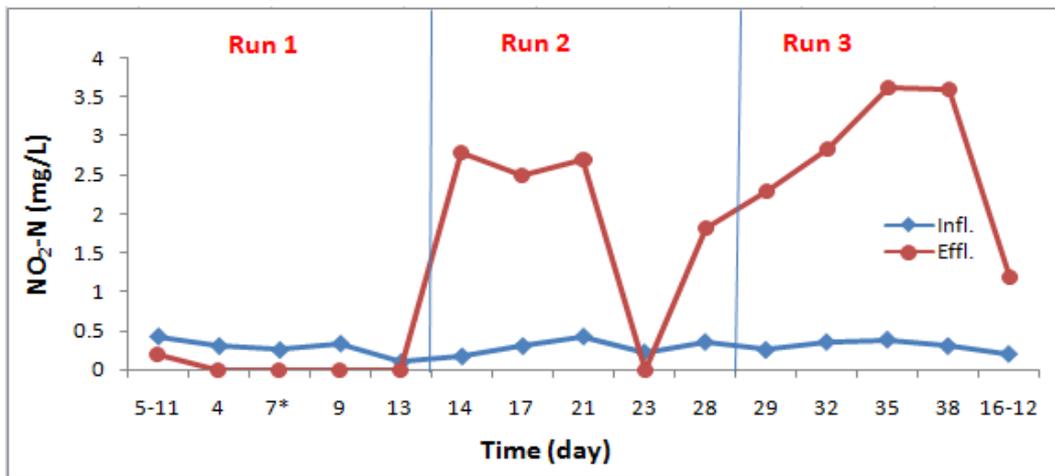


Fig. 5 (a): The influent and effluent PO<sub>4</sub>-P concentrations for the SAM



Fig. 5 (b): PO<sub>4</sub>-P Removal Efficiency for the SAM experiment. (\*) means rainy day

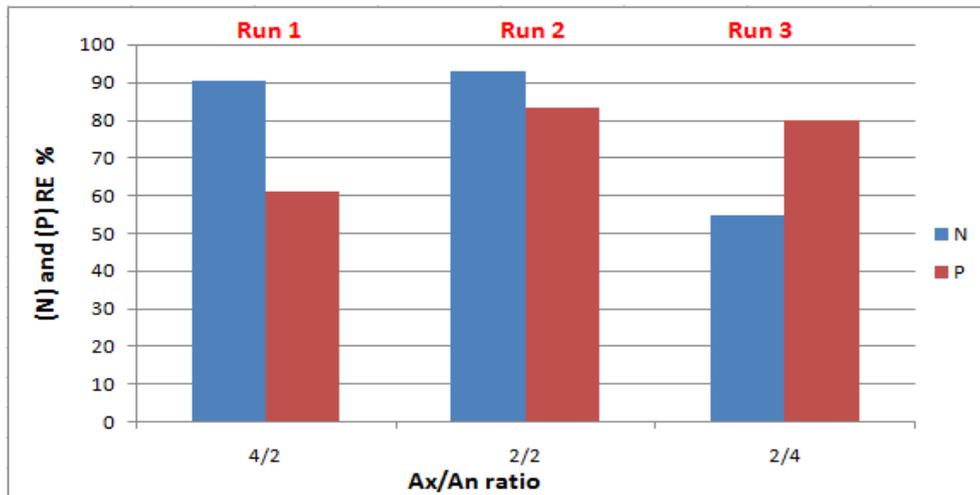


Fig. (6): Nitrogen and Phosphorus Removal Efficiency at different Ax/An

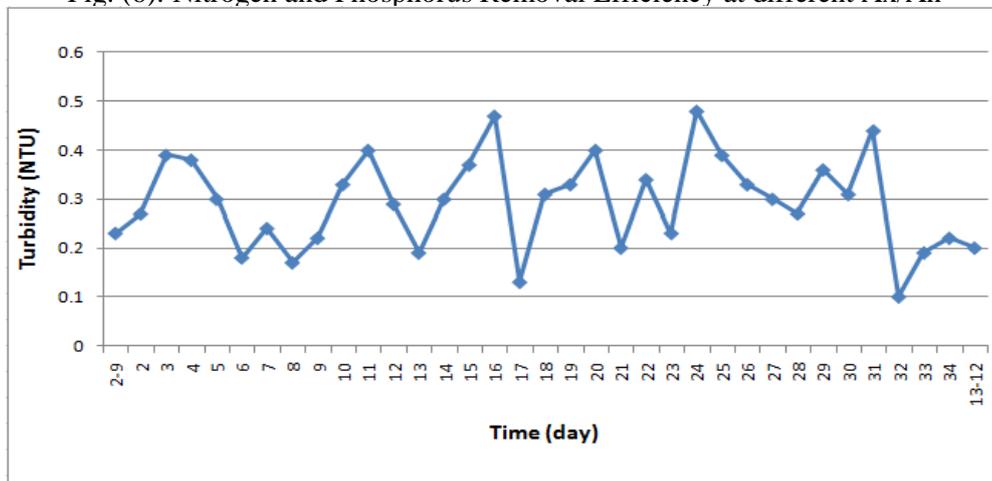


Fig. (7): The effluent turbidity for SAM experiments

#### 4. Conclusions

1. Nitrogen and phosphorus removal is strongly depended on Ax/An ratio controlled by internal recycling time mode. Highest Ax/An ratio, revealed the best nitrogen removal efficiency but worst phosphorus removal efficiency, while lowest Ax/An ratio showed the highest phosphorus removal efficiency.
2. Compromising between nitrogen percentage removal and PO<sub>4</sub>-P percent removals, suggests that the Ax/An ratio that gave best nitrogen and phosphorus removal were 2-h anoxic and 2-h anaerobic.
3. The SAM system provides appropriate treatment technology that is available to produce high quality effluent for reuse for irrigation purpose (unrestricted agriculture) which can significantly reduce the demand for fresh water. Furthermore, it's has superior feature compared with Anaerobic-Anoxic-Oxic (A<sub>2</sub>O) system by adopting two basins instead of three basins in A<sub>2</sub>O system.

## References

1. Cicek, N., J. P., Franco, M. T., Suidan and V., Urbain, "Using a membrane bioreactor to reclaim wastewater", J. AWWA, 90, 1998, pp. 105-113.
2. Cicek, N., "A review of membrane bioreactors and their potential application in the treatment of agricultural wastewater", Canadian Biosystems Engineering, 45, 2003, pp. 6.37-6.49.
3. Ueda, T., Hata, K., Kikuota, Y., "Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor", Water Sci. Technol. 34 (9), 1996, pp. 189-196.
4. Engelhardt, N., Firk, W., Warnken, W., "Integration of membrane filtration into the activated sludge process in municipal wastewater treatment", Water Sci. Technol. 38 (4-5), 1998, pp. 429-436.
5. Yeom, I.T., Nah, Y.M., Ahn, K.H., "Treatment of household wastewater using an intermittent aerated membrane bioreactor"., Desalination 124, 1999, pp. 193-204.
6. Ahn, K.- H., K.- G., Song, E., Cho, J., Cho, H., Yun, S., Lee and J., Kim, "Enhanced biological phosphorus and nitrogen removal using a sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor (SAM) process.", Desalination, 157, (1-3), 2003, pp. 345-352.
7. Song, K. G., J., Cho and K.-H., Ahn, "Effects of internal recycling time mode and hydraulic retention time on biological nitrogen and phosphorus removal in a sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor process.", Bioprocess and Biosystems Engineering, 32, (1), 2009, pp. 135-142.
8. Tatiana, P., M., Dalton, C., Guilayn, L., Rose, A., Maria, and P. Miagostovich, "Quantification and molecular characterization of enteric viruses detected in effluents from two hospital wastewater treatment plants.", Water Research, 45, 2011, pp. 1287-1297.
9. Qadir, M., D., Wichelns, L., Raschid-Sally, P. G., McComick, P., Drechsel, A., Bahri and P. S., Minhas, "The challenges of wastewater irrigation in developing countries", Agricultural Water Management, 97, 4, 2010, pp. 561-568.
10. Song, K. G., J., Cho, K. W., Cho, S. D., Kim and K. H., Ahn, "Characteristics of simultaneous nitrogen and phosphorus removal in a pilot-scale sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor at various conditions.", Desalination, 250, 2010, pp. 801-804.
11. Banu, J. R., Uan, D. K., Chung, I.-J., Kaliappan, S. and Yeom, I.-T., "A study on the performance of a pilot scale A2O-MBR system in treating domestic wastewater", Journal of Environmental Biology, 30(6), 2009, pp. 959-963.
12. American Public Health Association, APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, D.C: APHA. (21<sup>th</sup> ed).
13. Tadkaew, N., M., Sivakumar, S. J., Khan, J. A., McDonald and L. D., Nghiem, "effect of mixed liquor pH on the removal of trace organic contaminants in a membrane bioreactor.", Bioresource Technology, 101 (5), 2010, pp. 1494-1500.
14. Puig, S., M., Coma, H., Monclús, M.C.M., Van Loosdrecht, J., Colprim and M.D., Balaguer, "Selection between alcohols and volatile fatty acids as external carbon sources for EBPR", Water Res, 42 (3), 2008, pp. 557-566.
15. Monclús, H., J., Sipma, G., Ferrero, J., Comas and I., Rodriguez-Roda, "Optimization of biological nutrient removal in a pilot plant UCT-MBR treating municipal wastewater during start-up.", Desalination, 250, 2010, pp. 592-597.
16. Raymond, J.Z., Y., Zhiguo and K., "Improved understanding of the interactions and complexities of biological nitrogen and phosphorus removal processes". Environ. Sci. Bio-Technol., 3, 265, 2004.
17. Wang, Y., Y., Peng and T., Stephenson, "Effect of influent nutrient ratios and hydraulic retention time (HRT) on simultaneous phosphorus and nitrogen removal in two-sludge

- sequencing batch reactor". Bioresource Technology, 100 (14), 2009, pp. 3506-3512. Iraqi limitations for wastewater reuse for agricultural irrigation No. 3, 2012.*
18. Mahvi, A., A., Rajabizadeh, N., Yousefi, H., Hosseini and M., Ahmadian, " *Survey of wastewater treatment condition and effluent quality of Kerman Province hospitals.*" World Appl. Sci. J., 7(12), 2009, pp. 1521-1525.
  19. Melin. T., B., Jefferson, D., Bixio, C, Thoeye, W., De Wilde , J., De Koning , J., Vander Graaf and T., Wintgens, "*Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse.*", Desalination, 187 (1-3), 2006, pp. 271-282.
  20. Noah, I., K., Galil, B.-D., Malachi, and C., Sheindorf, "*Biological Nutrient Removal in Membrane Biological Reactors*", Environmental Engineering Science, 26, No. 4. 2009.

## تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية والفسفور ونسبة التدوير في كفاءة المرشحات الحيوية ذات الوسط البلاستيكي بإزالة المغذيات

ايناس سمير محمود محمد الدباغ

جامعة الموصل  
كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية

قصي كمال الدين الأحمدى

جامعة الموصل  
كلية الهندسة - قسم هندسة البيئة

### الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية والفسفور ونسبة التدوير في كفاءة المرشحات الحيوية ذات الوسط البلاستيكي في إزالة المغذيات، إذ تم إنشاء محطة اختبارية تتألف من أربعة مرشحات حيوية متشابهة الشكل بسعة (35 لتر) لكل منها وتشغيلها باستخدام مياه فضلات مصنعة مختبرياً. صمم العمل لكي تعمل المرشحات الحيوية الاختبارية الثلاثة الأولى (الأولى، والثاني، والثالث) بنسبة تدوير (100%، 200% و 300%) على التوالي، في حين يعمل المرشح الحيوي الاختباري الرابع دون تدوير. قسم برنامج العمل الى تسع مراحل تشغيلية حيث استخدم في المراحل التشغيلية الثلاثة الأولى (الأولى، والثانية، والثالثة) حمل نيتروجيني مقداره (0.12 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) وحمل الفسفور (0.02 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) في حين استخدم في المراحل التشغيلية (الرابعة، والخامسة، والسادسة) حمل نيتروجيني يساوي (0.17 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) وحمل فسفور يساوي (0.03 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) أما في المراحل التشغيلية (السابعة، والثامنة، والتاسعة) فقد كان الحمل النيتروجيني يساوي (0.21 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) وحمل الفسفور (0.04 كغم/م<sup>3</sup>. يوم). أثبتت نتائج البحث أن كفاءة المرشحات الحيوية الاختبارية تزداد بوجود عملية التدوير مقارنة بعدم وجودها، كذلك بينت النتائج ان زيادة احمال أي من النتروجين والفسفور المسلطة على المنظومة تؤدي الى زيادة تركيز الامونيا والفسفات في الماء الخارج من المرشح وعند كافة نسب التدوير المستخدمة في البحث.

## Effect of Nitrogen and Phosphorus Loading and Recirculating Ratio on the Nutrient Removal Efficiency of Plastic Media Trickling Filters

Kossay K. Al-Ahmady

University of Mosul

College of Engineering, Environmental Eng. Dept.

Enas Samir Mahmoud AL-Dabag

University of Mosul

College of Engineering, Civil Dept

### Abstract

In this research, an experimental laboratory plant was constructed in order to evaluate the effect of nitrogen and phosphorus loadings and recirculation ratio on the nutrient removal efficiency of trickling filter. The plant consisted of four biological trickling filter similar in shape, each with a volume of (35 liters). Synthetic wastewater was used to operate the plant. To study the impact of recirculation ratio on the system, three of these plants (first, second and third) were operated on recirculation ratio of (100%, 200% and 300%) respectively, whereas the fourth operate without recirculation. The study program was divided into nine stages, in the first three stages the nitrogen loading was (0.12 kg/m<sup>3</sup>.day) then increased to (0.17 kg/m<sup>3</sup>.day) and (0.21 kg/m<sup>3</sup>.day) and the phosphor loading was (0.02 kg/m<sup>3</sup>.day) then in the fourth, fifth and sixth stages the phosphor loading was (0.03 kg/m<sup>3</sup>.day) increased to (0.04 kg/m<sup>3</sup>.day) in the seventh, eighth and ninth stages respectively while the nitrogen loading still increased in the same ratio rate. The results of the study revealed that; the removal efficiency of the biological trickling filter increase when the recirculation was applied, and the efficiency increased with recirculation ratio increase. The result also showed that; increasing each of the nitrogen and phosphorus load leads to an increase of the effluent concentration of ammonia and phosphorus for all of the applied recirculation ratio at the research .

**Keywords:** Trickling filter, Organic loading, Nitrogen loading, Plastic media

## المقدمة

يعد المرشح الحيوي من الأنظمة المستخدمة لمعالجة مياه الفضلات المنزلية والصناعية وذلك بسبب تحمله للخدمات بشكل عالي بالإضافة إلى أن تشغيل وحداته لا تحتاج مهارة وكفاءة عالية في العمل ( Metcalf & Eddy; 2003). ويتحقق ذلك من خلال التماس المباشر لمياه الفضلات الحاوية على مواد عضوية مع البكتريا التي تنمو بشكل ملتصق على الوسط (Brown and Caldwell, 1979).

تستخدم المرشحات الحيوية اوساط (Media) مثل الحجر أو الحصى أو القطع البلاستيكية حيث بإمرار الفضلات من خلال هذا الوسط يتم امتزاز المواد العضوية من قبل الأحياء المجهرية الملتصقة على سطح الوسط بنفس الوقت الذي ينتقل فيه الأوكسجين إلى هذه الأحياء من خلال التلامس مع الهواء (McGhee & Steel, 1991)، حيث يتم انتقال الأوكسجين والمغذيات إلى الطبقة الثابتة في حين يتم خروج ناتج عملية أكسدة المواد العضوية إلى الطبقة المتحركة (Moving layer) غالبا بواسطة عملية الانتشار (Diffusion). ونتيجة لعملية امتزاز المواد الغذائية ستزداد كمية الأحياء المجهرية الموجودة ضمن طبقة الأحياء المجهرية الملتصقة على الأسطح الداخلية للوسط (Slime layer) والتي غالبا ما تتعكس فعليا بشكل زيادة سمك هذه الطبقة. ومع زيادة السمك سيقل وصول الأوكسجين إلى طبقة الأحياء المجهرية الملتصقة القريبة من الأسطح الداخلية للوسط (Mediam) مما يؤدي إلى تكوين مجموعة أحياء مجهرية لا هوائية سائدة في هذه المناطق. كذلك ومع زيادة سمك هذه الطبقة ستقل كمية الغذاء التي ستصل إلى هذه الطبقات الداخلية مما يؤدي إلى موتها وتحللها. وتدرجيا ومع زيادة عدد الأحياء المجهرية الداخلة الميتة ستقل قابلية هذه الطبقة على الالتصاق بالأسطح الحجرية أو البلاستيكية الثابتة مما يؤدي إلى انسلاخها عن هذا السطح ومن ثم سقوطها في أسفل المرشح إذ تتجرف بواسطة تيار الفضلات لتصل إلى حوض الترسيب الثانوي حيث تزال هنالك وتعزل بواسطة عملية الترسيب (Metcalf & Eddy ; 2003).

من الناحية التطبيقية غالبا ما تستخدم المرشحات الحيوية لمعالجة الحمل العضوي المعتدل في مياه الفضلات أو مرحلة صقل للمركبات مع تقنية معالجة أخرى (WEF ;1996, Ahmed ;2007). ومن الممكن أيضا في بعض الحالات استخدام المرشحات الحيوية لمعالجة مياه الفضلات ذات الحمل العضوي العالي (USEPA ; 2000). إن معرفة وتحديد المديات التي يمكن ان تعمل بها المرشحات الحيوية تحت ظروف احمال مواد نيتروجينية وفسفور مختلفة يعد مهماً جدا في التطبيقات الهندسية. يهدف هذا البحث الى دراسة كفاءة المرشحات الحيوية في إزالة المواد العضوية والمغذيات باستخدام نسبة تدوير مختلفة، كذلك دراسة تأثير زيادة احمال المواد النيتروجينية واحمال الفسفور في كفاءة الإزالة واستقراره المرشحات الحيوية وخصائص المياه الناتجة منها.

## الدراسات السابقة

قام الباحث (Maheesan et al, 2011) بمعالجة مياه فضلات بلدية وذلك بإنشاء محطة اختبارية تتكون من مرشح حيوي ذو وسط نسيج بلاستيكي وبنظام تشغيل متقطع (intermittent operation system). اثبتت النتائج قابلية النظام على ازالة المواد العضوية والمغذيات حيث كانت تراكيز الخارج من المادة العضوية (COD, BOD), المواد الصلبة العالقة (S.S), والمغذيات (P, NH<sub>4</sub>-N) (64.58, 22.22), (27.63) و(1.72, 0.62) ملغم/ لتر وعلى التوالي. كما وقام الباحث (Sadrnejad; 2011) بدراسة كفاءة إزالة المواد النيتروجينية في محطة تتكون من مرشح حيوي ذي وسط بلاستيكي يعمل على معالجة مياه فضلات حاوية على مواد عضوية ومواد عالقة قليلة واثبت ان المرشح يحقق

كفاءة إزالة مواد نيتروجينية عالية حيث تراوحت تراكيز المواد النيتروجينية الخارجة ما بين (1 - 1.5 ملغم/ لتر). كما قام الباحث (Moulick et al; 2011) بدراسة آلية إزالة المواد النيتروجينية من مياه فضلات مدنية وذلك بإنشاء محطة اختبارية تتكون من مرشح حيوي عدد (3) جميعها متساوية الابعاد وتحتوي وسط مكون من نايلون ملفوف بورق أشجار, كما تم استخدام نظام تهوية ميكانيكي أسفل كل مرشح حيوي لتوفير التهوية اللازمة لعمل الاحياء المجهرية. وتم تشغيل المحطة الاختبارية على أحمال مختلفة من نتروجين-امونيا وتصريف مختلف وعلى درجة حرارة مختلفة. استنتج الباحث أن كفاءة إزالة الامونيا تقل بزيادة التصريف الداخل, وأن عملية النترجة تتراوح بين (0.11 - 1.29 غم/ م<sup>2</sup>/ يوم) وهي تزداد بزيادة التصريف الداخل للمحطة الاختبارية. وقد قام الباحثان (Victoria & Foresti; 2011) بإجراء دراسة حول آلية إزالة المواد العضوية والنيتروجينية من مياه فضلات مدنية وذلك بإنشاء محطة اختبارية تتكون من مرشح حيوي مجهز بنوعين مختلفين من الاوساط البلاستيكية, الأول بشكل اسطوانة وهو مخصص للقسم العلوي داخل المرشح الحيوي صمم لإزالة المادة العضوية والنيتروجينية (Nitrification), أما الثاني اسطوانة بلاستيكية حجمها أصغر ومخصصة للقسم السفلي من المرشح لعملية عكس النترجة (Denitrification). وكان الحمل النتروجيني (امونيا) المسلط على المحطة يتراوح بين (0.062 - 0.104 كغم/ م<sup>3</sup>.يوم), وأظهرت نتائج البحث أن كفاءة الإزالة لعملية النترجة (60%) فقد كانت تراكيز المواد النيتروجينية الخارجة من المحطة الاختبارية (نتروجين - امونيا) تساوي (13 ملغم/ لتر) و(نتروجين - نترات) تساوي (12 ملغم/ لتر) في حين بلغت الكفاءة لعملية عكس النترجة (52%).

كما واطهرت نتائج الباحث (Bounds et al, 2010) كفاءة عالية في الاداء, حيث بلغ تركيز الامونيا الخارج من محطة المعالجة المكونة من مرشح حيوي بلاستيكي مقدار (2 ملغم/ لتر). وقد قام الباحث (Mofokeng et al; 2009) بدراسة آلية إزالة المواد النيتروجينية من مياه فضلات مدنية باختلاف الحمل العضوي المسلط على محطة معالجة مياه فضلات تقع في جنوب افريقيا, تكونت المحطة من أربعة مرشحات حيوية تحتوي وسط بلاستيكي مكون من كرات مختلفة بالقطر تراوحت أقطارها ما بين (1, 25, 700 ملم). وأظهرت نتائج البحث إزالة عالية للمواد النيتروجينية فقد بلغت تراكيزها الخارجة (3 ملغم نتروجين/ لتر). كما اظهرت نتائج الباحث (Ambachtsheer; 2003) كفاءة عالية في الأداء وذلك خلال دراسته آلية إزالة المواد النيتروجينية من مياه فضلات مدنية وذلك من خلال تشغيل محطة معالجة تتكون من أنظمة المعالجة التالية (بركة أكسدة, ومرشح حيوي, وحمامة منشطة), يحتوي المرشح الحيوي وسط مكون من (كاربون منشط). توصل الباحث خلال فترة الدراسة إلى كفاءة بلغت قيمتها (84%) لإزالة المواد النيتروجينية. وقد قام الباحث (Clabaugh; 2001) بدراسة آلية إزالة المواد النيتروجينية من مياه فضلات خارجة من منطقة طمر صحي وذلك بإنشاء محطة اختبارية تتكون من (4) مرشحات حيوية مختلفة بالوسط, الأول: ذو وسط عبارة عن رقائق من خشب الصنوبر, والثاني: ذو وسط بشكل حلقات من المطاط, والثالث: ذي وسط بلاستيكي, الرابع: ذو وسط عبارة عن قمامة. تم تشغيل المحطة الاختبارية على (4) مراحل مختلفة بالحمل الهيدروليكي والنتروجيني والتصريف الداخل للمحطة. وأظهرت نتائج البحث كفاءة إزالة مختلفة باختلاف الوسط المستخدم, إذ بلغت كفاءة المرشح الأول والثاني والثالث على التوالي (77-87%) و(20-62%) و(13-46%) والرابع (لم تكن له كفاءة إزالة تذكر) وباختلاف المراحل التشغيلية.

## المواد وطرائق العمل

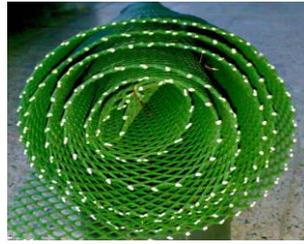
### 1. إنشاء المحطة الاختبارية (المرشحات الحيوية الاختبارية)

تعد مسألة اختيار حجوم المرشحات الحيوية الاختبارية من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ بالحسبان عند إجراء دراسة ما، ولدراسة النظام المقترح وضمن مدى الظروف التشغيلية المطلوبة فقد تم إنشاء أربعة مرشحات حيوية اختبارية من البلاستيك المقاوم (PVC) بحجم (35 لتر) وبأبعاد (200 سم) ارتفاع و(15 سم) قطر، لكل مرشح وبحسب الباحثون (Al-Ahmady and Al-Rahmani, 2011) و (Morton, 2001). تم تصميم قاعدة المرشح بطريقة تضمن سحب المياه بشكل منتظم من الأسفل.

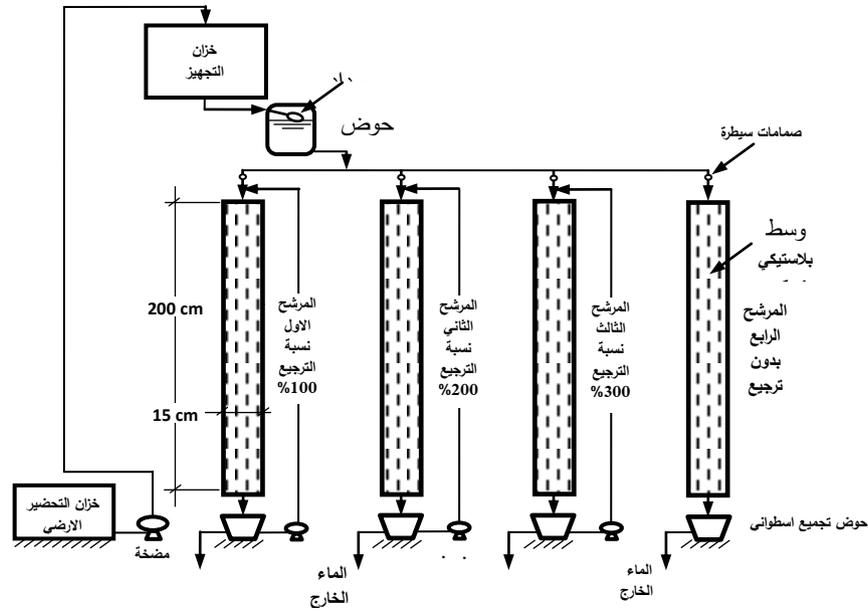
أما عن الوسط اللازم لنمو الاحياء المجهرية فقد استخدمت قطعة بلاستيكية شبكية (ارتفاعها 195 سم، وقطرها الخارجي 15 سم) رتبت بشكل حلقات عددها (7) رتبت على بعضها البعض بشكل حلزوني. لاحظ الصورة (1). اعتمد نظام الجريان المستمر (Continuous flow) اسلوبا لتغذية المحطة الاختبارية لكونه من اكثر انظمة التشغيل المعتمدة لمعالجة مياه الفضلات (Metcalf and Eddy, 2003). تمت تغذية المرشحات الحيوية الاختبارية الاربعة سيحا بالاعتماد على الجاذبية الأرضية وذلك عن طريق استخدام حوض بلاستيكي بحجم (60 لتر) يحتوي على سداد قطع (طواف) لضمان ثبات ارتفاع الماء في الحوض ويرتفع منسوب المياه فيه بحدود (70 سم) عن نقطة التغذية، حيث يتم إيصال مياه التغذية إلى المرشحات الحيوية الاختبارية عن طريق اربعة انابيب بلاستيكية مرنة بقطر (1 سم) تمتد من أسفل الحوض البلاستيكي المرتفع وترتبط بصمامات التصريف والتي يتم من خلالها السيطرة على كمية المياه الداخلة إلى المرشحات. ولضمان توفير ضغط ثابت من الماء فقد وضع خزان آخر لتجهيز مياه الفضلات المصنعة بسعة (360 لتر) يرتبط بالحوض البلاستيكي الذي يجهز المرشحات الحيوية الاختبارية ذو سعة (60 لترا) بسداد القطع حيث وضع هذا الخزان على ارتفاع حوالي (100 سم) عن الحوض البلاستيكي وربط به بوساطة أنابيب بلاستيكية مرنة. فضلا عن ذلك فهناك خزان بلاستيكي أرضي بسعة (120 لتر) يتم فيه خلط المواد الكيميائية التي تتكون منها مياه الفضلات المصنعة في ويتم بعد ذلك سحب هذه المياه بوساطة مضخة كهربائية إلى خزان التجهيز، لاحظ الشكل رقم (1).

ولغرض السيطرة على الحمل المسلط على المحطة الاختبارية وتجنب التغيرات في الخصائص فقد تم تحضير مياه مصنعة مختبريا اذ حضرت هذه المياه من مواد كيميائية عديدة بحيث تشابه خصائص مياه الفضلات المنزلية وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Vanrolleghem et. al, 2001), يبين الجدول رقم (1) المواد المستخدمة في صناعة مياه الفضلات الشبيهة بمياه الفضلات المنزلية.

تم تشغيل المرشحات الحيوية الاختبارية الأربعة في آن واحد. ثلاثة منها تعمل بنظام تدوير والرابع هو مرشح مقارنة (Reference trickling filter) ، ولغرض تحقيق أهداف البحث ودراسة النظام المقترح فقد تم تقسيم عمل المرشحات الحيوية الاختبارية إلى تسعة مراحل تشغيلية، تم في كل ثلاث مراحل متسلسلة تثبيت الحمل النيتروجيني والفسفور الداخل للمرشح وتغييرها في المراحل الثلاثة المتسلسلة اللاحقة وهكذا حتى نهاية المرحلة التاسعة والاخيرة، لاحظ الجدول رقم (2). لم يتم الانتقال من مرحلة تشغيلية إلى أخرى إلا بعد استقرار المعالجة البيولوجية، وقد تم الاستدلال على حالة الاستقرار من خلال ثبوت كل من كفاءة المعالجة وتركيز الأحياء المجهرية فيها (Ramalho,1977)، كما وتمت عملية مراقبة تراكيز الامونيا والفسفات للمياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية بشكل دوري بمعدل قراءة واحدة يوميا وحسب المواصفات القياسية (APHA, WPCF and AWWA, 1998)



الصورة (1) : الوسط البلاستيكي المستخدم في البحث



الشكل (1): اسلوب ربط المحطة الاختبارية المستخدمة في البحث

الجدول رقم (1) : المواد المستخدمة في صناعة مياه الفضلات الشبيهة بمياه الفضلات المنزلية

الرمز الكيميائي	اسم المادة	التسلسل
NH <sub>4</sub> CL	كلوريد الأمونيوم	.1
-	بيتون	.2
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين	.3
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	النشا	.4
-	الحليب	.5
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	فوسفات البوتاسيوم احادية الهيدروجين اللامائية	.6
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	كبريتات المغنيسيوم	.7
CN <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	يوريا	.8

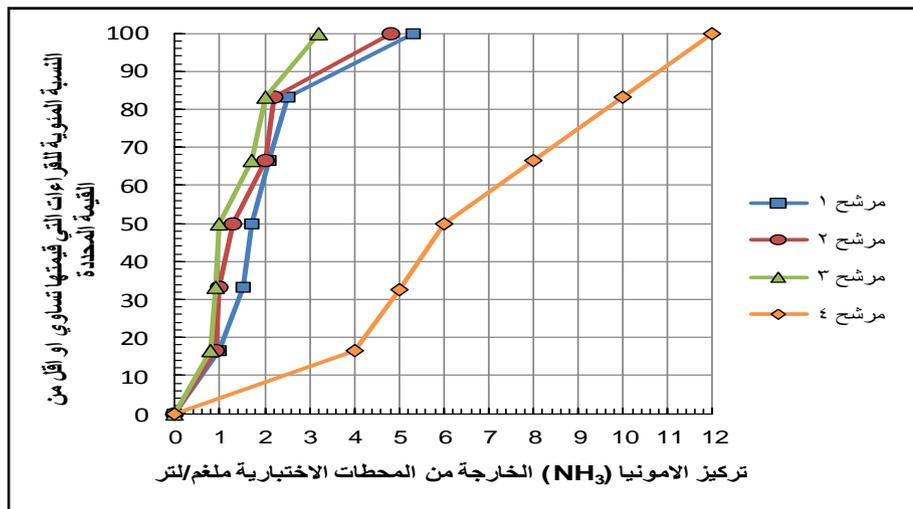
جدول (2) : يبين المراحل التشغيلية التسعة للمحطة الاختبارية

المرحلة التشغيلية	المرشحات الحيوية الاختبارية	نسبة التدوير %	التصريف (م <sup>3</sup> /يوم)	حمل المواد النيتروجينية (كغم/م <sup>3</sup> .يوم)	حمل الفسفور (كغم/م <sup>3</sup> .يوم)
الأولى	المرشح الأول	100	0.09	0.12	0.02
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
الثانية	المرشح الأول	100	0.09	0.17	0.02
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
الثالثة	المرشح الأول	100	0.09	0.21	0.02
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
الرابعة	المرشح الأول	100	0.09	0.12	0.03
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
الخامسة	المرشح الأول	100	0.09	0.17	0.03
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
السادسة	المرشح الأول	100	0.09	0.21	0.03
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
السابعة	المرشح الأول	100	0.09	0.12	0.04
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
الثامنة	المرشح الأول	100	0.09	0.17	0.04
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			
التاسعة	المرشح الأول	100	0.09	0.21	0.04
	المرشح الثاني	200			
	المرشح الثالث	300			
	المرشح الرابع	0			

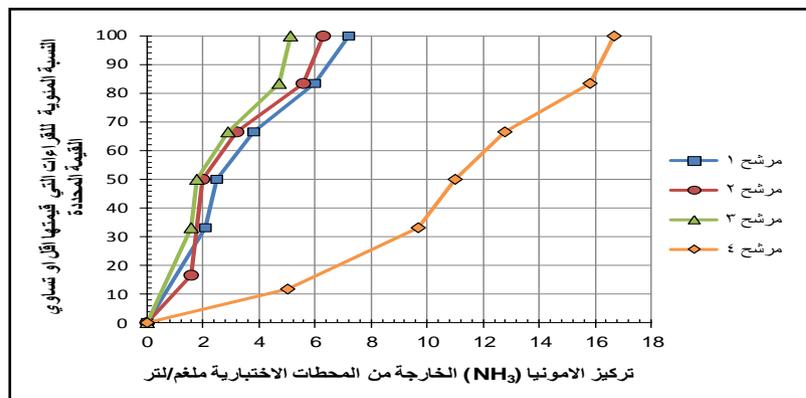
## النتائج والمناقشة

### كفاءة إزالة الامونيا ( $\text{NH}_3$ )

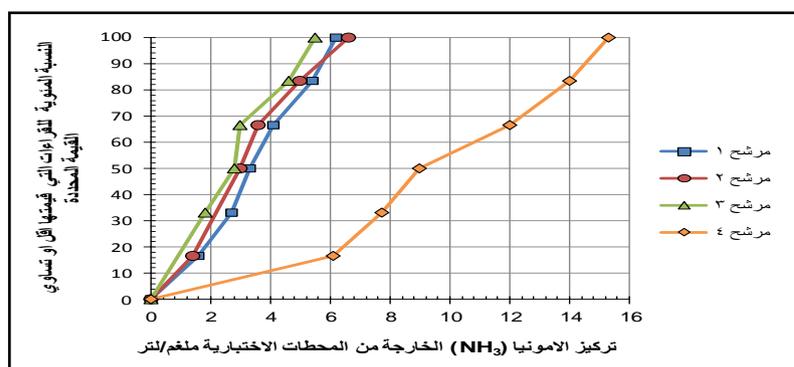
تمثل الاشكال (2) و (3) و (4) التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ولكل ثلاثة مراحل تشغيلية متعاقبة. ومن مقارنة تراكيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الثلاثة (الأول، والثاني، والثالث) مع تراكيز الامونيا الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الرابع نستنتج أن قيم تراكيز الامونيا للمياه المعالجة جميعها والخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الثلاثة أقل من تراكيز الامونيا المعالجة الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الرابع وللراحل التشغيلية التسعة. كما ويظهر من الشكل (2) أن (13.2%) و (16%) و (33.6%) من القراءات المسجلة لتراكيز الامونيا في المياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث كانت تقع ضمن حدود المواصفات البيئية العراقية المعتمدة وباللغة (1 ملغم/لتر) (وزارة الصحة العراقية، 1998)، في حين كانت (4%) من القراءات واقعة ضمن مواصفات الطرح العراقية المعتمدة في المرشح الحيوي الاختباري الرابع. أما الشكل (3) فيبين أن نسبة (12.7%) و (13.6%) و (17.2%) من القراءات للمياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث كانت ذات تراكيز امونيا تقع ضمن الحدود المسموحة في التشريعات البيئية العراقية، بينما (2%) من تراكيز الامونيا للمياه المعالجة الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الرابع يقع ضمن الحدود المقبولة في المواصفات البيئية العراقية، في حين يبين الشكل (4) ان (11%)، (13.3%) و (18.7%) من تراكيز الامونيا للمياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث على التوالي كانت ضمن حدود المواصفات البيئية العراقية، وكانت تراكيز الامونيا للمياه المعالجة الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الرابع التي تقع ضمن التشريعات البيئية العراقية بنسبة (2.7%).



شكل (2) : التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الامونيا الخارجة من الوحدات الاختبارية للمراحل التشغيلية عند حمل مواد نيتروجينية مسلط مقداره (0.12 كغم/م<sup>3</sup>. يوم)



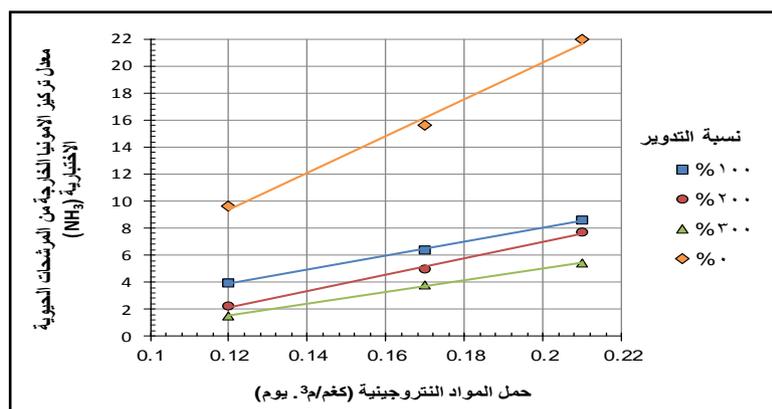
شكل (3) : التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الامونيا الخارجة من الوحدات الاختبارية للمراحل التشغيلية عند حمل مواد نيتروجينية مسلط مقداره (0.17 كغم/م<sup>3</sup>. يوم)



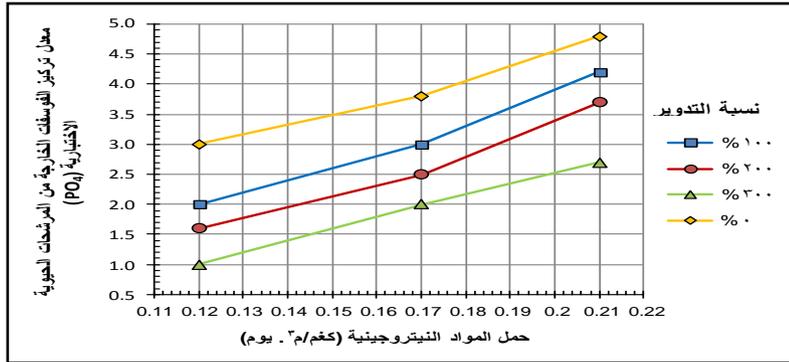
شكل (4) التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الامونيا الخارجة من الوحدات الاختبارية للمراحل التشغيلية عند حمل مواد نيتروجينية مسلط مقداره (0.21 كغم/م<sup>3</sup>. يوم)

### تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية في تركيز الامونيا والفوسفات في الماء الخارج عند نسب تدوير مختلفة

يمثل الشكل (5) تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية في معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسب تدوير مختلفة, ويمثل الشكل (6) تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية في معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة.



شكل (5) تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية في معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة

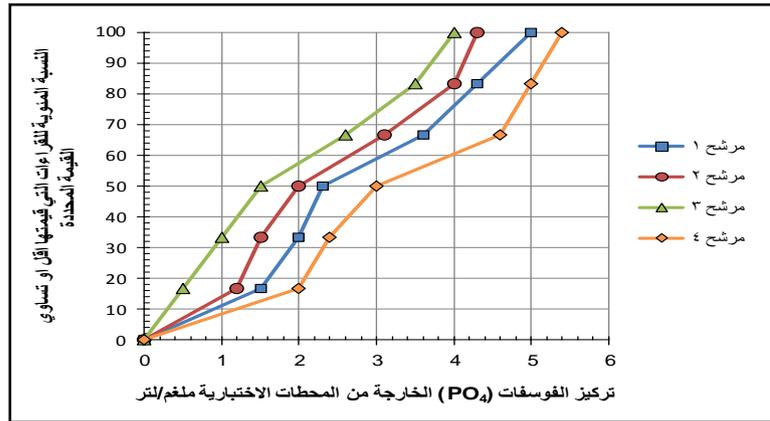


شكل (6) تأثير تغير حمل المواد النيتروجينية في معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة

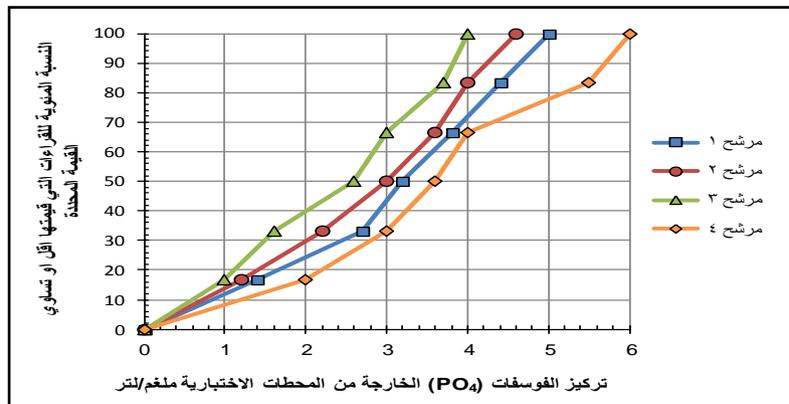
وكما يتبين من الشكلين (5) و (6) فإن معدل تركيز الامونيا والفوسفات الخارجين من المرشح الحيوي الذي يعمل دون تدوير كانت اعلى من معدل تركيز الامونيا والفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الثلاثة التي لها نسبة تدوير تساوي (100, 200, 300%)، إذ نلاحظ أنه عند تسليط حمل نيتروجيني مقداره (0.12 كغم/م³. يوم) فان معدل تركيز الامونيا والفوسفات الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري ذي نسبة التدوير (0%) يساوي (9.6) و(3) ملغم/ لتر على التوالي، في حين كان معدل تركيز الامونيا الخارجة من باقي المرشحات التي لها نسب تدوير (100, 200, 300%) يساوي (1.5, 2.2, 3.9) ملغم/ لتر وعلى التوالي، بالمقابل كان معدل تركيز الفوسفات الخارجة من باقي المرشحات التي لها نسب تدوير (100, 200, 300%) يساوي (1, 1.6, 2) ملغم/ لتر وعلى التوالي. كذلك يتبين من الشكل أن المرشح الحيوي الاختباري الذي له نسبة تدوير تساوي (300%) يحقق أقل قيمة لتركيز الأمونيا والفوسفات الخارجة مقارنة مع المرشحين ذوات نسب التدوير (200%) و (100%) وعند تسليط الحمل النيتروجيني نفسه. ويعود السبب في ذلك الى حاجة عملية النتجة لتوفر ظروف ملائمة من حيث كمية الاوكسجين الوافية (Hammer; 1986) وانخفاض تركيز المادة العضوية الذائبة ( $BOD_5$ ), وتوافق وقوع قيمة (pH) ضمن مدى (7.2-8.4) (Hammer; 1986) (U.S. EPA; 1975) وهذه الظروف تتوفر بشكل أفضل في المرشح الحيوي الاختباري ذي نسبة التدوير الاعلى ثم انخفاضاً في المرشحات ذوات نسب التدوير الأقل، ويتفق هذا التفسير ما أورده الباحثون (Duddles; 1974) (Khan; 2005) (Mofokeng et al; 2009) (Parker; 1986). أما عند زيادة الحمل النيتروجيني المسلط على المنظومة إلى مقدار (0.21 كغم/م³. يوم) فإن معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ذات نسب التدوير (0, 100, 200, 300%) يساوي (5.4, 7.7, 8.6, 22) ملغم/ لتر وعلى التوالي ومعدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ذات نسب التدوير (0, 100, 200, 300%) يساوي (2.7, 3.7, 4.2, 4.8) ملغم/ لتر وعلى التوالي. ويعود السبب في ذلك الى أنه بزيادة حمل المواد النيتروجينية المسلطة على المنظومة فإن الأحياء المجهرية المتولدة من بكتريا النتجة والفوسفات تبدأ بالنمو بشكل غير منتظم وتتوزع بشكل غير متجانس مما يؤثر بذلك في كفاءة عملية النتجة وازالة الفوسفات، ويتفق هذا التفسير مع ما جاء به الباحث (Boller & Gujer ; 1986).

### إزالة الفوسفات ( $PO_4$ )

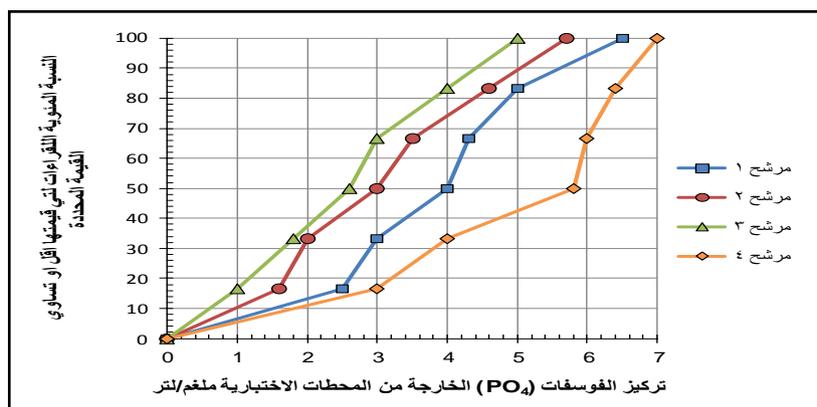
تمثل الأشكال (7) و (8) و (9) التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات للمياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ولكل ثلاثة مراحل تشغيلية متعاقبة.



شكل (7) التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات الخارجة من الوحدات الاختبارية للمراحل التشغيلية عند حمل فسفور مقداره (0.02 كغم/م<sup>3</sup>. يوم)



شكل (8) التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات الخارجة من الوحدات الاختبارية للمراحل التشغيلية عند حمل فسفور مقداره (0.03 كغم/م<sup>3</sup>. يوم)

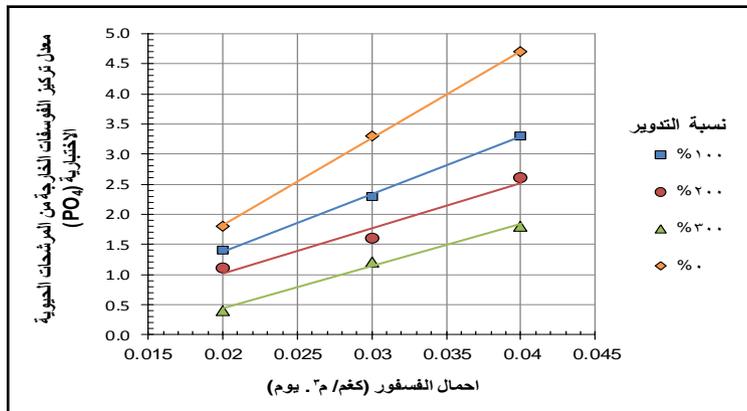


شكل (9) التوزيع التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات الخارجة من الوحدات الاختبارية للمراحل التشغيلية السابعة والثامنة والتاسعة بحمل فسفور مسلط مقداره (0.04 كغم/م<sup>3</sup>. يوم)

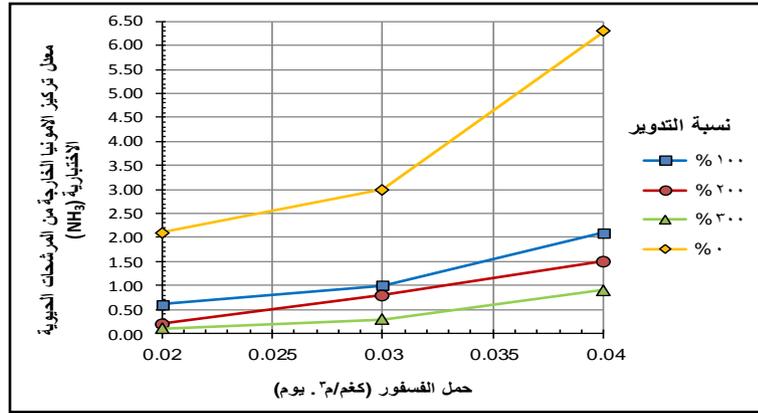
وكما يلحظ من الشكل (7) فان (59%) و(65%) و (75.2%) و (51%) من القراءات المسجلة لقيم تراكيز الفوسفات للمياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث والرابع وعلى التوالي كانت تقع ضمن حدود مواصفات الطرح المحلية المعتمدة (  $PO_4 \leq 3 \text{ mg/l}$  : عباوي وحسن، 1990 )، بالمقابل فان (43%) و (50%) و (66%) و (33%) من القراءات المسجلة لتراكيز الفوسفات في المياه الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث والرابع كانت تقع ضمن محددات الطرح المحلية المعتدة (لاحظ الشكل 8). كذلك ويلحظ من الشكل (9) أن (32%) و (53%) و (67%) و (17.3%) من القراءات المسجلة لقيم تراكيز الفوسفات في المياه المعالجة الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث والرابع كانت تقع ضمن محددات الطرح المحلية المعتمدة.

### تأثير تغير حمل الفسفور في تركيز الفوسفات والامونيا في الماء الخارج عند نسب تدوير مختلفة

يبين الشكل (10) تأثير تغير حمل الفسفور في معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسب تدوير مختلفة، في حين يمثل الشكل (11) تأثير تغير حمل الفسفور في معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسب تدوير مختلفة. وكما نلاحظ من الشكلين (10) و (11) فان معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الثلاثة التي لها نسب تدوير تساوي (100%، 200%، 300%) كانت أقل من معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الذي يعمل بدون تدوير، فعند تسليط حمل فسفور مقداره (0.03 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) فان معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية التي لها نسبة تدوير تساوي (200%، 300%، 100%) يكون (1.2، 1.6، 2.3) ملغم/ لتر وعلى التوالي، بينما كان معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الذي يعمل دون تدوير (3.3) ملغم/ لتر. أما بالنسبة لمعدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية (الشكل (11)) التي لها نسبة تدوير تساوي (100%، 200%، 300%) (0.3، 0.8، 1) ملغم/ لتر وعلى التوالي، بينما كان معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشح الحيوي الاختباري الذي يعمل دون تدوير (3) ملغم/ لتر، ويعود السبب في ذلك الى أن زيادة نسبة التدوير تعمل على تحسين أداء بكتريا ازالة الفوسفات والنتريجة وذلك من خلال تكرار إدخال المياه الى المرشحات وبالتالي زيادة فرصة تلامس هذه البكتريا مع مركبات الفوسفات والمواد النيتروجينية إذ تقوم بكتريا ازالة الفسفور بهضم الفسفور وتحوله الى الاورثوفوسفات مما يقلل من تراكيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية ذات نسب التدوير الأعلى، وتتفق هذه النتيجة مع ما جاء به كل من (Bath et al; 1969) و (Bitton; 2005).



شكل (10) : تأثير تغير حمل الفسفور في معدل تركيز الفوسفات الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة



شكل (11) : تأثير تغير حمل الفسفور في معدل تركيز الامونيا الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية عند نسبة تدوير مختلفة للمراحل التشغيلية التسعة

بالمقابل فإن زيادة حمل الفسفور المسلط على المنظومة الى حد (0.04 كغم/م<sup>3</sup>. يوم) سيؤدي الى زيادة معدل تركيز الفوسفات والامونيا الخارجة من المرشحات (لاحظ الاشكال اعلاه), ويعود السبب في ذلك الى أن زيادة حمل الفسفور يؤدي الى نمو الأحياء المجهرية بشكل مختلف عن شكل نموها الطبيعي وسيؤثر بذلك في عملها إذ تعمل كأنها اسفنجة تقوم بتجميع مياه الفضلات بداخلها وتستمر على ذلك لفترة وبعدها تقوم بإخراج مياه الفضلات دفعة واحدة دون الاستفادة بشكل كامل من المغذيات الموجودة (Logan; 1987).

### الاستنتاجات

1. أدى استخدام نظام المرشحات الحيوية الى تقليل تراكيز كل من الامونيا والفوسفات للمياه الخارجة من المرشحات الحيوية الاختبارية الاربعة.
2. أدى استخدام عملية التدوير بنسب (100%, 200%, 300%) الى زيادة كفاءة ازالة المرشحات الحيوية الاختبارية الأول والثاني والثالث وعلى التوالي ولكل من المواد النيتروجينية والفوسفات، كما وتزداد الكفاءة مع زيادة نسبة التدوير.
3. يزداد معدل تراكيز كل من الامونيا والفوسفات الخارجة من المرشح بزيادة احمال المواد النيتروجينية واحمال الفسفور المسلطة على المنظومة.

### المصادر

1. عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان (1990) "الهندسة العملية للبيئة، فحوصات الماء"، دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.
2. وزارة الصحة، دائرة حماية وتحسين البيئة، 1998، التشريعات البيئية، قسم العلاقات والتوعية البيئية، العراق، صفحة: 1-113.
3. Ahmed S. A. R. (2007), "fast-track evaluation of a compact chemically enhanced-trickling filter system" *Braziliam Journal of Chemical Engineering*, Vo. 24, No. 2, pp. 171-184, April-June .
4. Al-Ahmady Kossay K. and Al-Rahmani Nadeia A.; (2011) "Comparison Efficiency for Using the One and Two Stages Anaerobic Biological Filters in Treating Domestic Greywater, *Al-Rafidain Engineering Journal*, Vol. 19, No. 5.
5. Ambachtsheer R. (2003), "Archaea improves ammonia removal" *Archaea Solutions, Inc.*, PP. 1-9.
6. APHA, WPCF and AWWA (1998), "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 20<sup>th</sup> ed., Washington, D.C.

7. Bath E. F.; Jackson B. N.; Lewis R. F.; and Brenner R. C. (1969) "Phosphorus removal from wastewater by direct dosing of aluminate to a trickling filter" *Journal of water pollution control federation*, Vol. 41, No. 11, part 1 .
8. Bitton G. (2005), "Wastewater microbiology" *Third Edition, University of Florida*, Ch. 8 .
9. Brown and Caldwell (1979), "Fixed growth reactions, west point pilot plant study, volume III." *Rep. prepared for the Municipality of Metropolitan Seattle*, Walnut Creek, Calif. .
10. Boller M. & Gujer W. (1986), "Nitrification in tertiary trickling filter followed by deep-bed filters" *Journal of water Research*, Vo. 20, No. 11, pp. 1363-1373 .
11. Bounds J.; Ye J.; Kulick F. M. and Boltz J. P. (2010), "Nitrifying trickling filter provides reliable, low-energy, and cost-effective tertiary municipal wastewater treatment of a lagoon effluent" *Water Environment Federation*, email: [jianchang.ye@brentw.com](mailto:jianchang.ye@brentw.com) .
12. Clabaugh M. M. (2001), "Nitrification of landfill leachate by biofilm columns" *Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science* .
13. Duddles G. A.; Richardson S. E., and Barth E. F. (1974), "Plastic-medium trickling filters for biological nitrogen control" *Journal of water pollution control federation*, Vol. 46, No. 5.
14. Hammer, M. J.; Wiley J. & Sons (1986), "Water and wastewater technology" *New York*, pp. 536 .
15. Khan A. R.; Min K. S.; Mumtaz & Marwat G. A. (2005), "Effluent recirculation in slag media trickling filter for enhanced organic and nitrogen removal" *Journal chemistry Soc. Pak*, Vol. 27, No. 4 .
16. Logan B. E., Hermanowicz S. W., Parker D. S. (1987), "Engineering implications of a new trickling filter model" *Journal Water Pollution Control Federation Washington*, D. C. 20037 .
17. Maheesan P. M.; Srinikethan G.; Harikumar, P. S. (2011), "Performance evaluation of integrated treatment plant of trickling filter and construct wetland" *The international Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, Vol. 3, No. 1.
18. McGhee T. J. & Steel E. W.; (1991) "Water supply & Sewerage" 6<sup>th</sup> edition, *McGraw Hill, publishing company, New York*.
19. Metcalf and eddy, Inc. (2003), "waste water engineering treatment/disposal/reuse" *fourth edition, McGraw-Hill, inc, New York*, Ch. 7 .
20. Moullick S., Tanveer M.; Mukherjee C. K. (2011), "Evaluation of nitrification performance of a trickling filter with nylon pot scrubber as media" *International journal of science and nature*, Vol. 2(3), P. 515-518.
21. Mofokeng T. Muller A. Wentzel M. Ekama G. (2009) "Full-scale trials of external nitrification on plastic media nitrifying trickling filter" *Water Research Group, Department of Civil Engineering, University of Cape Town, Private Bag X3, Rondebosch 7701, South Africa*.
22. Parker D. S. (1986), "Nitrification in trickling filters" *Journal of water pollution control federation*, Vol. 58, No. 9.
23. Ramalho R.S., (1977), " Introduction to Wastewater Treatment Process", Academic press, Inc., Canada.
24. United States Environmental Protection Agency (2000), "Wastewater technology fact sheet trickling filter nitrification" *Office Of Water Washing, D. C., September*.
25. United States Environmental Protection Agency (1975), "Process design manual for nitrogen control" *Office of Technology Transfer, Washington, D.C.*
26. Vanrolleghem P. A.; Nopens I. and Capalozza C. (2001), "Stability analysis of a synthetic municipal wastewater" *Department Of Applied Mathematics, Biometrics and Process Control, Technical report*, pp. 1-22.
27. Victoria J. R.; Foresti E. (2011), "A novel aerobic-anoxic biological filter for nitrogen removal from UASB effluent using biogas compounds as electron donors for denitrification" *University of Antioquia* No. 60, pp. 72-80.
28. Water Environment Federation (WEF) (1996), "Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants" *Manual of Practice*, No. 11, 5<sup>th</sup> ed. Vo. 2, WEF. Alexandria, Virginia .

## Assessment of Sedimentation Characteristics and Capacity Curve for Mosul Dam Reservoir, Iraq

Issa E. Issa

Lulea University of Technology  
Sweden and Mosul University, Iraq  
issa.elias@ltu

Nadhira Al-Ansari

Lulea University of Technology  
Sweden  
senadhira.alansari@ltu

Sven Knutsson

Lulea University of Technology  
Sweden  
sesven.knutsson@ltu.se

### Abstract

The sedimentation process is the most important problems that affect directly the performance of reservoirs due to the reduction of the storage capacity and possible problems effecting the operation. Thus periodic assessment of the storage capacity and determining sediment deposition patterns is an important issue for operation and management of reservoirs. In this study, bathymetric survey results had been used to assess the characteristics of sedimentation of Mosul Reservoir. It is located on the Tigris River in the north of Iraq. The water surface area of its reservoir is 380 km<sup>2</sup> with a designed storage capacity of 11.11 km<sup>3</sup> at a maximum operating level (330 m a.s.l). The dam started operating in 1986. No detailed study was yet carried out to assess its reservoir. The present study indicated that the annual sediment deposited in the reservoir is  $45.72 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$  which is divided into  $23.2 \times 10^6$  and  $22.52 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$  for dead and live zones respectively. This implies the annual reduction rate in the dead and live storage capacities of the reservoir is 0.786% and 0.276% respectively. Furthermore, the stage-storage capacity curves for the future periods (prediction curves) were assessed using 2011 bathymetric survey data.

**Keywords.** Bathymetric survey, capacity curve, Mosul dam, reservoir sedimentation rate.

### تقييم خصائص الرسوبيات ومنحني السعة لخزان سد الموصل - العراق

د. سفين كينتسون

جامعة لوليا / السويد

د. نضير الانصاري

جامعة لوليا / السويد

عيسى الياس عيسى

جامعة لوليا / السويد

### الملخص

عملية ترسب الرسوبيات في خزانات السدود من المشاكل المهمة التي تؤثر بشكل مباشر على اداء الخزانات نتيجة النقصان في سعة الخزين والتي بدورها تؤثر على عملية التشغيل. التقييم الدوري لسعة الخزين للخزانات وتحديد نمط الترسيب من الامور المهمة في تشغيلها وادارتها. تم في هذه الدراسة استخدام نتائج المسح الباثمري لتقييم خصائص الترسيب في خزان سد الموصل الذي يقع على نهر دجلة شمال العراق. المساحة السطحية لبحيرة السد 380 كم<sup>2</sup> بسعة خزين 11.11 كم<sup>3</sup> عند منسوب التشغيل 330 م فوق مستوى سطح البحر. السد بدأ بالعمل عام 1986 ومنذ ذلك الحين لا توجد دراسة مفصلة لتقييم خزانة. الدراسة الحالية بينت ان معدل الترسيب السنوي في الخزان يبلغ 45.7 مليون م<sup>3</sup> والذي ينقسم الى 23.2 و 22.52 مليون م<sup>3</sup> لمناطق الخزين الميت والخزين الحي على التوالي. هذا يعني الى ان معدل النقصان السنوي في سعة الخزين لمنطقة الخزين الميت والحي هو 0.786% و 0.276% على التوالي. اضافة الى ذلك تم تقييم منحنيات التنبؤ لسعة الخزين للخزان باستخدام نتائج المسح الباثمري 2011.

## Introduction

The decrease and scarcity of water resources in the Middle East due to increased demand have negative effects on the economic development and prosperity and thus affects political stability in the region [1, 2, 3, 4, and 5]. Until 1970, Iraq was excluded from the neighboring countries that suffer from water scarcity due to the presence of the Tigris and Euphrates rivers [4]. The idea of construction of irrigation and flood control systems in Iraq were started in the first half of the twentieth century by the Board of Development created by the Kingdom of Iraq [4]. Primarily, it was to protect Baghdad, the capital, and other major cities from flooding. The 1970 to 1990 was the best period of development of Iraq's water systems. The process stopped in the 1990 due to the first Gulf War and UN sanctions. In 1977, the Turkish Government started to utilize the water of the Tigris and Euphrates Rivers through the South-eastern Anatolia Project (GAP). The project includes 22 multipurpose dams and 19 hydraulic power plants which are to irrigate 17103 km<sup>2</sup> of land with a total storage capacity of 100 km<sup>3</sup> which is three times more than the overall capacity of Iraq and Syrian reservoirs [4 and 5]. The irrigation projects in GAP will consume about 22.5 Km<sup>3</sup> of water per year after completion [3, 4 and 5]. The total irrigated area in Iraq is estimated before the Iraq–Iran war and the second Gulf War to be around 40000 km<sup>2</sup> which decreased to 27800 km<sup>2</sup> after second Gulf War for the Euphrates–Tigris basin [3]. The reduction of flow in the Tigris and Euphrates Rivers in Iraq is considered to be a national crisis and will have severe negative consequences on health and on environmental, industrial and economic development [4 and 5].

In view of the above, the Iraqi Government should work to adopt effective procedures to overcome the water shortages. Among these procedures is the assessment the sedimentation rate in the reservoirs to determine actual storage capacities [4]. Mosul Dam is one of the most important and strategic projects in Iraq. It is a multipurpose project. One of its functions is to provide water at a rate of 48 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> for a huge irrigation project known as “*North Al-Jazira Irrigation project*” that covers an area of 625 km<sup>2</sup> [6 and 7]. This station is located in the upper zone of Mosul reservoir dam. In 1991 and 2005, the station stopped for several days due to sediment accumulated at the inlets [6 and 7]. Furthermore, the reservoir was operated in 1986 and no detailed studies had yet been carried out to know the characteristics of sedimentation and evaluate the stage-storage capacity curves.

In the present study, the two topographic maps of Mosul reservoir dated 1983 and 2011 in Triangular Irregular Network “*TIN*” format were used for the assessment of sedimentation rate and determining the reduction in the storage capacity for the live and dead storages as well as the whole Mosul reservoir during its operational period. In addition, the 2011 TIN map was used to evaluate the adopted stage-storage capacity curves that were proposed by Imatran Voima Osakeyhtio (IVO), Consulting Engineers, Finland [8].

## Mosul Reservoir

Mosul dam is one of the most important hydraulic structures in Iraq which has been built on the Tigris River, north of Iraq, located 60 km north west Mosul city at latitude 36°37'44"N and longitude 42°49'23"E [9] (Figure 1). The dam is multipurpose and in operation on July 7<sup>th</sup>, 1986 to provide water for three irrigation projects, floods control and hydropower generation. The dam is an earth fill dam, 113 m high, 3650 m long with its spillway [9].

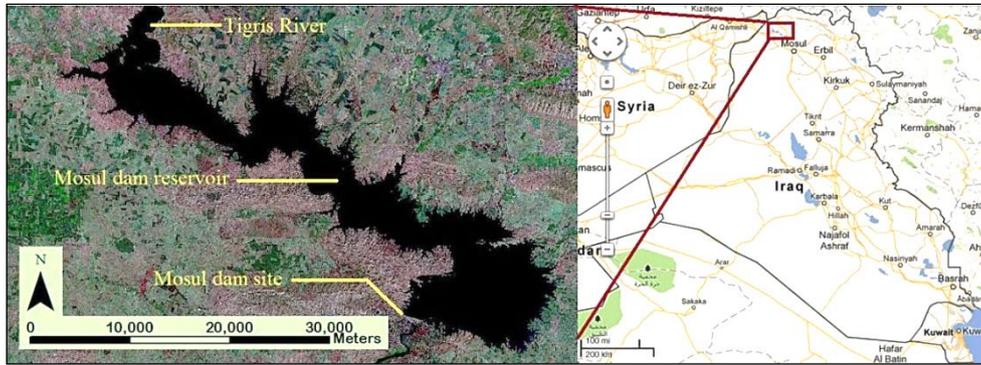


Figure (1): Location of Mosul Dam

Mosul dam has a designed dead storage of  $2.95 \text{ km}^3$  and live storage of  $8.16 \text{ km}^3$ ; i.e. a total storage capacity of  $11.11 \text{ km}^3$ . The maximum, full and dead storage levels of the reservoir are 335, 330 and 300 m a.s.l respectively. The shape of the reservoir is almost elongated and expands close to the dam site. Its length is about 45 km with width ranges from 2 to 14 km at the full level with  $380 \text{ km}^2$  water-spread area [9]. The main source of the water and sediment entering the reservoir flows from the River Tigris; Figure 2 shows the average annual water inflow and outflow of the reservoir during 25 of its operation. The catchment area of the River Tigris estimated above Mosul reservoir is about  $54900 \text{ km}^2$  shared by Turkey, Syria and Iraq [10 and 11] and the catchment area of the valleys surrounding the reservoir is about  $1375 \text{ km}^2$  [12 and 13].

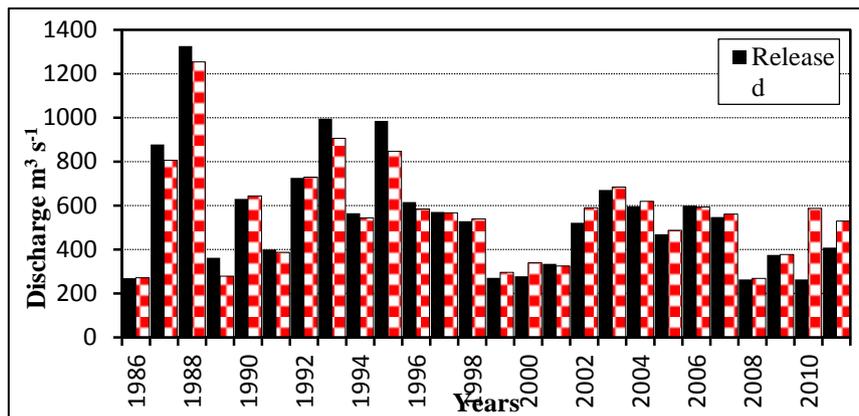


Figure (2): Annual mean inflow and outflow of the Mosul Reservoir for 1986-2011

### Data Availability

The hydrographic survey or bathymetric survey is a direct measurement and most accurate technique to determine the total volume of the sediment deposited in the reservoirs, sedimentation pattern and bottom profile in the reservoirs and lakes. The recent advances in Global Positioning System (GPS), echo sounding survey technique and computer programs caused a significant reduction in the efforts, time and cost of the collecting and analyzing survey data [14, 15 and 16]. The 1986 and 2011 topographic maps in TIN format for Mosul reservoir area were used to evaluate the sedimentation rate and stage-storage capacity curves. These maps were provided by Issa et al. in 2012 [17](Figure3).



Figure (3): TIN maps of Mosul reservoir

The TIN maps were used to compute the storage capacity and water-spread area for live storage and dead storage zones using Arc/GIS software (Table 1). The reduction in storage capacity of the reservoir for the two surveys at different times represents the total volume of sediment accumulated in it [16]. Therefore, the above results were used to compute the volume of sediment deposited and the reduction in the water-spread area for the reservoir during 25 year of operating (Table 1).

Table (1): Storage capacity and water-spread area of Mosul reservoir for two surveys.

Storage	Storage capacity (S.C)				Water-spread area (W.S.A)			
	Survey 1986 km <sup>3</sup>	Survey 2011 km <sup>3</sup>	Difference in S.C km <sup>3</sup>	% Reduction in S.C	Survey 1986 km <sup>2</sup>	Survey 2011 km <sup>2</sup>	Difference in W.S.A km <sup>2</sup>	% Reduction in W.S.A
Live	8.16	7.597	0.563	6.9	380	363.5	16.5	4.34
Dead	2.95	2.37	0.58	19.66	170	136.54	33.46	19.7
Reservoir	11.11	9.967	1.143	10.29	380	363.5	16.5	4.34

## Results And Discussion

The reservoirs are built to achieve certain purposes, e.g. irrigation, hydropower generation, flood control, navigational, urban water supply, etc. Reservoir sedimentation and consequent loss of storage capacity affects directly the future performance of reservoirs. Consequently, it is of prime importance to monitor the rate of sedimentation and the changes in the capacity of the reservoir with time.

According to the observed results (Table 1) the annual reduction rate of the storage capacity of the Mosul reservoir is  $45.72 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$  ( $23.2 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$  dead and  $22.52 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$  live storages). This implies that the annual loss of storage capacity within the dead and live zones is 0.787% and 0.276% respectively. Furthermore the annual loss in water-spread area of the reservoir at dead storage elevation (300 m a.s.l) zone is 1.34 km<sup>2</sup> (Figure 4). Figure 4 shows the maximum loss in water-spread area (water surface area) at the dead storage level (D.L) in the northern part of the reservoir where the River Tigris enters the reservoir at this part. That implies that most of the sediment are deposited in this area. This sequence is very logical in reservoirs [18].



Figure (4): The boundary of water-spread area at dead storage elevation for two surveys calculated using Arc/GIS program

The sedimentation in the reservoir caused a shift in the stage-storage capacity curve. The 2011 TIN map (Figure 3) was used to compute storage capacity as a function of water elevation for Mosul reservoir using the “3D analyst” command within Arc/GIS program (Table 2).

Table (2): Observed storage capacity of Mosul reservoir at different water levels for 2011 bathymetric survey

Pool Elevation (m a.s.l)	Storage Capacity km <sup>3</sup>	Pool Elevation (m a.s.l)	Storage Capacity km <sup>3</sup>	Pool Elevation (m a.s.l)	Storage Capacity km <sup>3</sup>
250	0	276	0.318	302	2.655
252	0.0000115	278	0.4013	304	2.962
254	0.00070	280	0.4975	306	3.296
256	0.00244	282	0.609	308	3.662
258	0.0061	284	0.739	310	4.062
260	0.01375	286	0.887	312	4.494
262	0.0279	288	1.0506	314	4.961
264	0.0474	290	1.229	316	5.468
266	0.0720	292	1.422	318	6.016
268	0.1024	294	1.633	320	6.606
270	0.141	296	1.8624	322	7.260
272	0.189	298	2.1081	326	8.610
274	0.248	300	2.3714	330	9.967

The data in table (2) and adopted curves proposed by IVO figure (5A) were used to compare the established curves in this work (Figure 5B). In figure (5B) it can be clearly noticed that the stage-storage curve of the 2011 survey falls between the initial volume and 40 years operation curves but closer to the latter. It can also be noticed that the curve coincides with the 40 years operation curve at a water elevation above 316 m a.s.l. or more. This might be due to the accumulation of sediment at a greater rate than expected by IVO or due to the fact that the curves proposed by IVO (1968) for the dam were constructed using topographic maps older than 1968 while the dam constructed in 1986. In addition the difference in the dates of map construction and the techniques might have caused these differences.

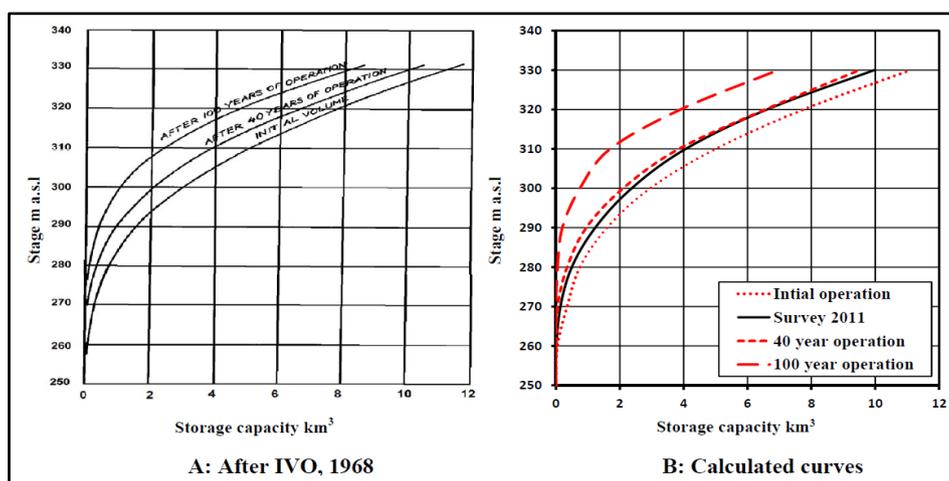


Figure (5. Stage-storage capacity curves for Mosul reservoir

## Summary And Conclusion

Reservoir sedimentation and consequent loss of storage capacity affects directly water availability and project operation. In the present study, two topographic plans in TIN format of 1986 and 2011 surveys were used for the assessment of reservoir sedimentation in live and dead storage zones using Arc/GIS software. The results showed that the annual reduction in the dead and live storage capacities were 0.787% and 0.276% respectively. The water-spread area of the reservoir at dead storage level reduces annually by 1.34 km<sup>2</sup> (4% of total area at dead storage level).

## Acknowledgment

The authors would like to express their thanks and gratitude to Luleå University of Technology, Sweden and by Swedish Hydropower Centre - SVC” established by the Swedish Energy Agency, Elforsk and Svenska Kraftnät together with Luleå University of Technology, The Royal Institute of Technology, Chalmers University of Technology and Uppsala University. Their support is highly appreciated. We would also like to offer our sincere thanks to Dr. Hekmat Al-Daghastani and Mr. Sabah Hussein Ali of Mosul University Remote Sensing Center for their help and support during the study and to Mosul Dam authority, especially the director Abdulkhaliq Ayoub.

## References

- [1] Naff, T., “*Conflict and water use in the Middle East*”. in Roger, R. and Lydon, P. (Ed.), Water in the Arab World: Perspectives and Prognoses, Harvard University, 1993, pp. 253-284.
- [2] Al-Ansari, N.A., “*Water resources in the Arab countries: Problems and possible solutions*”. UNESCO International conf. (Water: a looming crisis), Paris, 1998, pp. 367-376.
- [3] Altinbilek, D., “*Development and Management of the Euphrates–Tigris Basin*”. Water Resources Development, Vol. 20, No. 1, 2004, pp.15-33.
- [4] Al-Ansari, N.A. and Knutsson, S., “*Toward Prudent management of Water Resources in Iraq*”. J. Advance Science and Engineering Research, Vol. 1, 2011, pp. 53-67.
- [5] Al-Ansari, N.A., “*Management of water resources in Iraq: perspectives and prognoses*”. Accepted for publication, Journal of Engineering, 2013.

- [6] Mohammed, Y. T., “*Evaluation of Sediment Accumulation at the Intakes of the Main Pumping Station of North Al-Jazira Irrigation Project*”. MSc. thesis, College of Engineering, Mosul University, Iraq, 2001, p. 170.
- [7] ECB, *Engineering Consulting Bureau*, “*Sedimentation study at the intake of North Jazira Irrigation project*” Final report, College of Engineering, Mosul University, Iraq, 2010, p. 112.
- [8] IVO, *Imatran Voima Osakeyhtio*, Consulting Engineers, Finland, “*Hydrological and Reservoir information*”. Republic of Iraq, Ministry of Agrarian Reform. No. RU3ML0166, 1968.
- [9] Iraqi Ministry of Water Resources, “*Water Resources, Mosul dam*”.2012, Available online at: <http://www.mowr.gov.iq/cwaterresourceview.php?id=54> (accessed 11 May 2012)
- [10] Swiss consultants, “*Mosul dam Project-planning report*”. State organization of dams, Republic of Iraq, Ministry of Irrigation, Vol. 1, 1979, 34 pp.
- [11] Saleh, D.K., “*Stream Gage Descriptions and Stream flow Statistics for Sites in the Tigris River and Euphrates River Basins, Iraq*”. U.S. Geological Survey. Data series 540, 2010, 154 pp. Available online at: <http://pubs.usgs.gov/ds/540/pdf/ds540.pdf> (accessed 10 April 2011)
- [12] Muhammad, A.M. and Mohamed, Y.T., “*Estimating Water Yield From all Wadies That Flows to Eastern Bank of Mosul Dam Reservoir*”. Al-Rafidain Engineering Journal, Vol. 11, No. 2, 2005, pp. 46-56.
- [13] Ezz-Aldeen, M., Al-Ansari, N.A. and Knutsson, S., “*Sediment delivery from right bank valleys to Mosul reservoir, Iraq*”. Journal of Ecology and Environmental Sciences, Vol. 3, No. 1, 2012, pp. 50-53.
- [14] Morris, G.L. and Fan, J., “*Reservoir sedimentation handbook, Design and management of dams, reservoirs, and watersheds for sustainable use*”. McGraw-Hill Book Co., New York, 1998, p. 805.
- [15] Jain, S.K. and Singh, V.P., “*Water resources systems planning and management*”. Elsevier Science B.V, 2003, p. 883.
- [16] Ferrari, R.L. and Collins, K., “*Reservoir Survey and Data Analysis. Erosion and Sedimentation Manual*”. Bureau of Reclamation, Sedimentation and River Hydraulics Group. Denver, Colorado, Ch. 9, 2006, 66 pp. Available online at: <http://www.usbr.gov/pmts/sediment/kb/ErosionAndSedimentation/chapters/Chapter9.pdf> (accessed 15 March 2011).
- [17] Issa, E.I., Al-Ansari, N.A. and Knutsson, S., “*Sedimentation and New Operational Curve for Mosul Dam, Iraq*,” Hydrological Sciences Journal, Vol. 58, No. 7, 2013, pp. 1-11.
- [18] Fan, J. and Morris, G.L., “*Reservoir sedimentation. I: delta and density current deposits*”. J. of Hydraul. Eng., Vol. 118, No. 3, 1992, pp. 354-369.

## تقييم صلاحية مياه وادي المر للري أسفل مشروع ري الجزيرة الشمالي / شمال العراق

علي محمد سليمان يسرى طه عبد الباقي

مركز بحوث السدود والموارد المائية / جامعة الموصل

### المستخلص

تعتبر مياه الوديان وخاصة ذات المورد المائي الدائمي أحد المصادر التي تستخدم في عمليات الري ويعتبر وادي المر الذي يقع شمال غرب محافظة نينوى أحد هذه الوديان، وهو مبزل لمشروع ري الجزيرة الشمالي. تستخدم مياه الوادي لري الأراضي التي يمر بها خارج حدود المشروع، لذا تم في هذا البحث تقييم صلاحية نوعية هذه المياه للري من خلال أخذ عينات من إحدى عشر موقعا خلال مسار الوادي بعد خروجه من المشروع وقبل مصبه في نهر دجلة، أجريت عليها الفحوصات الأساسية اللازمة. بينت المؤشرات المعتمدة لتصنيف مياه الري أن مياه الوادي كانت ذات تركيز عالي جدا من الملوحة والكبريتات واللذان يعتبران من المؤشرات السلبية لمياه الري وذات التأثير المباشر على تملح الترب وتدهورها في حالة استخدامها للري مع الزمن. أما مؤشر الصودية والمتمثل بنسبة امتزاز الصوديوم فقد تراوحت ما بين قليل إلى متوسطة الصودية والتي تعتمد على كمية تصريف الوادي، توصف الأخيرة بان مياهها لا يمكن استخدامها في الترب ذات النفاذية القليلة (الترب الثقيلة الناعمة) وكما هو الحال في معظم الترب السطحية المحيطة بالوادي. أظهرت الدراسة أن مياه وادي أبو ماري (أحد الأفرع التي تصب في وادي المر) ذات نوعية أفضل من مياه وادي المر ويمكن استغلال مياهه في مشاريع حصاد المياه واستخدامها للري قبل مزجه بالنوعية الرديئة في وادي المر.

## Quality evaluation to Al murr Wadi for Irrigation Lower North Jazira Irrigation Project / North Iraq

A.M. Sulyman

Ysra Taha

Dams And Water Resourcesresearch Center- University Of Mosul

### ABSTRACT

Valleys water, especially the permanent ones, one of the sources that are used in irrigation processes and Wadi Al Murr, which is located to the North east of Nineveh province and which is adrain of Al Jaziera northern irrigation project, is considered one of these valleys. The water of the valley is used to irrigate the lands, it passes through outside the borders of the project. In this paper we evaluate the suitability of this water for irrigation taking 11 sample placed along its path next to its exit of jazera project and before Tigris river. Water tests were taken to investigate its quality. Results proved that its water very high saline and sulphur which is consider as negative indicator for water irrigation. which are considered negative indicators in the irrigation waters and which have a direct impact on soil salinity and deterioration when this type of water is used over time. The sodium adsorption ratio between little to medium sodic and depend on discharge quantity in the valley. Water classifications for irrigation show that studied samples from different positions are not recommended according to different parameters like salinity in term of electrical conductivity. Sodicity according to sodium adsorption ratio (SAR). The latter is described as a water that cannot be used for soils with low permeability as in the case of most of the soils surrounding the valley. The study shows better quality for Abu mariay wadi (branch of murr wadi), its water could be used in water harvesting projects and later in irrigation before mixing with dad quality of murr wadi.

## مقدمة

نظراً للظروف التي يمر بها القطر من تناقص في مصادر الموارد المائية وخصوصاً الأعوام السابقة لما شهدته من جفاف وقلة سقوط أمطار إضافة إلى تزايد الطلب على المياه السطحية (مياه الأنهر) وبسبب الدور الذي تلعبه الدول المجاورة في السيطرة على حجم الواردات المائية من مياه نهري دجلة والفرات لذا فان دراسة صفات الوديان ذات المصدر المائي المستمر كان من أحد الأولويات في إعادة استخدامها لأغراض الري في حالة صلاحيتها وكبديل عن مصادر مياه الأنهار أو المياه الجوفية في المنطقة , وعلى هذا الأساس تم تحديد وادي المر والذي يعتبر من الوديان الرئيسية ودائمة الجريان خلال السنة في منطقة ربيعة لبزل مياه المناطق الزراعية لمشروع ري الجزيرة الشمالي . يمر مساره بعد خروجه من المشروع بالعديد من المناطق الزراعية على جانبيه، ويصب فيه العديد من الوديان الأصغر منه . تستخدم مياهه للري كبديل عن مصادر المياه الأخرى من قبل الفلاحين بدون علم مسبق عن مدى تأثيره على التربة أو صلاحيته لأغراض الري ، أجريت دراسات سابقة على مياه الوادي في أراضي المشروع ، أظهرت نتائجها أنها غنية بنواتج الأسمدة المعدنية والعضوية والمبيدات في المنطقة كون أن مصدرها هو مياه البزل، والتي أدت إلى التأثير السلبي على التربة. كما أظهرت تباين صفات وخصائص المياه بسبب مياه الطفح من القنوات الرئيسية والفرعية الفائضة عن حاجة المشروع بعد خلطها بمياه البزل .وبالتالي على عدم ملائمة مياهه للري بالاعتماد على التوصيل الكهربائي ومجمل المواد الصلبة الذائبة والجهد الملحي . وكذلك السمية المتمثلة في أيون الكلوريد . أما مؤشر الصودية والمتمثل في نسبة إمتزاز الصوديوم والمتبقي من كربونات الصوديوم كانت مقبولة وكذلك الدالة الحامضية(1) . أشار (2) أن مياه وادي المر تحتوي على نسبة عالية جداً من الكلور ولا يمكن استخدامه مع أي من المحاصيل وان ملوحة التربة في مواقع مختلفة في المشروع في زيادة بسبب اروائها بمياه ملحية ، لان تراكم الأملاح في التربة يزداد طردياً مع زيادة كمية الأملاح في مياه الري . وأوصت الدراسة إجراء فحوصات دورية لمياه وادي المر والوقوف على أسباب زيادة الملوحة فيها ودراسة إمكانية التقليل منها . أوضح (3) انه على الرغم من ارتفاع نسبة الأملاح في المياه في منطقة الدراسة إلا أن الملاحظ هو استخدام تلك المياه من قبل سكان تلك المنطقة للأغراض المنزلية ولكنه لا يستخدم للشرب ، وكذلك للأغراض الزراعية كري المحاصيل وسقي الحيوانات . يهدف البحث إلى تقييم خصائص مياه وادي المر كدراسة دورية على طول مساره ضمن المناطق التي تستخدم مياهه للري والتي تبدأ بنهاية مشروع ري الجزيرة الشمالي منطقة عوينات وينتهي حتى مصبه في نهر دجلة وخلال فترات تعاقب الأمطار والجفاف لمعرفة مدى تغير صلاحية مياهه وملائمتها للري.

## وصف منطقة الدراسة

يقع وادي المر شمال غرب مدينة الموصل وعلى بعد ما يقارب 90 كم عن مركز مدينة الموصل والذي يمر ابتداءً من الأراضي السورية عبر ناحية ربيعة التابعة لقضاء تلعفر، و يعتبر وادي المر الميزل الرئيس لمشروع ري الجزيرة الشمالي، ويرتبط به العديد من الوديان الفرعية والثانوية والتي تشكل المبالز الرئيسية والثانوية ضمن أراضي المشروع والأراضي المجاورة له حيث تنتقل مياه البزل ومياه الري الزائدة عن حاجة المشروع إضافة إلى مياه الأمطار والسيول في المنطقة عبره والتي تصب برمتها في الميزل الرئيس شكل (1) والذي يمثل وادي المر حيث يصب مياهه في نهر دجلة بمنطقة أسكي موصل (4).

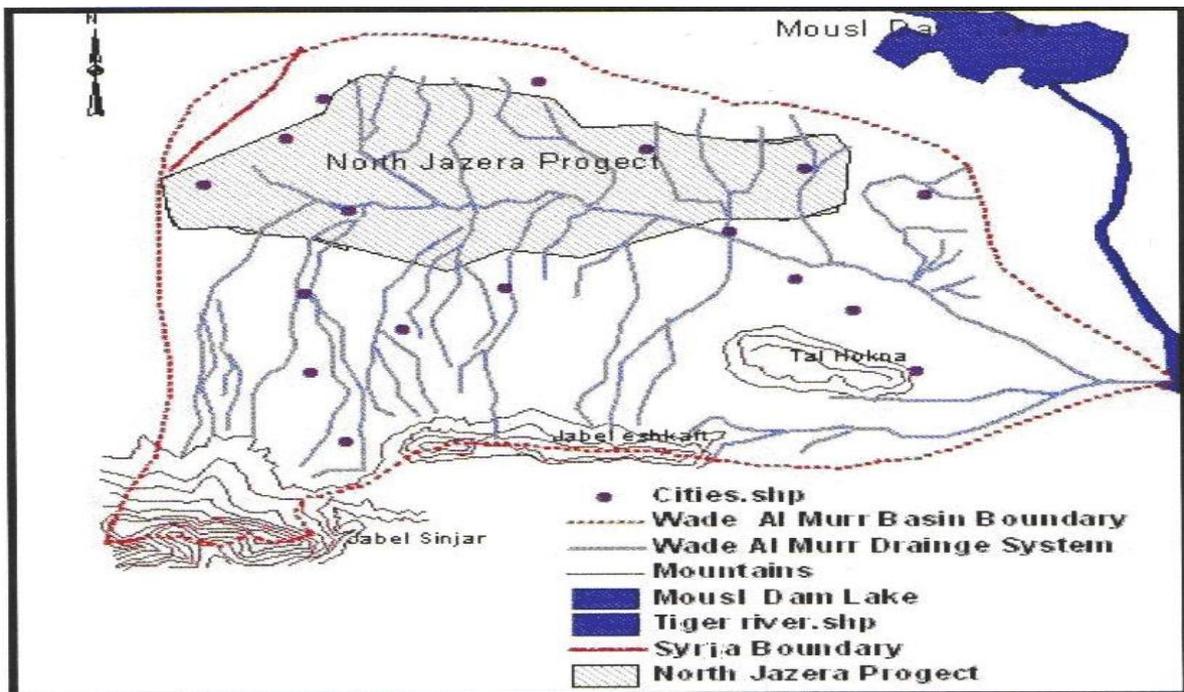
### جيولوجية وترب المنطقة

يتكون نطاق وادي المر والأراضي المحيطة به من الطبقات المؤلفة من متعاقبات التكاوين الجيولوجية المعروفة في المنطقة ابتداءً من تكوين الفتحة الذي ترسب في أراضي المنطقة فوق الصخور العائدة للمايوسين الأسفل ويصل سمك تكوين الفتحة إلى عدة مئات من الأمتار وهو يتألف من ترسيب دوري لطبقات الحجر الجيري والمارل والجبس في بيئة بحرية ضحلة تتغير بتكوين المتبخرات (صخور الجبس والانهايدرايت ) على نطاق واسع (5). أما أنواع الترب السائدة في المنطقة فهي ترب ذات نسجات متوسطة النعومة مزيجية طينية غرينية ومزيجية طينية وغرينية طينية تزداد نسب الطين في طبقاتها السطحية وتصل إلى 43% وفي الطبقات التحت سطحية 59% في معظم الأراضي (2) .

### المواد وطرق البحث

لتقييم صلاحية مياه وادي المر فقد تم دراسة خصائص مياه مجرى الوادي ابتداءً من منطقة عينات والتي تقع في نهاية مشروع ري الجزيرة الشمالي وحتى مصبه في نهر دجلة وتتبع معظم الفروع والأودية الرئيسية التي تصب في الوادي. تم تحديد ( 11 ) موقع ضمن مسار الوادي لأخذ نماذج المياه والتي توزعت ضمن مواقع القرى والأودية التي تحاذي جانبي الوادي شكل(2) وذلك لمعرفة مدى التغيرات الحاصل على صفات هذه المياه .حددت فترتان لأخذ النماذج الأولى خلال نهاية شهر شباط والثانية في نهاية شهر حزيران كمعيار لقياس تغير صفات مياه الوادي خلال فترات الأمطار والجفاف ، تم إجراء الفحوصات الموقعية على النماذج وذلك بقياس درجة حرارة المياه وقيم الايصالية الكهربائية والذالة الحامضية . أجريت باقي الفحوصات لتقدير الايونات الموجبة والمركبات مختبرياً والتي شملت ( تقدير كل من الكبريتات والنترات والبيكاربونات والايونات الموجبة الأساسية الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم وقدرت جميع التحاليل حسب ما جاء في (7). وتم احتساب النسبة المئوية لقيم SAR (نسبة إمتزاز الصوديوم) لتقييم صلاحيته للري حسب المعادلة التالية :

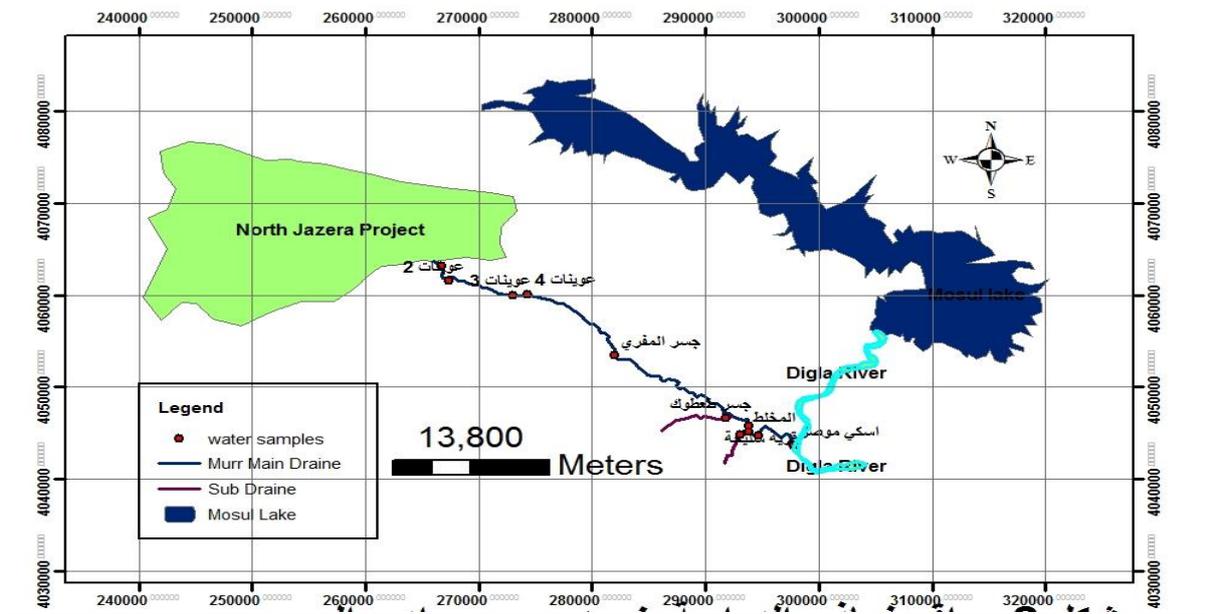
$$SAR\% = Na^+ / ((Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2)^{0.5} \dots\dots\dots(1)$$



الشكل (1) الأودية الرئيسية والفرعية لوادي المر

## المواد وطرق البحث

لتقييم صلاحية مياه وادي المر فقد تم دراسة خصائص مياه مجرى الوادي ابتداءً من منطقة على صفات هذه المياه. حددت فترتان لأخذ النماذج الأولى خلال نهاية شهر شباط والثانية في نهاية شهر حزيران كميّار لقياس تغاير صفات مياه الوادي خلال فترات الأمطار والجفاف ، تم إجراء الفحوصات الموقعية على النماذج وذلك بقياس درجة حرارة المياه وقيم الايصالية الكهربائية والذالة الحامضية . أجريت باقي الفحوصات لتقدير الايونات الموجبة والمركبات مخبئياً والتي شملت ( تقدير كل من الكبريتات والنترات والبيكاربونات والايونات الموجبة الأساسية الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم وقدرت جميع التحاليل حسب ما جاء في (7). وتم احتساب النسبة المئوية لقيم SAR (نسبة إمتزاز الصوديوم) لتقييم صلاحيته للري حسب المعادلة التالية :



شكل (2) مواقع نماذج الدراسة ضمن مجرى وادي المر

## التحليل والمناقشة

### درجات الحرارة:

تراوحت قيم درجات الحرارة لمياه وادي المر ما بين (12.5-21.5) درجة مئوية خلال فترة القياس جدول(1) ، والتي تتأثر بشكل مباشر بدرجات حرارة المصدر الرئيس المغذي لمياه الوادي ، وكذلك تأثرها بجريان الماء داخل الوادي حيث لوحظ ارتفاعها في شهر حزيران عما عليه في شهر شباط وهذا ناتج طبيعي لارتفاع درجات حرارة الجو ، إن معدل درجات الحرارة يكون ضمن الحرارة المثلى لمياه الري .

جدول (1) معدلات بعض الخصائص لمواقع الدراسة لوادي المر (2011)

الموقع	درجة الحرارة		الدالة الحامضية		التوصيل الكهربائي		الكبريتات		النترات	
	درجة مئوية		pH		مايكروموز/سم		ملغرام /لتر			
	شهر	شهر	شهر	شهر	شهر	شهر	شهر	شهر	شهر	شهر
	حزيران	شباط	حزيران	شباط	حزيران	شباط	حزيران	شباط	حزيران	شباط
عوينات 1	19	21.5	7.9	7.4	6600	1920	4147	2950	2.6	1.8
عوينات 2	16.5	20	7.6	7.7	6700	1880	4788	3100	2.8	2.1
عوينات 3	17	21	8.1	7.5	6700	2400	2412	1950	2.4	1.5
عوينات 4	17	19.5	7.4	8.3	1900	2170	3447	2050	2.3	0.93
جسر المفري	16.5	18.5	7.7	7.5	3600	1750	2582	1503	1.8	1
جسر طعطوك	18	21	7.4	7.1	2500	1680	1712	1023	1.1	2.1
قرية هزيمة	12.5	18.5	8.3	7.9	3300	1800	2450	1862	1.8	0.98
ابو ماريا	19	20.5	7.7	8.1	1900	970	1147	981	1.6	0.8
قرية سليحة	14	18.5	7.3	7.7	2300	750	1077	830	1.6	0.75
المخاط	15	21	7.5	7.2	2000	1110	1815	980	1.7	0.85
اسكي موصل	13.5	18.5	7.2	7.3	1900	680	1524	1320	1.7	1.5

#### الدالة الحامضية pH :

تبين من قيم الدالة الحامضية للمياه أنها تراوحت ما بين (7.1-8.3) والتي تميل إلى التعادل بسبب مواد الأصل ، والتربة التي تتغذى منها هذه المياه وأنها قد تكون ملائمة للري ضمن هذه الحدود وفي حالة كون باقي الخصائص ذات تقييم ايجابي للمياه .

#### الايصالية الكهربائية E.C. :

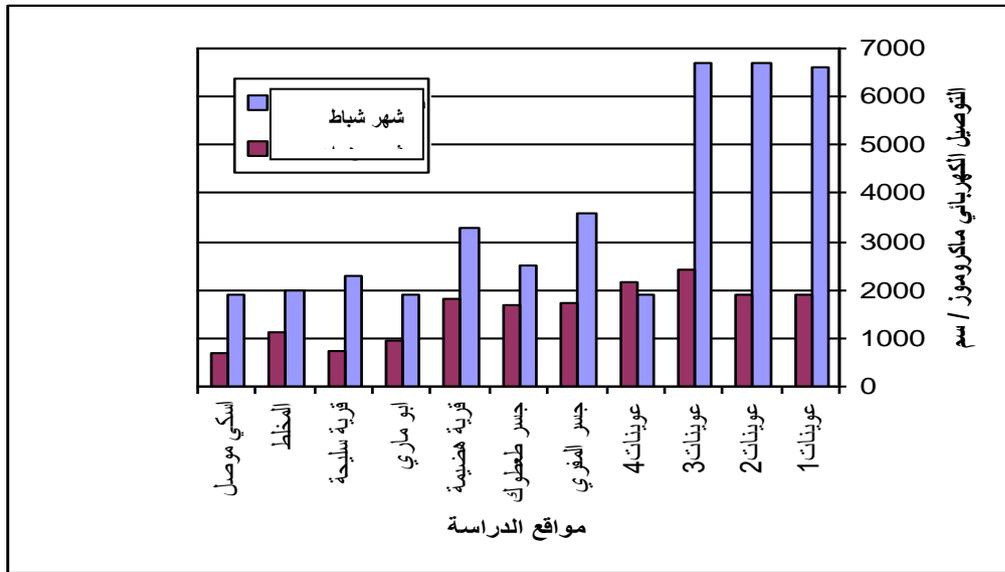
لوحظ ارتفاع عالي في قيم الايصالية الكهربائية والتي تعكس زيادة في محتوى تراكيز الأملاح المذابة في المياه ، تراوحت قيمها وخلال شهر شباط ما بين 6700 مايكروموز/ سم في منطقة عينات و 1900 مليموز في منطقة أبو ماريا ، والتي تصنف إلى مياه ذات نوعية مياه عالية الملوحة (C3) إلى مياه ذات ملوحة عالية جداً (C4) حسب تصنيفات مختبر الملوحة الأمريكي 1954، جدول (2) وهذا مؤشر واضح في زيادة عملية الغسل العالية لمياه البزل في مشروع ري الجزيرة الشمالي وخاصة في المناطق القريبة من المشروع (منطقة عينات) والتي تتأثر بشكل مباشر بهذه المياه المحملة بتراكيز عالية من نواتج الأسمدة العضوية والمعدنية والمبيدات المستخدمة في الزراعة لأراضي المشروع ، ومن ناحية أخرى تناقصت قيم الأملاح الكلية المذابة في مياه الوادي خلال شهر حزيران حيث بلغت قيمه (2400 مايكروموز/سم) في منطقة عينات والتي تصنف ضمن الصنف (C4) ، في حين بلغت (680 مايكروموز/سم) في منطقة أسكي موصل والتي تصنف بأنها مياه متوسطة الملوحة (C2) ، وهذا التناقض في قيم الايصالية الكهربائية ناتج عن زيادة التصريف

والتخفيف الحاصل للمياه من خلال مياه الأودية الفرعية والثانوية التي تغذي مياه وادي المر وخاصة وادي الشور حيث بلغت قيم الإيصالية الكهربائية له (750-970 مايكروموز/ سم) والذي يعتبر من الأودية الرئيسية المغذية لوادي المر، والذي تستخدم مياهه للزراعة ضمن الأراضي المحيطة به، وذات المصدر المائي المستمر تقريباً خلال السنة ويتغذى من مياه العيون المتواجدة في جبل سنجار والمناطق المحيطة به شمال تلعفر.

جدول (2) تصنيفات مختبر الملوحة الأمريكي لماء الري على أساس EC (1954)

نوعية المياه	المنف	قيمة الإيصالية الكهربائية EC
مياه قليلة الملوحة	C1	100-250
مياه متوسطة الملوحة	C2	250-750
مياه عالية الملوحة	C3	750-2250
مياه ذات ملوحة عالية جداً	C4	2250-5000

هذا وإن ارتفاع قيم الأملاح المذابة لمياه وادي المر خلال شهر شباط عما عليه في شهر حزيران ناتج بفعل قلة مياه الوادي في هذه الفترة حيث لوحظ أثناء اخذ النماذج ان تصريف الوادي كان قليلاً جداً في شهر شباط وخاصة في منطقة عينات عما عليه في شهر حزيران حيث لوحظ زيادة تصريف الوادي بشكل كبير والناتج من زيادة مياه الطفح المتأتية من مشروع ري الجزيرة والفائضة عن حاجة الري إضافة إلى زيادة في مياه الأودية الفرعية والثانوية الناتجة من مياه الأمطار والتي تغذي الوادي في هذه الفترة والتي أدت إلى غسل هذه المياه من الأملاح الكلية شكل (3).



شكل (3) التغيرات في قيم الإيصالية الكهربائية خلال فترتي القياس

### الكبريتات :

تزايدت تراكيز الكبريتات في مياه وادي المر بشكل عالي جداً وخاصةً خلال شهر شباط حيث تراوحت قيمها ما بين ( 4788 ) ملغرام /لتر في منطقة عينات الى ( 1320 ) ملغرام /لتر في منطقة أسكي موصل وبلغت ( 830 ) ملغرام /لتر في قرية سليحة وهذه التراكيز العالية والاختلاف الحاصل ناتج من طبيعة مصادر المياه في هذه الوديان والتي غالباً ما تكون من صخور الجبسوم السائدة في المنطقة وبفعل المياه تعمل على ذوبان هذه الأملاح وزيادة تركيز الكبريتات إضافة إلى عملية الغسل المرتفعة بتراكيزها في الأسمدة ونوع العمليات الزراعية المختلفة في ترب مشروع ري الجزيرة . وان تراكيز الكبريتات في مياه الوادي تقع جميعها أعلى من المواصفات العالمية البالغة ( 400 ) ملغرام /لتر كحد أعلى ( 7 ) .

### النترات :

تم تقدير النترات كونها تعبر عن حالة التوازن الأكثر ثباتاً للأسمدة النتروجينية خلال تحللها إلى العديد من المركبات بفعل التفاعلات الكيماوية ولعل أهم مؤشر إلى وجود النترات في المياه هو زيادة غسلها واستخدامها في العمليات الزراعية المختلفة وزيادة النشاط الحيوي (8) وتراوحت قيم تركيز النترات ما بين (2.8) ملغرام /لتر في منطقة عينات وأقل معدل في وادي أبو ماري وقرية سليحة فبلغت (0.8 - 0.75 ) ملغرام /لتر على التوالي وتشير نسبة النترات إلى انخفاض تراكيزها في مياه الوادي عن المعدلات العامة للمواصفات العالمية والبالغة (11) كحد أعلى وقد يرجع سبب انخفاضها هو قلة استخدام الأسمدة النتروجينية إضافة إلى تناقص النشاط الحيوي في مياه الوادي ذات الجريان المستمر

### تغاير خصائص وادي المر خلال فترة القياس :

لعل من الأمور المهمة في وادي المر هو تذبذب حجم تصريف المياه داخل الوادي ضمن فترات معينة من السنة وذلك من زيادة إما في حجم التصريف التي تطلق من مشروع ري الجزيرة والذي بدوره يؤدي إلى فائض عن حاجة الإرواء في أراضي المشروع ومن ثم زيادة في مياه الطفح من خلال القنوات او من تسرب المياه بفعل التكرسات المتواجدة في هذه القنوات ، او عن طريق زيادة في كمية الأمطار في المنطقة المحيطة بالوادي وزيادة انتقال المياه عن طريق الأودية الفرعية والثانوية التي تنقل الماء برمتها إلى وادي المر الذي يعتبر المبرز الرئيس للجبايات المحيطة به في المنطقة وكل هذا يؤدي إلى زيادة في حجم تصريف الوادي خلال السنة مما ينعكس نوعاً ما إلى تقليل كمية الأملاح المذابة وتقليل تراكيز المركبات والايونات في مياه الوادي والتي قد تستخدم في بعض الأحيان للزراعة في المنطقة ويرجع سبب هذا التناقص في الدراسة إلى زيادة التصريف التي أطلقت من المشروع بعد موجة سقوط الأمطار العالية التي اجتاحت المنطقة في نهاية نيسان عام 2011 .

### تصنيف نوعية مياه وادي المر حسب قيم SAR :

تعتبر مؤشرات قيم نسبة إمتزاز الصوديوم من أهم المعايير الأساسية المستخدمة في تقييم نوعية المياه للري كونها مؤشراً إلى زيادة تراكيز العناصر ذات التأثير المباشر والرئيس على خصائص وصفات التربة مثل ايون الصوديوم والذي يؤثر على نسبة الايونات الأخرى المتواجدة مثل ايون المغنيسيوم والكالسيوم لذا صنفت المياه وحسب تصنيف مختبر الملوحة الأمريكي (1954) جدول (3) . والجدول (4) يبين أن نسبة إمتزاز الصوديوم (SAR) للمياه تراوحت ما بين (8.96-20.87)% خلال شهر حزيران أي بمعدل (14.91)% والتي تصنف بأنها مياه ري متوسطة الصودية (

(S2) والماء ملائم للترب ذات النفاذية الجيدة وغير ملائم للترب الناعمة . وقد تجاوزت نسبتها إلى ( 20.87 % ) في منطقة عينات والتي تعتبر مياه ذات صنف عالي الصودية ( S3 ) والماء ضار لأغلب المحاصيل والترب ويتطلب بزل وغسل جيدين مع استخدام الجبس ، في حين تراوحت ما بين (5.15- 10.22) % أي بمعدل (7.68) % خلال شهر شباط والتي تعتبر مياه ذات ملوحة قليلة الصودية والتي تقع ضمن الصنف ( S1 ) والتي تعتبر ملائمة لري معظم المحاصيل ومعظم الترب عدا الحساسة جدا للصوديوم عدا ارتفاعها في منطقة عينات إلى ( 10.22 ) % .

جدول (3) تصنيفات مختبر الملوحة الأمريكي لماء الري على أساس قيم SAR (1954)

صنف الماء	الصنف	SAR %	مدى ملائمة الماء
قليل الصودية	S1	10-0	الماء ملائم لري معظم المحاصيل ولمعظم الترب تقريبا عدا المحاصيل الحساسة جدا للصوديوم
متوسط الصودية	S2	18-10	الماء ملائم للترب ذات النفاذية الجيدة وغير ملائم للترب الناعمة
عالي الصودية	S3	26-18	الماء ضار لأغلب الترب ويتطلب بزل وغسل جيد مع استخدام الجبس
عالي الصودية جدا	S4	26 فاكثر	الماء عادة غير صالح لإغراض الري

جدول (4) قيم نسبة امتزاز الصوديوم لنماذج مواقع الدراسة

الموقع	ايون الصوديوم	ايون المغنيسيوم	ايون الكالسيوم	نسبة امتزاز الصوديوم	ايون الصوديوم	ايون المغنيسيوم	ايون الكالسيوم
	ملغرام / لتر				ملغرام / لتر		
	شهر شباط				شهر حزيران		
عينات 1	140	210	338	8.46	321	416	621
عينات 2	115	188	591	5.83	388	301	390
عينات 3	163	207	302	10.22	432	480	623
عينات 4	151	125	360	9.70	338	361	590
جسر المفري	78	105	285	5.59	270	408	510
جسر طعطوك	106	181	205	7.63	260	203	365
قرية هزيمة	109	191	315	6.85	201	297	620
قرية سايحة	98	203	290	6.24	307	360	368
ابو ماريا	120	197	411	6.88	250	315	819
المخلط	142	158	421	8.35	295	317	703
اسكي موصل	87	84	487	5.15	189	260	630

## الاستنتاجات والتوصيات

تبين من خلال دراسة صفات مياه وادي المر بأنها ذات نوعيات تتباين مع كمية التصريف المار خلال الوادي والذي مصدره الأساسي هو مياه مشروع ري الجزيرة الشمالي ومياه البزل وقد أوضحت فحوصات خصائص المياه أنها لا يمكن استخدامها للري وخاصة في مناطق القريبة من مشروع ري الجزيرة منطقة عينات وفي فترة انخفاض حجم التصريف المار خلال الوادي ، وإنها من ناحية أخرى قد تكون ملائمة لري بعض أنواع من الترب الخفيفة النسجة أو المتوسطة في المناطق القريبة من منطقة أسكي موصل او المناطق المحاذية لها وعند زيادة حجم التصريف في الوادي لكي لا تسبب هذه المياه مستقبلا زيادة تملح الترب وتدهورها .

هناك وديان تصب في وادي المر وخاصة وادي أبو ماريا وهو من الوديان ذات المصدر الدائم خلال السنة والذي يتغذى من مياه العيون لجبل سنجار والمناطق المحيطة بها والذي يلتقي بوادي المر في منطقة المخطط عند قرية هزيمة ، وتشير النتائج الفحوصات الرئيسة إلى أن مياهه ذات خصائص ونوعية أفضل من مياه وادي المر والتي قد تكون مشجعة لاستخدامها في عمليات الري للمناطق المحيطة بها دون تأثرها على تملح التربة او استغلالها في مشاريع حصاد المياه بدلا من أن تهدر في وادي المر الذي يؤدي إلى تغيير خصائصها وعدم استخدامها بالشكل الأمثل في عمليات الري وخاصة في هذا الظرف الذي يحتاج الى مثل هذه المشاريع .

## المصادر

1. مصطفى ، معاذ حامد (2002) وادي المر مبرز طبيعي لمشروع ري الجزيرة الشمالي ، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة ، مجلد 5 ، العدد 1 37-67 .
2. شركة دجلة العامة للدراسات وتصاميم مشاريع الري (1990) تقييم اداء مشروع ري الجزيرة الشمالي / وزارة الري / الهيئة العامة لتشغيل مشاريع الري .
3. محمود ، معن هاشم (2005) ، الخصائص النوعية لمياه وادي المر وأثرها في نوعية مياه نهر دجلة ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم/ علوم حياة .
4. Ndeeco.1986.North Jazera Irrigation Project ,design criteria, Nether land.
5. بدر ،هدى هاشم واليوزيكي ،قتيبة توفيق (2010) دور البزل في إزالة النترات من التربة في منطقة ربيعة ،شمال العراق . المؤتمر الدوري السابع لمركز بحوث السودان والموارد المائية \_جامعة الموصل 24-25 /11/2010.
6. عباوي ،سعاد عبد وحسن ، محمد سليمان (1990) الهندسة العملية للبيئة -فحوصات الماء ، دار الحكمة للطباعة والنشر ،جامعة الموصل .
7. Jones, J.A.A.(1997) Global Hydrology, Processes ,resources and environmental management .London . England,399p.
8. Hamil,L. and Bell,F.G.(1986) Ground water resources development, Butter
9. بدر،هدى هاشم (2009) تأثير عمليات الري في التربة ،مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية ،المجلد الخامس والعشرون - العدد الثاني

## الخصائص الهيدروليكية للهدارات المقوسة ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية

أحمد شهاب أحمد

رعد هوبي إرزوقي

قسم الهندسة المدنية – جامعة تكريت

### المستخلص

في هذا البحث تم إجراء دراسة مختبرية لمعرفة الخصائص الهيدروليكية للجريان فوق الهدارات المقوسة ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية، حيث تم استخدام أربع قيم لنسبة التقوس ( $R_1/R_2$ ) وهي (0.5, 1, 2, 4)، حيث أن  $R_1$  تمثل نصف قطر التقوس بالاتجاه الموازي للجريان و  $R_2$  نصف قطر التقوس بالاتجاه العمودي على الجريان. كما تم استخدام ثلاثة ارتفاعات (P) لكل من هذه الهدارات هي (15, 18, 22) سم. تم إمرار الجريان فوق هذه الهدارات في حالتين، الأولى يكون فيها التقوس باتجاه الجريان والثانية يكون فيها التقوس عكس اتجاه الجريان. ولكل من هذه الحالات تم إمرار ستة تصاريح مختلفة حيث بلغ عدد التجارب التي أجريت على هذا النوع من الهدارات 288 تجربة. وعلى ضوء النتائج المستحصلة من هذه التجارب واستنادا إلى المعاملات المستنبطة من التحليل الأبعدي للعوامل المؤثرة على الجريان فوق هذا النوع من الهدارات تم رسم العلاقات التي تربط بين هذه المعاملات. كما تم استنباط أربعة معادلات وضعية لحساب التصريف فوق الهدارات المقوسة ولحالات تكون فيها القمة حادة أو نصف دائرية عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكس اتجاه الجريان وأظهرت هذه المعادلات توافق جيد جدا ما بين النتائج المستحصلة من هذه المعادلات مع النتائج المقاسة عمليا. الكلمات الدالة: الهدارات المقوسة، معامل التصريف، حافة حادة، حافة نصف دائرية.

## Hydraulic Characteristics of Arch Weirs with Sharp or Semi-Circular Crest

Raad Hoobi Irzooki

Ahmad Shehab Ahmad

Civil Engineering Dept. – University of Tikrit

### ABSTRACT

In this research, an experimental study was carried out to define the hydraulic characteristics of flow over the arch weirs with sharp or semi-circular crest. Four different values of curvature ratio ( $R_1/R_2$ ) were used (0.5, 1, 2, 4), where ( $R_1$ ) represents the curvature radius in the direction parallel to the flow and ( $R_2$ ) is the curvature radius in the direction perpendicular to the flow. Also, Three different heights (p) for each one of these weirs were used (22, 18 and 15) cm. The flow was passed over these weirs in two cases, in the first, the curvature was in the direction of flow and in the second, the curvature was in the opposite direction of flow. For each of the above different cases, six different discharges were passed. The overall tests in this study are 288.

Based on the obtained results from the experiments, and according to the resulted parameters from the dimensional analysis of the factors affecting on the flow over the arch weirs, the relations between the above parameters were plotted. Four empirical equations were predicted for computing the passing discharge over the arch weirs for the cases of sharp or semi-circular crest, and when the curvature of this weir with the flow direction or opposite the flow direction. A very good agreement between the computed results from these equations and the results which were measured experimentally.

**Keywords:** Arch Weirs, Discharge Coefficient, Sharp Crest, Semi-Circular Crest.

## المقدمة

تعتبر الهدارات واحدة من أقدم المنشآت الهيدروليكية التي قام بصنعها الإنسان والتي استخدمت لقياس التصريف في القنوات المفتوحة. وحديثاً توسع استعمال هذه الهدارات في مشاريع وخطط الموارد المائية. ان الهدف الأساسي من دراسة السدود الغاطسة أو الهدارات هو إيجاد علاقة ثابتة بين التصريف لهذه المنشآت وعمق الجريان فوق قمتها (Fenton,2001)[1]. ويمكن تصنيف الهدارات إلى أنواع مختلفة تبعاً لأشكالها، فمنها المستطيلة والمثلثة وشبه المنحرفة... الخ، وتكون الهدارات إما ذات مقطع عريض أو رقيقة ولكن اغلب الهدارات التي تستخدم لقياس التصريف تكون رقيقة السمك.

أجريت العديد من البحوث والدراسات السابقة الخاصة بدراسة خصائص الجريان فوق الهدارات في الأنهار والقنوات واعتمدت معظم الدراسات على نتائج التجارب المختبرية التي تم فيها استخدام الهدارات بأشكال مختلفة لقياس التصريف فوقها وذلك باعتبارها منشآت طمح للسيطرة على منسوب المياه في القنوات والخزانات. فقد تم إجراء العديد من الدراسات المختبرية على الهدارات المستقيمة العمودية على جدار القناة، فقد قام الباحث ماثيو (Mathew , 1968) [2] بأجراء تجارب على عدة نماذج من الهدارات المستقيمة ذات الحافة الدائرية وبأنصاف أقطار مختلفة، وتوصل إلى أن للشد السطحي ولزوجة الماء والأبعاد الهندسية للهدار تأثير كبير على الجريان فوق الهدار وخصوصاً في النماذج الصغيرة بسبب تأثير عامل القياس (scale effect)، واقترح معادلة لحساب معامل التصريف عند استخدام مثل هذه الهدارات. وقام الباحث وايت (White, 1977) [3] بعدة تجارب على هدارات بعرض مقطع القناة ذات سمك قليل، وقد أجريت التجارب لإظهار تأثير موقع الهدار بالنسبة لارتفاع الماء في المقدم في حساب معامل التصريف، و قد تم اشتقاق معادلة جديدة لحساب التصريف اعتمدت على نتائج التجارب المختبرية. الطبطبائي وآخرون (Al-Tabatabaie et.al., 1985) [4] قاموا بدراسة مختبرية لخصائص الجريان فوق الهدارات دائرية الحافة التي تتغير أشكالها من نصف دائرية إلى الشكل الهلالي، وتمكن الباحثون من إيجاد علاقة لحساب معامل التصريف. أما الباحث جليمران (Chilmeran, 1996) [5] فقد قام بدراسة خصائص الجريان فوق الهدارات العمودية والمنحرفة نصف دائرية الحافة تحت حالات الجريان الحر مختبرياً، وتوصل إلى استنتاج علاقة لحساب معامل التصريف. وقام الباحث فاتانيا (Ziba Vatannia, 1999) [6] بدراسة مختبرية لخصائص الجريان فوق السدود الغاطسة المنحرفة والحادة الحافة تحت حالات الجريان الحر. أما الباحثة التكريتي (Al-Tikrity, 2000) [7] فقد قامت بدراسة الخواص الهيدروليكية للهدار العمودي ذو حافة نصف دائرية مختبرياً تحت حالات الجريان الحر. وقام الباحث الحميداي (Al-Humaidawa, 2000) [8] بدراسة خواص الجريان فوق السدود الغاطسة المنحرفة ذات الحافة العريضة. أما الباحثة (حياوي، 2004) [9] قامت بدراسة تأثير ميل المؤخر للهدار العمودي والمنحرف ذو القمة نصف الدائرية تحت حالات الجريان الحر مختبرياً، وتم الحصول على معادلة لحساب معامل التصريف. أما الباحثان (الطائي و جليمران، 2005) [10] قاما بدراسة الخصائص الهيدروليكية للجريان فوق الهدار المائل ذو القمة المركبة المتكونة من ربع دائرة وذات حافة حادة تحت حالات الجريان الحر. كما قام محمد علي (Mohammed-Ail, 2012) [11] بدراسة الخواص الهيدروليكية للهدارات المستقيمة ذات الفتحة ببيضوية الشكل ذات الحافات الحادة، تم التوصل إلى معادلة لحساب التصريف فوق هذا النوع من الهدارات. كذلك تم إجراء العديد من الدراسات على هدارات غير مستقيمة من المنظور العلوي، فالباحث سمث (Smith, 1967) [12] درس سلوك السدود الغاطسة المتعرجة من المنظور العلوي حيث قام بإنشاء نماذج من هذه السدود وكان غرضه من الدراسة هو لتقليل التعرية في منطقه مؤخر السد الغاطس وذلك بزيادة الطول الفعال لهذا السد. وتوصل إلى انه كلما يزداد طول الحافة العليا يقل معامل

التصريف مقارنة بالسدود الغاطسة المستقيمة وعند القيم القليلة لنسبه العمق إلى الارتفاع. وقام الباحثان هاي وتاييلور (Hay&Taylor,1970)[13] بدراسة أداء السدود الغاطسة المتعرجة (Labyrinth weirs). وأشار إلى أن قابليه السدود الغاطسة المتعرجة لتمرير تصاريف كبيره بعمق قليل نسبيا يجعلها المنشأ الأمثل في الموقع عندما يكون اكبر عمق فعال محددًا. أما الباحث دارفاس (Darvas,1971)[14] فقد حصل على نتائج مطابقة للنتائج التي حصل عليها الباحثان هاي وتاييلور (Hay&Taylor,1970)، إذ أجرى تجاربه على سدود غاطسة متعرجة ذات تعرج شبه منحرف و تمت دراسة خواص السد الغاطس وشكل الحافة وحالات الجريان الحر وأوجد منحنيات عدة لتغير هذه الحدود مع بعضها. الباحث الحسون (Al-Hasson,1978)[15] قدم معلومات وبيانات مهمة على عدد من النظريات التي تتناول الجريان فوق السدود الغاطسة ذات الشكل شبه المنحرف من المنظور العلوي. كذلك قام الباحث إبراهيم (Ibraheem, 1983)[16] بدراسة خواص السدود الغاطسة المتعرجة ذات التعرج المثلث من المنظور العلوي. واستخدم الباحث القصير (AL-Qasser, 1983)[17] السدود الغاطسة المتعرجة ذات الشكل المثلث من المنظور العلوي بزوايا جانبية لقمة الهدار مع الجدار، وتوصل إلى إيجاد علاقة لحساب معامل التصريف. وقام الباحثان نوري وحيابوي (Noori & Hayawi, 1996)[18] بأجراء دراسة للسدود الغاطسة المتعرجة ذات التعرج نصف الدائري من المنظور العلوي وحافة حادة وبشكل محدب ومقعر مع اتجاه الجريان، وقد تم التوصل إلى علاقتين لحساب معامل التصريف، أحدهما للشكل المحدب والأخرى للشكل المقعر. أما الباحث الأعرجي (AL-Aarage, 2001)[19] فقد قام بدراسة مختبرية للأداء الهيدروليكي للسدود الغاطسة من نوع منقار البط (duckbill weir) تحت حاله الجريان الحر، وقد تم التوصل إلى علاقة لحساب معامل التصريف. الباحث (المتيوتي، 2003)[20] فقد قام بدراسة الأداء الهيدروليكي للسدود الغاطسة بتعرج شبه منحرف دائري الزوايا من المنظور العلوي، وتم الحصول على معادلتين لحساب معامل التصريف أحدهما عندما يكون التعرج باتجاه الجريان والأخرى عندما يكون عكس اتجاه الجريان.

استنادا لما ذكر مسبقا يلاحظ انه تم دراسة الأداء الهيدروليكي للجريان فوق أشكال مختلفة من الهدارات سواء من المنظور العلوي أم من المنظور الجانبي وكذلك لحالات مختلفة لحافة هذه الهدارات ولم يتم التطرق لدراسة الهدارات المقوسة من المنظور العلوي. في هذا البحث تم دراسة الأداء الهيدروليكي للجريان فوق الهدارات المقوسة من المنظور العلوي ولحالات مختلفة من نسبة نصف القطر الطولي إلى نصف القطر العرضي للنفوس ( $R_1/R_2$ ) ولحالتين مختلفتين من الحافة العليا وبارتفاعات مختلفة لهذه الهدارات وكذلك تم دراسة خصائص الجريان فوق هذه الهدارات في حالات كون النفوس باتجاه الجريان أو عكسه.

#### أهداف الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلى ما يلي:

- دراسة خصائص الجريان فوق الهدارات المقوسة ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية.
- دراسة علاقة كافة خصائص الهدارات المقوسة مثل نسبة النفوس للهدار، ارتفاع حافة الهدار، عمق الماء فوق حافة الهدار، شكل حافة الهدار واتجاه النفوس على مقدار التصريف المار فوق هذه الهدارات.
- استنباط علاقات وضعية لحساب تصريف الجريان فوق الهدارات المقوسة بالاعتماد على العوامل المؤثرة على التصريف عندما تكون الحافة العليا حادة أو نصف دائرية ولحالات الجريان عندما يكون مع اتجاه النفوس أو عكسه.

## التحليل البعدي

إن العوامل التي تؤثر في كفاءة الأداء وخصائص الجريان فوق الهدارات المقوسة هي كما يلي:

$$Q = f(H_o, P, R_1, R_2, V, g, \rho, \mu) \quad \dots\dots\dots(1)$$

أن :

$$Q = \text{التصريف المار فوق الهدار المقوس (L}^3/\text{T)}$$

$$H_o = \text{عمق الماء فوق قمة الهدار (L)}$$

$$P_o = \text{ارتفاع الهدار (L)}$$

$$R_1 = \text{نصف قطر التقوس بالاتجاه الطولي للقناة (L)}$$

$$R_2 = \text{نصف قطر التقوس بالاتجاه العرضي للقناة (L)}$$

$$V = \text{سرعة الجريان (L/T)}$$

$$g = \text{التعجيل الأرضي (L/T}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{الكثافة الكتلية للماء (M/T}^3\text{)}$$

$$\mu = \text{اللزوجة الديناميكية للماء (M/T.L)}$$

وبإتباع عملية التحليل البعدي باستخدام نظرية باي (Pie-theorem) تم الحصول على العوامل اللابعديّة التالية:

$$\frac{Q}{H_o^{5/2} g^{1/2}} = f\left(\frac{P_o}{H_o}, \frac{R_1}{H_o}, \frac{R_2}{H_o}, \text{Re}\right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

ويإهمال تأثير اللزوجة على خصائص الجريان فوق الهدارات المقوسة تصبح المعادلة أعلاه بالشكل التالي (2):

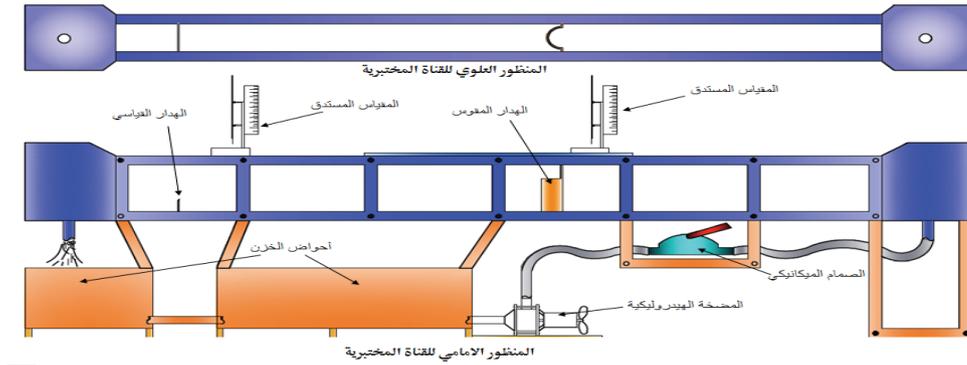
$$\frac{Q}{H_o^{5/2} g^{1/2}} = f\left(\frac{P_o}{H_o}, \frac{R_1}{H_o}, \frac{R_2}{H_o}\right) \quad \dots\dots\dots(3)$$

## العمل المختبري

### القناة المفتوحة (Flume)

تم إجراء التجارب المختبرية في قناة مختبرية أفقية مستطيلة في مختبر الهيدروليك في قسم هندسة البيئة جامعة تكريت، يبلغ طول القناة 6 متر وعرضها 30 سم أما ارتفاعها فيبلغ 40 سم، الشكل (1) يوضح مخطط تفصيلي للقناة المستخدمة، مجرى القناة يتكون من قاعدة حديدية ومن جدران بلاستيكية شفافة وهذه الجدران مسندة بأعمدة حديدية لكل متر وعلى كلا الجانبين. وتتصل القناة في بدايتها ونهايتها بحوضين أبعاد كل منهما (50 × 50 × 50)سم، وكل حوض يوجد في قاعدته فتحة دائرية بقطر 8 سم مرتبطة بأنبوب بلاستيكي وهي جزء من منظومة مغلقة تعمل بها هذه القناة. الحوض الموجود في بداية القناة يستفاد منه لتهدئة الجريان المضطرب الداخل للقناة، أما الحوض الموجود في نهاية القناة فهو لتجميع الماء القادم من القناة وإعادته لحوض الخزن. تجهز القناة بالماء بواسطة مضخة هيدروليكية المستخدمة لها تصريف أعلى مقداره 15 لتر/ثا وهي موضوعة أسفل القناة و مثبتة بقاعدة حديدية وتستلم الماء من خزانات تجهيز الماء عن طريق أنبوب بقطر 7.5 سم وتضخه إلى القناة عن طريق أنبوب مرن يخرج من المضخة يرتبط بالحوض الموجود

في بداية القناة، ويمكن التحكم بمقدار التصريف الخارج من المضخة بواسطة صمام يمكن تغيير فتحته حسب التصريف المطلوب.



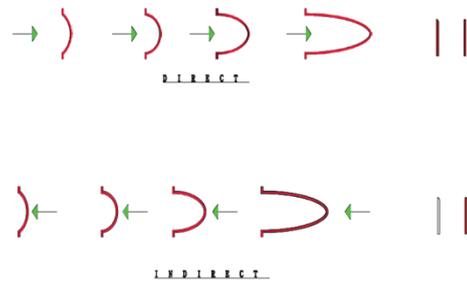
الشكل (1) مخطط تفصيلي للقناة المخبرية المستخدمة في الدراسة

### الهدارات المستخدمة في الدراسة

تم في هذه الدراسة استخدام هدارات مقوسة من المنظور العلوي و بأشكال مختلفة كما موضح في الشكل (2)، حيث تم استخدام أربعة أشكال لهذه الهدارات بحيث إن نسبة نصف قطر التقوس الطولي  $R_1$  إلى نصف القطر العرضي  $R_2$  كانت (0.5، 1، 2، 4). واستخدمت هذه الهدارات بحيث وضعت مرة يكون الجريان فيها باتجاه التقوس ومرة يكون اتجاه الجريان عكس اتجاه التقوس ولكل نوع من أنواع هذه الهدارات استخدمت ثلاث ارتفاعات (P) (15، 18، 22) سم ولجميع هذه الأنواع من الهدارات كانت الحافة العليا مرة حادة ومرة نصف دائرية. تم صنع هذه الهدارات من مادة الجبس ويسمك 1.5 سم، بعد ذلك تم صبغ هذه النماذج بطلاء دهني لمنع تسرب الماء إلى داخل النموذج. تم استخدام 24 نموذج بارتفاعات مختلفة وبحافة نصف دائرية و 24 نموذج أخرى بارتفاعات مختلفة وبحافة حادة، ولكل نوع من هذه الأنواع تم إمرار ستة تصاريح مختلفة وبذلك يكون عدد التجارب المستخدمة في هذه الدراسة (288) تجربة. والشكلين (3) يوضح نموذج من الهدارات المستخدمة في الدراسة.



الشكل (3) الهدار المقوس ذو الحافة الحادة



الشكل (2) الهدارات المستخدمة من المنظور العلوي

### قياس التصريف الحقيقي للقناة

التصاريح المارة عبر القناة كبيرة نوعا ما ونظرا لصعوبة حسابها بالطريقة الحجمية وكذلك لتجنب حصول خطأ في حساب التصريف بهذه الطريقة تم استخدام هدار قياسي مستطيل بسمك 1 سم ذو حافة حادة مقطوعة حسب المواصفات البريطانية حيث يكون عرض قمة هذه الحافة 2 ملم ومائلة بزاوية  $45^\circ$ . يبلغ طول حافة هذا الهدار بنفس عرض القناة، أي

طول قمة الهدار 30سم، أما ارتفاعه فيبلغ 13 سم وبسمك 1 سم، وقد تم تثبيت هذا الهدار قبل نهاية القناة بقليل، وقد استخدمت المعادلة التالية في حساب التصريف المار في القناة ولكل تجربة (Chaudhry,2008)[21].

$$Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$C_d = 0.611 + 0.08 \frac{H}{P} \quad \dots\dots\dots(5)$$

أن:

H = ارتفاع الماء فوق حافة الهدار القياسي (متر). P = ارتفاع حافة الهدار القياسي (متر).

L = طول حافة الهدار القياسي (متر).

### تحليل ومناقشة النتائج

من خلال تحليل النتائج التي تم الحصول عليها من التجارب المختبرية على الهدارات المقوسة وحساب المعاملات اللابعدية يمكن تثبيت النقاط التالية:-

$$\text{علاقة المعامل } \left( \frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}} \right) \text{ مع نسبة ارتفاع حافة الهدار إلى عمق الماء فوق الحافة } \left( \frac{P}{H_o} \right)$$

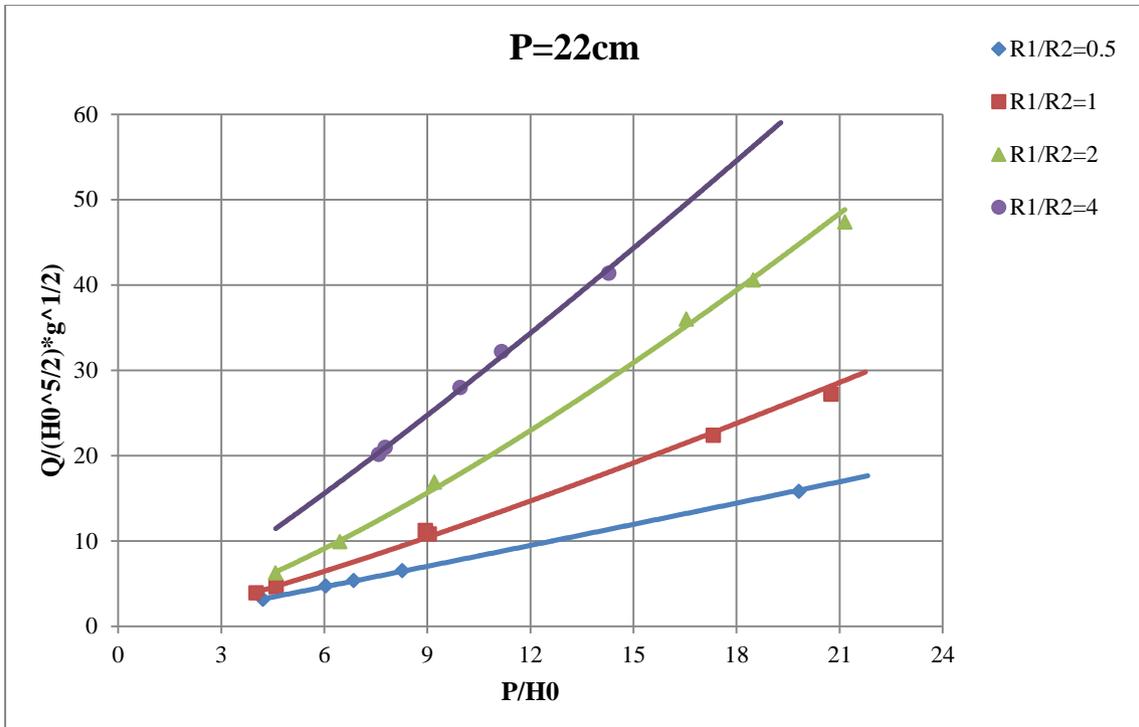
الأشكال (4-أ) و (4-ب) توضح العلاقة بين المعامل  $\left( \frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}} \right)$  ونسبة ارتفاع حافة الهدار إلى عمق الماء فوق

الحافة  $\left( \frac{P}{H_o} \right)$  لهدار مقوس بارتفاع 22سم ذو حافة حادة عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكسه على التوالي. أما

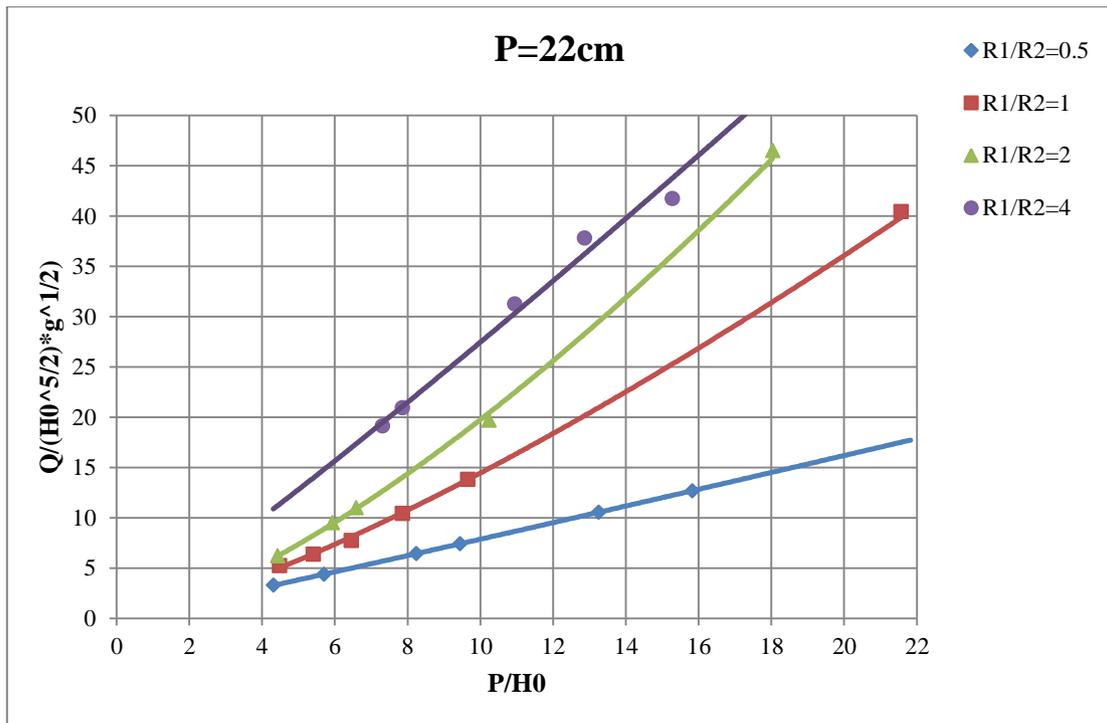
الأشكال (4-ج) و (4-د) فتمثل نفس العلاقة أعلاه للهدارات المقوسة ذات الحافة نصف الدائرية عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكسه على التوالي. من الأشكال أعلاه يلاحظ ازدياد المعامل  $\left( \frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}} \right)$  مع زيادة  $\left( \frac{P}{H_o} \right)$  لكل

الهدارات المقوسة من المنظور العلوي عندما تكون الحافة العليا حادة أو نصف دائرية وكذلك عندما يكون الجريان باتجاه التقوس أو باتجاه معاكس للتقوس ولكن بنسب متفاوتة حيث كانت نسبة الزيادة عموماً عندما يكون التقوس عكس اتجاه الجريان أكبر مما هو عليه عندما يكون التقوس باتجاه الجريان. وكذلك لوحظ أن قيمة المعامل  $\left( \frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}} \right)$  تزداد مع

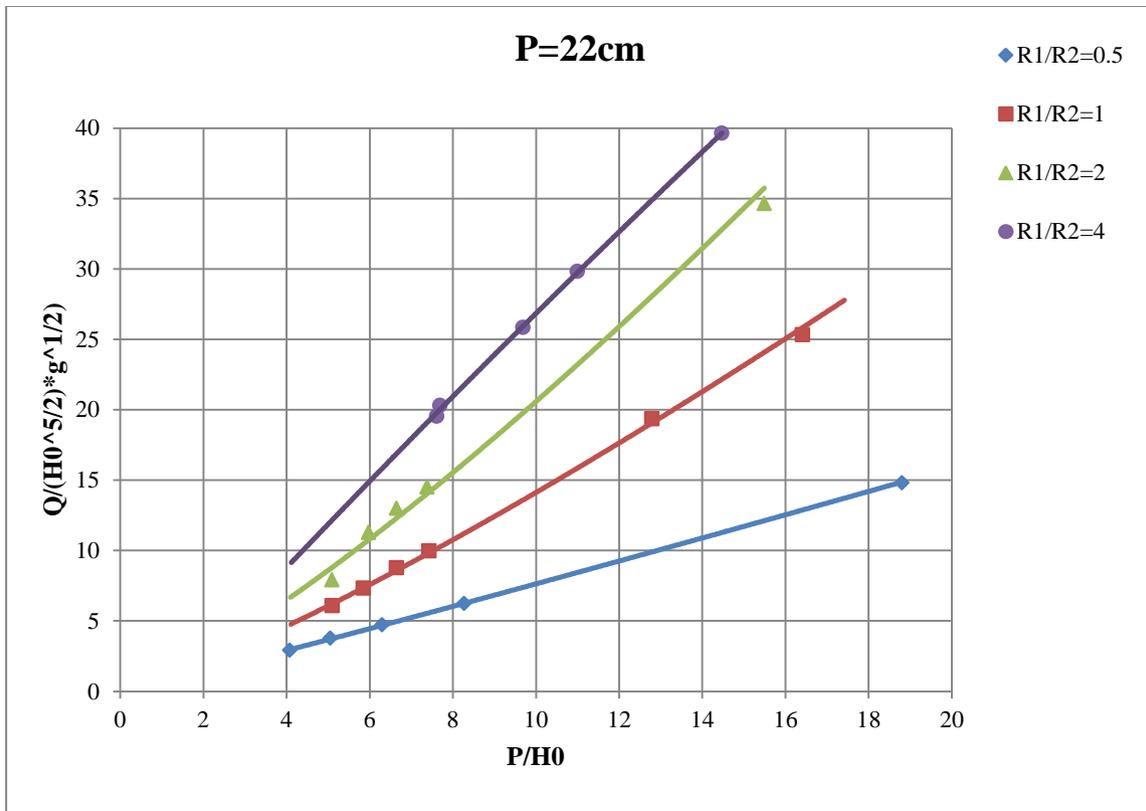
زيادة نسبة التقوس  $\left( \frac{R_1}{R_2} \right)$  عند ثبوت النسبة  $\left( \frac{P}{H_o} \right)$  ولكافة الحالات أيضاً.



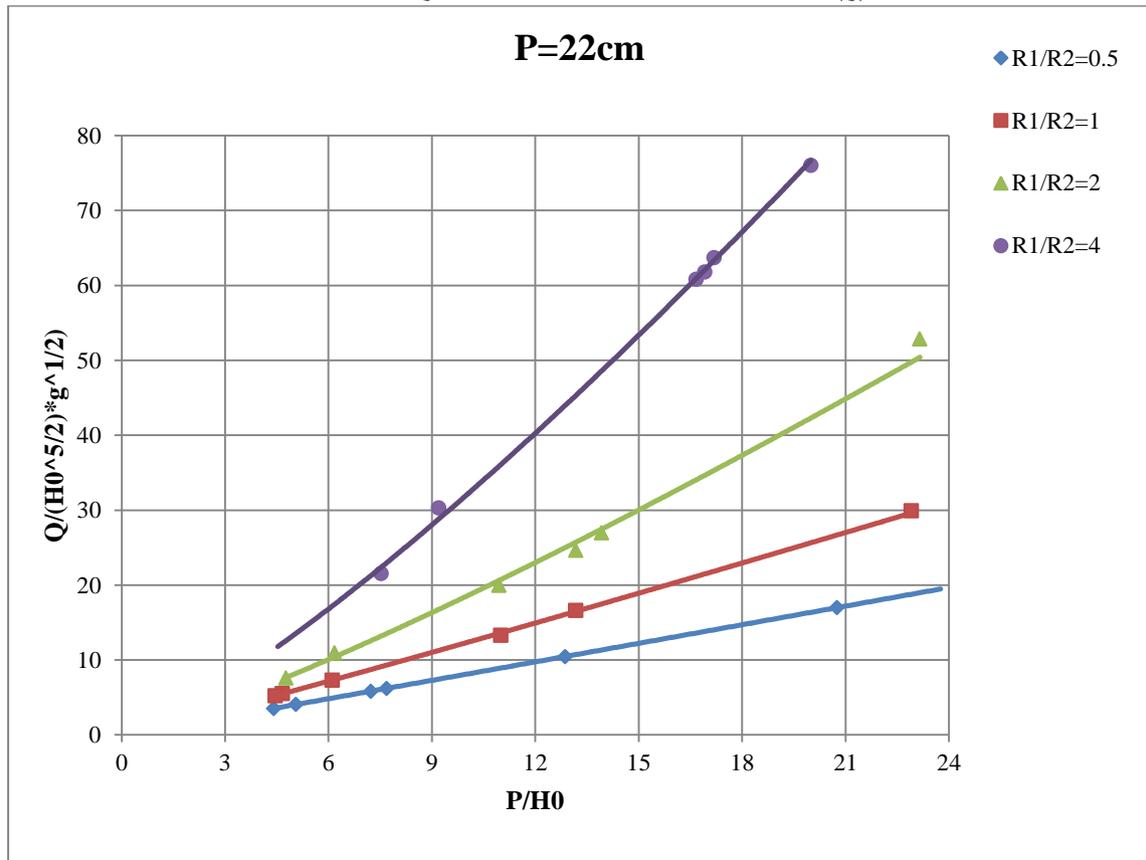
( أ ) هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس مع اتجاه الجريان



(ب) هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس عكس اتجاه الجريان



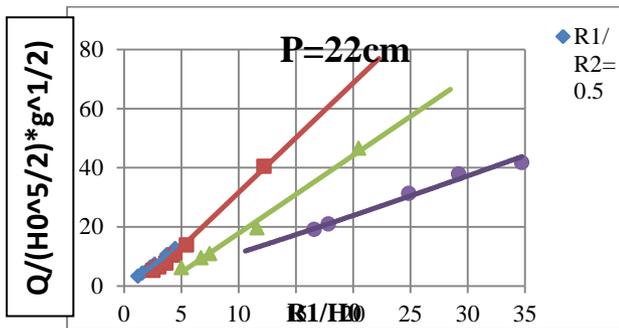
(ج) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس مع اتجاه الجريان



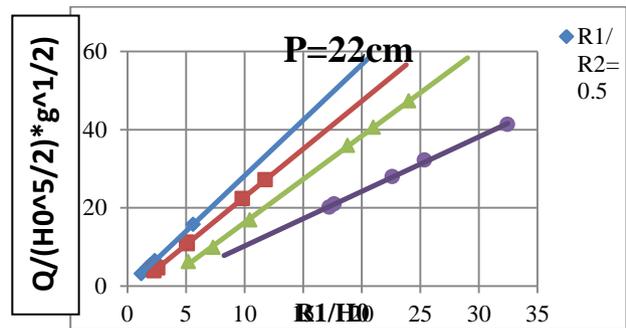
(د) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس عكس اتجاه الجريان

شكل (4) علاقة المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  مع نسبة إرتفاع حافة الهدار إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{P}{H_o})$

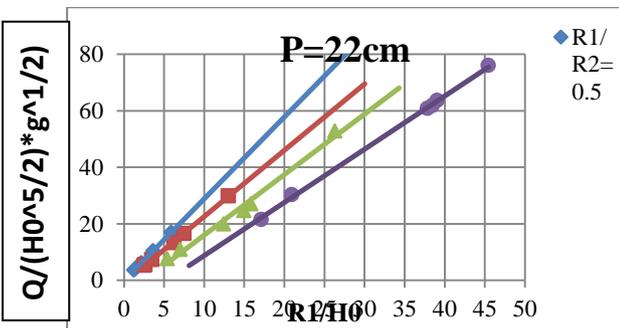
علاقة المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  مع نسبة نصف القطر الطولي للنفوس للهدار إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{R_1}{H_o})$   
 الأشكال (5-أ) و (5-ب) توضح العلاقة بين المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  ونسبة نصف القطر الطولي للهدار المقوس إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{R_1}{H_o})$  لهدار مقوس بإرتفاع 22سم ذو حافة حادة عندما يكون النفوس باتجاه الجريان أو عكسه على التوالي. أما الأشكال (5-ج) و (5-د) فتمثل نفس العلاقة أعلاه للهدارات المقوسة ذات الحافة نصف الدائرية عندما يكون النفوس باتجاه الجريان أو عكسه على التوالي. يلاحظ من الأشكال السابقة أن المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  يزداد مع زيادة  $(\frac{R_1}{H_o})$  وللحالات عندما تكون الحافة العليا حادة أو نصف دائرية وكذلك عندما يكون اتجاه النفوس باتجاه الجريان أو عكس اتجاه الجريان وينسب متفاوتة أيضا.



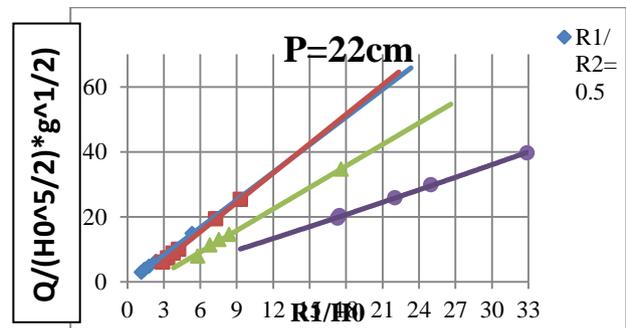
(ب) هدار مقوس ذو حافة حادة والنفوس عكس اتجاه الجريان



(أ) هدار مقوس ذو حافة حادة والنفوس مع اتجاه الجريان



(د) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والنفوس عكس اتجاه الجريان

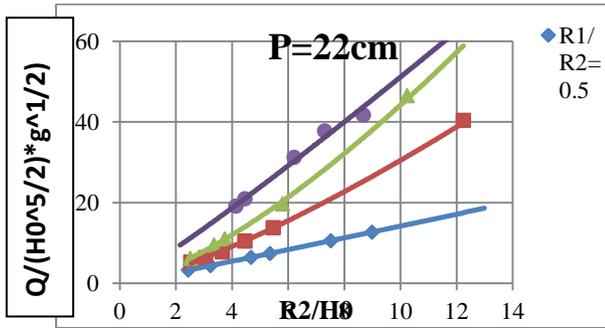


(ج) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والنفوس مع اتجاه الجريان

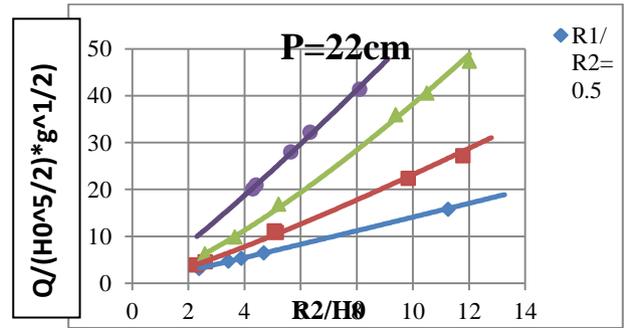
شكل (5) علاقة المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  مع نسبة نصف القطر العرضي للهدار إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{R_1}{H_o})$

علاقة المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  مع نسبة نصف القطر الطولي للتقوس للهدار إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{R_2}{H_o})$  الأشكال (6-أ) و (6-ب) توضح العلاقة بين المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  ونسبة نصف القطر العرضي للهدار المقوس إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{R_2}{H_o})$  لهدار مقوس بإرتفاع 22سم ذو حافة حادة عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكسه على التوالي. أما الأشكال (6-ج) و (6-د) فتمثل نفس العلاقة أعلاه للهدارات المقوسة ذات الحافة نصف الدائرية عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكسه على التوالي. يلاحظ من الأشكال السابقة أن المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  يزداد مع زيادة نسبة نصف القطر العرضي للتقوس إلى ارتفاع الماء فوق الهدار  $(\frac{R_2}{H_o})$  ولحالة الهدارات ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية وكذلك عندما يكون التقوس لهذه الهدارات باتجاه الجريان أو عكسه. وكذلك فإن المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  يزداد مع زيادة نسبة التقوس  $(\frac{R_1}{R_2})$  عند ثبوت النسبة  $(\frac{R_2}{H_o})$ .

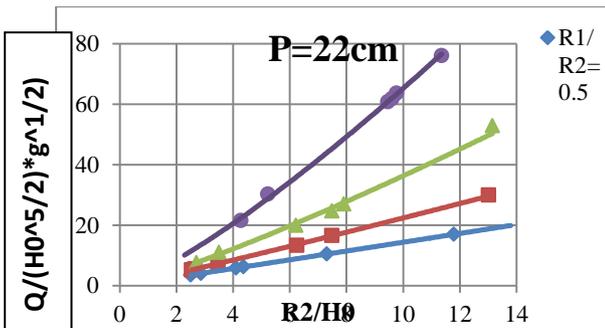
لوحظ من نتائج التجارب أيضا إن معامل التصريف  $(C_d)$  للهدارات المقوسة من المنظور العلو يزداد مع زيادة نسبة ارتفاع الهدار المقوس إلى ارتفاع الماء فوق الهدار  $(\frac{P}{H_o})$  وإن الهدارات ذات نسبة التقوس  $(\frac{R_1}{R_2})$  تساوي 1 أو 2 أعطت بشكل عام أعلى قيمة لمعامل التصريف عندما يكون اتجاه التقوس عكس اتجاه الجريان وهذه من الأمور المفيدة حيث إن الهدارات التي يكون اتجاه التقوس لها عكس اتجاه الجريان تكون أكثر مقاومة لقوى الماء المسلطة عليها.



(ب) هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس عكس اتجاه الجريان

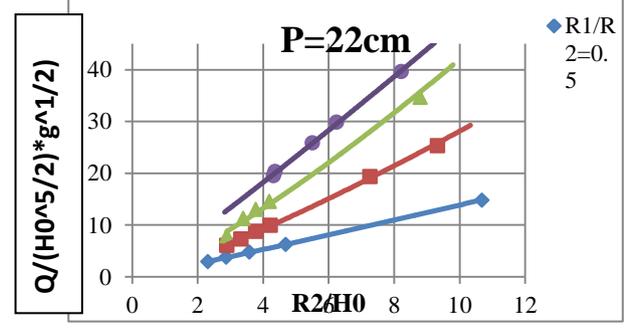


(أ) هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس مع اتجاه الجريان



(د) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس عكس اتجاه

الجريان



(ج) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس مع اتجاه

الجريان

شكل (6) علاقة المعامل  $(\frac{Q}{H_o^{2.5} g^{0.5}})$  مع نسبة نصف القطر الطولي للهدار إلى عمق الماء فوق الحافة  $(\frac{R_2}{H_o})$

استنباط المعادلات الوضعية لحساب التصريف فوق الهدارات المقوسة

استنادا إلى نتائج التحليل البعدي وتطبيق (67%) من النتائج المختبرية المبينة على هذا التحليل في البرنامج الإحصائي SPSS17، تم استنباط أربع معادلات وضعية لحساب التصريف للهدارات المقوسة ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكس اتجاه الجريان وكما يلي:-

معادلة التصريف للهدارات ذات الحافة الحادة والمقوسة باتجاه الجريان:

$$Q = 1.544H_o^{2.5} \sqrt{g} \left(\frac{P}{H_o}\right)^{-0.028} \left(\frac{R_1}{H_o}\right)^{0.7} \left(\frac{R_2}{H_o}\right)^{0.445} \dots\dots\dots(6)$$

معادلة التصريف للهدارات ذات الحافة الحادة والمقوسة عكس اتجاه الجريان:

$$Q = 1.33H_o^{2.5} \sqrt{g} \left(\frac{P}{H_o}\right)^{0.05} \left(\frac{R_1}{H_o}\right)^{0.583} \left(\frac{R_2}{H_o}\right)^{0.672} \dots\dots\dots(7)$$

معادلة التصريف للهدارات ذات الحافة نصف الدائرية والمقوسة باتجاه الجريان:

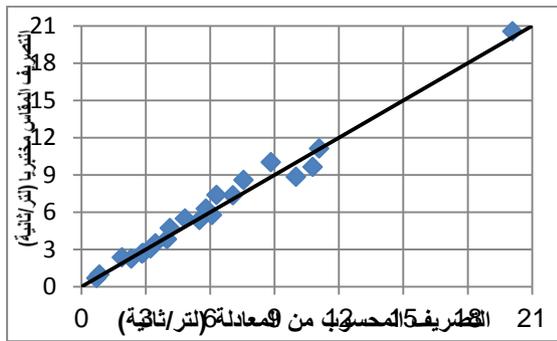
$$Q = 3.115H_o^{2.5} \sqrt{g} \left(\frac{P}{H_o}\right)^{-0.892} \left(\frac{R_1}{H_o}\right)^{0.604} \left(\frac{R_2}{H_o}\right)^{1.354} \dots\dots\dots(8)$$

معادلة التصريف للهدارات ذات الحافة نصف الدائرية والمقوسة عكس اتجاه الجريان:

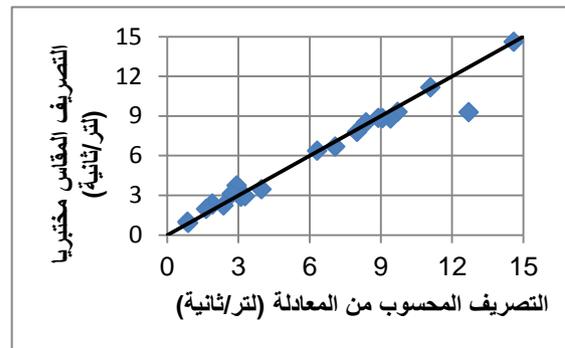
$$Q = 1.437H_o^{2.5} \sqrt{g} \left(\frac{P}{H_o}\right)^{0.168} \left(\frac{R_1}{H_o}\right)^{0.747} \left(\frac{R_2}{H_o}\right)^{0.237} \dots\dots\dots(9)$$

علما إن معامل الارتباط للمعادلات السابقة هو 0.98 , 0.977 , 0.977 , 0.991 على التوالي. ويتطبيق المعلومات المختبرية المتبقية والبالغة (33%) على المعادلات الوضعية المستنبطة، كانت العلاقة ما بين التصريف المقاس عمليا والمحسوب من هذه المعادلات علاقة جيدة جدا لجميع هذه المعادلات وكما مبين في الشكل (7). علما أنه تم حساب نسبة الخطأ القياسية (E%) لهذه المعادلات الأربعة باستخدام العلاقة التالية وكانت كما مبين في الجدول (1).

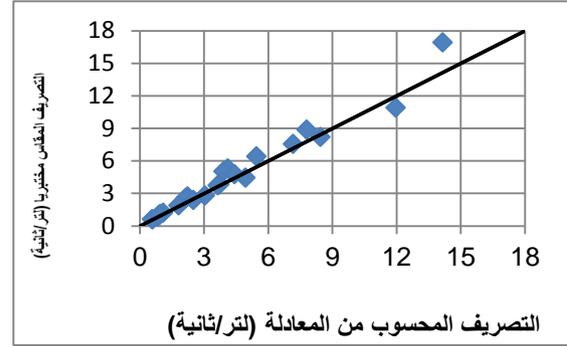
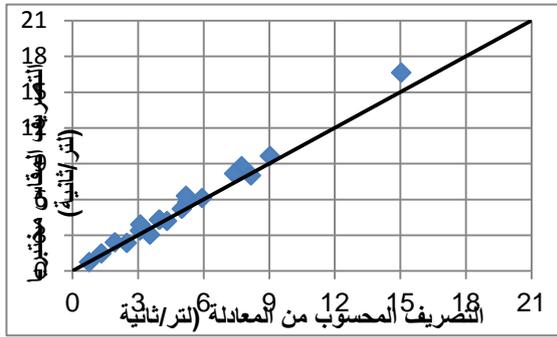
$$E\% = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^{i=N} \left[ \frac{Q_{obs.} - Q_{comp.}}{Q_{obs.}} \right] \dots\dots\dots(10)$$



(ج) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس مع اتجاه الجريان



(أ) هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس مع اتجاه الجريان



(د) هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس عكس اتجاه الجريان

(ب) هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس عكس اتجاه الجريان

الشكل (7) العلاقة بين التصريف المحسوب والمقاس مختبريا للهدارات المقوسة من المنظور العلوي

نسبة الخطأ القياسية (E%)			
هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس عكس اتجاه الجريان	هدار مقوس ذو حافة نصف دائرية والتقوس مع اتجاه الجريان	هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس عكس اتجاه الجريان	هدار مقوس ذو حافة حادة والتقوس مع اتجاه الجريان
6.25%	2.0977%	6.026%	0.133%

الجدول (1) نسبة الخطأ القياسية للمعادلات المستنبطة للهدارات المقوسة

#### الاستنتاجات

1- عموماً يزداد التصريف مع زيادة ارتفاع حافة الهدار لكل الهدارات المقوسة من المنظور العلوي عندما تكون الحافة العليا حادة أو نصف دائرية وكذلك عندما يكون الجريان باتجاه التقوس أو باتجاه معاكس للتقوس ولكن نسبة الزيادة كانت أكثر عندما يكون التقوس عكس اتجاه الجريان.

2- لوحظ أن التصريف يزداد مع زيادة نسبة التقوس ( $\frac{R_1}{R_2}$ ) ولكافة الحالات أيضاً.

3- معامل التصريف ( $C_d$ ) للهدارات المقوسة من المنظور العلوي يزداد مع زيادة نسبة ارتفاع الهدار المقوس إلى ارتفاع الماء فوق الهدار ( $\frac{P}{H_o}$ ) وان الهدارات ذات نسبة التقوس ( $\frac{R_1}{R_2}$ ) تساوي 1 أو 2 أعطت بشكل عام أعلى قيمة لمعامل التصريف عندما يكون اتجاه التقوس عكس اتجاه الجريان.

4- تم استنباط أربع معادلات وضعية لحساب التصريف للهدارات المقوسة ذات الحافة الحادة أو نصف الدائرية عندما يكون التقوس باتجاه الجريان أو عكس اتجاه الجريان وإن معامل الارتباط للمعادلات السابقة هو 0.98، 0.977، 0.977، 0.991 على التوالي، اما نسبة الخطأ القياسية فكانت 0.133%، 6.026%، 2.0977%، 6.25% على التوالي.

#### المصادر

- 1- Fenton, J., " Rating Curves Part2-representation and Approximation", Proc. Conference on Hydraulic in Civil Engineering, Institution of Engineering, Australia, Habart 28-30 November, 2001 P.P. 319-328.



- 1- Mathew, G.D., "The Influence of Curvature, Surface Tension and Viscosity on Flow Over Round-Crest Weirs", Proc. Inst. Civil Engineers, Vol.25, 1968, P.P. 511-524.
- 2- White, W.R., "Thin-Plate Weirs", Proc. Inst. Civil Engineers, 1977, Part2.
- 3- Al-Tabatabaie, F. A., Al-Nassiri, A. M. and Al-Zubaidie, R. M., "Characteristics of Flow Over the Semicircular Crest Weirs", Journal of Engineering and Technology, Vol.4, No. 3, 1985.
- 4- Chilmeran, T., "Characteristics of Flow Over Normal and Oblique Weirs with Semicircular Crest", M. Sc. Thesis, College of Engineering University of Mosul, Iraq, 1996.
- 5- Ziba, V., "Discharge Coefficient of Oblique Sharp Crest Weirs Using Experimental Results", M. Sc. Thesis, Dept. of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran, 1999.
- 6- Al-Tikrity, R. A., "Discharge Coefficient for Semicircular Crested Rectangular Weirs", M. Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, Tikrit University, Iraq, 2000.
- 7- Al-Humaidawe, Amer H., T., "Characteristics of Flow Over Oblique Broad Crested Weir" M.Sc. Thesis, College of Engineering University of Al-Mustansiriyah, Iraq, 2000.
- 8- حياوي. هناء عبد المجيد, "تأثير ميل مؤخر السد الغاطس العمودي والمنحرف ذي القمة نصف الدائرية على خصائص الجريان", رسالة ماجستير, قسم هندسة الموارد المائية, جامعة الموصل, العراق, 2004.
- 9- الطائي. ثائر محمود, جلميران. تحسين علي, "الخصائص الهيدروليكية للجريان فوق الهدار ذو القمة المركبة", مركز بحوث السدود والموارد المائية, جامعة الموصل, العراق, 2005.
- 10- W. S. Mohammed-Ali, "Hydraulic Characteristics of Semi-Elliptical Sharp Crested Weirs", Journal of International Review of Civil Engineering, Italy, Vol.13, No.1, 2012.
- 11- Smith, K. V. H., "Wadi Jizan Irrigation Project", Report on Labyrinth Weir Field Outlet, Dept. of Civil Engineering, Southampton University, U. K, 1967.
- 12- Hay, N. And Taylor, G., "Performance and Design of Labyrinth Weirs", Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol.96, No HY11, 1970, P.P. 2337-2357.
- 13- Darvas, L., "Performance and Design of Labyrinth Weirs", Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol.97, No. Hy8., 1971, P.P. 1246-1251.
- 14- Al-Hasson, H. M., "Hydraulic of Flow Over Labyrinth Weirs", Ph. D. Thesis, University of Southampton, England, U. K., 1978.
- 15- Ibraheem, G., "Discharge and Flow Characteristics of Weirs with Triangular Plan Form", M. Sc. Thesis, College of Engineering University of Mousl, Iraq, 1983.
- 16- Al-Qasser, G., "Laboratory Investigation of Some Hydraulic Features of Labyrinth Weirs", M. Sc. Thesis, College of Engineering, University of Baghdad, Iraq, 1983.
- 17- Noori, B. And Hayawi, G., "Hydraulic Characteristics of Flow Over Semicircular Sharp-Crested Weirs", Journal of Diraset for Engineering Science, Vol.23, No.1,1996, P.P. 37-46.
- 18- Al-A'rage, Ayman, T. H. A., "Experimental Investigation on The Hydraulic Performance of Duckbill Weirs", M.Sc. thesis, College of Engineering, University of Al-Mustansiriyah, Iraq, 2001.
- 19- المتبوتي. حميد عايد سليم حسوني, "الخواص الهيدروليكية للجريان فوق سدود غاطسة بشكل شبه منحرف دائري الزوايا", رسالة ماجستير, قسم هندسة الري والبيزل, جامعة الموصل, العراق, 2003.
- 20- Chaudhry, M. H., "Open Channel Flow", Second Edition, Springer Science and Business Media, LLC, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA, 2008.

## دراسة المياه الجوفية في مناطق مختارة من محافظة نينوى وتقييمها للزراعة

احمد خليل ابراهيم	عبدالمحسن سعدالله شهاب	وليد محمد شيت العبدريه
كلية الهندسة/قسم هندسة البيئة	مركز بحوث البيئة والسيطرة	كلية الهندسة/قسم هندسة
البيئة جامعة تكريت	التلوث/ جامعة الموصل	البيئة جامعة تكريت

### الخلاصة

تعدّ المياه الجوفية أحد المصادر المهمة للمياه في العالم ، وبالنظر لشحة الأمطار في السنين الماضية وانخفاض تصريف نهر دجلة فقد ازداد حفر الآبار واستخدامها للأغراض المختلفة بدون أي تخطيط، وعليه فقد اصبح من الضروري اجراء الدراسات حول نوعية المياه الجوفية في محافظة نينوى وبيان صلاحية استخداماتها .

تم اختيار 27 بئراً حديثة الحفر في منطقة الدراسة الواقعة جنوب شرق محافظة نينوى التي تقدر مساحتها بحوالي 1500 كم<sup>2</sup> ، واشتملت على مناطق ريفية وحضرية ذات نشاطات مختلفة زراعية وصناعية وسكنية . جمعت نماذج المياه من الآبار كل شهرين ابتداءً من كانون الأول 2008 ولغاية حزيران 2009 ، وأجريت الفحوصات الفيزيائية المتمثلة بالأملاح الذائبة الكلية والتوصيلية الكهربائية عليها، وكذلك الفحوصات الكيميائية التي اشتملت على الدالة الحامضية والعسرة الكلية والأيونات الموجبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، والأيونات السالبة المتمثلة والكبريتات والنترات والكلوريدات عليها . وتم وصف التكوين الجيولوجي والتتابع الطبقي للمنطقة، إذ وقعت آبار الجانب الأيمن ضمن تكوين الفتحة ، أما آبار الجانب الأيسر فكانت ضمن تكوين انجانه . تم تحليل خصائص نوعية المياه للآبار احصائياً ، وأظهرت النتائج وجود اختلاف معنوي بين الآبار في جميع الخصائص المقاسة وذلك لاختلاف التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة بين تكوين الفتحة ذي المكونات الجبسية والكلسية القابلة للذوبان في الماء إلى تكوين انجانه ذي المحتوى القليل من هذه الصخور .

### Evaluation of Groundwater in Selected Areas in Ninevah Governorate for agricultural Use

**Abdulmuhsin S. Shihab**  
Envir. and Poll.  
Control Res. Center/  
Mosul Univ.

**Waleed M. Sheet**  
College of Eng., Dept.  
of Envir. Eng./ Tikrit  
Univ.

**Ahmad Khalil Ibrahim**  
College of Eng., Dept.  
of Envir. Eng./ Tikrit  
Univ.

### Abstract

Groundwater is considered one of the important water resources in The World. Due To Rain Shortage And The decrease of Tigris river discharge in the last years, wells excavation and groundwater use for different purposes had been increased without any planning. Therefore, it is necessary to conduct the studies about groundwater quality in Ninevah governorate and define its suitability uses. Additionally to identify the levels of some trace elements in it. Twenty Seven wells recently excavated were selected in the study area located south east Mosul city of about an area of 1500km<sup>2</sup>. These wells were located in rural and urban areas of various activities: agricultural, industrial and residential. water sample were collected each two months starting at December 2008 till June 2009.

## المقدمة

ازداد في الآونة الأخيرة حفر الآبار في محافظة نينوى واستخدامها للأغراض المختلفة وذلك نتيجة للانقطاعات المتكررة والطويلة لمياه الاسالة وخصوصاً في أفضية ونواحي المحافظة أو عدم وصول شبكات الإسالة إليها ، كما ان شحة الأمطار أدت إلى الاعتماد على الماء الجوفي لغرض السقي . وعليه اصبح من الضروري اجراء الدراسات حول نوعية مياه المصادر الأخرى وصلاحياتها للاستخدامات المختلفة وتكوين بنك للمعلومات عنها .

تُعد المياه الجوفية أحد المصادر المهمة للمياه في العالم والتي يمكن ان تستعمل للأعمال المنزلية والري والصناعة حسب مواصفاتها وبالأخص في المناطق الريفية ، إذ تمتاز بأهميتها في المناطق ذات المياه السطحية غير الكافية لارتباط حياة السكان وأنشطتهم بوجودها ، ومما يزيد من أهميتها هو امكانية الحصول عليها في المناطق التي لا تتوفر فيها المياه السطحية وقلة تأثرها بظروف الجفاف التي تسود في بعض السنين .

وتتكون المياه الجوفية من تغلغل مياه الامطار والمياه السطحية خلال التربة وشقوق الصخور ولكن نوعيتها تختلف من منطقة إلى أخرى حسب طبيعة الطبقات التي تمر من خلالها . وتكتسب المياه الجوفية أهميتها في العراق من كون أن معظم المياه السطحية مصدرها من خارج الحدود مما يتطلب اجراء الدراسات حول نوعية المياه الجوفية وتوزيعها لاستغلالها عند الحاجة وحمايتها من التلوث ، وقد أجريت عدد من الدراسات المتفرقة في محافظة نينوى منها ما اعتمد على عدد محدود من الآبار لايتجاوز العشرة لوصف نوعية المياه الجوفية ، وركزت بعض الدراسات على جيولوجية وهيدروجيولوجية منطقة الدراسة وكانت نوعية المياه جزءاً ثانوياً فيها ، ومنها ماأقتصر على نموذج واحد خلال مدة الدراسة ، كما لم تتناول تأثير استخدام الأرض على نوعية المياه الجوفية ولا توجد قياسات لتراكيز العناصر النزرة في المياه الجوفية لمحافظة نينوى ، ومن هذا الاتجاه اختارت الدراسة الحالية دراسة المياه الجوفية في مدينة الموصل وإيجاد الخصائص النوعية لها وبيان صلاحيتها للزراعة ، فضلاً عن تحديد تراكيز العناصر النزرة وإيجاد تأثير نشاط استخدام الارض عليها .

فقد وجد الليلة وجماعته [1] ان مياه الابار في الساحل الايسر من مدينة الموصل ذات ملوحة عالية. كما توصل Mahmoud [2] الى وجود تفاوت كبير في نوعية المياه الجوفية في المناطق المختلفة التي قام بدراستها في عقرة والقوش وربيعة وسنجار. ودرس النعيمي [3] نوعية المياه الجوفية في حوض وادي الشور جنوب شرق مدينة الموصل ووجد ان معظم الابار غير صالحة للشرب . كما قامت حسين [4] بدراسة لتقييم واقع المياه الجوفية في مدينة الموصل من خلال ثلاثين بئراً موزعة على جانبي نهر دجلة فوجدت تأثر معظمها باحواض التعفين القريبة منها ، كما قام الحمداني والتمر [5] بتقييم نوعية المياه الجوفية في منطقة حاوي الكنيسة شمال غرب مدينة الموصل ووجد أنها غير صالحة للشرب . ورتب Shihab [6] 78 بئراً حسب نوعية المياه للاغراض الزراعية .

وهناك العديد من الدراسات حول المياه الجوفية في العالم ، ففي هولندا درس Reijnders et al. [7] نوعية المياه الجوفية من خلال جمع نماذج من 600 موقع ووجدوا ان تراكيز النترات والالمنيوم كانت اعلى من المواصفات في الاراضي الرملية . وبينت دراسة لتقييم نوعية المياه الجوفية في منطقتين في ملدوفيا محدودية المياه الجيدة وان انظمة اسالة المياه يجب ان يكون في اولوياتها تخفيض النترات والسيلينيوم نظرا لتجاوزها لحدود المواصفات ، كما تراوحت تراكيز النحاس في المياه الجوفية بين 10-560 مايكروغرام/لتر والزنك 10-130 مايكروغرام/لتر [8] . ودرس Belgiono [9] نوعية المياه الجوفية في المناطق الريفية في ايطاليا خلال فترة 30 شهرا في 20 موقع نمذجة فضلا عن دراسة تاثير التلوث الجوي الى نوعية المياه الجوفية. ودرس Baba et al. [10] نوعية المياه الجوفية في مدينة ازمير التركية بعد جمع نماذج من 34 موقعا ووجدوا ان تراكيز الرصاص والكاديوم اعلى من المواصفات الامريكية . وتناول Stamatis et al. [11] في دراسته تلوث المياه الجوفية بالعناصر الثقيلة في منطقة لافريو في اليونان من خلال جمعه 33 نموذجا ، ووجد تراكيز عالية من الرصاص والكاديوم والزنك والنيكل وقد عزى ذلك الى اعمال قديمة في المناجم وكذلك الى الاسمدة النتروجينية وتأثير مياه البحر .

في دراسة اجريت في كوريا الجنوبية على نوعية المياه الجوفية ، وصلت تراكيز الخارصين الى 10550 ملغم/لتر ، في حين وصلت تراكيز المنغنيز الى 3421 ملغم/لتر وقد عزيت هذه التراكيز العالية الى تاثير المنجم الموجود بالقرب من منطقة الدراسة . كما سجلت تراكيز عالية لكل من الكالسيوم والكبريتات نتيجة للمياه المترشحة التي تعمل على اذابة وتأيين مركبات الكبريتيدات والكاربونات [12] . كما وجد Awoflu [13] ارتفاع تراكيز الرصاص والكاديوم فوق مواصفات مياه الشرب في المياه الجوفية ضمن منطقة سكنية مجاورة لمنطقة صناعية في لاجوس/ نيجيريا. ووجد Tayfur et al. [14] بعد دراسته لنوعية المياه الجوفية في احدى مناطق مدينة ازمير في تركيا ارتفاع تراكيز النترات والامونيا في فصل الصيف فوق حدود مواصفات مياه الشرب لنتيجة لتأثير الاسمدة ومياه الري المستخدمة .

ويستخدم في الدنمارك والتي تشكل المياه الجوفية 99% من المياه المستخدمة فيها ،برنامج لمراقبة نوعية المياه الجوفية من خلال 74 بئراً وعلى اعماق مختلفة ، فضلا عن تحليل نماذج مياه يتم سحبها من 10000 بئر خلال 3-5 سنوات لتحديد الملوثات اللاعضوية والعضوية والمبيدات [15] . ووجد Momodu and Anyakore [16] عند دراستهما لنوعية المياه الجوفية في مدينة لاجوس/ نيجيريا ، ان 32.65% من النماذج التي فحصها كانت تركيز الكاديوم فيها اعلى من المواصفات، في حين كان تركيز الرصاص في 36.73% من النماذج اعلى من المواصفات ولم يتجاوز تركيز الالمنيوم الحدود المسموح بها.

وبينت دراسات عديدة العلاقة بين النشاطات الزراعية وتلوث المياه الجوفية . أما في المناطق المدنية فتساهم مصادر التلوث النقطية للنترات وخزانات التعفين في تلوث المياه الجوفية [17 ، 18] .

وبين Ellaway et al. [19] ان التغييرات غير الملائمة لاستعمال الارض لها تأثيرات كبيرة على نوعية المياه الجوفية مثل زيادة تركيز الكالسيوم والكلورايد . كما ان المغذيات التي تنتقل من الغابات تساهم في تلوث المياه الجوفية [20 ، 21].

وتعمل مياه الفضلات الصناعية والمدنية على زيادة حامضية المياه الجوفية وكذلك زيادة تراكيز الملوثات النتروجينية والفوسفات والكلورايد والكبريتات والمعادن الثقيلة [22] . ووجد Koh وجماعته [23] ان الاسمدة النتروجينية لها التأثير الاكبر على كيميائية المياه الجوفية . درس Jiang et al. [24] تأثير استخدام الارض على نوعية المياه الجوفية في جنوب غرب الصين ، ووجدوا ازدياد في قيم الدالة الحامضية وتراكيز المغنيسيوم والالمنيوم والنترات والنتريت والكلورايد في اراضي الغابات والاراضي غير المستخدمة التي حولت الى اراضي زراعية محروثة ، في حين انخفض تركيز الكالسيوم والبيكارونات ، بينما أدى تحويل اراضي زراعية الى اراضي مشيدة الى ازدياد تركيز الكالسيوم في المياه الجوفية . وقام Zubair وجماعته [25] بدراسة تأثير تغذية المياه الجوفية بمياه الامطار في باكستان ووجد انها تزيد تراكيز الحديد ، الرصاص والزنك ، حيث ان التربة رملية والمياه الجوفية ضحلة .

#### المواد وطرائق العمل

#### منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في محافظة نينوى في شمال العراق بين خطي طول ( $43^{\circ} 30' - 43^{\circ} 00'$ ) وخطي عرض ( $36^{\circ} 30' - 36^{\circ} 00'$ ) وتشغل مساحة تقدر بـ (1500) كيلو متر مربع وتشتمل على الجزء الجنوبي الغربي من مدينة الموصل ضمن الأحياء السكنية شمالاً والمنطقة المحصورة بين نهر دجلة شرقاً وطريق موصل-بغداد غرباً ومفرق القيارة جنوباً والتي تكثر فيها الوديان والهضاب والاراضي الزراعية وكذلك المنطقة المحصورة بين منطقة الحمدانية شرقاً ونهر دجلة غرباً ونهر الزاب الأعلى جنوباً وطريق موصل-أربيل شمالاً وتمتاز باستواء أرضها واستغلالها زراعياً (الشكلان 1 و 2) . وتم اختيار الآبار لتغطي منطقة الدراسة وفي مناطق ذات استخدامات مختلفة وغير مدروسة سابقاً ، إذ اشتملت على عدد من الآبار المحفورة باستخدام طريقة الحفر السوربية ضمن مدينة الموصل وكذلك عدد منها خارج المدينة ضمن نواحي وقرى محافظة نينوى وبلغ مجموع الآبار المختارة 27 بئراً، وهي ابار عميقة تراوحت أعماقها بين (27-95) متر ومنها ما حفر حديثاً وأقدمها حفر في عام 2002 (الجدول 1) .

#### جيولوجية منطقة الدراسة

يتألف التركيب الطباقى للمنطقة التي تضم الآبار A15-A1 (الجدول 1) من الطبقات الجيولوجية لتكوين الفتحة والذي يتكون من صخور المارل الأحمر والأخضر مع طبقات من الجبس السميك والحجر الجيري على هيئة دورات رسوبية بحيرية ودلتاوية ، وتتشكل الطبقات الجيولوجية لمجموعة الآبار B1 وB2 وB3 وB4 وB6 وB7 وB8 وB10 من تعاقبات الجزء العلوي لتكوين

الفتحة . وتتشكل صخور الآبار B11 و B12 من تكوين انجانة الذي يشكل تعاقبات من الحجر الرملي والحجر الطيني ، ويقع البئران B14 و B15 على مصاطب نهر الزاب الأعلى التي تتكون من تعاقبات لطبقات سميكة من المدملكات (طبقات حصوية) تتعاقب معها طبقات من الرمل الخشن والطين [26] .

الجدول (1) معلومات عن ابار منطقة الدراسة

النشاط الزراعي			النشاط الصناعي			النشاط السكاني		
رمز البئر	اسم البئر	العمق (م)	رمز البئر	اسم البئر	العمق (م)	رمز البئر	اسم البئر	العمق (م)
A1	بيجوانية عليا	30	A10	محطة الجبوري	86	B1	جامع الواحد احد	75
A2	الشك	30	A11	محطة الساجر	80	B2	جامع الاخوين	45
A3	بيجوانية سفلى	35	A14	العريج/ داوود	39	B4	جامع المحمود	46
A4	سنانيك	32	A15	العريج/ عبد	66	B6	جامع ابو ايوب	63
A5	عين ناصر	36	B3	الملوثة	80	B7	جامع صفي	84
A6	تل طيبة	58				B8	جامع طلحة	65
A7	جامع العذبة	50				B10	جامع المؤمن	45
A8	العذبة يونس	40						
A9	العذبة عبد	51						
A12	قرية السلام/ كامل	95						
A13	قرية السلام/جاسم	80						
B11	الطواجنة	75						
B12	المشيرة	27						
B14	العدلة	66						
B15	ابراهيم الخليل	50						

## جمع العينات

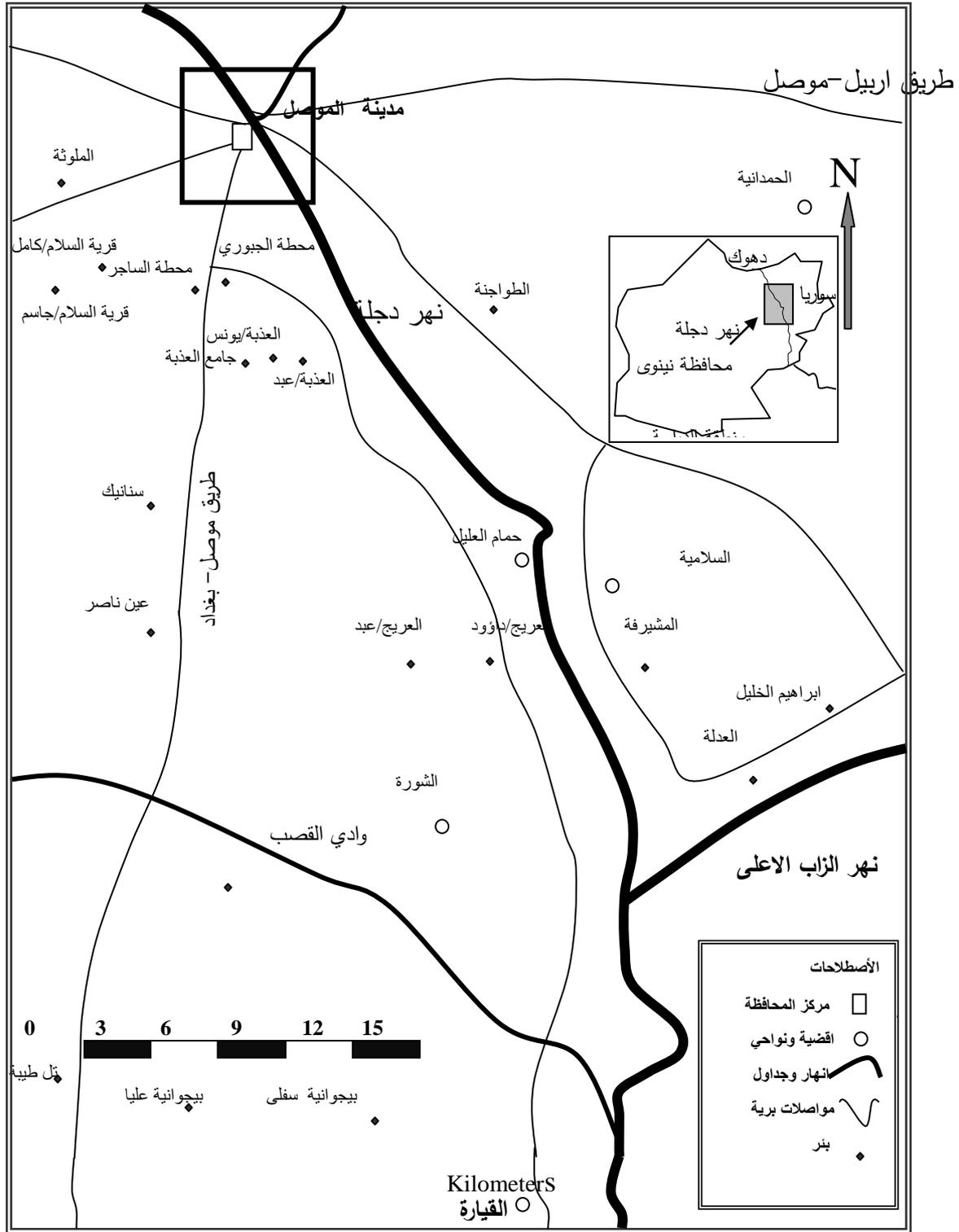
تم جمع العينات من كل بئر مرة واحدة كل شهرين لكون المياه الجوفية معزولة عن الظروف الجوية وابتداءً من كانون الأول 2008 ولغاية آب 2009 إذ يتم تشغيل مضخة البئر لمدة (10) دقائق تقريباً للتخلص من أي تأثير للمضخة على نوعية المياه ولضمان الحصول على عينة ممثلة لمياه البئر وتعتمد هذه المدة على عمق البئر إذ تزداد بزيادة عمق البئر ، تؤخذ بعدها العينات إلى المختبر في قناني بلاستيكية سعة (2.25) لتر وتوضع في الثلاجة بدرجة (+4) مئوية لاجراء باقي الفحوصات عليها .

## طرائق التحليل

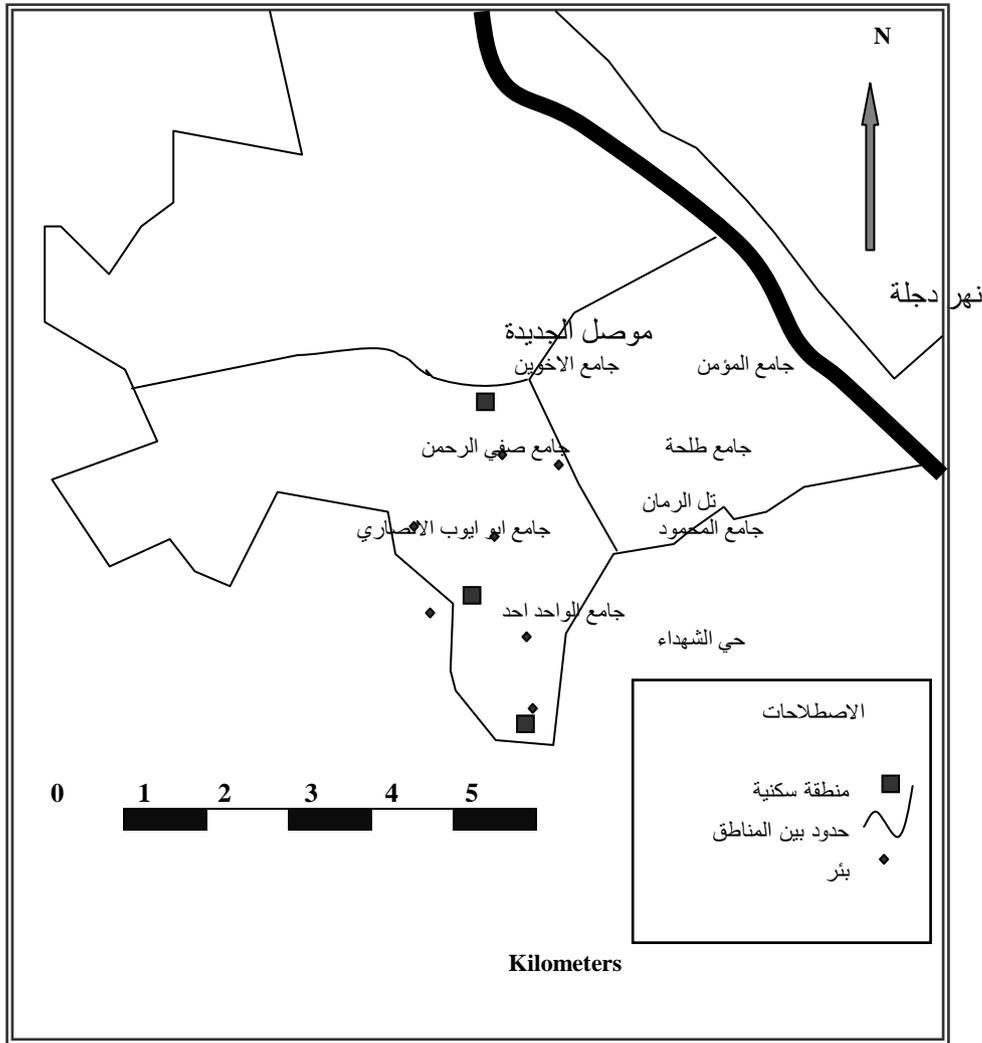
أجريت التحاليل الفيزيائية كالأملح الذائبة الكلية والتوصيلية الكهربائية والتحاليل الكيميائية التي اشتملت على الدالة الحامضية والعسرة الكلية والايونات الموجبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والايونات السالبة مثل الكبريتات والنترات والكلوريدات باستخدام الطرق القياسية لفحوصات الماء في مختبر مركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث في جامعة الموصل ومختبرات هندسة البيئة/ قسم الهندسة المدنية في جامعة الموصل، إذ تم تقدير الأملاح الذائبة الكلية بتبخير حجم معلوم من العينة بدرجة حرارة 105 درجة مئوية ، والتوصيلية الكهربائية باستخدام جهاز Electrical Conductivity meter والدالة الحامضية باستخدام جهاز pH-meter والعسرة الكلية بالتسحيح مع محلول  $Na_2EDTA$  وباستخدام محلول الامونيا المنظم مع اضافة دليل (Erichrome Black T) وكذلك ايون الكالسيوم والمغنيسيوم ، اما ايون الصوديوم والبوتاسيوم فتم تقديرهما باستخدام جهاز قياس اللهب الوميضي نوع ( Digital Flame Analysis Gallen Kamp) ، اما الكبريتات والنترات فتم قياسهما باستخدام جهاز قياس الطيف الوميضي ، وتم قياس الكلوريدات بالتسحيح مع نترات الفضة. تم تحديد مدى صلاحية مياه ابار منطقة الدراسة للاستخدامات الزراعية وذلك بحساب نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) وذلك حسب العلاقة التالية :

$SAR = Na / (((Ca + Mg) / 2))^{0.5}$  وذلك بعد حساب التراكيز المكافئة لكل من الصوديوم

والكالسيوم والمغنيسيوم بوحدة المليمكافئ باللتر (30) .



الشكل (1) خارطة لمنطقة الدراسة ضمن محافظة نينوى مثبت عليها مواقع الابار . مدينة الموصل في المربع تم تكبيرها بالشكل التالي .



الشكل (2) خارطة لمدينة الموصل مثبت عليها مواقع الابار

## النتائج والمناقشة

### التوصيلية الكهربائية

يتبين من خلال نتائج تحليل التباين (ANOVA) وجود فروقات معنوية في قيم التوصيلية الكهربائية بين ابار منطقة الدراسة (  $p < 0.001$  ) , إذ سجل بئر العدلة أقل معدل وبلغ 1175 مايكروموزاسم وكان أعلى معدل في بئر تل طيبة إذ تجاوز 11000 مايكروموزاسم . وكانت قيم التوصيلية الكهربائية لجميع الآبار أعلى من 1000 مايكروموزاسم ماعدا بئر العدلة الذي تراوحت مدياته بين 980-1339 مايكروموزاسم . ويعزى السبب في ارتفاع قيم التوصيلية الكهربائية في المياه الجوفية لآبار منطقة الدراسة إلى ارتفاع نسبة تراكيز الايونات نتيجة ذوبان صخور الجبس والانهايدرايت والحجر الجيري المؤلفة لتكوين الفتحة عن تلك الموجودة ضمن تكوين انجانة المؤلف من معادن الفلسبار والسليكا [27] . وكانت جميع الآبار قيد الدراسة ذات توصيلية كهربائية أكبر من 1000 مايكروموزاسم أي خارج حدود مواصفات ماء الشرب إذ تُعدّ المياه صالحة للشرب عندما تكون التوصيلية الكهربائية لها أقل من

1000 مايكروموزاسم [28] . كما تُعد المياه ذات التوصيلية الكهربائية الأكبر من 2500 مايكروموزاسم غير مستساغة للشرب ، ويلاحظ أن 7% فقط من آبار منطقة الدراسة كان لها قيمة توصيلية كهربائية أقل من 2500 مايكروموزاسم . اما بالنسبة للاستخدام الزراعي فكان بئرا ابراهيم الخليل والعدلة من صنف C<sub>3</sub> عالي الملوحة (750\_2250) مايكروموزاسم فكانت ملائمة للنباتات المقاومة لملوحة وترب جيدة البزل حسب تصنيف مختبر الملوحة الامريكي ، اما باقي الابار فكانت ضمن صنف C<sub>4</sub> عالي الملوحة جداً ومائها ملائم للنباتات المتحملة جداً للملوحة وعلى ترب نفاذة جيدة البزل .

### المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)

بالرغم من القيم العالية للمواد الصلبة الذائبة الكلية فقد كان هنالك فروقات معنوية بين الآبار لمنطقة الدراسة ( $p < 0.001$ ) ، وسجل أعلى معدل في بئر تل طيبة كما هو الحال مع التوصيلية الكهربائية وكان 7296 ملغم/التر ، في حين كان أوطأ معدل في بئر العدلة ضمن مواصفات مياه الشرب حسب محددات منظمة الصحة العالمية [29] وبلغ 629 ملغم/التر. ويعزى سبب ارتفاع المواد الصلبة الذائبة (الملوحة) في الآبار الواقعة ضمن تكوين الفتحة إلى صخور المتبخرات مثل الجبس والانهايدرايت والدولومايت التي هي صخور غنية بالأملاح ذات القابلية على الذوبان في المياه الجوفية أكثر من الآبار الواقعة ضمن تكوين انجانة المتكون من تعاقبات في الحجرالرملي والطيني [26]. وحدد Bouwer [30] تركيز الأملاح الذائبة الكلية في الماء الصالح للشرب بأقل من 1000 ملغم/التر ، ويلاحظ أن 3.3% من الآبار المدروسة تقل فيها الأملاح الذائبة الكلية عن 1000 ملغم/التر . اما زراعياً وكما هو الحال بالنسبة للتوصيلية فان بئري ابراهيم الخليل والعدلة ضمن الصنف C<sub>3</sub> عالي الملوحة ومياها ملائمة للنباتات المقاومة للملوحة وترب جيدة البزل اما باقي الابار فكانت ضمن الصنف C<sub>4</sub> عالي الملوحة جداً حسب تصنيف مختبر الملوحة الامريكي .

### الدالة الحامضية (pH)

يتبين من النتائج أن مياه الآبار قيد الدراسة كانت قاعدية ( $pH \geq 7$ ) إذ تراوحت بين 7.05-8.32 ، وكانت الفروقات معنوية بين الآبار ، إذ سجلت أعلى قيمة للدالة الحامضية في بئر ابراهيم الخليل. ويلاحظ أن جميع قيم الدالة الحامضية التي سجلت هي ضمن المواصفات القياسية لمياه الشرب حسب Gray [28] والبالغة 6.5-9.2 .

### العسرة الكلية

سجلت العسرة الكلية في مياه الآبار مدى واسع بين 400-3050 ملغم/التر (ككاربونات الكالسيوم) وكانت الفروقات معنوية بين الآبار ( $p < 0.001$ ) . وبلغ أوطأ معدل 420

ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) في بئر ابراهيم الخليل , وأعلى معدل 2857 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) وذلك في بئر تل طيبة . وقد صنف Todd [31] المياه حسب عسرتها الكلية ، إذ يعد الماء يسراً عندما تقل العسرة الكلية فيه عن 75 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) ، وعسر نسبياً عند تجاوزها هذا الحد لتصل إلى 180 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) ، وعسر عندما تتراوح العسرة فيه بين 300-180 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) ، وعسر جدا عند تجاوزها 300 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) .

تعدّ جميع الآبار عسرة جداً لتجاوز العسرة الكلية في مياهها 300 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) ، ويعزى السبب في ذلك إلى ذوبان صخور الجبس الحاوية على معدني الجبس والانهيدرايت وصخور الحجر الجيري الحاوي على الكالسايت والدولومايت والموجودة في التكوينات الجيولوجية لمنطقة الدراسة [26] . وقد تجاوزت قيم العسرة الكلية 2000 ملغم المتر (ككاربونات الكالسيوم) في 80% من آبار منطقة الدراسة .

#### الايونات الموجبة

##### أيون الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ )

يلاحظ وجود فروقات معنوية في تركيز أيون الكالسيوم بين مياه ابار منطقة الدراسة ( $p < 0.001$ ) ، إذ سجل أوطأ تركيز في بئر ابراهيم الخليل وبمعدل 58 ملغم المتر ، وأعلى تركيز في بئر أبي أيوب وبمعدل 617 ملغم المتر ، وتراوح مدى تركيز هذا الأيون بين 40-681 ملغم المتر ، ويعود سبب هذا الاختلاف إلى تنوع الطبقات الجيولوجية الحاضنة للمياه بين صخور رملية في تكوين انجانة ذات محتوى قليل جداً من المكونات الجيرية ، إذ إن المادة السمنتية الكاربوناتية فقط هي المسؤولة عن وجود هذا الأيون في مياه الآبار الواقعة ضمن هذا التكوين [32] مما أدى إلى انخفاض قيمه في الآبار الواقعة ضمن هذا التكوين ، في حين تعمل صخور الجبس والحجر الجيري في تكوين الفتحة ذات المحتوى العالي من الكالسيوم فضلاً عن المادة السمنتية الكاربوناتية المؤلفة لصخور المارل على رفع تراكيزه في الآبار الواقعة ضمن هذا التكوين [33]. وقد حددت مواصفات مياه الشرب أقصى تركيز للكالسيوم بـ 200 ملغم المتر [28] ، وعليه فإن 6.6% من الآبار المدروسة فقط كان تركيز الكالسيوم فيها ضمن الحدود المسموح بها .

##### أيون المغنيسيوم ( $Mg^{+2}$ )

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي وجود اختلاف معنوي في تركيز أيون المغنيسيوم بين مياه الآبار لمنطقة الدراسة ( $p < 0.001$ ) ، فكان أوطأ تركيز لأيون المغنيسيوم في بئر ابراهيم الخليل وبمعدل 56 ملغم المتر وأعلى معدل 352 ملغم المتر في بئر تل طيبة ، وكان مدى تركيزه في الآبار المدروسة -394

31 ملغم/التر. وقد يعزى سبب هذه الاختلافات إلى اختلاف الطبقات الجيولوجية الحاوية على صخور الدولومايت والمسؤولة عن المغنيسيوم ضمن تكوين الفتحة وخلو تكوين انجانة منها [34]. وقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز ايون المغنيسيوم في الماء الصالح للشرب بـ 150 ملغم/التر [29]، وعليه فإن 86.7% من آبار منطقة الدراسة هي خارج حدود المواصفات لكون تراكيز المغنيسيوم فيها أعلى من 150 ملغم/التر.

#### أيون الصوديوم ( $Na^+$ )

تراوح مدى تركيز أيون الصوديوم في الآبار بين 85-2000 ملغم/التر وكان هنالك فروقات معنوية ( $p < 0.001$ ) بين الآبار في منطقة الدراسة وبلغ أوطاً معدل 112 ملغم/التر وذلك في بئر العدلة وأعلى معدل 1795 ملغم/التر وذلك في بئر تل طيبة، وتعدّ المياه المرتشحة من السطح المصدر الرئيس لأيون الصوديوم في المياه الجوفية وذلك لقابلية ذوبانه العالية وقد يعمل اختلاف نفاذية التربة في منطقة الدراسة على اختلاف تراكيزه في الآبار [27]، وإن أعلى حد مسموح به لتركيز ايون الصوديوم في ماء الشرب هو 150 ملغم/التر [28]. وعليه فإن 90% من الآبار المدروسة هي أكثر من حدود مواصفات مياه الشرب، أي أن جميع الآبار تجاوزت الحد المسموح به. أما بالنسبة للاستخدامات الزراعية فإن زيادة تركيز الصوديوم يجعل من المياه أقل ملائمةً للري بسبب تأثير الصوديوم على نفاذية التربة فكانت مياه آبار محطة الساجر وقرية السلام وجامع ابو ايوب الانصاري وجامع طلحة وجامع المؤمن والعدلة كانت صالحة للزراعة ولمعظم انواع التربة، أما باقي الآبار فكان تركيز الصوديوم فيها يجعلها أقل ملائمةً لكثير من انواع التربة.

#### أيون البوتاسيوم ( $K^+$ )

امتازت تراكيز ايون البوتاسيوم في الآبار من منطقة الدراسة بفروقات معنوية ( $p < 0.001$ )، وكان أوطاً معدل 1.7 ملغم/التر وذلك في بئر العدلة وأعلى معدل 20.3 ملغم/التر وذلك في بئر جامع العذبة في حين تراوحت مدياته بين 1.6-20.8 ملغم/التر. ويعزى سبب الاختلافات في تراكيز هذا الايون بين الآبار إلى اختلاف مصادر البوتاسيوم حسب نشاط الأرض ويعد التسميد أحد مصادر البوتاسيوم في المياه الجوفية لمنطقة الدراسة [27]. وكانت هذه التراكيز عموماً قليلة جداً مقارنةً بأيون الصوديوم على الرغم من تواجدهما في القشرة الأرضية بكميات متقاربة ويعزى ذلك الى الانتقالية العالية للصوديوم والاستقرارية النسبية للبوتاسيوم نتيجة دخوله في تركيب المعادن الطينية أثناء عملية التجوية [35]. إن الحد المسموح به لأيون البوتاسيوم في مياه الشرب هو 10 ملغم/التر [35]، وعليه فإن 74.4% من الآبار هي ضمن حدود مواصفات مياه الشرب.

## الايونات السالبة

أيون الكلوريد ( $Cl^-$ )

أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية بين تراكيز الكلوريدات للآبار ( $p < 0.001$ ) ، وكان أوطأ معدل 47 ملغم/لتر وذلك في بئر قرية السلام /جاسم وأعلى معدل 1114 ملغم/لتر وذلك في بئر تل طيبة وبمدى بين 40-1496 ملغم/لتر . وقد يعزى سبب ذلك إلى اختلاف كمية الأمطار المترسحة الي المياه الجوفية حسب طبيعة المنطقة ، إذ أن هذه المياه هي مصدر الكلوريدات الواصلة إليها [35]، فضلا عن قيام المياه السطحية سواء في المناطق السكنية منها والزراعية بإذابة أملاح الكلوريدات ومن ثم ارتشاحها إلى المياه الجوفية ، إذ تبقى الكلوريدات بحالتها الأيونية بشكل دائم بسبب قابلية ذوبانها العالية [36] ، كذلك تأثير النشاط المدني الذي يطرح مياه حاوية علي تراكيز عالية من الكلوريدات [37 ، 38] . وكانت 73% من الآبار المدروسة ضمن مواصفات مياه الشرب والبالغة 250 ملغم/لتر أو أقل [29] . اما بالنسبة للاستخدام الزراعي فقد كان بئر الشك وقرية السلام جاسم ومحطة الساجر والعدلة ملائمة لجميع النباتات تقريبا ، ام باقي الآبار فكانت ملائمة للنباتات المتحملة للكور مع ظهور اضرار طفيفة الى متوسطة على النباتات (تايلر واشكروفت 1972) .

النترات ( $NO_3^-$ )

كانت الفروقات في تراكيز النترات بين الآبار المدروسة معنوية ( $p < 0.001$ ) ، وكان أوطأ معدل 0.008 ملغم/لتر في بئر محطة الجبوري وبئر قرية السلام /كامل وبئر قرية السلام/جاسم في حين كان أعلى معدل 13.02 ملغم/لتر وذلك في بئر تل طيبة وبمدى بين 0.01-13 ملغم/لتر . وقد يعزى سبب الاختلافات في تراكيز النترات بين آبار منطقة الدراسة إلى اختلاف مصادرها المختلفة عضوية كانت أم صناعية وتعد مواد التسميد من المصادر الرئيسية للنترات وكذلك تسرب المياه من خزانات التعفين وامتزاجها بالمياه الجوفية ، ولا يرتبط وجود النترات بالتكوينات الجيولوجية الخازنة للمياه . وتعد جميع الآبار قيد الدراسة ضمن مواصفات مياه الشرب لهذا الايون لكون تركيز النترات فيها أقل من 45 ملغم/لتر كما حددها Gray [28]، ويسبب زيادة تركيز النترات عن 45 ملغم/لتر في مياه الشرب مرض زرقة الأطفال [39].

الكبريتات ( $SO_4$ )

نلاحظ من خلال التحليل الاحصائي لتراكيز الكبريتات في الآبار لمنطقة الدراسة أن الفروقات في التراكيز كانت معنوية ( $p < 0.001$ ) ، وسجل أوطأ معدل 346 ملغم/لتر وذلك في بئر العدلة وأعلى معدل 1697 ملغم/لتر وذلك في بئر تل طيبة وتراوحت مدياتها خلال فترة الدراسة بين 147-2070 ملغم/لتر .

وتعد صخور الجبس والانهايدرايت الموجودة في تكوين الفتحة المصدر الرئيس لهذا الايون في المياه الجوفية [35] . ويعزى سبب اختلافات تراكيز الكبريتات بين آبار منطقة الدراسة إلى تنوع الطبقات الجيولوجية الحاضنة للمياه بين الصخور الجبسية الحاوية على معدن الجبس والانهايدرايت في تكوين الفتحة والمسؤولة عن الكبريتات إلى صخور رملية في تكوين انجانة ذات محتوى قليل جدا من المكونات الجيرية [27] . وقد تجاوزت جميع الآبار قيد الدراسة الحد المسموح به لمياه الشرب حسب منظمة الصحة العالمية [29] والبالغة 250 ملغم/لتر .

## صلاحية مياه الآبار للزراعة

تبين من حساب نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) ان مياه ابار بيجوانية عليا والشك وبيجوانية سفلى وسنانيك وعين ناصر وتل طيبة وجامع العذبة والطواجنة والمشيرفة وابراهيم الخليل زادت فيها نسبة ادمصاص الصوديوم على 26 فكانت أقل قيمها في بئر المشيرفة (SAR=27) وبذلك تكون هذه الآبار غير صالحة للزراعة لان زيادة نسبة ادمصاص الصوديوم يقلل من نفاذية التربة وبالتالي يمنع وصول المياه خلال التربة الي جذور النباتات ، اما مياه ابار العذبة يونس وجامع الواحد احد ممكن ان تكون صالحة للزراعة بعد غسلها وازافة الجبس اليها عند ملاحظة انخفاض نفاذيتها، في حين كانت ابار محطة الساجر وقرية السلام وجامع ابو ايوب الانصاري وجامع طلحة وجامع المؤمن والعدلة كانت صالحة للزراعة ولمعظم انواع التربة ، وكانت باقي ابار منطقة الدراسة تتناسب التربة الزراعية ذات النسجة الخسنة كما مبين في الجدول (2) .

جدول (2) نسب ادمصاص الصوديوم لمياه ابار منطقة الدراسة

SAR	Na	Mg	Ca	اسم البئر
53	1041	260	506	بيجوانية عليا
27	523	229	521	الشك
63	1265	307	501	بيجوانية سفلى
33	633	244	507	سناتيک
52	968	217	474	عين ناصر
88	1795	352	479	تل طيبة
28	549	216	541	جامع العذبة
25	470	250	475	العذبة/ يونس
13	250	222	514	العذبة/ عبد
12	215	242	433	محطة الجبوري
7	140	214	504	محطة الساجر
12	230	224	518	قرية السلام/ كامل
8	148	217	500	قرية السلام/ جاسم
17	334	262	484	العريج/ داوود
18	338	276	429	العريج/ عبد
19	379	194	583	جامع الواحد احد
12	228	189	553	جامع الاخوين
13	246	251	505	الملوثة
12	208	178	409	جامع المحمود
8	159	137	617	جامع ابو ايوب الانتصاري
11	209	231	516	جامع صفي الرحمن
9	158	181	485	جامع طلحة بن عبيد الله
9	173	211	479	جامع المؤمن
64	1114	227	381	الطواجنة
27	448	207	357	المشيرة
10	113	113	162	العدلة
88	664	56	58	ابراهيم الخليل

## الاستنتاجات

1. كان للتكوينات الجيولوجية واحتوائها على صخور الجبس والانهايدرايت والصخور الكربونية دور كبير في تدهور نوعية المياه الجوفية في منطقة الدراسة .
2. كانت الفروقات في خصائص نوعية المياه الجوفية في الآبار لمنطقة الدراسة معنوية لجميع الخصائص.
3. معظم ابار منطقة الدراسة كانت غير ملائمة للاستخدامات الزراعية وقسم منها ملائم شرط غسل التربة باستمرار مع اضافة الجبس

### المصادر

1. الليلة , محمد انيس وخروفه ، سهير نجيب وعقراوي ، شذى محمد (1993) . "امكانية استعمال المياه الجوفية لأغراض الزراعة والري في مدينة الموصل " ، مجلة التربية والعلم ، العدد 11 . ص 25-38.
2. Mahmood, F.Y." Physico –chemical evaluation of ground water of some wells in Ninavah district used for drinking & domestic purpose " . Al-Rafidain engineering journal, 1994; 2(2).
3. النعيمي ، فيصل حمادي (2000) ، هيدروجيولوجية حوض وادي الشور ، رسالة ماجستير ، كلية العلوم ، جامعة الموصل .
4. حسين , هدى بدر صالح (2002) ، مشكلة المياه الجوفية في مدينة الموصل اسبابها والحلول الممكنة، رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، هندسة الري والزلزل ، جامعة الموصل .
5. الحمداني , عادل علي بلال والتمر , مصعب عبد الجبار (2005) ، "تقييم نوعية المياه الجوفية لمنطقة حاوي الكنيسة شمال مدينة الموصل" ، العراق . مجلة علوم الرافدين ، المجلد 16، العدد 1 خاص بعلوم الارض ، ص83-95.
6. Shihab, A.S. "Arrangement of selected wells for irrigation use according to water quality index in Ninevah governorate. Proceeding of the 1st conference of Environment and pollution Control Research center", Mosul Univ. 5-6 June 2007. pp. 1-9.
7. Melian, R., Myrlian, N., Gouriev, A. Moraru, C., and Radstake, F. "Groundwater quality and rural drinking-water supplies in the Republic of Moldova". Hydrogeology Journal 1999; 7: 188–196.
8. Reijnders, H.F.R., Drecht van, G., Prins, H.F., and Boumans, L.J.M. "The quality of the groundwater in Netherlands". Journal of Hydrology, 207, 179–188.
9. Belgiorno, V., and Napoli, R.M.A. "Groundwater quality monitoring". Water Science and Technology, 1998; 42(1–2): 37–41.
10. Baba, A., Birsoy, Y. K., Ensari, E., Andic, T., & Baykul, A. "Izmir city's groundwater quality and pollution". ÇEVJEO'2001 Proceedings, 2001, March 21–23, Izmir, 49–158.
11. Stamatis, G., Voudouris, K., and Arefilakis, F. "Groundwater Pollution by Heavy metals In Historical Mining Area of Lavrio, Attica, Greece". Water, Air, and Soil Pollution 2001; 128: 61–83.
12. Lee, J.Y., Choi, J.C. and Lee, K.K. "Variations in heavy metal contamination of stream water and groundwater affected by an abandoned lead–zinc mine in Korea". Environmental Geochemistry and Health 2005; 27: 237–257
13. Awofolu, O.R." Elemental contaminants in groundwater": A study of trace metals from residential area in the vicinity of an industrial area in Lagos, Nigeria. Environmentalist 2006; 26: 285–293.
14. Tayfur, G., Kirer, T. and Baba, A. "Groundwater quality and hydrogeochemical properties of Torbalı Region, Izmir, Turkey". Environ Monit Assess 2008; 146:157–169.
15. Jørgensen, L.F. & Stockmarr, J. "Groundwater monitoring in Denmark: characteristics, perspectives and comparison with other countries". Hydrogeology Journal 2009; 17: 827–842
16. Al-Naqib, S.Q. and Aghwan, TH. A., (1993). 'Sedimentological Study of the Clastic Unit of the Lower Fars Formation". Iraqi Geology Journal, 1993; 26(3): 126-188.

17. Chapelle, F.H. "Geochemistry of Groundwater". In Holland, H.D. and Turekian, K.K. Treatise on Geochemistry, Surface and Groundwater, Weathering and soils. 2004; 5: 425-449.
18. Gray, N.F. "Water Technology An Introduction for Environmental Scientists And Engineers". 2<sup>nd</sup> ed. 2005.
19. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva, 2004.
20. Bouwer, H. "Ground water hydrology". McGraw-Hill, New York, 1978, 480 p.
21. Todd, D. K. Ground Water hydrology, second edition . John Wiley and Sons, Inc., New York, 1985.
22. الجبوري ، منهل عبد السلام (1988) جيولوجية منطقة الموصل شرق دجلة . رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية العلوم ، جامعة الموصل .
23. Al-Mubarak, M.A.R. and Yokhanna, R.Y. Report of the regional geology mapping of Al-Fatha-Mosul, S.O.M. Library, Baghdad, Iraq, 1977.
24. Hamil, L. and Bell, F.G. "Ground Water Resource Development", London, 1986, 334p.
25. Davis, S.N. and Dewiest, R.J.M. "Hydrogeology .John Wiley & Sons, New York", 1966, 108 p.
26. Mason, B. Principles of Geochemistry. 3rd ed. Wiley Intern Pub. 1966, 324 P.
27. الراوي ، ساطع محمود (1999) بعض مظاهر التلوث في نهر دجلة في مدينة الموصل . مجلة ابحاث البيئة والتنمية المستدامة ، المجلد 1 ، العدد 2 ، ص 86-96.
28. مصطفى ، معاذ حامد (2007) التباين النوعي لمصادر المياه في موقع قرية حسن شامي . وقائع المؤتمر العلمي الاول لمركز بحوث البيئة والسيطرة على التلوث – جامعة الموصل ، 5-6 حزيران، ص 24-34 .
29. Salvato. J.A., Nemerow, N.L., and Agardy, F.J. Environmental Engineering. 5<sup>th</sup> ed. 2003, p. 133.
- 30 - محمود ، طارق احمد (1988) . علم وتكنولوجيا البيئة . مطابع مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل .

## إزالة المعادن الثقيلة من مياه الفضلات الصناعية بالترسيب الكيميائي

يوسف صالح عيسى

ماجستير هندسة كيميائية/الشركة العامة للأسمدة الشمالية

دريد فاضل احمد

قسم الهندسة الكيميائية / جامعة تكريت

### الخلاصة

تهدف هذه الدراسة لإيجاد تأثير المعالجة الكيميائية بطريقة الترسيب الكيميائي على كفاءة إزالة العناصر الثقيلة في مياه الفضلات المصنعة. تتم عملية الترسيب الكيميائي بالسيطرة على الدالة الحامضية لمياه الفضلات عند القيمة التي تبدأ بها العناصر الثقيلة بالترسيب وذلك بإضافة أنواع مختلفة من القواعد وهي هيدروكسيد الصوديوم و هيدروكسيد الكالسيوم وهيدروكسيد البوتاسيوم و كربونات الصوديوم لاختيار أفضل قاعدة . تمت هذه الدراسة على نماذج محضرة مختبرياً تحتوي على تراكيز مختلفة من ايونات النحاس والخرصين والمنغنيز وتم استخدام جهاز فحص الجرة لتمثيل عملية الترسيب الكيميائي. أظهرت النتائج كفاءة إزالة عالية للمواد المستخدمة فعند وجود الايونات بشكل مزيج تحدث إزالة كلية للنحاس وإزالة اكبر من 98.2% للمنغنيز وتتحقق إزالة 90% من ايونات للخرصين عند الدالة الحامضية 10 وعند زمن ترسيب ساعتين.

الكلمات الدالة: المعادن الثقيلة ، الترسيب الكيميائي، مياه الفضلات الصناعية.

## Heavy Metal Removal From Industrial Wastewater By Chemical Precipitation

Duraid F. Ahmed

Chemical Eng. Dep. – Tikrit University

Yousif S. Essa-msc. Of Chem. Eng

Company of North Fertilizer

### Abstract

This study aims to find the effect of chemical treatment by chemical precipitation on the efficiency of removing heavy metals from wastewater. Chemical precipitation had been practiced by controlling the (pH) of wastewater by adding the suitable base ,different bases were used as the sodium hydroxide ,calcium hydroxide , potassium hydroxide and sodium carbonate for removing heavy metals from wastewater. The study had used synthetic samples containing different concentrations of ions like copper, zinc and manganese. Jar taste had been used to show the chemical precipitation The chosen materials were highly efficient for removing the ions of metals. When the ions are mixed in the solution the best removing efficiency was completed copper ions followed by more than 98.2% of manganese ions than 90% of zinc ions when the (pH) is (10) and precipitation time is 2 hours.

**Keywords:** Heavy metal , Chemical precipitation , Industrial Wastewater .

### قائمة الرموز

- G : انحدار السرعة (ثانية)<sup>-1</sup>  
Gt : انحدار السرعة اللابيدي  
t : زمن المكوث (ثانية)  
pH : الدالة الحامضية

### المقدمة

تعد مشكلة تلوث الموارد المائية من أهم المشاكل البيئية التي واجهت العالم ، إذ يؤدي استخدام الإنسان للماء في مختلف الفعاليات ولاسيما الفعالية الصناعية إلى تردي نوعية هذه المياه ومن هنا كان اللجوء للبحث عن حل لمشكلة التلوث المائي بإيجاد طرائق لمعالجة مياه الفضلات الصناعية وتخفيض الملوثات الموجودة في هذه المياه إلى اقل الحدود الممكنة. تطلق العناصر الثقيلة إلى الماء بشكل مفرط بسبب النشاطات الصناعية والنمو الحضاري وهي من المشاكل الموجودة في العالم على خلاف الملوثات العضوية يطلق مصطلح المعادن الثقيلة على مجموعة من الفلزات وأشباه الفلزات التي تكون كثافتها أكثر من (6) غم/سم<sup>3</sup> والأغلبية من ايونات العناصر الثقيلة ذات تأثير سمي على الأحياء المجهرية [1]. وهناك طرائق عديدة لإزالة العناصر الثقيلة من الماء منها الترسيب الكيميائي والتناضح العكسي والتبادل الأيوني والامتصاص والاستخلاص بالمذيبات والتبخير والأكسدة والامتزاز بالكربون المنشط [2, 3]. أغلب الطرائق المستخدمة في معالجة العناصر الثقيلة من الفضلات الصناعية تمتلك مساوئ اقتصادية وتقنية منها كلف الإنشاء والكلف تشغيلية واستهلاك طاقة [4]. وللبحث عن طريقة للتخلص من العناصر الثقيلة يجب مراعاة هذه الظروف وإيجاد بديل رخيص وفعال وغير ضار للبيئة تستخدم طريقة الترسيب الكيميائي بشكل عام في إزالة العناصر الثقيلة من الفضلات الصناعية [5].<sup>6</sup> الترسيب الكيميائي للمعادن الثقيلة هو إزالتها بواسطة ترسيبها على شكل أكاسيد أو هيدروكسيدات أو كربونات أو كبريتات أو فوسفات والتقنية الأكثر شيوعاً هي ترسيب المعادن على شكل هيدروكسيدات وتعتمد هذه الطريقة على عدة عوامل أهمها تركيز العناصر الثقيلة في الماء وقيمة الدالة الحامضية للماء [7]. تزال العناصر الثقيلة بإضافة قاعدة مثل هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الكالسيوم لتنظيم الدالة الحامضية إلى قيمة تصل فيها العناصر الثقيلة إلى اقل ذوبانية لها لتبدأ بالترسيب.

أوضح الباحثون (Gheju et al) [8] في دراسة أجروها على مياه محضرة بطريقة مختبرية تحتوي على ايونات الحديد والكروم بتركيز 50 ملغم/لتر لكل منهما باستخدام طريقة الترسيب الكيميائي بواسطة هيدروكسيد الصوديوم. واستنتجوا بان أفضل ظروف معالجة تظهر عند زمن ترسيب 30 دقيقة وتركيز هيدروكسيد الصوديوم 500 ملغم /لتر وكانت كفاءته الإزالة 100% عند قيمة الدالة الحامضية 10. تمكن الباحثون (Mahmoud et al) [9] من إزالة ايونات الكروم من مياه الفضلات الصناعية الناتجة من الطلاء الكهربائي الموجود بتركيز 40 ملغم/لتر بطريقة الترسيب الكيميائي بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم. فكانت أعلى كفاءة لإزالة الكروم هي 85% عند زمن ترسيب 50 دقيقة .

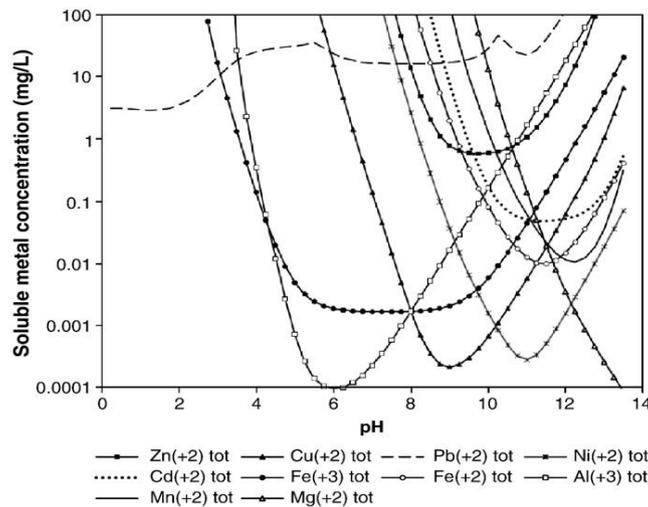
أجرى الباحثون (Magdalena et al) [10] عدد من التجارب لإزالة ايونات الحديد والنحاس والارصين والألمنيوم والمنغنيز الموجودة في المياه الفضلات الصناعية الحامضية لمنجم سماليك وبتركيز تتراوح بين 0.96 و 265 ملغم/لتر واستخدموا طريقة الترسيب الكيميائي بواسطة هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.5 مول/لتر الذي يعمل على رفع قيمة الدالة الحامضية ضمن مدى يتراوح بين 3.5 و 8.2 ليعطي كفاءة إزالة بحدود 16% للمنغنيز إما المعادن الأخرى فتصل كفاءة

الإزالة لهما بحدود 92.3% للنحاس و 99.9% للألمنيوم. كما تمكن الباحثون (Jelena et al) [11] من إزالة أيونات الخارصين والنيكل والحديد والمنغنيز والنحاس في مياه الفضلات الصناعية لمجمع للصناعات المعدنية بمعدل تركيز لها يتراوح بين 0.113 و 76.68 ملغم/لتر. واستخدمت بطريقة الترسيب الكيميائي بالنمط المستمر من خلال ثلاث مفاعلات مربوطة على التوالي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 1 مولاري فوجدوا أن كفاءة إزالة بحدود 72.3% للخارصين و 90.3% للنحاس عند قيم الدالة الحامضية 10 و 11.

يهدف هذا البحث إلى إزالة أيونات النحاس والخارصين والمنغنيز من مياه الفضلات المصنعة مختبرياً بطريقة الترسيب الكيميائي إلى الحدود المسموح بها وهي للنحاس 0.2 ملغم/لتر وللخارصين 2 ملغم/لتر وللمنغنيز 0.5 ملغم/لتر. كما تم دراسة نوعية القاعدة المستخدمة على كفاءة إزالة أيونات العناصر الثقيلة حيث اختبرت مجموعة من القواعد المنتخبة وهي هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد الكالسيوم وهيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز 0.05 عياري لكل منهما وكربونات الصوديوم بتركيز 0.1 عياري. كذلك تمت دراسة العوامل المؤثرة على عملية الترسيب الكيميائي وهي الدالة الحامضية وتم تغيير الدالة الحامضية ابتداءً من 8 إلى 11 أما بالنسبة للتركيز الداخل لأيونات العناصر فقد تم اخذ تراكيز متغيرة من النحاس والخارصين والمنغنيز بمدى يتراوح بين (2 - 6) ملغم/لتر و (5 - 15) ملغم/لتر و (2 - 8) ملغم/لتر على التوالي. وتغيير وزمن الترسيب ضمن مدى يتراوح بين (0.5 - 3) ساعة. معالجة كل عنصر في تركيز معين على حدة ومن ثم استخدام طريقة المعالجة لخليط مكون من الخارصين والنحاس والمنغنيز بتراكيز متغيرة.

### الجانب النظري

تعد المبادئ النظرية ضرورية لوصف أنظمة المعالجة وفهم آلية المعالجة لأي نظام وسوف يتم التطرق إلى عملية إزالة أيونات العناصر الثقيلة الذائبة في الماء بطريقة الترسيب الكيميائي. وهناك تقنيات عديدة للترسيب الكيميائي من أهمها الترسيب بالهيدروكسيدات والكربونات والكبريتات ومن أغلب المرسبات المستخدمة هي هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد الكالسيوم. حيث تزال العناصر الثقيلة عند تفاعلها مع القاعدة المضافة والتي من خلالها يتم رفع الدالة الحامضية إلى القيمة التي عندها تنخفض الذوبانية لأيونات العناصر الثقيلة لتبدأ بالترسيب. معظم العناصر الثقيلة تترسب كهيدروكسيدات عند قيم دالة حامضية تتراوح بين (9.5 - 10) [12, 13] كما موضح في الشكل (1).



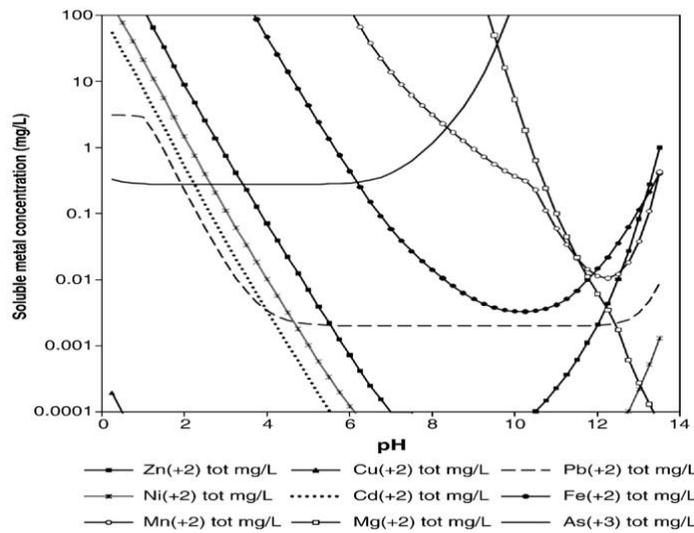
شكل (1) : علاقة الذوبانية لمعادن مختلفة عند ترسيبها على شكل هيدروكسيدات مع الدالة الحامضية.

عند إضافة القاعدة إلى مياه الفضلات الصناعية ينشأ تفاعل الترسيب في خزان المزج السريع ليكون راسب هيدروكسيدي حسب التفاعلات الآتية [14]:



حيث ان  $M^{+2}$  هو ايون العنصر المراد ترسيبه

تعتمد هذه الطريقة على كل من تركيز العناصر الثقيلة في الماء، وقيمة الدالة الحامضية للماء ونوع القاعدة المستخدمة. في بعض الأحيان تكون الذوبانية الفعلية أعلى من الذوبانية النظرية والسبب في ذلك يعزى إلى تفاعلات غير تامة وسوء فصل للرواسب الغروية وتكون معقدات معدنية ذائبة. وتتنخفض قابلية الذوبان الحقيقية عن قابلية الذوبان النظرية بسبب الترسيب المشترك [11]. تعمل طريقة الترسيب بالكبريتات بنفس المبدأ لطريقة الترسيب بالهيدروكسيدات من خلال السيطرة على الدالة الحامضية عند القيمة التي تنخفض عندها الذوبانية لأيونات العناصر الثقيلة كما موضح في الشكل (2). بالرغم من إن الترسيب بالهيدروكسيدات هو الأكثر استخداماً في الصناعة فهناك بعض المزايا في عملية الترسيب بالكبريتات تتضمن ذوبانية منخفضة للرواسب الكبريتية ومعدل تفاعل سريع وخواص ترسيب جيدة وبالرغم من ذلك انها طريقة ليست واسعة الاستخدام تكون جرعة الكبريتات صعبة السيطرة عليها بسبب قابلية الذوبان المنخفضة وبسبب المخاوف من السمية والتآكل نتيجة الجرعة الزائدة. أما طريقة الترسيب بالكربونات تعمل بنفس المبدأ لطريقة الترسيب بالهيدروكسيدات حيث تعد طريقة الترسيب بالكربونات معالجة بديلة لطريقة الترسيب بالهيدروكسيدات وذوبانية كربونات المعادن تعتمد على نوعية ايون المعدن وقيمة الدالة الحامضية للماء. المعادلة الكيماوية العامة لترسيب الكربونات هي [15].

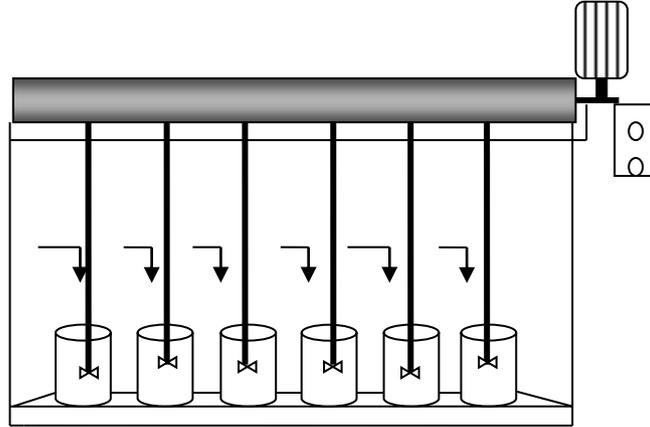


شكل (2) : علاقة الذوبانية لمعادن مختلفة عند ترسيبها على شكل كبريتات مع الدالة الحامضية

ويمكن تفسير ذلك بان الذوبانية تتأثر بعدة عوامل وهي كل من درجة الحرارة والذالة الحامضية وتركيز المواد المذابة ونوعية المذيب. فزيادة درجة حرارة المحلول تؤدي إلى زيادة الذوبانية بسبب زيادة ثابت التوازن. إما بالنسبة للعوامل الأخرى وهي الذالة الحامضية وتركيز المواد المذابة ونوعية المذيب فلا يمكن إطلاق الأمر بدون محددات وبسبب وجود تأثيرات متداخلة أهمها خواص ديناميك الحرارة لعملية الذوبان مثل معامل الفعالية (activity coefficient) والجهد الكيماوي (chemical potential) وعمليات التفكك والخاصية الالكتروليتيية للمذبات حيث ان هذه التأثيرات المتداخلة تجعل عملية الذوبانية تنخفض إلى قيمة معينة من الذالة الحامضية وبعد ذلك تزداد وهذا واضح في الشكلين رقم (1) و(2).

### الجانب العملي

تم إجراء التجارب المختبرية على مرحلتين: المرحلة الأولى تم معالجة كل عنصر من الملوثات المدروسة عند وجوده بشكل منفرد في المحلول وفي المرحلة الثانية تم معالجة ايونات العناصر عند وجودها على شكل مزيج وبتراكيز مختلفة وفي الحالتين تتم المعالجة بإضافة قواعد مختلفة بشكل منفرد باستخدام جهاز فحص الجرة في إجراء التجارب وهو جهاز مختبري بسيط يحتوي على ستة أوعية اسطوانية زجاجية بحجم ثابت مزودة بخلاطات يتألف كل خلاط من اثنين من المجاذيف ذات شكل مربع إبعادها ( 2×2 ) سم تدور بسرعة متساوية يمكن السيطرة عليها ضمن مدى يتراوح بين (0-180) دورة \ دقيقة كما في الشكل\_ (3) والجدول رقم (1) يوضح الظروف التشغيلية للجهاز. اما الكيماويات والمحاليل المستخدمة في البحث هي محلول ايونات النحاس بتركيز يتراوح بين (2-6) ملغم/لتر ومحلول ايونات الخارصين بتركيز يتراوح بين (5-15) ملغم/لتر ومحلول ايونات المنغنيز بتركيز يتراوح بين (2-8) ملغم/لتر ومحلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز (0.05) ملغم/لتر ومحلول هيدروكسيد الكالسيوم بتركيز (0.05) ملغم/لتر ومحلول هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز (0.05) ملغم/لتر ومحلول كربونات الصوديوم بتركيز (0.1) ملغم/لتر. تم تهيئة المحاليل وحسب التراكيز المطلوبة لكل معدن ثم تم وضعها في الأوعية الاسطوانية للجهاز وبمقدار نصف لتر لكل وعاء. تضاف كمية متغيرة من القاعدة لكل وعاء التي من خلالها يتم السيطرة على مقدار الذالة الحامضية ضمن القيم التالية (8 - 9 - 10 - 11) ولكل وعاء قيمة مختلفة من الذالة الحامضية لغرض معرفة أفضل قيمة للذالة الحامضية يحصل عندها الترسيب. توضع النماذج في جهاز فحص الجرة وتمزج بسرعة (180) دورة/دقيقة لمدة 3 دقائق لغرض حصول تفاعل كيماوي بين ايونات العناصر الثقيلة والقاعدة المضافة ومن ثم مرحلة المزج البطيء بسرعة (20) دورة/دقيقة ولمدة 25 دقيقة وبعدها تبدأ عملية الترسيب إذ يترك النموذج في ظروف ترسيب ساكنة. تؤخذ عينات من كل نموذج في فترات زمنية مختلفة للترسيب (0.5, 1, 2, 3) ساعة وبعدها ترشح النماذج بواسطة أوراق ترشيح. ثم تقاس تراكيز ايونات العناصر الثقيلة في المياه بعد المعالجة باستخدام تقنية تحليل طيف الامتصاص الذري (Atomic absorption spectrometer).



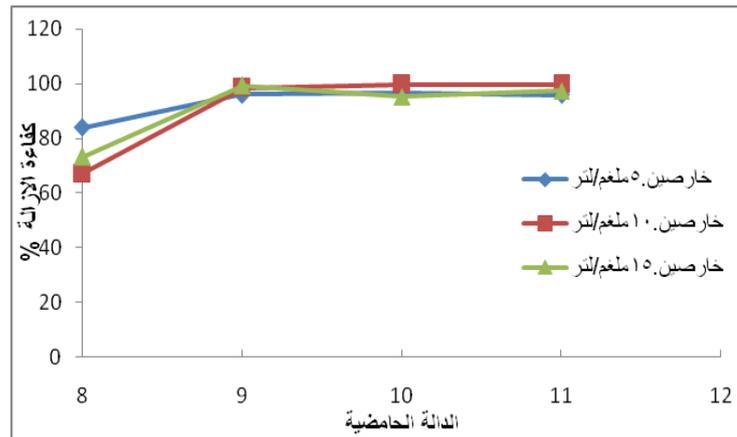
شكل (3) : شكل تخطيطي لجهاز فحص الجرة.

جدول (1) الظروف التشغيلية لجهاز فحص الجرة

الفترة	عدد الدورات لكل دقيقة	زمن المكوث دقيقة	G ثانية <sup>-1</sup>	Gt
مرحلة المزج السريع	180-160	3	300	45000
مرحلة المزج البطيء	50 - 20	25	20	30000
مرحلة الترسيب	—	180 - 30	—	—

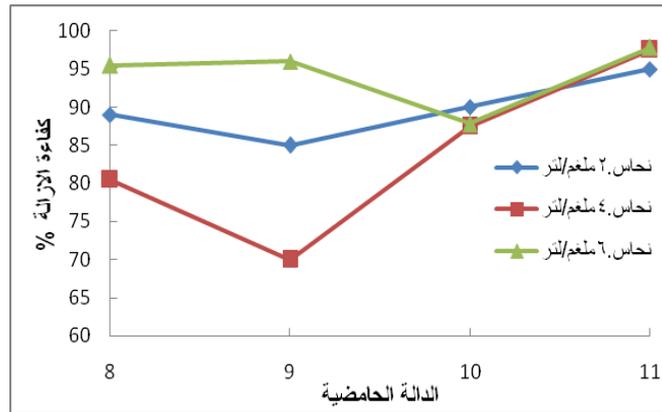
## النتائج والمناقشة

فيما يخص نتائج المرحلة الأولى يلاحظ من الشكل (4) الذي يمثل معالجة الخارصين باستخدام هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 0.05 عياري إن كفاءة الإزالة تزداد مع زيادة الدالة الحامضية وتكون أفضل ما يمكن عند قيمة الدالة الحامضية 9 وبعدها تزداد الكفاءة زيادة قليلة حتى تصل 10. ونلاحظ من الشكل إن أفضل كفاءة إزالة للتراكيز الابتدائية 10 و15 ملغم/لتر تظهر عند القيمة 11 للدالة الحامضية وتبلغ 99.6 و 97.3% على التوالي، وعندما يكون التركيز الابتدائي للخارصين 5 ملغم/لتر فإن الكفاءة تساوي 96.4% عند القيمة 10 للدالة الحامضية. لذلك إن أفضل ظروف لتفاعل الخارصين مع هيدروكسيد الصوديوم تظهر عند الدالة الحامضية 11. وان هذه القيمة تعطي أقل ذوبانية لأيونات المعدن وتكون عندها كفاءة الإزالة أكبر ما يمكن ويكون معدل التفاعل الأمامي لا نتاج رواسب أكبر من معدل التفاعل الخلفي. يفسر هذا السلوك طبقاً للبيانات الترموديناميكية أن الخارصين يوجد على شكل راسب في المحلول ويكون بالصيغة التالية  $Zn(OH)_2$  وهذه النتائج مطابقة لما جاء به الباحثون (Jelena et al) [11].



شكل (4) : تأثير الدالة الحامضية على كفاءة إزالة أيونات الخارصين عند استخدام هيدروكسيد الصوديوم.

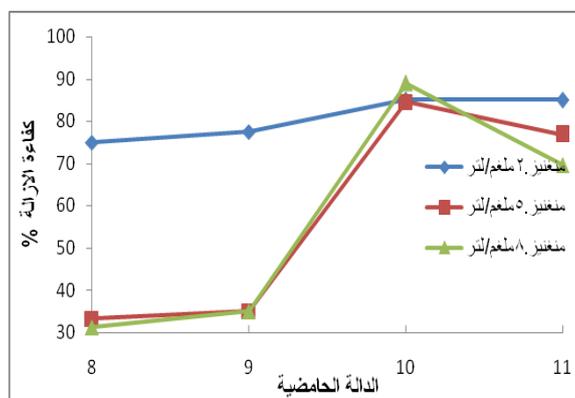
نلاحظ من الشكل (5) الذي يمثل معالجة ايونات النحاس باستخدام هيدروكسيد الكالسيوم بتركيز 0.05 عياري مع اخذ زمن ترسيب ثابت 30 دقيقة إن كفاءة الإزالة تزداد مع زيادة الدالة الحامضية وتكون أفضل ما يمكن عندما تكون قيمة الدالة الحامضية 11 وتكون للتركيز الابتدائية 2 و 4 و 6 ملغم/لتر تساوي 95 و 97.5 و 97.8 % على التوالي هذا يعني إن أفضل ظروف لتفاعل النحاس مع هيدروكسيد الكالسيوم تحدث عند الدالة الحامضية 11 حيث تعطي اقل ذوبانية لأيونات المعدن وتكون عندها كفاءة الازالة اكبر ما يمكن, يفسر هذا السلوك طبقاً للبيانات الترموداينميكية ان النحاس عند الدالة الحامضية 11 موجود في مياه الفضلات بعد المعالجة بالمركونات التالية  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  و  $\text{Cu}(\text{OH})^+$ .



شكل (5) : تأثير الدالة الحامضية على كفاءة إزالة ايونات النحاس عند استخدام هيدروكسيد الكالسيوم.

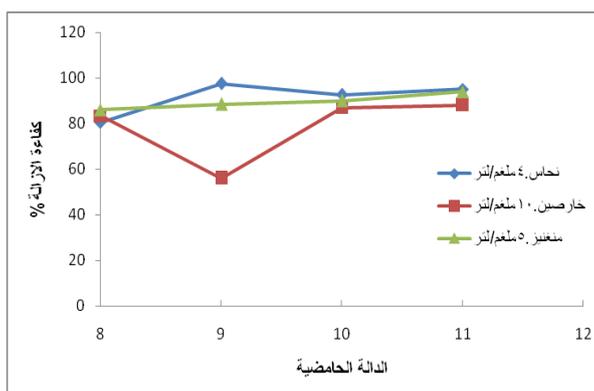
يلاحظ من الشكل (6) الذي يمثل معالجة المنغنيز باستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم بتركيز 0.05 عياري بثبوت زمن الترسيب 30 دقيقة. إن كفاءة الإزالة تزداد مع زيادة الدالة الحامضية وتساوي 85% و 84.6% و 89% وتكون أفضل ما يمكن عند الدالة الحامضية 10 عندما تكون التراكيز الداخلة للمنغنيز 2 و 5 و 8 ملغم/لتر. أي إن أفضل ظروف لتفاعل المنغنيز مع هيدروكسيد البوتاسيوم تظهر عند الدالة الحامضية 10. يفسر هذا السلوك طبقاً للبيانات الترموداينميكية بان المنغنيز عند هذه القيمة من الدالة الحامضية يكون موجود في مياه الفضلات مركب بشكل  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ . ويلاحظ عند الدالة الحامضية 11 إن المنغنيز انخفضت كفاءة الإزالة له والتفسير لهذا السلوك إن ايونات المعادن تترسب عند قيمة معينة من الدالة الحامضية وعند زيادة قيمة الدالة الحامضية إلى نقطة معينة بعدها تعاد ذوبانيتها في المحلول نتيجة تكوين معقد منحل بصيغة  $\text{Mn}(\text{OH})_4^{-2}$  [16].

كما يلاحظ انخفاض كفاءة الإزالة لا غلب الايونات في تراكيز معينة عند قيمة الدالة الحامضية 9 والسبب في ذلك هو عدم حصول تفاعل تام وتكون معقدات معدنية ذائبة [11].



شكل (6) : تأثير الداالة الحامضية على كفاءة إزالة ايونات المغنيز عند استخدام هيدروكسيد البوتاسيوم.

فيما يخص نتائج النمط الثاني فالشكل (7) يمثل معالجة مزيج من ايونات النحاس والخاصين والمغنيز المذابة في الماء بتركيز 4 و 10 و 5 ملغم/لتر على التوالي باستخدام كربونات الصوديوم بتركيز 0.1 عياري نلاحظ إن أفضل كفاءة إزالة لأيونات النحاس والمغنيز عند الداالة الحامضية 9 وتساوي 96.5% و 90.4% على التوالي وتتنخفض بعدها مع زيادة الداالة الحامضية وصولاً إلى قيمة 11. ونلاحظ إن كفاءة الإزالة للخاصين تزداد مع زيادة الداالة الحامضية لتصل إلى أعلى قيمة لها عند الداالة الحامضية 11 وتساوي 82% إن الترسيب بالكربونات لا يمكن حدوثه إلا بوجود ايونات  $CO_3^{2-}$  وايونات الكربونات الحرة يتطلب وجودها دالة حامضية عالية نسبياً ويتكون راسب كاربوني صلب نسبياً نلاحظ بعد الداالة الحامضية 10 انخفاض كفاءة الإزالة والسبب في ذلك عند زيادة الداالة الحامضية إلى قيمة أعلى من 10 يتكون هيدروكسي معدني معقد (metal hydroxy complexes) بسبب زيادة الذوبانية وبالتالي يخفض كفاءة الترسيب كما أكده الباحث (piero) [17]. وبالمقارنة مع النمط الأول نلاحظ انخفاض كفاءة الإزالة لجميع العناصر المدروسة.

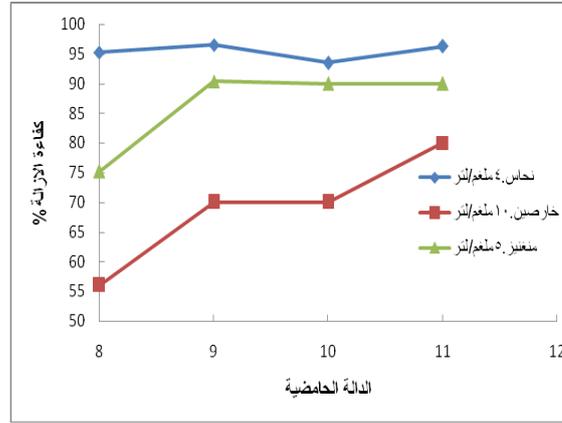


شكل (7) : تأثير الداالة الحامضية على كفاءة إزالة ايونات العناصر الثقيلة عند استخدام كربونات الصوديوم.

الشكل (8) يمثل معالجة مزيج من ايونات النحاس والخاصين والمغنيز المذابة في الماء بتركيز 4 و 10 و 5 ملغم/لتر على التوالي باستخدام هيدروكسيد الكالسيوم بتركيز 0.05 عياري نلاحظ إن كفاءة الإزالة تزداد مع زيادة الداالة الحامضية وتكون أفضل ما يمكن للخاصين والمغنيز عند الداالة الحامضية 11 وأفضل ما يمكن للنحاس عند الداالة الحامضية 9 وتساوي 97.5% للنحاس و 88% للخاصين و 94% للمغنيز. لذلك إن ايونات العناصر الثقيلة حصل لها أفضل ظروف تفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم عند هذه القيم للداالة الحامضية أي إن هذه القيم تعطي أفضل كمية من ايونات الهيدروكسيد ( $OH^-$ ) لتتفاعل مع ايونات العناصر الثقيلة وتعطي اقل ذوبانية لها تكون عندها كفاءة الإزالة اكبر ما يمكن. كما يلاحظ عند قيمة الداالة الحامضية 9 يكون هناك انخفاض في كفاءة الترسيب للخاصين والسبب هو عدم حصول تفاعل تام وتكوين هيدروكسي معدني معقد يؤدي إلى زيادة الذوبانية للعناصر الثقيلة وبالتالي تقل الكفاءة وهناك

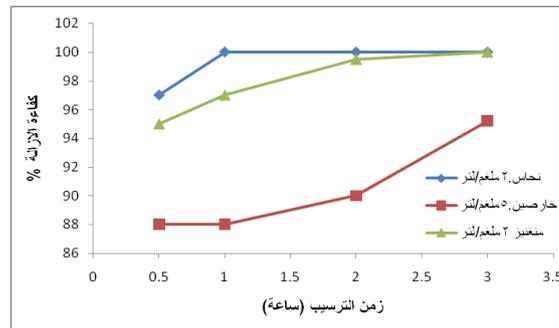
## أحمد : إزالة المعادن الثقيلة من مياه الفضلات الصناعية بالترسيب الكيميائي

تأثيرات أخرى تؤدي إلى زيادة الذوبانية للعناصر الثقيلة مثل درجة الحرارة والقوة الأيونية . وبالمقارنة مع النمط الأول فإن النحاس والمنغنيز تكون كفاءة الإزالة لهما في المزيج أفضل إما الخارصين تنخفض كفاءة الإزالة له مقارنة مع النمط الأول.



شكل (8) : تأثير الدالة الحامضية على كفاءة إزالة أيونات العناصر الثقيلة عند استخدام هيدروكسيد الكالسيوم.

الشكل (9) يمثل نتائج الاختبار لمعالجة مزيج من أيونات النحاس والخارصين والمنغنيز المذابة في الماء بتركيز 2 و 5 و 2 ملغم/لتر على التوالي باستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم عند قيم للدالة الحامضية التي تعطي أفضل كفاءة إزالة لأيونات العناصر الثقيلة لكل عنصر . عند زمن ترسيب متغير ضمن الفترة (0.5 - 3) ساعة، نلاحظ من الشكل إن كفاءة الإزالة للنحاس عند قيمة الدالة الحامضية 10 تزداد مع زيادة زمن الترسيب لتعطي إزالة كاملة لأيونات النحاس عند زمن ترسيب 1 ساعة وتستقر بعدها، إما المنغنيز فنلاحظ إن كفاءة الإزالة له عند قيمة الدالة الحامضية 11 تزداد مع زيادة زمن الترسيب لتعطي كفاءة حدود 99.5% عند زمن ترسيب ساعتين . ونلاحظ إن الخارصين عند قيمة الدالة الحامضية 9 فإن كفاءة الإزالة له تتأثر قليلاً بزيادة زمن الترسيب ويحتاج زمن ترسيب يصل إلى 3 ساعة ليعطي كفاءة إزالة حدود 95.2% . ومنها فإن أفضل زمن ترسيب للنحاس والمنغنيز والخارصين هو 1 و 2 و 3 ساعة على التوالي. إن زمن الترسيب يعتمد على الخواص الفيزيائية للرواسب .



شكل (9) : مقارنة تأثير زمن الترسيب على كفاءة إزالة أيونات العناصر الثقيلة عند استخدام هيدروكسيد البوتاسيوم.

نلاحظ من النتائج التي تم التوصل إليها بوجود اختلاف بين قيم الدالة الحامضية اللازمة لعملية ترسيب لكل معدن عن الآخر بسبب اختلاف تأثير ثابت التوازن بالدالة الحامضية وبسبب مدى انخفاض قيم معامل الفعالية للأيونات الذائبة ومدى انخفاض الجهد الكيمياوي للذوبانية وبالإضافة إلى القوة الأيونية وتأثيرها بوجود الأيونات السالبة والموجبة والتوازن الكهربائي.

### الاستنتاجات

تم التوصل من خلال النتائج التي تم الحصول عليها إن أفضل كفاءة إزالة للنحاس والخرصين عند وجودها بالماء لوحدها عند الدالة الحامضية 11 للنحاس وعند الدالة الحامضية 10 للمغنيز وعند وجود الأيونات بشكل مزيج فإن أفضل إزالة لأيونات للنحاس تحدث عند الدالة الحامضية 9 وأفضل إزالة لأيونات الخرصين والمغنيز تحدث عند الدالة الحامضية 10. في الحالة الأولى تحدث إزالة كاملة لأيونات المغنيز عند استخدام هيدروكسيد الكالسيوم. وإزالة 98.4% من أيونات الخرصين عند استخدام هيدروكسيد الصوديوم اما النحاس فتتحقق له إزالة أكثر من 96.66% مع كل من هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم. عند وجود الأيونات بشكل مزيج في المحلول فإن أفضل إزالة للمغنيز تحدث عند استخدام هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد الكالسيوم بزمان ترسيب 2 ساعة وتكون أكبر من 98.2%. إما النحاس فتتحقق له إزالة كاملة مع كل من هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم بزمان ترسيب ساعتين. وتتحقق إزالة 90% من الخرصين مع هيدروكسيد الصوديوم. تم الاستنتاج إن كل من هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم تعطي كفاءة ترسيب أفضل عند وجود الملوثات مع بعضها في المحلول باستثناء الخرصين.

### المصادر

1. Laidler K.J. and J.H. Meiser: "Physical chemistry". Benjamin Cummings Publishing Company, California, (1982), pp. 775.
2. Pappalardo, L., Jumean, F. and Abdo, N: "Removal of Cadmium, Copper, Lead and Nickel from Solution by White, Yellow and Red United Arab Emirates Sand". American Journal of Environmental Sciences, Vol. 6, No.1, 2010, pp. 41-44.
3. Shukla, A., Zhang, Y., Dubey, C., Margrave, J.L and Shukla, S: "The Role of Sawdust in the Removal of Unwanted Materials from Water". Journal of Hazardous Materials, B95, 2002, pp. 137-152.
4. Osick J. and I.L. Cooper: "Adsorption". John Wiley and Sons, New York, 1982, pp. 126.
5. Schäfer H, Rötlich H: "Arsenentfernung aus Prozesswasser". WLB 9, 2005, pp. 16-20.
6. Letowski F, Blaszczyk R, Ostrowski A, Salagacki Z: "Synergy of Pyrohydrolysis with Metals Extraction from Oxide Ores". Proceedings of EMC, Waschki U (ed), GDMB Medienverlag, Dresden, Germany, 2005, pp. 633-643.
7. Rose AW, Means B, Shah PJ: "Methods for Passive Removal of Manganese from acid Mine Drainage", wvu.edu, 2003, TFS, pp. 3.
8. Gheju M. and Coheci L: "Simultaneous Removal of Heavy Metals from Wastewaters" Chem. Bull. "POLITEHNICA" Univ. Timisoara, Vol. 55, No. 69, 2010, pp. 1-5.
9. Mahmood M. Barbooti, Nagham A. Ageena & Manal A. Tooma: "Removal Of Chromium From Electroplating Wastewater By Simple Chemical Treatment And Ion Exchange", Eng. & Tech, Vol. 26, No.11, 2008, pp. 595-612.

10. Magdalena Balintova, Aneta Petrilakova: "Study of pH Influence on Selective Precipitation of Heavy Metals from Acid Mine Drainage". In 11th Conference on Environment and Mineral Processing. VŠB-TU Ostrava, Czech Republic, 2007, pp. 255-260.
11. Jelena Pavlović, Srećko Stopić, Bernd Friedrich and Zeljko Kamberović: "Selective Removal of Heavy Metals from Metal-Bearing Wastewater in Cascade Line Reactor" Environ Sci Pollut Res, 2006, pp. 1-5.
12. Dyer, J. A., Scrivner, N. C., and Dentel, S. K: "A practical guide for determining the solubility of metal hydroxides and oxides in water" Environ. Prog., Vol. 17, No.1, 1998, pp.1-8.
13. Charerntanyarak, L: "Heavy metals removal by chemical coagulation and precipitation" Water Sci. Technol., Vol.39, No.10-11, 1999, pp.135-138.
14. Robert Crear: "Engineering and Design precipitation\ coagulation \ flocculation", Manual No. 1110-1-4012 15 , 2001, pp. 1-101.
15. EPA Technical Resource Document: "Treatment Technologies for Metal /Cyanide-Containing Wastes" .Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, NTIS Order Number PB 38-143896, 1987.
16. Ruijuan Qu, Jiaqi Shi, Dinglong Li, Zhongbo Wei, Xi Yang & Zunyao Wang: "Heavy Metal and Phosphorus Removal from Waters by Optimizing Use Calcium Hydroxide and Risk Assessment", Vol. 1, No. 1, 2012.
17. Piero M. Armenante ngit: "Precipitation of Heavy Metals from Wastewaters", Cls06-21.doc, 1997, pp. 41.

## تأثير المجال المغناطيسي على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه

### الإسالة/الخران/الجوفي وإمكانية الاستفادة منها في مجالات مختلفة

أحلام زكي أمين

كلية الهندسة/ قسم هندسة البيئة/ جامعة الموصل

#### الخلاصة

تناول البحث دراسة تأثير المجال المغناطيسي على بعض الخصائص العامة للمياه شملت الدالة الحامضية -pH value, التوصيل الكهربائي EC, الأوكسجين المذاب DO, العسرة الكلية TH, القاعدية Alkal, وتراكيز الأيونات المذابة الموجبة والسالبة لكل من الكالسيوم  $Ca^{+2}$ , المغنيسيوم  $Mg^{+2}$ , الصوديوم  $Na^{+}$ , البوتاسيوم  $K^{+}$ , الفوسفات  $PO_4^{-3}$ , الكبريتات  $SO_4^{-2}$ , النترات  $NO_3^{-1}$ , الكلوريدات  $Cl^{-1}$  ولنوعيات مختلفة من المياه تضمنت مياه الاساله وماء الخزان في المنزل وماء جوفي. تم دراسة هذه الخصائص قبل تمرير الماء خلال المجال المغناطيسي وبعده أظهرت النتائج معنوية المعامله بالمجال المغناطيسي لكل من الدالة الحامضية -pH value, التوصيل الكهربائي EC, الأوكسجين المذاب DO, العسرة الكلية TH, وتراكيز ايونات الكالسيوم  $Ca^{+2}$ , الصوديوم  $Na^{+}$ , البوتاسيوم  $K^{+}$ , النترات  $NO_3^{-1}$ , الكلوريدات  $Cl^{-1}$  ولأنواع المياه المدروسة. بينما أظهرت الخصائص الأخرى استجابة معنوية في نوع معين من المياه وعدم معنويتها في مياه أخرى. أعطت النترات أعلى نسبة تأثير بالمجال المغناطيسي بمقدار +52.8% لماء الإسالة يليها الفوسفات بنسبة +43.3% للماء الجوفي ثم DO و  $Ca^{+2}$  بمقدار 44.6% و 42.5% على التوالي لماء الخزان في المنزل. كانت المعاملة وبشكل عام معنوية لماء الخزان المنزلي والماء الجوفي مقارنة بماء الإسالة.

The effect of magnetic field on some physical and chemical properties of tap water/  
domestic storage tank and ground water and it's utilization in different fields

Ahlam Zeki Ameen

college of engg / University of Mosul.

#### Abstract

This research includes the effect of magnetic field on some water properties such as PH-value, Electrical Conductivity, Dissolved Oxygen, Alkalinity, negative and positive dissolved ion concentration (Magnesium, Calcium, Sodium, Potassium, nitrate, sulphate, chlorides, phosphates) for different types of water including tap water, domestic storage tank and ground water.

Those properties had been studied before and after magnetic treatment. The obtained results indicated significant magnetic treatment for pH-value, Electrical Conductivity, Dissolved Oxygen, Total Hardness, calcium, sodium, potassium, chlorides, nitrate, for the studied types of water, but other properties indicate significant magnetic treatment in such types of water and not significant in others. Maximum rate effect was (+52.8% nitrate) for tap water followed by (43.3% phosphate) for ground water, then (+44.6% dissolved oxygen and +42.5% calcium) for domestic storage tank and ground water compared with tap water.

Key words : tap water, domestic storage tank, ground water, magnetic treatment, water properties.

## المقدمة ومراجعة المصادر

يعتبر الماء أكثر المواد شيوعاً وأهمية في الطبيعة، يحتاجه الإنسان والحيوان والنبات لنموه، كما نحتاجه في حياتنا وعملنا وفي الزراعة والصناعة ولا حياة بدون ماء. نادراً ما يتواجد الماء في الطبيعة بحالة نقية، إذ تتغير نوعيته أثناء جريانه على الأرض، وتلتقط المتساقطات الدقائق المختلفة من الجو، وتطرح كميات هائلة من مياه الفضلات إلى البيئة، لذا أصبحت المياه الصالحة للشرب ملوثة بمركبات كيميائية مذبذبة مضرة للإنسان والبيئة وتحتاج إلى عمليات فيزيائية وكيميائية صعبة ومعقدة لتنقيتها. إن استخدام مثل هذه الأنواع من المياه في أصناعه وفي تجهيز محطات الاساله يؤدي إلى مشاكل شائعة ومكلفة وهي ظهور التكلس والترسبات التي تحدث نتيجة تبلور وترسيب وتصلب المعادن الموجودة فيها محدثة أضرار في أجهزة وأنابيب نقل المياه، حيث تعمل على تقليص قطر الأنابيب لتؤثر على كفاءة الجريان الذي يمثل مشكلة اقتصادية تتطلب المزيد من الطاقة وكلف التشغيل والصيانة. يطلق على محتوى المياه من المعادن المذبذبة بالعسرة التي تزال عادة بطرق كيميائية معقدة ومضرة للبيئة منها التبادل الأيوني والضغط التناظري والترسيب الكيماوي [1]. إن إيجاد طرق جديدة للتعامل والتحول إلى استخدام معالجات فيزيائية يقلل من الآثار السلبية لتلوث المياه و يحد من التعامل مع الكيماويات الخطرة ويقلل من كلف طرحها وتلويثها للبيئة ليساعد في حل العديد من المشاكل الصحية والبيئية. من هنا جاءت فكرة البحث في استخدام تقنية المعاملة المغناطيسية لتنقية المياه. إذ اتضح ان هناك حاجة ماسة إلى طرق فعالة وأمنة جديدة لتنقية المياه والتي تعتبر بمثابة محاكاة لما يحدث في الطبيعة. تعد عملية مغنطة المياه من بين التكنولوجيات ألدنيته والمستخدمه حالياً. فقد تطورت العلوم المغناطيسية وأصبحت أكثر تعقيداً وخصوصاً بعد ان ارتبطت خصائصها مع كل المواد الصلبة والسائلة والغازية فضلاً عن الكتلة الحية [4] [3] [2]. أوضح [5] ان التكنولوجيا المغناطيسية هي المعاملة الواعدة لعزل الملوثات من الماء. ووجد باحثون عند وضع مغناطيس دائم بتلامس مع الماء لفترة من الزمن يؤدي الى شحن الماء مغناطيسياً ليكتسب الخصائص المغناطيسية والتي تؤثر على جسم الإنسان عند تناوله بصورة منتظمة ولفترة من الزمن [6]. لاحظ [7] عند تعريض الماء الى المجال المغناطيسي، تتغير خصائصه ليصبح أكثر جريانا ويفعم بالحيوية و اعتبره ولادة علم جديد هو المغناطيسية الحيوية "Magneto Biology" واثبت فوائدها العديدة في الزراعة. أوضحت [8] بان جزيئات الأملاح كالكالسيوم والمغنيسيوم في المياه تميل إلى تكوين روابط عشوائية فيما بينها أثناء حركتها الغير منتظمة في الماء وعندما تصبح هذه الروابط كبيرة أو ان تراكيزها اكبر من حاصل الإذابة لتلك الرواسب فإنها تترسب على الجدران الداخلية للأنابيب الناقلة لها مكونة رواسب ملحية تقلل تدفق المياه، يقوم المجال المغناطيسي بتنظيم سير هذه الجزيئات ليمنع تكوين هذه الروابط ومن ثم يمنع تكوين الرواسب الملحية. أشار [9] الى أهم العوامل التي تعتمد عليها نجاح المعاملة المغناطيسية هي: شدة المجال المغناطيسي، زمن التعرض له، توجيهه عمودي على جريان الماء. ذكر [10] ان العديد من الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء تتغير عند تعرضه للمجال المغناطيسي لمدة كافية من الزمن منها التوصيل الكهربائي والرقم الهيدروجيني بسبب تأثير المجال المغناطيسي في شكل زاوية الربط بين ذرتي الهيدروجين وذرة الأوكسجين في جزيئات الماء ليقولها إلى 103 درجة فتجتمع ضمن مجموعات جزيئية صغيرة تحسن امتصاص الماء عبر جدران الخلايا الحية.

يعرف الماء الممغنط بالماء الذي يتم الحصول عليه بعد تمريره من خلال مجال مغناطيسي معين أو بوضع

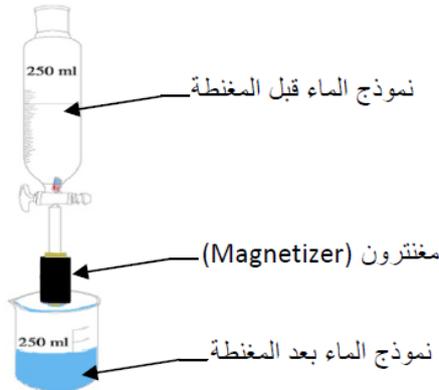
المغناطيس داخل الماء أو بالقرب منه لفترة من الزمن فيؤدي ذلك إلى تغيير بعض خصائصه [11].

## هدف الدراسة

- 1- معرفة كفاءة المعاملة الفيزيائية بتأثير المجال المغناطيسي على تغيير بعض خصائص الماء الفيزيائية والكيميائية.
- 2- مقارنة تأثير المعاملة المغناطيسية على أنواع مياه مختلفة (مياه إسالة, ماء خزان منزلي, ماء جوفي).
- 3- إمكانية التعرف على خصائص الماء الأكثر تأثراً بالمعاملة المغناطيسية لغرض الاستفادة منها في تطبيقات عملية (الطب والصناعة والزراعة وغيرها).

## المواد وطرائق العمل

تتوفر حالياً أنواع مختلفة من أدوات معاملة الماء مغناطيسياً التي تتكون من مغناطيس دائم واحد أو أكثر يثبت على السطح الداخلي أو الخارجي لأنبوب تجهيز الماء الرئيسي فيتعرض الماء إلى تأثير المجال المغناطيسي. أجريت الدراسة على ثلاثة أنواع من المياه هي ماء الحنفية (الإسالة), ماء الخزان المنزلي (خزان), ماء بئر من حي نركال (جوفي). تمت المغنطة بتمرير النماذج ولمرة واحدة من خلال ممغنط المياه (مغنترون) AQUARETTE من شركة (GIMRET) الألمانية قطره 0.5 سم وشدة فيضه المغناطيسي 130 جاوس (13 ملي تسلا). الجاوس =  $10^4$  تسلا, وهو وحدة قياس المجال المغناطيسي. تم قياس شدته المغناطيسية بجهاز (الجاوس ميتر) في مختبر قسم الفيزياء كلية التربية - جامعة الموصل، ويدخل في تركيبه كلا القطبين الشمالي والجنوبي (Dipolar). بلغ معدل تصريف الماء أثناء التجارب 3.75 مللتر/ ثانية وبسرعة جريان 15 سم/ ثانية ليصل زمن تعرض الماء للمجال المغناطيسي 3 ثانية. الشكل (1) يوضح الأدوات المستخدمة في البحث.



شكل (1) الأدوات المستخدمة في البحث

أجريت الفحوصات والتحليل المخبرية الفيزيائية والكيميائية بواقع 5 مكررات لكل خاصية ولأنواع الثلاثة من المياه قبل تعريض الماء للمجال المغناطيسي وبعده. شمل هذا البحث دراسة 14 خاصية للماء هي : الدالة الحامضية pH-value, التوصيل الكهربائي EC, الأوكسجين المذاب DO, القاعدية Alkal. , العسرة الكلية T.H, عسرة الكالسيوم, وتراكيز الايونات المذابة الموجبة والسالبة لكل من الكالسيوم  $Ca^{+2}$ , المغنيسيوم  $Mg^{+2}$ , الصوديوم  $Na^{+}$  والبوتاسيوم  $K^{+}$ , الكلوريد  $Cl^{-1}$ , النترات  $NO_3^{-1}$ , الكبريتات  $SO_4^{-2}$  والفوسفات  $PO_4^{-3}$

أجريت الفحوصات تبعاً للمواصفات القياسية المعتمدة في STANDARD METHODS

APHA,AWWA,WPCF,1985

- الرقم الهيدروجيني pH-value باستخدام جهاز Hanna Instrument-PH 211.
- التوصيل الكهربائي (EC) Electrical Conductivity باستخدام جهاز Digital Conductivity meter بوحدة مايكرو موز/سم.
- الأوكسجين المذاب في الماء (DO) Dissolved Oxygen باستخدام جهاز DO-Meter بدقة 0.1 ملغم/لتر.

- العسرة الكلية (Total Hardness(TH) باستخدام طريقة EDTA Titrimetric Method.
- الكلوريد (Cl<sup>-</sup>) Chloride باستخدام طريقة Argent metric Method.
- الكبريتات (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) Sulfate باستخدام طريقة Turbid metric Method
- النترات (NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>) Nitrate باستخدام طريقة Ultraviolet spectrophotometric Screening.
- الصوديوم والبوتاسيوم Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> باستخدام جهاز Flame photometer Model Buck
- الفوسفات (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) phosphate باستخدام طريقة Stannous chloride.

تم تحليل النتائج باستخدام البرنامج الإحصائي (MINI TAP) لمعرفة معنوية المعاملة المغناطيسية من عدمها واستخدم اختبار (paired-t- test) للمقارنة بين الخصائص المدروسة ولأنواع المياه المستخدمة في البحث (إسالة, خزان,جوفي) قبل المعاملة المغناطيسية وبعدها. كما استخدم اختبار (unpaired-t-test) لمعرفة نوعية الماء الأكثر تأثراً بالمعاملة المغناطيسية اعتماداً على الخصائص المقاسة والمذكورة سابقاً. اعتمدت النتائج الإحصائية معنوية عند مستوى احتمال (0.05) أو أقل.

## النتائج و المناقشة

### الدالة الحامضية pH- value

يظهر الجدول (1) زيادة معنوية في قيم الدالة الحامضية بتأثير المعاملة المغناطيسية ولأنواع المياه (إسالة, خزان, جوفي). كانت اعلى نسبة مئوية للتأثير في قيمة الدالة الحامضية لماء الخزان المنزلي بنسبة +5.1% (وصلت قيمة الدالة الحامضية 7.6 بتأثير المعاملة المغناطيسية مقارنة مع 7.23 بدونها), يليها الماء الجوفي بنسبة تأثير +4.1% ثم ماء الإسالة بنسبة تأثير +1.3% . هذه الزيادة في قيم الدالة الحامضية مقارنة للنتائج التي توصل إليها [12] عند استخدامه طريقة الري بالرش باستخدام الماء الممغنط للحصول على أعلى نسبة زيادة في تناسق الإرواء بتسليط مجال مغناطيسي مستمر شدته 1608 جاوس لتزداد قيمة الدالة الحامضية من (7.75- 8.11) أي بنسبة تأثير +4.7% ومقارنة لنتائج [13] عند استخدامها التكنولوجيا الآمنة بالمجال المغناطيس بشدة 130 ملي تسلا ولمدة 7 ايام لمعالجة المياه الراكدة في بحيرة شرق جدة اذ ارتفعت قيمة pH من (6.47- 6.87). إن التغير الحاصل في قيم الدالة الحامضية يعود إلى التغير في طبيعة الأواصر الهيدروجينية التي تربط جزيئات الماء مع بعضها بعد تعرضها للمجال المغناطيسي [14], وأضاف [15] بان المجال المغناطيسي يربك السطح البيئي للغاز/ السائل وينتج أوكسجين حيوي.

جدول (1) نتائج التحليل الإحصائي paired-t-test لقيم الدالة الحامضية pH-value بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان, جوفي) مع النسبة المئوية للتأثير بالمجال المغناطيسي

النسبة المئوية للتأثير	P-value	المعدل + الانحراف المعياري		نوع الماء
		بعد المغنطة	قبل المغنطة	
+ 1.3	معنوي P=0.002	0.019+7.942	0.019+7.842	إسالة
+5.1	معنوي P<0.05	0.015+7.6	0.004+7.23	خزان
+4.1	معنوي P<0.05	0.065+7.67	0.008+7.36	جوفي

## التوصيل الكهربائي EC

يظهر الجدول(2) زيادة معنوية في قيم التوصيل الكهربائي بتأثير المعاملة المغناطيسية ولأنواع المياه (إسالة, خزان, جوفي). حصلت أعلى نسبة مئوية للتأثير في قيمة التوصيل الكهربائي لماء الخزان بنسبة +25% ( وصلت قيمة التوصيل الكهربائي 732.6 بتأثير المعاملة المغناطيسية مقارنة مع 586.2 من دونها ), تلاها ماء الاساله بنسبة تأثير +2.4% ثم الماء الجوفي بنسبة تأثير +2.1%. هذه الزيادة في قيم التوصيل الكهربائي مشابهة للنتائج التي توصل إليها [12] عند استخدامه الماء الممغنط في طريقة الري بالرش للحصول على أعلى نسبة زيادة في تناسق الإرواء. حيث وصلت قيمة التوصيل الكهربائي للماء 470 مايكرو موز/سم بعد تسليط مجال مغناطيسي مستمر بشدة 1206 جاوس مقارنة مع 455 مايكروموز/سم للماء الاعتيادي اي بنسبة تأثير +3.3%. ومثابهة لنتائج [16] الذي درس تأثير المعاملة المغناطيسية لماء الري في إزالة الأملاح من التربه. يعزى السبب في ذلك بان تسليط مجال مغناطيسي على الماء يعمل على تغير و تفكك الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء ويؤثر على استقطابيته ليقال من مستوى اتحاد أجزائه ويزيد من قابلية التوصيل الكهربائي ويؤثر على تحلل بلورات الأملاح[17, 18, 19]. كذلك كانت النتائج مشابهة للزيادة المعنوية التي حصل عليها [20] عند دراسته لترسيب كربونات الكالسيوم من محلول كربونات الصوديوم المعامل مغناطيسيا باستخدام مغنترون 0.27 تسلا وبتصريف 1.4 مللتر/ ثانية ولمدة 5 دقائق وشارالي السطح البيني الفلق للغاز/ السائل .

جدول (2) نتائج التحليل الإحصائي paired-t-test لقيم التوصيل الكهربائي EC (مايكرو موز/سم) بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان, جوفي) مع النسبة المئوية للتأثير

النسبة المئوية للتأثير	P-value	المعدل + الانحراف المعياري		نوع الماء
		قبل المغنطة	بعد المغنطة	
+2.4	معنوي P<0.05	2.07+628.6	3.35+609.2	إسالة
+25	معنوي P<0.05	3.65+732.6	6.34+586.2	خزان
+ 2.1	معنوي P=0.006	274+34350	138+33650	جوفي

## الأوكسجين المذاب DO

يظهر الجدول(3) زيادة معنوية في قيم الأوكسجين المذاب بتأثير المعاملة المغناطيسية ولمياه (الخزان, الجوفي) , في حين لم تكن الزيادة معنوية لماء الإسالة . حصلت أعلى نسبة للتأثير في قيمة الأوكسجين المذاب لماء الجوفي بنسبة +44.6%, يليها ماء الخزان و بنسبة +11.6% . هذه الزيادة في قيم الأوكسجين المذاب لماء الخزان أعلى قليلا لما نشرته [21] زيادة استيعابية الماء الممغنط للأوكسجين بنسبة 10% أكثر من الماء العادي. وان مغنطة الماء تذيب أوكسجين أكثر وتعجل سرعة التفاعلات الكيماوية له [20] . أشار [22] بان المعاملة المغناطيسية تؤثر على السطح البيني للغاز/السائل وتنتج هيدروجين وأوكسجين حيوي بسبب التغير في سمك طبقة hydration layer قرب الايونات والسطوح. إن هذه الزيادة في تراكيز الأوكسجين المذاب في الماء ذات اهمية كبيرة في تنظيم الأفعال الحيوية لمجاميع الأحياء المجهرية في الماء, كما تعمل على تحلل الملوثات العضوية هوائيا والتخلص منها. ومن تطبيقات التقنية المغناطيسية تحسن نوعية مياه بحيرة القرم في مسقط. [23]

جدول (3) التحليل الإحصائي paired-t-test لقيم الأوكسجين المذاب بالملغم / لتر بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان, جوفي) مع النسبة المئوية للتأثير بالمجال المغناطيسي

النسبة المئوية لتأثير	P-value	المعدل + الانحراف المعياري		نوع الماء
		بعد المغنطة	قبل المغنطة	
+9.6	P=0.08 غير معنوي	0.192+6.120	0.342+5.588	اسالة
+ 11.6	معنوي P=0.001	0.181+6.160	0.216+5.52	خزان
+ 44.6	معنوي P<0.05	0.089+4.540	0.305+3.140	جوفي

### القاعدية Alkalinity

يظهر الجدول(4) تأثير معنوي للمعاملة المغناطيسية في قيم قاعدية أنواع المياه (إسالة , جوفي) , في حين لم تكن المعاملة المغناطيسية معنوية لماء الخزان. بلغت قيمة القاعدية في ماء الإسالة 270 ملغم/لتر بتأثير المعاملة المغناطيسية مقارنة مع 280 ملغم/لتر بدونها ليعطي أعلى نسبة لتأثير +15.6% , يليها قاعدية الماء الجوفي بنسبة انخفاض 8.1%. هذه النتائج في انخفاض قيم قاعدية الماء الجوفي اوطا قليلا مما توصل إليه [24] بتحسين نوعية ماء بئر جوفي قاعدي -عسر بمعاملته مغناطيسا عند دراسته لتأثير هذه المعاملة في تحسين نمو النباتات. واعلى قليلا لما توصل إليه [25] عند استخدامه للتكنولوجيا المغناطيسية في الزراعة.

جدول (4) التحليل الإحصائي paired-t-test لقيم القاعدية بالملغم /لتر بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان, جوفي) مع النسبة المئوية للتأثير بالمجال المغناطيسي.

النسبة المئوية للتأثير	P-value	المعدل + الانحراف المعياري		نوع الماء
		بعد المغنطة	قبل المغنطة	
+ 15.6	معنوي P=0.022	14.83+288	12.25+270	اسالة
-7.9	غير معنوي P=0.130	8.94+256	19.24+278	خزان
-8.1	معنوي	4.47+452	4.47+492	جوفي

### العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم

يظهر الجدول(5) انخفاض معنوي في قيم العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم بتأثير المعاملة المغناطيسية ولأنواع المياه (إسالة, خزان, جوفي). بلغ اعلي انخفاض في قيمة العسرة الكلية لماء الخزان بنسبة 23.1% يليها الماء الجوفي بنسبة 10.2% ثم ماء الإسالة بنسبة 5.5%. كذلك أثرت المعاملة المغناطيسية على عسرة الكالسيوم لتصل أعلى نسبة للتأثير في ماء الخزان بانخفاض 42.6% يليها الماء الجوفي بنسبة انخفاض 19.5% ثم ماء الإسالة وبنسبة انخفاض 12.9% . هذه النتائج في انخفاض العسرة الكلية للماء اوطا قليلا مما توصل إليه [26] الذي استطاع تقليلها بنسبة 50% عند تسليطه مجال مغناطيسي 10 تسلا على الماء وبافتراضه بان قوة المجال المغناطيسي تؤثر على درجة

dehydration للمحلول ومن ثم التأثير على تفاعلات الماء kinetics. ان من مسببات عسرة الماء تواجد كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم فيه, اذ تتجمع ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء العادي بمواقع عدة لتكون نواة لبلورات صلبة  $CaCO_3$  نوع الكالسايت تلتصق بالسطوح اشبه بشجره متفرعة يحدث المجال المغناطيسي تغيير في هيكلية هذه المركبات ويقلل من تأثير الطبقة الكهربائية المزدوجة ليسانع في تخثيرها ويغير نظام ترسيبها بشكل جسيمات قرصية رخوة سهلة الازاله وبذلك تقل عسرة الماء. [28,27,2].

جدول (5) التحليل الإحصائي paired-t-test لقيم العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم بالملغم /لتر بدلالة  $CaCO_3$  بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان, جوفي) مع النسبة المئوية لتأثير المجال المغناطيسي

النسبة المئوية للتأثير	P-value	المعدل + الانحراف المعياري		الوحدة	الخاصية
		بعد المغنطة	قبل المغنطة		
-5.5	P=0.009 معنوي	3.35+192.8	2.830+204	اسالة	العسرة الكلية
-23.1	P<0.05 معنوي	+146.40 5.37	6.07+190.4	خزان	
-10.2	P=0.001 معنوي	66.9+1336	52.2+1488	جوفي	
-12.9	P=0.001 معنوي	7.27+113.6	9.21+130.4	اسالة	عسرة الكالسيوم
-42.6	P<0.05 معنوي	5.93+64.8	8.2+112.8	خزان	
-19.5	P=0.02 معنوي	40.0+560.0	45.6+696.0	جوفي	

### الايونات المذابة الموجبة (كالسيوم $Ca^{+2}$ , مغنسيوم $Mg^{+2}$ , صوديوم $Na^+$ , بوتاسيوم $K^+$ )

أظهرت النتائج جدول(6) وبشكل عام معنوية المعاملة المغناطيسية لايونات ( $Ca^{+2}, Na^+, K^+$ ) وعدم معنويتها لايون  $Mg^{+2}$  ولأنواع المياه (إسالة, خزان, جوفي). إذ انخفضت تراكيز ايونات الكالسيوم  $Ca^{+2}$  بتأثير المعاملة المغناطيسية بنسبة 42.5% لماء الخزان المنزلي يليها الماء الجوفي بنسبة انخفاض 18.1% ثم ماء الإسالة بنسبة انخفاض 12.8%. هذه النتائج في انخفاض تراكيز ايونات الكالسيوم مقارنة لنتائج [13] التي حصلت على انخفاض بنسبة 27%, 37% باستخدامها مجال مغناطيسي ثابت ومتحرك وبشدة (130-390) وعلى التوالي اثناء معالجتها لمياه بركة راكدة في شرق جدة. إما المغنيسيوم  $Mg^{+2}$  فقد حصلت زيادة غير معنوية في تراكيز ايوناته بتأثير المعاملة المغناطيسية ولأنواع المياه المستخدمة (إسالة, خزان, جوفي). تعد ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم من أكثر الايونات شيوعا في تكوين عسرة الماء وان تقليلها يساعد في حل بعض مشاكل العسرة في أنابيب نقل المياه والسخانات والصناعات المختلفة وما تلحقه من أضرار اقتصادية فيها. كذلك أثرت المعاملة المغناطيسية في تراكيز ايونات الصوديوم  $Na^+$  وكانت الزيادة معنوية في جميع أنواع المياه (إسالة, خزان, جوفي) وبنسبة 17.2% لماء الخزان, ثم ماء الإسالة فالجوفي ويتأثير 1.8% و 1.2% على التوالي, على عكس ذلك حصلت [13] على انخفاض في تراكيز هذه الايونات بنسبة 6% عند استخدامها مغناطيس ثابت و 2% عند استخدامها مغناطيس متحرك وعلى

التوالي. إما البوتاسيوم  $K^+$  فقد سجلت تراكيز ايوناته ارتفاع معنوي في ماء الخزان المنزلي لتصل نسبة الارتفاع 18.2%، يليها ماء الإسالة بنسبة 9.6% ولم تكن المعاملة المغناطيسية معنوية للماء الجوفي. ان نتائج زيادة ايونات البوتاسيوم  $K^+$  اقل مما توصل إليه [16]، الذي تمكن من زيادة تراكيز  $K^+$  من (23.7 لتصل 24.7) ملغم/لتر إنشاء دراسته لتأثير ماء الري (قناة الإسماعيلية) المعامل مغناطيسيا في إزالة الملوحة من التربة وعلى توفر المغذيات. هذه الزيادة في تراكيز ايونات البوتاسيوم ذات تأثير ايجابي في زيادة المغذيات لماء الري. تبين من نتائج الدراسة إن للمعاملة المغناطيسية تأثير على الايونات الموجبة الموجودة في الماء ويتسلسل ايون الكالسيوم هو الأكثر تأثرا ثم البوتاسيوم فالصوديوم. هذه النتائج مطابقة للنتائج التي توصلت إليها [13] عند معالجتها مياه فضلات بركة راكدة شرق جدة بمجال مغناطيسي ثابت وأخر متحرك وبشدة (130-390) ملي تسلا ولمدة 30 يوم. يعود السبب في ذلك لقوة المجال المغناطيسي في كسر الأواصر الهيدروجينية بين جزيئات الماء لتبدو الايونات منفصلة وترتبط مع عناصر أخرى. أشار [19] إلى تحسن قابلية حركة الايونات بتأثير المجال المغناطيسي لتؤدي إلى أضرار جدية بشبكة الأواصر الهيدروجينية في المحاليل ذات التراكيز العالية من الايونات. أما محاليل التراكيز الواطئة فان السلوك الهيكلي تسيطر عليه خصائص جزيئات الماء وقدرة الأواصر الهيدروجينية .

جدول (6) نتائج التحليل الإحصائي paired-t-test لتراكيز الايونات المذابة الموجبة (كالسيوم  $Ca^{+2}$ , مغنسيوم  $Mg^{+2}$ , صوديوم  $Na^+$ , بوتاسيوم  $K^+$ ) بالملغم /لتر بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان, جوفي) مع النسبة المئوية لتأثير المجال المغناطيسي

النسبة المئوية للتأثير	قيم P-value	المعدل + الانحراف المعياري		الوحدة	الخاصية
		بعد المغنطة	قبل المغنطة		
-12.8	P=0.00 معنوي	2.91+45.54	3.69+52.26	إسالة	$Ca^{++}$
-42.5	P<0.05 معنوي	2.39+25.99	3.28+45.22	خزان	
-18.1	P=0.021 معنوي	40+560	45.6+696	جوفي	
-8.6	P=0.078 غير معنوي	1.90+17.91	2.33+16.48	إسالة	$Mg^{++}$
-5.1	P=0.631 غير معنوي	1.86+18.28	2.88+17.38	خزان	
-1	P=0.277 غير معنوي	21.58+173.82	13.79+197.12	جوفي	
-1.8	P=0.042 معنوي	0.070+13.5	0.134+13.26	إسالة	$Na^+$
-17.2	P<0.05 معنوي	0.228+15.92	0.045+13.58	خزان	
-1.2	P=0.003 معنوي	0.167+60.36	0.249+59.62	جوفي	
-9.6	P=0.016 معنوي	0.0447+1.82	0.054+1.66	اسالة	$K^+$
-18.2	P=0.003 معنوي	0.0548+1.94	0.0548+1.64	خزان	
-0.7	P=0.07 غير معنوي	0.07+8.0	0.0548+7.94	جوفي	

## الايونات المذابة السالبة (كلوريدات $Cl^{-1}$ , كبريتات $SO_4^{-2}$ , نترات $NO_3^{-1}$ , فوسفات $PO_4^{-3}$ ):

يظهر الجدول (7) معنوية المعاملة المغناطيسية لايونات النترات ولأنواع المياه (إسالة, خزان المنزل, جوفي) , اذ ارتفعت تراكيز هذه الايونات في ماء الإسالة من (0.722 - 1.104) ملغم/لتر بتأثير المعاملة المغناطيسية لتبلغ أعلى نسبة زيادة بمقدار 52.8%, يليها ماء الخزان بنسبة 30%. ثم الماء الجوفي بنسبة 8.1%. اما الفوسفات فقد ظهرت معنوية المعاملة المغناطيسية لايوناتها للماء الجوفي (لتواجدها فيه فقط ولهذه الدراسة) بلغت نسبة الارتفاع في قيم هذه الايونات 43.3%, هذه النسبة اوطا قليلا مما توصل اليه [16] أثناء دراسته لتأثير ماء الري المعامل مغناطيسيا (1000 جاوس ولمدة 24-48 ساعة) في توفير المغذيات للنبات. ان الزيادة في تراكيز ايونات النترات والفوسفات ليست لصالح نوعية مياه الشرب أو لاستخدامات المياه الصناعية ولكن لصالح المياه المستخدمة في الزراعة والري ولتوفير مغذيات اكثر لنمو النباتات. إما ايونات الكبريتات فقد اظهر التحليل الإحصائي عدم معنوية المعاملة المغناطيسية في ماء الإسالة والجوفي في حين كان معنويا لماء الخزان المنزلي ليحصل ارتفاع في تراكيزها بنسبة 18.8%. في حين حقق انخفاض تراكيز الكبريتات فائدة عملية في تحسين مياه حديقة القرم في عمان باستخدام الأنظمة المغناطيسية لتصبح المياه أكثر صفاء وبدون روائح وقلت تراكيز الأملاح الذائبة لكل من الكبريتات والعسرة [23] ليضيف جانب ايجابي على البيئة. كما أظهرت النتائج معنوية المعاملة المغناطيسية لايونات الكلوريدات لماء الخزان المنزلي والجوفي بنسبة انخفاض 7 % و 3.5% وعلى التوالي, بينما لم يكن التأثير معنويا لماء الإسالة. هذه النتائج في انخفاض تراكيز ايونات الكلوريد اوطا قليلا من نتائج [13]. يمكن الاستفادة من تأثيرات المعاملة المغناطيسية في تقليل تراكيز ايونات الكلوريدات لتحسين نوعية مياه الشرب والري في معالجة ماء الفضلات . بصورة عامة ,حققت ايونات النترات أعلى نسبة تأثر بالمجال المغناطيسي تلتها ايونات الفوسفات. سجلت ايونات الكلوريدات اقل انخفاض من بين الايونات المذابة السالبة لتقارب النتائج التي توصلت إليها [13] عند معالجتها مياه فضلات راكدة في بركة شرق جدة بمجال مغناطيسي 390 ملي تسلا ولمدة 30 يوم. يعود السبب في ذلك الى وجود روابط عشوائية بين جزيئات الأملاح أثناء حركتها في الماء العادي يقوم المجال المغناطيسي بتنظيم سير هذه الجزيئات ليمنع تكوين هذه الروابط ومن ثم يمنع تكوين الرواسب الملحية [29], أشارت بحوث علمية إن خصائص المحلول لها قابلية التعديل خلال مرورها بالمجال المغناطيسي ليتغير التركيب الجزيئي للسائل وتتغير استقطابيته التي تنتج من إعادة ترتيب جسيماته وتغير كهربائيته [30,31,32].

جدول (7) نتائج التحليل الإحصائي paired-t-test للأيونات المذابة السالبة (كلوريدات  $Cl^-$ , نترات  $NO_3^-$ , كبريتات  $SO_4^{2-}$ , فوسفات  $PO_4^{3-}$ ) بالملغم /لتر بتأثير المعاملة المغناطيسية وبدونها لماء (الإسالة , خزان , جوفي) مع النسبة المئوية لتأثير المجال المغناطيسي.

النسبة المئوية للتأثير	P-value	المعدل + الانحراف المعياري		الوحدة	الخاصية
		بعد المغنطة	قبل المغنطة		
-2.1	P=0.374 غير معنوي	1.095+18.79	1.095+19.19	إسالة	$Cl^-$
-7	P=0.016 معنوي	1.095+21.19	1.095+22.79	خزان	
-3.6	P=0.034 معنوي	1.673+53.58	0.894+55.58	جوفي	
+52.8	P=0.008 معنوي	0.148+1.104	0.125+0.722	إسالة	$NO_3^-$
+30	P=0.016 معنوي	0.436+0.562	0.046+0.433	خزان	
+8.1	P=0.004 معنوي	0.126+2.587	0.138+2.394	جوفي	
-3.5	0.794 غير معنوي	11.13+102.71	20.6+106.49	إسالة	$SO_4^{2-}$
+18.8	0.038 معنوي	6.53+73.74	12.74+62.1	خزان	
-22.5	P=0.2 غير معنوي	438+1348	291+1740	جوفي	
+43.3	0.016 معنوي	0.30+1.650	0.172+1.112	جوفي	$PO_4^{3-}$

### تأثير المعاملة المغناطيسية على أنواع المياه (إسالة, خزان المنزل, جوفي)

يظهر الجدول (8) نتائج التحليل الإحصائي un-paired-t-test لنوعيات المياه المستخدمة في البحث ماء (إسالة, خزان , جوفي) وإيهم أكثر تأثراً بالمعاملة المغناطيسية اعتماداً على الخصائص المقاسة . عدت النتائج الإحصائية معنوية عند مستوى احتمال (0.05) أو أقل . يتضح من الجدول معنوية المعاملة المغناطيسية لماء الخزان المنزلي والماء الجوفي مقارنة بماء الإسالة يعود السبب في ذلك لاحتواء ماء الخزان المنزلي والماء الجوفي على أملاح مذابة أكثر من ماء الإسالة نتيجة بقاء الماء فيهما لفترة أطول, لذا كان لتأثير المجال المغناطيسي أثراً واضحاً في تفكك هذه الأملاح التي تتحسن قابلية حركة أيوناتها بتأثير المجال المغناطيسي لتحديث أضرار بشبكة الأوصار الهيدروجينية ويزداد تركيزها. أما المحاليل ذات التراكيز الواطئة من الأملاح فأن السلوك الهيكلي للمحلول تسيطر عليه خصائص جزيئات الماء وقوة الأوصار الهيدروجينية [19].

جدول رقم(8) نتائج التحليل الاحصائي un-paired-t-test لنوعيات المياه المفحوصة بعد المعاملة المغناطيسية

الخاصية	ماء اسالة المعدل±الانحراف المعياري	ماء خزان منزلي المعدل±الانحراف المعياري	ماء جوفي المعدل±الانحراف المعياري
pH	0.396±1.276	0.228±5.089 *	0.798±4.125*
EC	0.455±3.186	1.71±24.99 *	1.13±2.08 <sup>Δ</sup>
DO	9.72±10.15	3.03±11.66	12.8±45.6 <sup>•Δ</sup>
Hardness	-2.51±5.47	3.62±23.05- *	2.39±10.24- <sup>•Δ</sup>
Ca <sup>++</sup>	2.72±12.80_	6.38±42.32- *	11.3±17.5- <sup>Δ</sup>
Mg <sup>++</sup>	29.4±49.4	21.6±7.5	10.8±6.0- <sup>•</sup>
Na <sup>+</sup>	1.38±1.82	1.61±17.23 *	0.428±1.242 <sup>Δ</sup>
K <sup>+</sup>	5.78±9.78	6.62±18.46	0.69±0.756 <sup>•Δ</sup>
Cl <sup>-</sup>	4.47±2.0 -	3.92±6.97-	2.53±3.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	37.3±56.90	18.80±31.30	3.10±8.14 <sup>•Δ</sup>
Alkalinity	8.76±15.26 -	8.82±7.44 -	.073±8.13 -0
So <sub>4</sub> <sup>++</sup>	29.2±0.60	20.20±22.0	18.4±24.10 - <sup>Δ</sup>

- \* فرق معنوي بين ماء الإسالة وماء الخزان.
- فرق معنوي بين ماء الإسالة وماء الجوفي.
- Δ فرق معنوي بين ماء الخزان وماء الجوفي.

يتضح من هذه الدراسة وحسب النتائج المستحصلة من البحث إمكانية الاستفادة من التغيرات التي حدثت على نوعيات المياه (إسالة, خزان , جوفي) وتأثير المعاملة المغناطيسية كالأتي:

1. تقليل عسرة المياه وما تلحق به من أضرار مادية واقتصادية.
2. تحسين نوعية المياه بتقليل تراكيز الأملاح المذابة فيه كالكلوريدات والكبريتات وزيادة استيعابية الأوكسجين.
3. تحسين نوعية مياه الري بتقليل تراكيز الاملاح المذابة فيه كالكلوريدات وزيادة استيعابية ايونات النترات والفوسفات والبوتاسيوم لنمو النبات.
4. معالجة مياه البرك الراكدة والتقليل من ايونات الأملاح المذابة فيها (كالكلوريدات والكبريتات).

5. معالجة مياه المطروحات السائلة وتقليل تراكيز الأملاح المذابة فيها (كالكوريدات والكبريتات) وزيادة كفاءة المنظومة البيولوجية بزيادة الأوكسجين المذاب
6. المعاملة المغناطيسية معالجة فيزيائية لا تحتاج الى طاقة.
7. لا تطرح مواد ضارة الى البيئة كالأملح المركزة في عملية الضغط التناظفي او الكيمياويات المستخدمة في عملية التبادل الأيوني.
8. سهولة التركيب على أنبوب الماء النازل من خزان الماء في السطح أو على أنبوب ماء الري.

### الاستنتاجات :

1. كانت المعاملة المغناطيسية ذات تاثير واضح في جميع الخصائص الفيزيائية والكيميائية ولأنواع المياه (إسالة , خزان , جوفي ) .
2. كانت المعاملة المغناطيسية معنوية لكل من الدالة الحامضية,التوصيل الكهربائي,العسرة الكلية,عسرة الكالسيوم ولأنواع المياه (إسالة , خزان , جوفي ) .
3. كانت المعاملة المغناطيسية معنوية للأيونات الموجبة والسالبة لكل من (الكالسيوم , البوتاسيوم , الصوديوم , النترات) ولجميع أنواع المياه (إسالة , خزان , جوفي )
4. اظهر أيون النترات أعلى تأثيراً بالمعاملة المغناطيسية بينما اظهر أيون الكلوريد أقل تأثيراً بها ولماء الإسالة.
5. كانت أيونات النترات الأكثر تأثيراً بالمعاملة المغناطيسية ولماء الإسالة .
6. كان ايون الكالسيوم الموجب الأكثر تأثيراً بالمعاملة المغناطيسية وايون الصوديوم الموجب الأقل تأثيراً بها .
7. كانت المعاملة المغناطيسية معنوية لماء الخزان المنزلي والجوفي مقارنة بماء الإسالة .

### المصادر :

- 1.Farshad.F.F,Linsley. J, Kuznetsov.o, Vargas.S ."The effect of magnetic treatment on calcium sulfate scale formation", University of Louisiana at Lafayette .copy right 2002,Society of petroleum Engineers Inc 2002. Alaska.
- 2- Kronenberg K. "Experimental evidence for the effects of magnetic fields on moving water". IEEE Transactions on Magnetics(Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.), 21(5): (1985) 2059-2066.
- 3-Lin IJ, Yotvat J." Exposure of irrigation and drinking water to amagnetic field with controlled power and direction", J. Magn. Mater., 83: (1990) 525-526.
- 4-Balcavage WX, Alvager T, Swez J, Goff CW, Fox MT, Abdullyava S, King MW." A mechanism for action of extremely low frequency electromagnetic fields on biological systems". Biochem. Biophys. Res. Commun., 222: (1996) 374-378.
- 5-Johan S, Fadil O, Zularisham A. "Effect of Magnetic Fields on Suspended Particles in Sewage". Malaysian J. Sci., 23: (2004) 141– 148.
- 6-Lam, M., Magnetized water. (www.DrLam.com). 2001
- 7-Tai CY, Wu CK, Chang MC. Effects of magnetic field on the

- crystallization of CaCO<sub>3</sub> using permanent magnets. Chem. Engin.Sci., 63: (2008) 5606-5612.
- 8- أشمري, مها. "المياه المغناطيسية". مجلة علوم وتكنولوجيا, معهد الكويت للأبحاث العلمية, العدد 130 (2005)
- 9- Chaplin, M. (26 July 2011). "Descaling of Water". Water Structure and Science. London SouthBank University .http://www1.lsbu.ac.uk/water/descal.html#212.Retrieved 2012-03-26.
- 10-Chhatwani,P."Magnetized water" (Email: pjan [86@Yahoo.com](mailto:86@Yahoo.com).), (Yahoo search: Magnetized water). (2005)
- 11-Hilal, M.H. and Hillal, M.M:"Application of magnetic technologies in desert agriculture .1-Seed germination andseedling emergence of some crop in a salinecalcareous soil". Egypt J. Soil Sci. 40: (2000 )(3),413-421.
- 12- السنجاري, زياد أيوب سليمان. "تأثير الماء الممغنط في تناسق الإرواء لمنظومة الري بالرش الثابتة.رسالة ماجستير(2007) -جامعة الموصل،
- 13- Alkhazan.M.M.K, Saddiq.A.A.N, " The effect of magnetic field on the physical, chemical and microbiological properties of the lake water in Saudi Arabia". Journal of Evolutionary Biology Research Vol. 2 (1), pp. 7-14, December 2010. ISSN 2141-6583 ©201
- 14- Busch KW, Busch MBM. "Laborator studies on magnetic water treatment and their relationship to a possible mechanism for scale reduction". Desalination, 109(2): (1997) 131.
- 15- Colic M, Morse D. "The elusive mechanism of the magnetic 'memory' of water", Colloids Surf. A, 154: (1999) 167-174.
- 16- Mohamed.A.I., Ebead.B.M. " Effect of Magnetic Treated Water on Salt Removal from a Sandy soil and on the Availability of Certain Nutrients" International Journal of Engineering and Applied Sciences. Feb. 2013. Vol. 2, No.2. ISSN 2305-8269 .
- 17- الموسلي, مظفر احمد, "الماء الممغنط", دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع (2013), عمان .
- 18- Amiri MC, Dadkhah AA." On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment". Phsicochem. Eng. Aspects, 278: (2006) 252-255.
- 19- Weng CI, Chang TK." An investigation into the structure of aqueous NaCl electrolyte solutions under magnetic fields". Comput.Mater. Sci., 43: (2008) 1048-1055
- 20- Moon JD, Chung HS. Acceleration of germination of tomato seed by applying an electric and magnetic field. J. Electro-Statistics, 48: (2000) 103-114
- 21-Fluid Energy Australia." The mechanism of the vortex water energy system" Helping Agriculture & the Environment through the 21<sup>st</sup> Century, Stafford Lowe
- 22- Colic, Miroslav, "Molecular Mechanisms of Magnetic Water Treatment." Cranfield University, Papers presented at the Anti-Scale Magnetic Treatment and Physical Conditions MAG 3 Conference, Cranfield, Bedfordshire, United Kingdom, April 1999.
- 23-مجلة علوم وتكنولوجيا/معهد الكويت للأبحاث العلمية. العدد 130 – نوفمبر(2005)

24-Ozdemir. s, Dede .O , Koseoglu.G.," Electromagnetic Water Treatment and Water Quality Effect on Germination, Rooting and plant Growth on Flower" Asian Journal of water, Environment and Pollution.ISSUE ,Volume 2,Number 2/2005 ,pp 9-13.

25-Hilal, M.H.; S.M. Shata, A.A.; Abdel- Dayem, and Hillal, M.M.:  
"Application of magnetic technologies indesert agriculture. III- Effect of Magnetized Water on yield and uptake of certain elements by citrus in relation to nutrients mobilization in soil". Egypt J. Soil Sci. 42(1) (2002),43-55.

26- Dalas, Evangelos, and Petros G. Koutsoukos, "The Effect of Magnetic Fields on Calcium Carbonate Scale Formation," Journal of Crystal Growth, , Vol. 96, No. 4, (1989 ) pp. 802-806.,

27- Malkin VP. Magnetic-Field Processing of Industrial Effluents.  
Chem. Petrol. Engin., 38: (2002) 236-239

28- L.C. Lipus, J. Krope and L. Crepin-sek. Dispertion destabilization in magnetic water treatment, Journal of Colloid and Interface Science, Volume 236,Issue 1, 1 April (2001) , page 60-66

29-Amiri MC, Dadkhah AA." On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment". Phsicochem. Eng. Aspects, 278: (2006) 252-255.

30- Lebkowska M." Effect of constant magnetic field on biodegradability of organic compounds". Warsaw University of Technology Publishing House. Warsaw. Effect of a ConstantSMagnetic Field, (1991) Sp. 53.

31- Szczypiorowski A, Nowak W. "Studies on application of a magnetic field to the intensification of wastewater treatment processes". G.W. T. S., 2: (1995) 31.

32- Krzemieniewski M, Dobrzynska A, Janczukowicz W, Pesta J, ZielinskiM." Effect of constant magnetic field on the process of generating hydroxyl radicals wreakcji Fenton". Chemist., 1: (2002) 12.

## تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة حرارة الماء في كفاءة إزالة الملوثات العضوية وقيمة الرقم الهيدروجيني وتركيز الأوكسجين المذاب في برك الأكسدة المغطاة بنباتات عدس الماء

قصي كمال الدين الأحمدي  
جامعة الموصل  
كلية الهندسة / قسم هندسة البيئة

زينة عامر إدريس أحمد الشريفي  
جامعة الموصل  
كلية الهندسة / قسم الهندسة المدنية

### الخلاصة

يتناول البحث دراسة تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة الحرارة على قيمة الرقم الهيدروجيني والأوكسجين المذاب وكفاءة إزالة الملوثات العضوية في برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء. بينت نتائج البحث مساهمة تغطية برك الأكسدة بنبات عدس الماء في تخفيض قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه الفضلات الخارجة بالمقابل لوحظ أن كمية الأوكسجين المذاب (DO) كانت أعلى في برك الأكسدة غير المغطاة بعدس الماء عنها في البرك المغطاة بعدس الماء وبثوت وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة الحرارة. كما أظهرت النتائج انخفاض قيمة (pH) مع ارتفاع وقت المكوث بالمقابل ارتفاع تركيز الأوكسجين المذاب (DO) مع ارتفاع وقت المكوث الهيدروليكي. من جانب آخر، لوحظ وجود اختلاف في كفاءة إزالة المواد العضوية عند أوقات مكوث هيدروليكية مختلفة، إذ سجلت أعلى كفاءة إزالة للمواد العضوية للمواد العضوية عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) ونقل كفاءة الإزالة عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة، وسجل أعلى تركيز أوكسجين مذاب عند درجة (26 درجة سيليزية) وانخفض التركيز تدريجياً عند درجات حرارة (32 و 18) درجة سيليزية على التوالي.

## Effect of Hydraulic Detention Time and water Temperature on the Removal Efficiency of Organic and Nutrients Pollutants, the values of (pH) and concentration of dissolved oxygen In Duckweed Based Stabilization Ponds

Kossay K. Al-Ahmady

Zena A. AL-Shrefy

University of Mosul  
College of Engineering, Environmental Eng. Dept.

University of Mosul  
College of Engineering, Civil Eng. Dept.

### Abstract

This study deals with the effect of detention time and temperature on the values of pH, DO and the removal efficiency and behavior of duckweed based wastewater stabilization ponds. The results of the study showed that; covering the oxidation ponds with duckweed decreases the values of pH of the effluent wastewater. The values of (pH) and (DO) for effluents produced from the covered ponds were less than that produced from the ordinary ponds. In addition, increasing of the hydraulic detention time increases the removal efficiency of organic and the concentration of dissolved oxygen in effluent, while it increases the values of (pH). On the other hand, the results of the research also showed that; the Temperature has also an impact on the organic and nutrients removal and the concentration of dissolved oxygen in the effluent. Highest removal and dissolved oxygen concentrations were recorded at the temperature of (26°C), and these values decreased gradually at temperature (18, 32)°C respectively.

**Keywords:** Duckweed; Stabilization ponds; DO; pH; HDT; Temperature

## المقدمة :

عانت البيئة في السنوات الماضية من الإهمال، إذ ساهم كل من التزايد السكاني والتطور الصناعي والزراعي في إنتاج كميات متزايدة من الفضلات التي ساهمت في تلوث المياه السطحية والجوفية، فضلاً عن تخریب الأنظمة البيئية وفقدان التوازن بين عناصرها المختلفة (Caicedo, 2005).

تعمل المياه على نقل التلوث المؤدي إلى إخلال التوازن الطبيعي للبيئة وما تسببه من مخاطر على التجمعات الإحيائية، فالماء أساس حيوي يدخل في مجال واسع من الحياة، لأنه ومع تقادم السنين قد يصبح توافر المياه أحد القيود الأساسية التي تحد من اتساع النشاط البشري وعليه سيكون لزاماً البحث عن مصادر بديله غير تقليدية للمياه. توجهت الجهود نحو إيجاد آلية لتتقية المياه المستخدمة وإعادة استعمالها مثل مياه الصرف الصحي والمياه الصناعية والمياه السطحية الناتجة عن الفعاليات الزراعية. تركز الانتباه على الآليات الحيوية لمعالجة المياه من الشوائب بحيث تجعلها صالحة ومتوافرة لإعادة استعمالها ثانية والإفادة منها في النشاط البشري، مما يحقق مكسبين مهمين هما خفض درجات التلوث وإيجاد مياه تقييد (بما تحمله من مغذيات للنبات) في الري وأخرى تستعمل لأغراض ثانوية يحتاجها الإنسان خلال فعايلاته اليومية كغسل أرضيات الحقول الحيوانية، (الخير وأباد، 2001).

لقد تنوعت أساليب معالجة مياه الفضلات فبدأت بالمعالجات الفيزيائية والكيميائية التقليدية لحين الوصول إلى المعالجة البيولوجية بمختلف طرائقها (Metcalf and Eddy, 2003). تعد برك الأكسدة من أنظمة المعالجة التي استخدمت بنجاح في العقود الماضية في معالجة مياه الفضلات ذات الأحجام القليلة نسبياً، وتتم المعالجة في هذه البرك بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في مياه المجاري .

تصنف برك الأكسدة حسب طبيعة الفعالية البيولوجية إلى ثلاثة أنواع وهي (برك الأكسدة الهوائية، برك الأكسدة الاختيارية، برك الأكسدة اللاهوائية) حيث تستخدم برك الأكسدة الهوائية في معالجة مياه الفضلات الحاوية على مواد عضوية ذائبة أو الماء الخارج من محطات المعالجة حيث تستخدم كمعالجة ثالثية، بينما تستخدم برك الأكسدة اللاهوائية في معالجة مياه الفضلات ذات الحمل العضوي العالي جداً والذي من الصعب توفير الظروف الهوائية لمعالجته، في حين تستخدم برك الأكسدة الاختيارية في معالجة مياه الفضلات المدنية الاعتيادية وفي معالجة عدد كبير من الفضلات الصناعية والتي تعد من أهم أنواع برك الأكسدة (Metcalf and Eddy, 2003). وتعتبر برك الأكسدة من الأنظمة الواسعة الانتشار وذلك بسبب انخفاض كلفة إنشائها وتشغيلها كونها لا تحتوي على معدات كهربائية أو ميكانيكية فضلاً عن عدم حاجتها لمهارات تشغيلية مرتفعة (Crites, et. al, 2006)، إلا أن انتشار الروائح والبعض وكفاءتها في إزالة المواد العضوية دون النتروجين والفسفور أدى إلى توقف استخدامها فيما بعد. وفي الوقت الحاضر ومع بروز تقنيات استخدام النباتات المائية الطافية (Macrop Hyte) مع برك الأكسدة فقد عاد استخدام هذه الطريقة إلى الواجهة (Rana, 2004).

يعد نبات عدس الماء ("Duckweed" الاسم العلمي *Lemna sp.*) أحد أهم التقنيات الحيوية في معالجة المياه باستخدام النباتات، إذ تقوم النباتات المائية بامتصاص المغذيات الموجودة في المياه و تحويلها إلى كتلة حية تستخدم في تغذية الحيوانات والإنسان (Skillicorn, et. al, 1993) ، (Leng , et. al, 1994) ، (Hanczakowski, et. Al, 1995) و (PHuc, et. al, 2001). فضلاً عن العديد من الحالات التي يتم فيها الاحتفاظ بالمياه لغرض الاستعمال مرة ثانية ( Preston and Murgueitio, 1992 ). تعود نباتات عدس الماء لعائلة (Lemanceae)، وتمتاز بكونها

صغيرة الحجم وعلى شكل تراكيب شبيهة بالأوراق تدعى السعف "Fronds" وتتكاثر خضرياً. تطلق عدة مسميات على نبات عدس الماء في البلدان المختلفة، إذ يطلق عليه اسم عدس الماء ( Adas Al-ma á ) في العراق ومصر في حين يطلق عليه اسم بليسا أو بلسن (Bulasina) في اليمن والاسم الفارسي له كلومل ( Gelumel ) ( Townsend, et . al, ) (1985).

استخدمت شركة Lemna corporation عدس الماء في معالجة مياه الفضلات في الأجواء الحارة أو الصحراوية والمناطق الباردة جداً، فعند ارتفاع درجة الحرارة يتم التخفيف من حدة الحرارة بوساطة زيادة عمق البحيرة أو الحوض، أما في حالة انخفاض الحرارة تحت الانجماد فتكون المعالجة بزيادة التهوية لحفظ مياه البحيرة أو الحوض من الانجماد، تعمل الكائنات الحية الدقيقة في هذه الحال على تحلل المواد العضوية ببطء ولكن لا تتوقف بشكل كامل مما يؤدي إلى تخفيف تركيز العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات في نموه، وقد يحصل ضعف في أدائه للمعالجة خلال الشتاء (Lemna corp, 1994).

من الصعب تحديد الوقت الذي وثق به استخدام نبات عدس الماء على نطاق البحث العلمي، ولكن تشير الوثائق إلى أن أول دراسة فعلية لإمكانية الاستفادة من نبات عدس الماء كانت في جامعة الزراعة والغابات في مدينة هوتشي بفيتنام سنة 1989، (Leory, et. al, 1993)، التي بينت إمكانية استخدام الكتلة الحية من عدس الماء في الإنتاج الحيواني. واستعمل البورميون عدس الماء لعدة أجيال في غذائهم بوصفه نوعاً من الخضراوات الطازجة، وأطلق سكان شمال تايلاند عليه تسمية (بيض الماء) لكونه مادة غذائية ذات قيمة عالية جداً للإنسان (Culley , et. al, 1981) و (Ali and Lesson, 1994).

وبالنظر لأهمية هذه النباتات فقد قام العديد من الباحثين بدراسة خصائصها ومعقولية استخدامها، فقد أجرى الباحث (Madera, et. al, 2003) دراسة حول معالجة مياه الفضلات المنزلية بالطرق التقليدية ومقارنتها مع استخدام برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وذلك باستخدام ثلاث طرائق للمعالجة، تتكون الطريقة الأولى من معالجة لاهوائية متبوعة ببركة أكسدة اختباره مغطاة بنبات عدس الماء، أما الطريقة الثانية للمعالجة فتكونت من معالجة لاهوائية متبوعة ببركة أكسدة متقلبة اختبارية في حين تكونت الطريقة الثالثة من بركة أكسدة لاهوائية حقيقية متبوعة ببركة أكسدة متقلبة حقيقية، استنتج الباحث بوجود اختلافات بين كفاءة المعالجة باستخدام الطرق الثلاثة المذكورة ، إذ كانت كفاءة إزالة كل من (TP ، NH<sub>3</sub> ، TKN) هي ( 18% ، 3% ، 15% ) و ( 29% ، 0% ، 17% ) و ( 11% ، 21% ، 14% ) للتقنيات الثلاثة على التوالي. في حين قام الباحثان ( Kuraishi and Sharma, 2010 ) بتقييم كفاءة إزالة المغذيات والملوثات الموجودة في مياه الفضلات المنزلية باستخدام نبات عدس الماء، وذلك باستخدام محطة اختبارية تتكون من مفاعل يعمل بوقت مكوث هيدروليكي مقداره (28 يوماً) وتحت تأثير درجات الحرارة (31 ، 29) درجة سيليزية في شهري تموز وآب على التوالي حيث استنتج الباحثان بأن كفاءة إزالة كل من ( TP, TN, COD, BOD<sub>5</sub>, TSS ) هي (86% ، 87.3% ، 63% ، 67.5% ، 78.4%) و (91.9% ، 85.4% ، 67.3% ، 64% ، 67.9%) في شهري تموز وآب على التوالي. كما وأجريت دراسة حول مقارنة نمط تجميع وإزالة سموم المعادن الثقيلة وإنتاجية الكتلة العضوية ومحتوى الكلوروفيل من قبل الباحث ( . et. Al, Boonyapookana, B 2002 ) باستخدام نبات عدس الماء باختلاف فترات حصاده، وذلك باستخدام تراكيز مياه فضلات مختلفة مقدارها ( 1 ، 2 ، 4 ، 8 ) ملغم/ لتر لكل من الكاديوم والكروم، وبفترات حصاد (3 ، 6 ، 9 ، 12) يوماً. استنتج الباحث حصول زيادة في إزالة سموميه مياه الفضلات عند زيادة كل من التركيز وفترة الحصاد، ولوحظ انخفاض تأثير كل من الكاديوم والكروم على إنتاجية الكتلة العضوية ومحتوى الكلوروفيل.

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير تغيير كل من وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة حرارة الماء على قيمة الرقم الهيدروجيني والأوكسجين المذاب وكفاءة إزالة الملوثات العضوية في الماء الخارج من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء ومقارنة النتائج مع برك الأكسدة العاملة بدون عدس الماء.

### المواد وطرائق العمل

لدراسة كفاءة النظام المقترح فقد تم إنشاء ست عشر بركة أكسدة متشابهة الشكل بحجم (45 لتراً) لكل منها وذلك بالاعتماد على التوصيات والدراسات التي أجراها الباحثين (Caicedo, 2005). اشتملت البرك الاختبارية على أحواض بلاستيكية بأبعاد (35 سم القطر، 45 سم العمق). رتبت البرك الاختبارية بشكل صفين متوازيين إذ يشتمل كل صف على ثماني برك مرتبة على التوالي مع بعضها البعض. وبالنظر لكون درجة الحرارة عاملاً مهماً في نمو النبات وانتشاره إذ تعمل على تنظيم النمو والعمليات الحيوية للنبات وتعد مهمة في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء (السعدي وآخرون، 1986)، فقد غيرت درجة حرارة مياه الفضلات وذلك باعتماد ثلاث قيم لدرجات الحرارة وهي (18، 26، 32) درجة سيليزية، إذ استخدمت مسخنات كهربائية مع ثرموستات (عدد 16) لغرض السيطرة على درجة الحرارة والحصول على الدرجة المطلوبة، حيث وُضِعَت هذه المسخنات داخل برك الأكسدة وعلى أحد الجوانب من الأعلى. ثبتت درجة الحرارة في كل مرحلتين، حيث استخدمت درجة الحرارة (18) درجة سيليزية في المرحلتين الأولى والثانية في حين استخدمت درجة (26) درجة سيليزية في المرحلتين الثالثة والرابعة ودرجة (32) في المرحلتين الخامسة والسادسة. ولغرض الحصول على درجة الحرارة المنخفضة نسبياً (18 درجة سيليزية) فقد استخدمت مبردة هواء وضعت في نهاية الجانب الأيمن للبرك، إذ سُلِّطَ الهواء على البرك الاختبارية أفقياً وذلك باستخدام أنبوب توجيه هواء بلاستيكي بأبعاد (30 سم القطر).

تمت السيطرة على طول فترة الإضاءة في موقع العمل عن طريق استخدام مصابيح كهربائية عدد (9) تعطي إضاءة صفراء مشابهة لضوء الشمس لكون الضوء من العوامل المهمة والمؤثرة في نمو عدس الماء، إذ يقوم عدس الماء خلال عملية البناء الضوئي ببناء الكتلة الحية الجديدة للنبات، كما وصُنِّعَت قاعدة خشبية بشكل متوازي أضلاع بطول (5 م) وعرض (2 م) وارتفاع (1.5 م) وغطيت بقماش أسود للسيطرة على الإضاءة إذ تُبْنَت المصابيح الكهربائية على طول القاعدة الخشبية ومن منتصف عرضها. إضافة لذلك تم التحكم بطول مدد تشغيل الإضاءة ومدد انقطاعها في البرك الاختبارية المستخدمة عن طريق استخدام مؤقتات كهربائية مبرمجة (Programmable timers)، حيث تعمل هذه المؤقتات ضمن مدى واسع من أطوار التشغيل، إذ تم وعن طريق ضبطها التحكم بفترة عمل المصابيح الكهربائية وبما يحقق فترة تشغيل تساوي 18 ساعة وانطفاء 6 ساعات (18 ساعة ضوء، 6 ساعات ظلام). اعتمد نظام الجريان المستمر (Continuous Flow) أسلوباً لتغذية الوحدات الاختبارية لأن هذا النظام يعد من أكثر أنظمة تشغيل محطات المعالجة انتشاراً (Metcalf and Eddy, 2003)، واستخدمت مياه فضلات مصنعة مختبرياً لغرض السيطرة على الحمل المسلط على المنظومة وتجنب التغيرات في الخصائص إذ حضرت هذه المياه من مواد كيميائية عديدة بحيث تشابه خصائص مياه الفضلات المنزلية وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Vanrollegem, et al., 2001).

شُغِّلَت الوحدات الاختبارية الستة عشر في آن واحد، إذ صمم العمل لكي تعمل البرك الاختبارية الثمانية الأولى كبرك أكسدة تقليدية، في حين تعمل البرك الاختبارية الثمانية الأخرى كبرك أكسدة مغطاة بشكل كامل بنبات عدس الماء. تمت عملية حصاد عدس الماء المغطي لسطح البرك الثمانية كل ثلاثة أيام، كما وثِّبَت عمق الماء في البرك بمقدار (38 سم) في كل بركة وحسب التوصية المقترحة من الباحث (Caicedo, 2005). ولغرض تحقيق أهداف البحث ودراسة النظام

## الأحمدي : تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة حرارة الماء في كفاءة إزالة الملوثات العضوية ...

المقترح فقد قُسم عمل الوحدات الاختبارية إلى ست مراحل تشغيلية. استُخدم في المراحل الفردية (الأولى والثالثة والخامسة) أربعة تراكيز لمياه الفضلات في حين استخدمت ثلاثة تراكيز لمياه الفضلات للمراحل الزوجية (الثانية والرابعة والسادسة) وكما مبين في الجدول رقم (1)، كما واستخدمت درجة الحرارة (18) درجة سيليزية في المرحلتين الأولى والثانية في حين استخدمت الدرجة (26) درجة سيليزية في المرحلتين الثالثة والرابعة والدرجة (32) درجة سيليزية في المرحلتين الخامسة والسادسة. وغيّر وقت المكوث الهيدروليكي (Hydraulic Detention Time, HDT) في البحث في حين استخدم وقت مكوث هيدروليكي ثابت في كل بركتين إحداهما المغطاة بنبات عدس الماء والأخرى غير المغطاة وذلك للمقارنة في كفاءة الإزالة، والجدول رقم (2) يبين خصائص المراحل التشغيلية الستة لعمل المنظومات الاختبارية الخاصة بالبحث.

جدول رقم (1) : تراكيز مياه الفضلات المستخدمة في المراحل التشغيلية الستة

المراحل التشغيلية (الأولى ، الثالثة والخامسة)			
التركيز	COD(ملغم/لتر)	TN(ملغم/لتر)	TP(ملغم/لتر)
الأول	500	40	8
الثاني	500	45	9
الثالث	500	75	15
الرابع	500	80	16
المراحل التشغيلية (الثانية ، الرابعة والسادسة)			
التركيز	COD(ملغم/لتر)	TN(ملغم/لتر)	TP(ملغم/لتر)
الأول	500	50	10
الثاني	500	60	12
الثالث	500	100	20

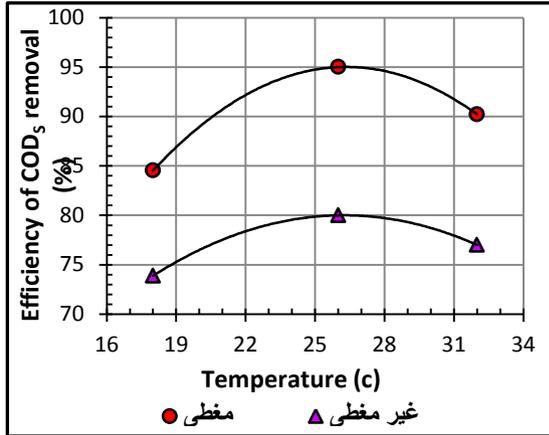
جدول رقم (2): خصائص المراحل التشغيلية لعمل الوحدات الاختبارية الخاصة بالبحث

المرحلة التشغيلية	درجة الحرارة (°C)	برك الأكسدة (بدون تغطية بعدس الماء)								برك الأكسدة (مغطاة بعدس الماء)									
		وقت التعويق (يوم)				وقت التعويق (يوم)				وقت التعويق (يوم)				وقت التعويق (يوم)					
الأولى	18	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12	6	12
الثانية	18	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9
الثالثة	26	6	12	6	15	6	12	6	15	6	12	6	15	6	12	6	15	6	12
الرابعة	26	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9
الخامسة	32	6	12	6	15	6	12	6	15	6	12	6	15	6	12	6	15	6	12
السادسة	32	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9	6	12	6	9

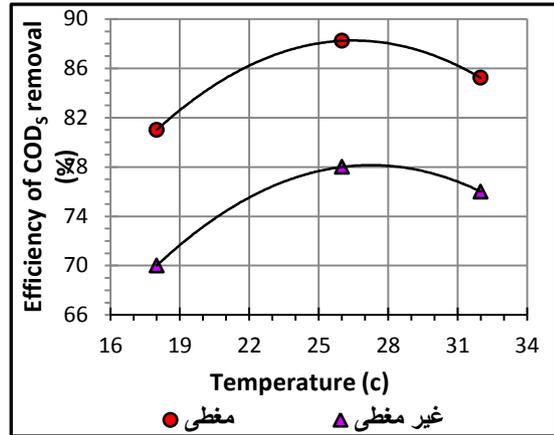
## النتائج والمناقشة

### تأثير تغيير درجات حرارة الماء في إزالة المواد العضوية

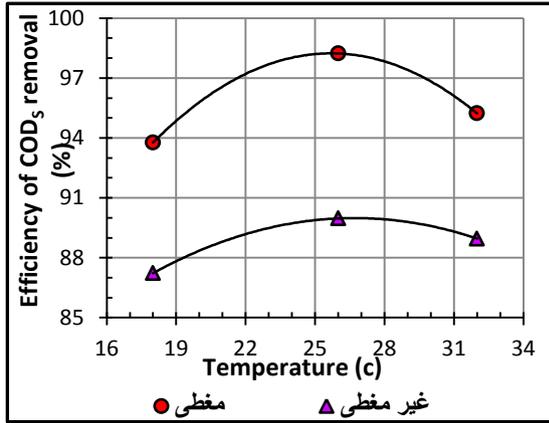
تم في الأشكال (1) ، (2) ، (3) ، (4) ، (5) ، (6) ، (7) و (8) تمثيل العلاقة بين درجة حرارة مياه الفضلات مع كفاءة إزالة المواد العضوية الخارجة من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به ولكافة المراحل التشغيلية. وكما يلاحظ من الأشكال أنفا اختلاف كفاءة إزالة المواد العضوية للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به مع اختلاف درجات الحرارة وثبوت وقت المكوث الهيدروليكي (HDT).



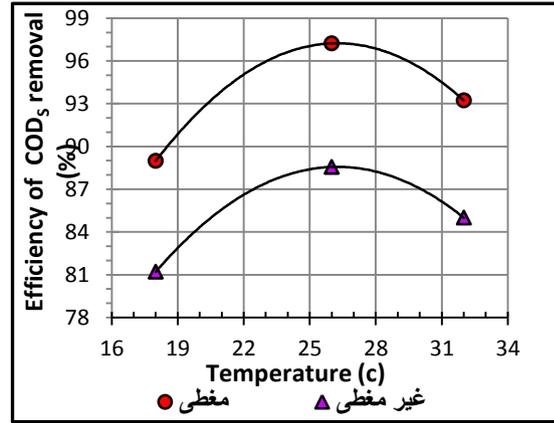
الشكل (2) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (9) أيام



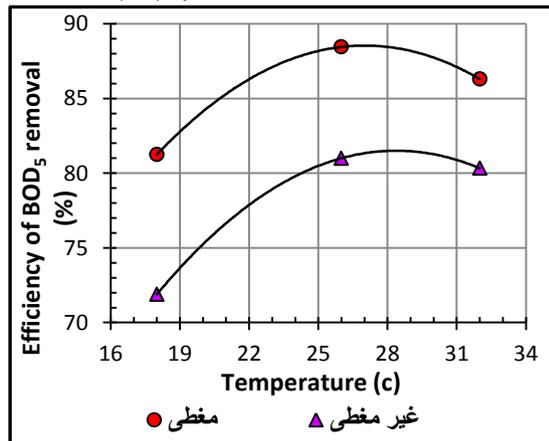
الشكل (1) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (6) أيام



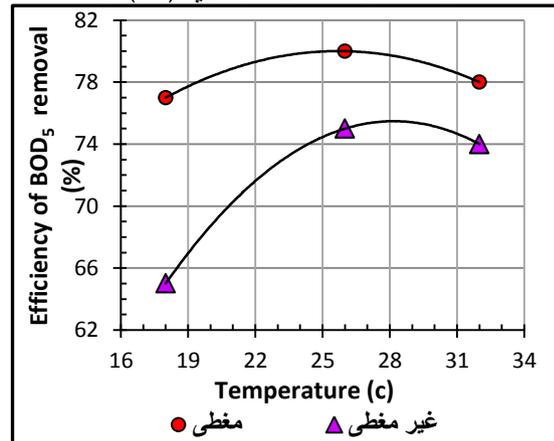
الشكل (4) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (15) يوماً



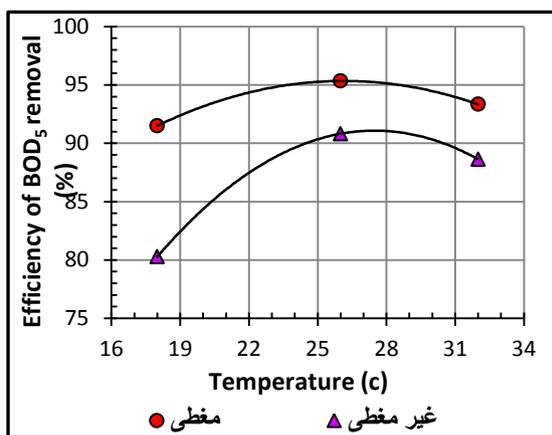
الشكل (3) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (12) يوماً



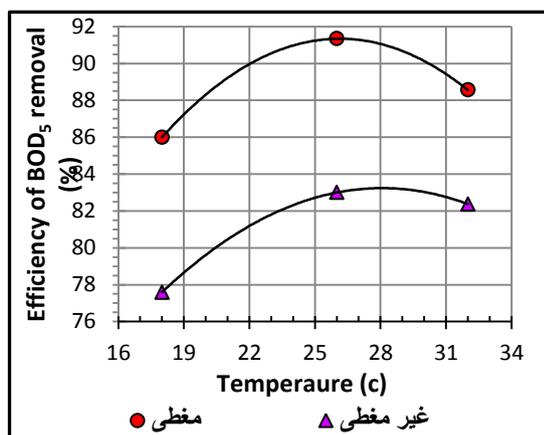
الشكل (6) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (BOD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (9) أيام



الشكل (5) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (BOD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (6) أيام



الشكل (8) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (COD<sub>S</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (15) يوماً



الشكل (7) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وكفاءة إزالة المواد العضوية (BOD<sub>5</sub>) لبرك الأكسدة الاختبارية عند وقت مكوث يساوي (12) يوماً

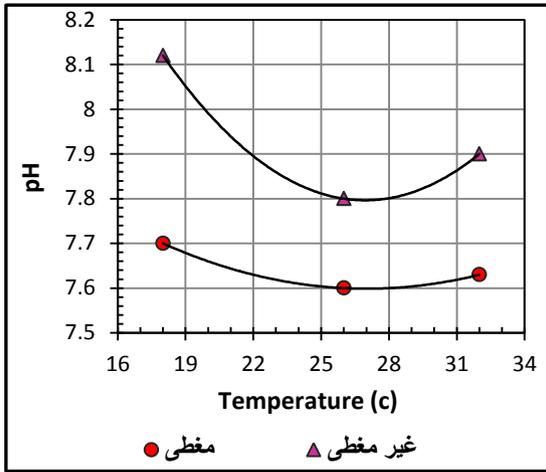
إذ أن أفضل كفاءة إزالة للمواد العضوية كانت عند درجة حرارة (26 درجة مئوية) وتقل كفاءة الإزالة عند درجة حرارة (32 درجة مئوية) وأن أقل كفاءة إزالة كانت عند درجة حرارة (18 درجة مئوية) في برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به.

ويعود السبب في ذلك إلى أن انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى غطس النبات إلى قاع المياه ومكوته ساكناً ثم يعاود نشاطه بعد رجوع الدفء إذ أن عدس الماء يتحمل درجة الحرارة الواقعة بين 6-33°م ، ويتباطأ في النمو عند الدرجات الحرارية الأعلى من 30°م، وتتفق هذه النتيجة مع ما جاء به كل من: (Lqbal, 1999) ، (Lemna crop., 1994) ، (Zimmo, et. al, 2000) ، (Reed, 1988). كذلك لوحظ أن كفاءة الإزالة للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء أعلى من كفاءة الإزالة للمواد العضوية عند الدرجة الحرارية نفسها إذ تعد درجة الحرارة عاملاً محدداً لنمو النبات وانتشاره فهو يرتبط بمدى تحمل النبات لتلك الدرجة، لأنها تعمل على تنظيم النمو والعمليات الحيوية وتعد مهمة للنبات في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء (السعدي، 1986).

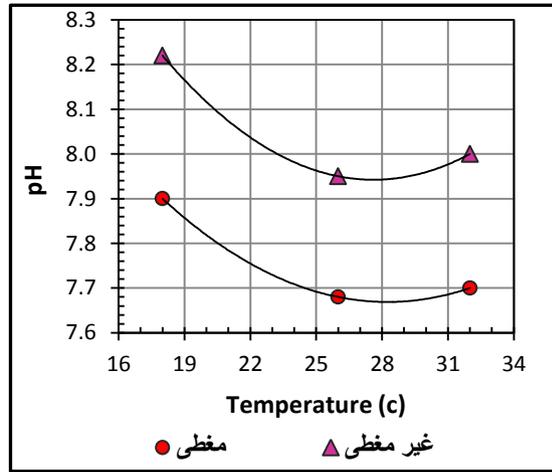
### تأثير تغيير درجات حرارة الماء في البرك على قيمة الرقم الهيدروجيني (pH)

يعد الرقم الهيدروجيني من العوامل المهمة والمؤثرة في سير المعالجة البيولوجية، ويؤدي ارتفاع هذا العامل أو انخفاضه عن قيم معينة إلى حدوث صدمة تشل عمل النباتات داخل برك المعالجة مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة إزالة المركبات العضوية (Viessman, et. al, 1985)، إذ أن القيم العالية من درجة الأس الهيدروجيني تؤثر في عدس الماء وقد تؤدي إلى هلاكه (Wang, 1991)، (Clement & Marlin, 1995)، و (Caicedo, et. al. 2000). وتعد قيمة الرقم الهيدروجيني المعتدلة للوسط الذي ينمو عليه النبات هي الأفضل له في الحصول على المغذيات (5-9). (Alaerts, et. al, 1996) ، (Korner & Vermaat, 1998) و (Zimmo, et. al, 2000). لذا فقد تمت مراقبة هذا العامل (pH) في المياه الخارجة من برك الأكسدة الاختبارية.

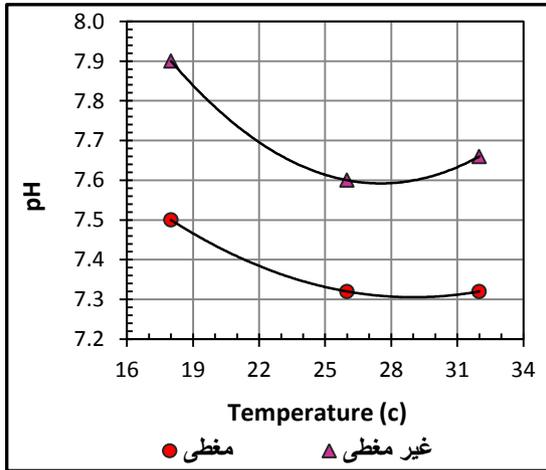
تبين الأشكال (9) و (10) و (11) و (12) العلاقة بين درجة الحرارة وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) في برك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية المختلفة. وكما يلاحظ من الأشكال اختلاف قيم الرقم الهيدروجيني للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به مع اختلاف درجات الحرارة وثبوت وقت المكوث الهيدروليكي (HDT)، إذ أن أفضل كفاءة انخفاض لقيم الرقم الهيدروجيني (pH) كانت عند درجة حرارة (26 درجة مئوية) ونقل كفاءة الإزالة عند درجة حرارة (32 درجة مئوية) وأن أقل كفاءة إزالة كانت عند درجة حرارة (18 درجة مئوية) في برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به. وكما يتبين من الأشكال فإن هنالك انخفاض في قيمة الرقم الهيدروجيني (PH) للمياه الخارجة من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء عنها في المياه الخارجة من الوحدات الاختبارية غير المغطاة بعدس الماء. إذ تعد درجة الحرارة عاملاً محددًا لنمو النباتات وانتشاره فهو يرتبط بمدى تحمل النبات لتلك الدرجة، لأنها تعمل على تنظيم النمو والعمليات الحيوية وتعد مهمة للنبات في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء (السعدي، 1986).



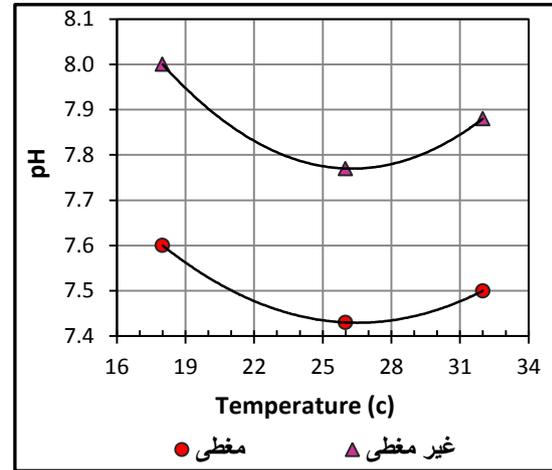
الشكل (10) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (9) أيام



الشكل (9) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (6) أيام



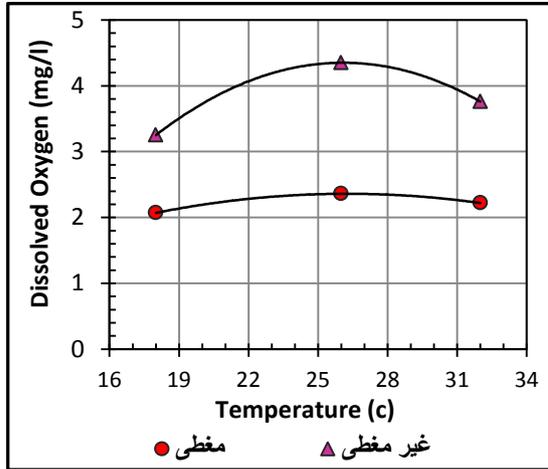
الشكل (12) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (15) يوماً



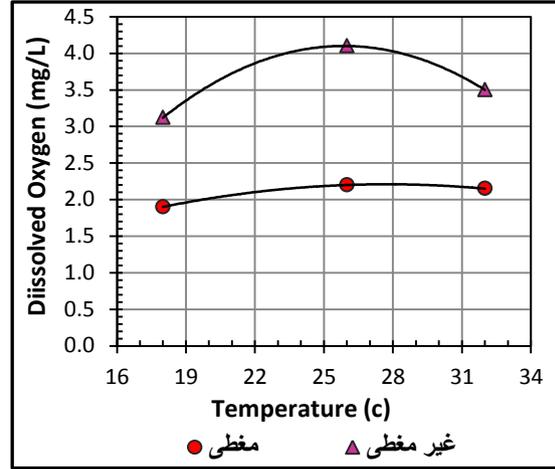
الشكل (11) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (12) يوماً

### الأوكسجين المذاب (DO) :

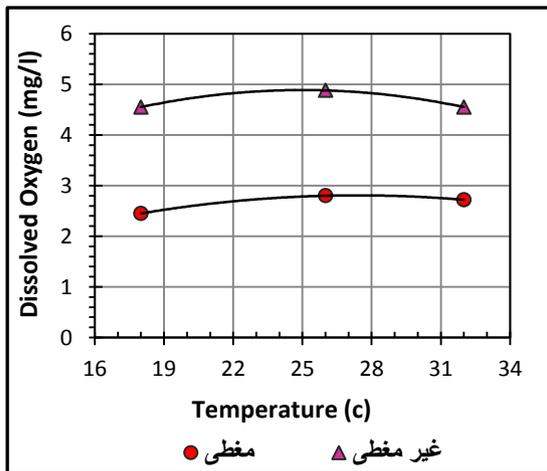
يعد تركيز الأوكسجين المذاب في الماء دليلاً على حالة الجسم المائي فيمكن معرفة الكثير عن طبيعة المورد المائي من معرفة كمية الأوكسجين المذابة فيه، إذ إن وجود الأوكسجين المذاب في الماء يعمل على تحلل الملوثات العضوية وتخليص المياه منها، وإن انعدامه في الماء يؤدي إلى حدوث تحلل لاهوائي للملوثات داخل الماء ينتج عنه غازات ضارة منها غاز الميثان وغاز كبريتيد الهيدروجين وغيرها. تبين الأشكال (13) و (14) و (15) و (16) العلاقة بين درجة حرارة الماء في برك الأكسدة وقيمة الأوكسجين المذاب (DO) وللمراحل التشغيلية المختلفة.



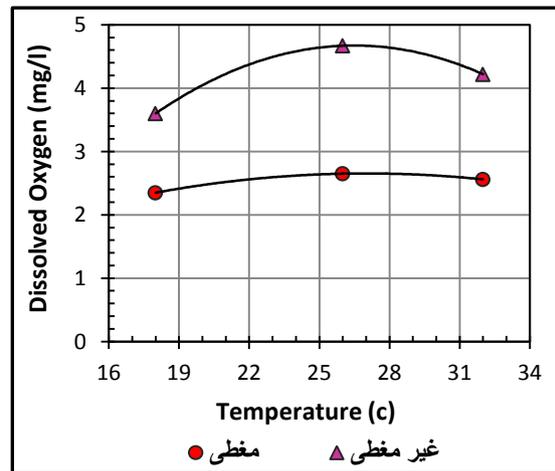
الشكل (14) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وتركيز الأوكسجين المذاب (DO) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (9) أيام



الشكل (13) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وتركيز الأوكسجين المذاب (DO) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (6) أيام



الشكل (16) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وتركيز الأوكسجين المذاب (DO) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (15) يوماً



الشكل (15) : العلاقة بين درجة الحرارة (T) وتركيز الأوكسجين المذاب (DO) لبرك الأكسدة الاختبارية عند أوقات مكوث تساوي (12) يوماً

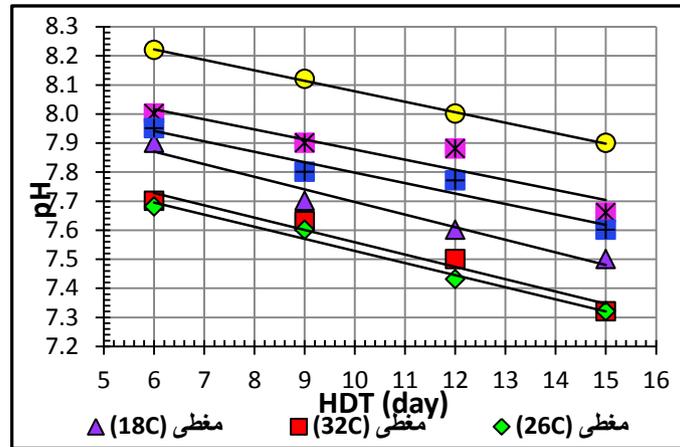
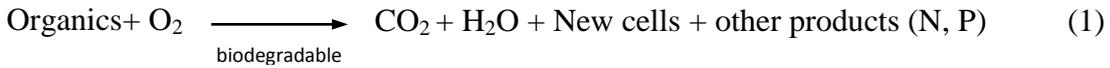
وكما يتبين من الأشكال انخفاض تركيز الأوكسجين المذاب (DO) للمياه الخارجة من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء عنها في المياه الخارجة من الوحدات الاختبارية غير المغطاة بعدس الماء. يلاحظ من الأشكال المبينة أعلاه اختلاف تركيز الأوكسجين المذاب للوحدة الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به مع اختلاف درجات الحرارة وثبوت وقت

المكوث الهيدروليكي (HDT)، حيث سجل أعلى تركيز أوكسجين مذاب عند درجة (26 درجة سيليزية) وانخفض التركيز تدريجياً عند درجات حرارة (32 و 18) درجة سيليزية على التوالي.

### تأثير وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة المغطاة بعدس الماء في قيمة الرقم الهيدروجيني (pH)

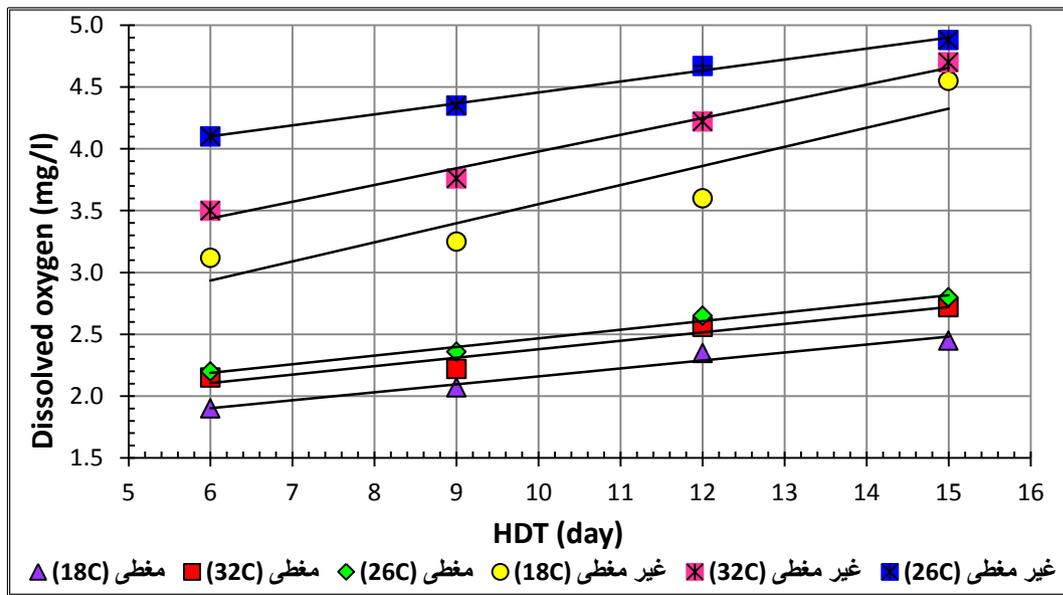
تمت مراقبة الرقم الهيدروجيني للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية وذلك لتقييم كفاءة الإزالة، يبين الشكل (17) العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي (HDT) لبرك الأكسدة الاختبارية وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) الخارج من الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به. ويلاحظ من الشكل (17) أن زيادة وقت المكوث الهيدروليكي ستخفض قيمة (pH) ولجميع الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وتلك غير المغطاة به، ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض كمية المواد العضوية المسلطة على المنظومة مع زيادة وقت المكوث الهيدروليكي مما يقلل من تولد غاز ثنائي أوكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) الناتج عن أكسدة المادة العضوية (المعادلة رقم 1)، حيث يؤدي ذوبان هذا الغاز في المياه المعالجة إلى زيادة سعة القاعدية (buffering capacity) بفعل تولد أيونات البيكاربونات (المعادلة رقم 2 و 3) والتي تعمل على معادلة قيم (pH) (باتجاه حد 8.2 قاعدية البيكاربونات)) سواء أكانت طبيعة المياه الداخلة إلى هذه الأحواض حامضية أم قاعدية (Viessman and Hammer, 1985) (Eckenfelder, 2000).

ويلاحظ من المنحني (17) أن قيم الرقم الهيدروجيني للوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء أقل من مثيلاتها غير المغطاة به ويعود السبب في ذلك إلى فعالية عدس الماء، إذ يملك عدس الماء القدرة على امتصاص غاز ثنائي أوكسيد الكربون أسرع مما يمكن أن يؤخذ بالتنفس البكتيري. (Dalu & Ndamba, 2002).



الشكل (17): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي (HDT) وقيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لبرك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية الستة

تأثير وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة المغطاة بعدس الماء في تركيز الأوكسجين المذاب (DO):  
 تمت مراقبة الأوكسجين المذاب للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية وذلك لتقييم كفاءة الإزالة. يبين الشكل (18) العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي (HDT) لبرك الأكسدة الاختبارية وتركيز الأوكسجين المذاب (DO) الخارج من الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به. يلاحظ من الشكل (18) أنه بزيادة وقت المكوث الهيدروليكي سيرتفع تركيز الأوكسجين المذاب ولجميع الوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به ويعزى السبب في ذلك إلى أن تقليل المادة العضوية يؤدي إلى قلة استنزاف الأوكسجين المذاب .  
 ويلاحظ من الشكل المبين أعلاه أن تركيز الأوكسجين المذاب للوحدات الاختبارية المغطاة بعدس الماء أقل من مثيلاتها في الوحدة الاختبارية غير المغطاة به. ويعود السبب في ذلك إلى أن غياب الطحالب في البرك المغطاة بعدس الماء بسبب تظليل مياه الفضلات بوساطة حصيرة أو طبقة من عدس الماء الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض مستويات الأوكسجين، إذ أن الطحالب تعمل على تجهيز مياه الفضلات بالأوكسجين، وتؤدي طبقة عدس الماء المغطية لبرك الأكسدة بالكامل أيضاً إلى منع انتقال الأوكسجين من الهواء إلى الماء وهذا ما يقلل بدوره تركيز الأوكسجين المذاب في الماء، بالمقابل قد تقوم نبات عدس الماء بتجهيز الأوكسجين إلى الماء عن طريق الجزء الخضري ( Zimmo, et. al, 2000) ولكن هذه المساهمة ليست بالرئيسية .



الشكل (18): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي (HDT) وتركيز الأوكسجين المذاب (DO) لبرك الأكسدة الاختبارية وللمراحل التشغيلية الستة

## الاستنتاجات

1. يساهم نبات عدس الماء بتحسين كفاءة إزالة المواد العضوية ( $BOD_5$ ,  $COD_5$ )، إذ لوحظ ارتفاع كفاءة إزالة برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء من (78% ، 75%) في برك الأكسدة التقليدية إلى (88.23% ، 80%)، في البرك المغطاة بعدس الماء ولكل من ( $BOD_5$ ,  $COD_5$ ) وعلى التوالي.
2. يساهم نبات عدس الماء بخفض قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه الفضلات الخارجة، إذ لوحظ أن قيم (pH) كانت أعلى في برك الأكسدة غير المغطاة بعدس الماء عنها في البرك المغطاة بعدس الماء، بالمقابل لوحظ أن كمية الأوكسجين المذاب (DO) كانت أعلى في برك الأكسدة غير المغطاة بعدس الماء عنها في البرك المغطاة بعدس الماء وبثبوت وقت المكوث الهيدروليكي ودرجة الحرارة.
3. تساهم تغطية برك الأكسدة بنباتات عدس الماء إلى زيادة قابليتها على تحمل أحمال عضوية أعلى وعند درجات حرارية ثابتة، إذ من الممكن رفع قيمة الحمل العضوي المسلط على البركة من (65 كغم/هكتار.يوم) إلى (158 كغم/هكتار.يوم) وبتحقيق نفس الكفاءة.
4. تزداد كفاءة إزالة كل من المركبات العضوية ( $BOD_5$ ,  $COD_5$ ) مع زيادة وقت المكوث الهيدروليكي لبرك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به، بالمقابل تنخفض قيمة الرقم الهيدروجيني (pH) مع زيادة وقت المكوث، في حين يزداد تركيز الأوكسجين المذاب (DO) مع زيادة وقت المكوث الهيدروليكي.
5. تختلف كفاءة إزالة المواد العضوية ( $BOD_5$ ,  $COD_5$ ) مع اختلاف درجات الحرارة وبثبوت وقت المكوث الهيدروليكي، إذ تم تسجيل أعلى كفاءة إزالة للمواد العضوية عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) وتقل كفاءة الإزالة عند ارتفاع درجة الحرارة إلى (32 درجة سيليزية) وتنخفض كفاءة الإزالة عند انخفاض درجة الحرارة إذ تم تسجيل أقل كفاءة إزالة عند درجة حرارة (18 درجة سيليزية) وفي كل من برك الأكسدة المغطاة بعدس الماء وغير المغطاة به.
6. وجد أن أقل قيمة للرقم الهيدروجيني (pH) كانت عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) وازدادت عند درجة حرارة (32 درجة سيليزية) في حين أن أعلى قيمة رقم هيدروجيني كانت عند درجة حرارة (18 درجة مئوية)، بالمقابل تم تسجيل أعلى تركيز أوكسجين مذاب عند درجة حرارة (26 درجة سيليزية) وانخفض التركيز تدريجياً عند درجات حرارة (32 و 18) درجة سيليزية وعلى التوالي.

## المصادر

1. الخير، أياد (2001)، "طريقة حديثة في معالجة مياه الصرف الصحي واستخداماتها في الري"، مؤتمر التكنولوجيا العراقي السابع، الجامعة التكنولوجية، بغداد العراق، ص: 264-276.
2. السعدي، حسين علي؛ الدهام، نجم قمر والحسان، ليث عبد الجليل (1986)، "علم البيئة المائية"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، طبع دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل. العراق. صفحة : 421 - 538.
3. Alaerts G. A.; Mahbubar M. A. and Kelderman P. (1996), "Performance analysis of a full-scale duckweed covered sewage lagoon". *Water Research*, Vol. 30, pp. 843-852.
4. Ali, M. A. and Lesson, S. (1994), "Nutritional value and utilization of aquatic weeds in the diet of poultry". *World's Poultry science journal*. 50(3): 237-251.
5. Boonyapookana, B. , Upatham, E. S, Kruatrachue, M. ,Pokethitiyook, P and Singhakaew, S. (2002), "PHYtoaccumulation and pHytotoxicity of cadmium and

- chromium in duckweed *Wolffia globosa*" *International Journal Phyto-remediation*, Vol. 4, No. 2, pp. 87-100.
6. **Caicedo Bejarano, J. R. (2005)**, "Effect Of Operational Variables on Nitrogen Transformations In Duckweed Stabilization Ponds" PhD thesis, *University of Wageningen*, pp. 1-10.
  7. **Caicedo, J. R.; Van der Steen, N.P.; Arce, O. and Gijzen, H.J. (2000)**, "Effect of total nitrogen concentration and pH on growth rates of duckweed", (*Spirodela polyrrhiza*). *Water Research*. 15: 3829-3835.
  8. **Clement, B. and Merlin, G. (1995)**, "The contribution of ammonia and alkalinity to landfill leachate toxicity to duckweed". *Science Total Environ*. 170: 71-79.
  9. **Crites, R., Middlebrooks, E., Reed, S., 2006**, "Natural Wastewater Treatment Systems", New York, Ch1, pp. 1-10.
  10. **Culley, D. D.; Rejmankova, E.; Kevt, J. and Frye, J. B. (1981)**, "Production chemical quality and use of duckweeds (*Lemnaceae*) in aquaculture, waste management and animal feeds", *Journal of the World Mariculture Society*, 12 (2): 27-49
  11. **Dalu, J.M. and Ndamba,J.(2002)**, "Duckweed based wastewater stabilization ponds for wastewater treatment; a Low Cost Technology for Small Urban Areas in Zimbabwe.". Institute of Water and Sanitation Development, Box MP 422, Mount Pleasant, Harare, Zimbabwe. 30- 31. October.
  12. **Eckenfelder Jr. W., (2000)**, "Industrial Water Pollution Control", 3<sup>rd</sup> Edition , *McGraw Hill International Edition*, Singapore.
  13. **Hanczakowski, P.; Symczyk, B. and Wawrzyski, M. (1995)**, "Composition and nutritive value of sewage-grown duckweed (*Lemna minor*) for rats Animal". *Feed Science Technology*. 52: 339-343.
  14. **Korner, S., and Vermaat, J. E. (1998)**, "The relative importance of *Lemna gibba* L., bacteria and algae for the nitrogen and pH and Horus removal in duckweed-covered domestic wastewater", *Water Research*., 32:3651-3661
  15. **Kuraishi, M . A and Sharma, S (2010)**, " An Experimental Investigation Of Nutrient Removal Efficiency In Duckweed Covered Waste Water System" Vol. 30, No. 9, pp. 768- 772.
  16. **Lemna Corporation (1994)**, "The view of the for cost effective wastewater treatment", Promotional Brochure, Ch5, pp. 14-28.
  17. **Leng, R.A.; Stambolie, J.H. and Bell, R.E. (1994)**, "Duckweed a potential high protein feed resource for domestic animals and fish In: Improving animal production systems based on local feed resources", 7<sup>th</sup> AAAP *Animal Science Congress*. pp. 100-117.
  18. **Leory, H.; Jerry, D.; Eric, H.; Juan, P. and James, H. (1993)**, "World weeds, natural histories and distribution", *John Wiley & Sons, Inc.* New York. pp. 432-441.
  19. **Lqbal, S. (1999)** " Duckweed Aquaculture Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries" *Swiss Federal Institute for Environmental Science & Technology, (EAWAG). Ueberlandstrasse 133, CH-8600 Duebendorf, Switzerland*, pp. 22-75.
  20. **Metcalf and Eddy, Inc. (2003)**, "Waste water engineering treatment/disposal/reuse", fourth edition, *McGraw-Hill, Inc*, New York, Ch8, pp. 661-665.
  21. **Phuc, B. H. N.; Lindberg, J. E.; Ogle, B. and Thomke, S. (2001)**, "Determination of the nutritive value of tropical biomass products as dietary ingredients for monogastrics using rats: 1. comparison of eight forage species at two levels of inclusion in relation to a casein diet", *Asian-Aust. Journal Animal Science*, 14(7): pp. 986-993.

22. **Preston, T.R. and Murgueitio, E. (1992).** "Strategy for Sustainable Livestock Production in the Tropics SAREC", Publishers Consultoris para el Desarrollo Rural Integrado en el Tropico (CONDRIT) Ltd, Cali, Colombia.
23. **Rana, S., (2004),** "Topological Data Structures for Surfaces: An introduction to geographical information science", *John Wiley & Sons*, Chichester.
24. **Reed, S.C.; Middlebrooks, E. J. and Crites, R. W. (1988),** "Natural systems for waste management treatment", M.Sc. Thesis, North Carolina State University, Biological and Agricultural Engineering, Raleigh, NC.
25. **Skillicorn, P.; Spira, W. and Journey, W. (1993),** "Duckweed aquaculture-a new aquatic farming system for developing countries", *The World Bank*. Washington DC. pp.76.
26. **Townsend, C. C., Guest, Evan, Omar, S. A., and Al-Khayat. A. H. (1985)** "*Flora of Iraq*". Volume eight (monocotyledons), Ministry of agriculture & agrarian reform, Iraq. pp. 36-37.
27. **Vanrolleghem, P. A. , Nopens, I. and Capalozza, C. (2001),** " Stability analysis of a synthetic municipal wastewater" Department of Applied Mathematics, Biometrics and Process Control, Technical report, pp. 1-22.
28. **Viessman, W. Jr. & Hammer, M. J. (1985),** "Water supply and pollution control", *Harper and Row publishers Inc.*, New York, 4<sup>th</sup> edition.
29. **Wang, W. (1991),** "Ammonia toxicity to macrophytes (Common duckweed and rice) using static and renewal methods", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 10: pp. 1173-1178.
30. **Zimmo O. R and Al Sa'ed; Gijzen R. H (2000),** "Comparison between algae-based and duckweed-based wastewater treatment: differences in environmental conditions and nitrogen transformations" *Water Science and Technology*, Vol. 42, No. 11, pp. 215–222.

## تأثير الطمر الصحي الهوائي واللاهوائي للنفايات الصلبة البلدية وتدوير العصارة الناتجة على نوعيتها

نادية افرام يعقوب الرحماني

جامعة الموصل- كلية الهندسة-قسم هندسة البيئة

### الخلاصة

تضمن البحث دراسة تأثير تدوير العصارة على التحلل الهوائي واللاهوائي للنفايات الصلبة البلدية. حيث تم تهيئة أربع مفاعلات مختبرية حيوية، الأول لاهوائي، الثاني لاهوائي مع تدوير العصارة، الثالث هوائي والرابع هوائي مع تدوير العصارة. وقد تم متابعة نوعية العصارة خلال فترة الدراسة البالغة 150 يوم من خلال قياس عدد من الخصائص  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_3-N$ , TKN, BOD, COD, TSS, TDS, EC, pH وحجم العصارة المتولدة كل أسبوع. أظهرت النتائج ان عملية تدوير العصارة تقلل من حجمها وكذلك تقلل من تركيز المواد العضوية فيها سواء في المفاعل الهوائي او اللاهوائي، ووجد ان عملية التدوير بوجود التهوية قد حققت انخفاض في الفترة الزمنية لاستقرار كل من TDS, pH, كما أظهرت النتائج انخفاض قيم خصائص العصارة في المفاعل الهوائي مقارنة مع الحالة اللاهوائية في نهاية التجربة. وكان لعملية التهوية تأثير فعال في إزالة الامونيا من العصارة الناتجة من التحلل الحيوي للنفايات الصلبة.

**الكلمات الدالة:** المفاعل الحيوي، النفايات الصلبة، تدوير العصارة، التهوية، التحلل الهوائي، التحلل اللاهوائي.

## The Impact of Aerobic and Anaerobic Landfill for Municipal Solid Wastes and Recirculation Generated Leachate on its Quality

Nadia A. Yakoob

University of Mosul-College of Engineering-Environmental Department

### Abstract

The aim of this study was to determine the effect of leachate recirculation on aerobic and anaerobic degradation of municipal solid waste. Four laboratory scale landfill reactors were constructed. The first one anaerobic reactor, the second one anaerobic reactor with recirculation leachate, the third one was aerobic reactor and the fourth one aerobic with recirculation leachate. Leachate quality is regularly monitored along the study period which lasted 150 day by measuring some of its characteristics pH, EC, TDS, TSS, BOD, COD, TKN,  $NH_3-N$ ,  $Cl^-$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Ca^{+2}$  and generated leachate quantity every week. The results showed a decrease in leachate volume and concentration of organic material during its recirculation in aerobic and anaerobic reactors. it has been found the recirculation with aeration of leachate reduced the characteristic of leachate pH, TDS, TSS, EC, BOD, COD,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ . In addition, final leachate concentrations were consistently lower in aerated reactor comparison with anaerobic case. An effective decrease in ammonia was noticed with aeration of leachate of the solid waste.

**Keywords:** Aerobic degradation, Anaerobic Degradation, Leachate Recirculation, Solid Waste.

## المقدمة:

في الماضي البعيد لم تكن النفايات الصلبة تمثل مشكلة بيئية محسوسة لقلّة عدد السكان مع وجود مساحات شاسعة من الأراضي يمكن أن تستخدم كأماكن لرمي هذه النفايات، أو دفنها، لكن تدريجياً بدأت مشكلة التلوث بالنفايات الصلبة تظهر مع ظهور المدنية والثورة الصناعية كعامل مهم من العوامل التي تشكل تهديداً على البيئة وما يليها من مضاعفات وتهديد لمختلف أشكال الحياة[32].

كانت ولا زالت عملية طمر النفايات البلدية خلال العقود الماضية تعتبر من الطرق الرئيسية التي لا يمكن الاستغناء عنها في التخلص من النفايات الصلبة البلدية في معظم البلدان. حيث تتحلل فيه النفايات تحت ظروف لاهوائية وتكون النواتج عبارة عن غازات وعصارة[13].

ذكر الباحثون أن تأثير الغازات والعصارة الناتجة من مواقع الطمر التقليدية على البيئة قد يستمر عدة قرون[9,18] ولهذا السبب أصبح الهدف الرئيسي لمواقع الطمر الحديثة تقليل الانبعاثات من الغازات والعصارة للتقليل من المشاكل البيئية التي تتولد في المستقبل[8]. حيث ركزت البحوث والدراسات على تصميم موقع طمر يقلل من الانبعاثات والفترة الزمنية للتحلل أطلق عليه اسم المفاعل الحيوي، وباستخدام هذا المفاعل يمكن السيطرة على الغاز الناتج من التحلل وتقليل العصارة المتسربة الى المناطق المجاورة لموقع الطمر.

يتميز المفاعل الحيوي لطرر النفايات بإمكانية السيطرة على جميع العمليات اللازمة لتحلل النفايات وجعلها مثالية. ففي المفاعل الحيوي يتم تدوير العصارة، وإن إيجابيات عملية التدوير هي توزيع المغذيات والأنزيمات، تنظيم الرقم الهيدروجيني، تخفيف المركبات المثبطة، تدوير وتوزيع بكتريا الميثان[25] التي تقلل من قوتها وزيادة استيعاب موقع الطمر[35,38] وتقليل الزمن اللازم لتثبيت النفايات[22] كما تسمح بمعالجة سريعة لموقع الطمر[17]. وتساهم عملية تقطيع النفايات إلى أجزاء صغيرة في تحسين معدل تحللها[17,27,28,37].

إن الطريقة التقليدية لعمل المفاعل الحيوي تتضمن تثبيت الفضلات لاهوائياً. وفي الآونة الأخيرة ازداد الاهتمام والتركيز على جعل عملية تثبيت الفضلات هوائية عن طريق ضخ هواء إلى داخل المفاعل الحيوي[6].

وقد أحدثت مفاهيم التحلل الهوائي في مواقع الطمر عن طريق ضخ هواء إلى داخل النفايات تحويل مهم في إدارة النفايات وإيجاد نظام جديد لمواقع الطمر. إذ أن المفاعل الحيوي الهوائي عبارة عن تقنية حديثة تعجل من عملية تثبيت النفايات. وذكرت الدراسات حول عملية التحلل الهوائي أن الجزء العضوي من النفايات ممكن أن يتحلل في وقت قصير مقارنة مع التحلل اللاهوائي[12]. كما ذكر الباحث[19] أن تحلل المواد العضوية هوائياً أسرع خمس مرات من عملية التحلل اللاهوائي للمواد العضوية.

وفي السنوات الأخيرة أصبح الاهتمام كبير بمواقع الطمر المهواة والمهواة مع تدوير العصارة. حيث يوجد العديد من الدراسات والنماذج المخبرية والحقلية حول هذا الموضوع[8].

من هنا جاءت فكرة البحث التي تضمنت إيجاد تأثير تدوير العصارة في مواقع الطمر الصحي الهوائي واللاهوائي للنفايات الصلبة البلدية ودراسة حجم ونوع العصارة الناتجة من أربع مفاعلات مخبرية حيوية. المفاعل الأول والثاني يمثل موقع طمر لاهوائي والمفاعل الثالث والرابع موقع طمر هوائي يتم فيه ضخ الهواء إلى داخل النفايات مع تدوير العصارة الناتجة من التحلل في المفاعل الثاني والرابع وعمل مقارنة بينهم. ومتابعة نوعية العصارة الناتجة من المفاعلات الأربعة من خلال قياس عدد من الخصائص pH، EC، TDS، TSS، COD، BOD، TKN، NH<sub>3</sub>-N، Cl<sup>-</sup>، Mg<sup>+2</sup>، Ca<sup>+2</sup> وحجم العصارة المتولدة. استمرت مدة التجربة 105 يوم للمفاعلين الهوائيين و147 يوم للمفاعلين اللاهوائيين.

## الدراسات السابقة:

قام الباحث [37] بدراسة تأثير التهوية على تثبيت واستقرار نوعين من النفايات الصلبة ، الأول نفايات صلبة بلدية طرية والثاني نفايات صلبة بلدية قديمة وضعا في مفاعلات حيوية مع تدوير العسارة الناتجة من التحلل. وجد الباحث ان التهوية في المفاعل الذي يحوي نفايات طرية قللت زمن الاستقرار 46 يوم للرقم الهيدروجيني و 42 يوم للمواد الصلبة العالقة الكلية و 32 يوم للمتطلب الكيماوي للاوكسجين فضلا عن ان تركيز هذه الخصائص منخفض في حالة التهوية مقارنة مع الحالة اللاهوائية. كما وجد الباحث ان الامونيا تستمر بالزيادة مسببة مشاكل في عمل المفاعل الحيوي اللاهوائي لطرر النفايات.

كما درس الباحث [31] التغير في خصائص عسارة احد مواقع الطمر في فلوريدا ومدى ارتباط هذا التغير بزيادة معدل الأمطار وانخفاض التهوية. أظهرت النتائج ان تراكيز الصوديوم والكلوريد والبيكاربونات والمواد العضوية الذائبة تتخفض بزيادة كمية الأمطار وان العوامل غير العضوية المرتبطة بالأس الهيدروجيني مثل القاعدية والكالسيوم والمغنيسيوم تتخفض بسبب الفعالية الكيماوية. في حين ان تراكيز الحديد والمنغنيز والامونيا وعمليات إنتاج الميثان ازدادت عند انخفاض معدل التهوية وانتقالها إلى ظروف لاهوائية.

كما قام الباحث [34] بدراسة الحدود التصنيفية لتركيز الملوثات في عسارة النفايات الصلبة البلدية (Leachate pollution index LPI) ومدى تغير هذه التراكيز مع الزمن وذلك عن طريق اخذ نماذج من العسارة الناتجة من مواقع للطمر الصحي معرضة لظروف تهوية جزئية ولاهوائية. أظهرت النتائج وجود فروقات واضحة في تراكيز  $TDS$  ,  $COD$  ,  $TKN$  ,  $NH_3-N$  حيث كانت مرتفعة في المواقع المعرضة جزئيا للهواء عن نظيرتها المغلقة وان تركيز  $BOD_5$  مرتفع في المواقع المغلقة، أما تراكيز المعادن الثقيلة فقد بدت غير مختلفة كثيرا لجميع المواقع باستثناء تركيز الرصاص فقد كان في المواقع المغلقة أعلى بكثير من المواقع المفتوحة.

درس الباحث [14] تقنية تدوير العسارة الناتجة من موقع الطمر كطريقة لمعالجتها. وتابع نوعية العسارة من خلال قياس عدد من الخصائص: الرقم الهيدروجيني، المتطلب البايوكيميائي للاوكسجين، المتطلب الكيماوي للاوكسجين، القاعدية، العسرة، المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة. واستنتج ان أعلى معدل للتحلل الحيوي للنفايات يحصل خلال تدوير العسارة.

كما درس الباحث [27] تأثير تدوير عسارة النفايات الصلبة على تثبيتها واستقرارها. وجد الباحث ان المفاعل الحيوي الذي استخدم تقنية التدوير أبدى كفاءة اكبر في إزالة  $COD$  وتثبيت  $pH$ ، حيث بلغت كفاءة إزالة  $COD$  89.93% وتثبيت الـ  $pH$  عند 7.5 وذلك لان عملية تدوير العسارة يقلل من تركيز المواد العضوية بسبب زيادة معدل التحلل الحيوي عند التدوير.

كما وجد الباحث [28] ان استخدام التهوية مع تدوير العسارة الناتجة من المفاعل الحيوي طريقة لمعالجة العسارة التي تعتبر من القضايا المهمة المسببة قلق في ادارة مواقع الطمر. حيث بلغت كفاءة الإزالة الكلية للـ  $COD$  91% و للـ  $TDS$  56% و 34% بالنسبة للـ  $TSS$ . اما بالنسبة للمعادن الثقيلة فكانت كفاءة الإزالة 93%، 90%، 43%، 76% للمنغنيز، الحديد، الرصاص، الزنك على التوالي.

ذكر الباحث [36] ان من واجبات الجهات العاملة في مجال إدارة المخلفات الصلبة محاولة تطوير استراتيجية جديدة تجعل من استخدام مدافن المخلفات الموجودة اقرب ما يكون من الكمال والفعالية. حيث ذكر الباحث انه في أنحاء مختلفة من العالم بدلا من المحافظة على المخلفات الصلبة في حالة جافة تم تعريضها للرطوبة بواسطة حقن العسارة في

المخلفات المدفونة لتسريع عملية التحلل. فضلا عن إمكانية إدخال الهواء إلى النفايات لتسريع من عملية التحلل من خلال تهيئة ظروف هوائية حيوية بدلا من الظروف اللاهوائية التي تسود المدافن التقليدية.

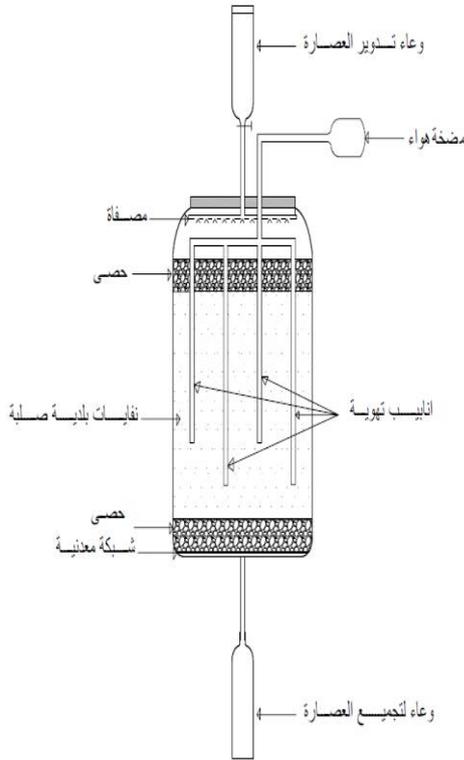
درس الباحث [29] تأثير الطمر الصحي الهوائي واللاهوائي وتغيير معدل التهوية على تحلل النفايات الصلبة في مواقع الطمر التي تتبع تقنية تدوير العصارة الى داخل النفايات. توصل الباحث ان التهوية تعجل من معدل تثبيت النفايات في مواقع الطمر وعدم وجود تأثير واضح لمعدلات التهوية المختلفة المستخدمة في البحث على نوعية العصارة. قامت الباحثة [33] بدراسة تأثير عصارة المخلفات الصلبة على التربة والمياه الجوفية وحساب التغيرات في تراكيز عصارة المخلفات الصلبة مع الزمن وعمق النفايات. أظهرت النتائج ان تراكيز المواد الصلبة العالقة والذائبة تزداد مع زيادة عمق النفايات الصلبة ونقل مع مرور الزمن ومع زيادة كمية مياه الامطار. في حين نجد ان القاعدية والمتطلب البايوكيميائي للأوكسجين والكلوريد تزداد مع زيادة العمق وتتنخفض مع مرور الزمن بينما الرقم الهيدروجيني للعصارة يزداد مع زيادة الزمن.

## المواد وطرائق العمل:

### 1- تهيئة المفاعل الحيوي

تم عمل نموذج مختبري ليمثل مفاعل حيوي لتحلل النفايات الصلبة مشابهة للنموذج المستخدم من قبل الباحثين [27,29,37]. تكون النموذج من أربع براميل بلاستيكية اسطوانية الشكل ارتفاع البرميل الواحد 58سم ويقطر 33سم ويسعة إجمالية 50 لتر. وفي أسفل كل برميل وضع طبقة من الحصى بسبك 10سم للتصريف وتحتها تم تثبيت شبكة معدنية للسماح للعصارة فقط بالخروج من أسفل البرميل عن طريق فتحة تم عملها في منتصف قاعدة البرميل [6,27,29,37].

وضع في كل برميل 50 لتر من النفايات الممزوجة جيدا وعلى شكل طبقات، تم رصها للحصول على كثافة حوالي 600 كغم م<sup>3</sup> وهي مشابهة لكثافة النفايات الصلبة في منطقة كوكجلي في مدينة الموصل ومشابهة ايضا للكثافة المستخدمة من قبل الباحثان [28,37]. وتم وضع طبقة ثانية من الحصى ويسمك 10سم فوق النفايات كطبقة تصريف عليا ولضمان توزيع العصارة على النفايات بشكل متجانس [6,27,37].



الشكل (1) مخطط يوضح شكل وأبعاد المفاعل الحيوي

وتراوح حجم الحصى المستخدم في كلا الطبقتين ما بين 16ملم الى 40ملم [27]. تغلق البراميل الأربعة بواسطة غطاء محكم يحتوي على فتحة وسطية يمر من خلالها أنبوب مطاطي ينتهي بمصفاة لتوزيع مياه الأمطار في البرميل الأول والثالث، ومياه الأمطار والعصارة في البرميل الثاني والرابع. كما تم إمرار أنابيب مطاطية مثقبة تمتد بأطوال مختلفة وموزعة بشكل يضمن وصول الهواء الى جميع النفايات لجعل عملية التحلل هوائية في البرميل الثالث والرابع من خلال الفتحة الموجودة في الغطاء. وبالاعتماد على الباحث [37] تم ضخ الهواء بمعدل 0.026 لتر/ ثانية داخل البرميل الثالث

والرابع، حيث ذكر الباحث [37] ان معدل الهواء اللازم لإكمال عملية التحلل الهوائي 45م<sup>3</sup>/م<sup>3</sup> نفايات. كما وضعت أربع حاويات بلاستيكية أسفل كل برميل لجمع العصارا الناتجة وأربع حاويات أخرى أعلى كل برميل لإدخال مياه الأمطار والعصارا المدورة الى داخل المفاعلات ببطء شديد وكما موضح في الشكل (1).

يمثل البرميل الأول مفاعل حيوي لاهوائي والبرميل الثاني مفاعل حيوي لاهوائي مع تدوير العصارا الناتجة من التحلل، اما البرميل الثالث فيمثل مفاعل حيوي هوائي والبرميل الرابع مفاعل حيوي هوائي مع تدوير العصارا .

## 2- تهيئة النفايات الصلبة البلدية

تم جلب النفايات الى المختبر من مكبات للنفايات الصلبة لأكثر من منطقة في مدينة الموصل ومن ثم عزلها وإكمال المكونات المفقودة من النفايات بحيث أصبحت نسب المكونات للنفايات قريبة من النسب التي وجدتها الباحثة [1] وكما موضح في الجدول (1)

جدول(1) نسب المكونات للنفايات الصلبة البلدية

نوع الفضلات	نسب المكونات للنفايات الصلبة البلدية [1]	نسب المكونات للنفايات الصلبة المستخدمة في البحث
مواد غذائية (عضوية)	%80.2	%76.4
مخلفات حدائق	%0.599	%1.4
معلبات الكارتون	%2.03	%3.4
ورق	%2.79	%3.8
زجاج	%6.65	%7
معادن والمنيوم	%3.92	%4
كارتون	%1.42	%1.5
بلاستيك	%2.3	2.5%

قطعت الأجزاء الكبيرة من النفايات إلى قطع بطول حوالي 5سم لكي تصبح النفايات متجانسة في الحجم فضلا عن أن معدل التحلل الحيوي للنفايات يزداد مع نقصان حجمها [16,22,26,27,36] ومن ثم مزجها بشكل جيد لكي تتجانس وأجراء بعض الفحوصات الفيزيائية على النفايات وكما موضح في الجدول (2).

الجدول (2) محددات النفايات الصلبة البلدية المستخدمة في الدراسة

المحددات	القيمة	المحددات	القيمة
محتوى الرطوبة	%57.107	تركيز المواد الصلبة المتطايرة (العضوية)	%83.33
الرقم الهيدروجيني	%6.36	تركيز المواد الصلبة الكلية	%39.893

### 3- تمثيل المتساقطات

تم اعتماد طريقة الباحث [24] في حساب كمية المتساقطات المترشحة داخل المفاعل الحيوي خلال فترة الدراسة التي بدأت من شهر اذار والى نهاية شهر تموز. نلاحظ من الجدول(3) ان مجموع مياه المطار خلال أشهر السنة (409.13) ملم وباستخدام نفس فرضية الباحث [24] كون ان التغطية النهائية للنفايات في موقع الطمر جيدة بحيث تسمح فقط ب 10% من مياه الأمطار بالدخول الى داخل الموقع وبهذا يصبح عمق المياه المترشحة داخل المفاعل 40.913 ملم ولإيجاد حجم المياه المترشحة نضرب عمق المياه المترشحة في مساحة مقطع المفاعل وينتج 3.5 لتر وبعد ذلك نقسم حجم المياه المترشحة على عدد أيام الدراسة 150 يوم فينتج 23.334 مللتر/ يوم وهذه تمثل كمية الأمطار في اليوم الواحد. إذا فرضنا ان المطر يسقط كل ثلاثة أيام وبهذا سنضيف 70 مللتر كل ثلاثة ايام عن طريق حاوية التدوير. وقد تم استخدام ماء الحنفية ليمثل مياه المتساقطات الداخلة الى موقع الطمر كما فعل الباحثين [24,3,27]. ويعود سبب إضافة ماء المتساقطات لضمان الحصول على العصارة طيلة فترة الدراسة [14,37].

جدول(3) الأمطار الشهرية في مدينة الموصل [3]

الأشهر	الأمطار (ملم)	الأشهر	الأمطار (ملم)	الأشهر	الأمطار (ملم)	الأشهر	الأمطار (ملم)
كانون الثاني	62	نيسان	54.6	تموز	0.0	تشرين الاول	11
شباط	70	ايار	23	اب	0.0	تشرين الثاني	43.7
اذار	75.9	حزيران	0.23	ايلول	0.3	كانون الاول	68.4

\*الانواء الجوية/ الموصل

### 4- تشغيل المفاعل الحيوي

تم غلق المفاعلات الأربعة بشكل محكم وإضافة مياه الأمطار المترشحة المحسوبة وضخ الهواء للمفاعل الثالث والرابع، وقد نزلت العصارة من البراميل الأربعة عند وصول النفايات الى حالة التشبع. حيث تم اخذ نموذج 100 مللتر من العصارة في نهاية كل أسبوع طيلة فترة التجربة لغرض إجراء الفحوصات المختبرية التالية الرقم الهيدروجيني، المواد الصلبة الذائبة الكلية، المواد الصلبة العالقة الكلية، التوصيل الكهربائي، الكلوريدات، المتطلب الكيماوي للاوكسجين، المتطلب البايوكيميائي للاوكسجين، الامونيا، النتروجين الكلي بطريقة كندال، الكالسيوم والمغنيسيوم. وتدوير العصارة الناتجة من تحلل النفايات الصلبة في المفاعل الثاني والرابع الى نفس المفاعلين.

## الفحوصات المختبرية

- تم قياس خصائص العصارة كل أسبوع بأخذ معدل نتيجة فحص نموذجين من العصارة لكل خاصية، وتمت معظم الفحوصات المختبرية بالاعتماد على الطرائق القياسية في المصدرين [2,5] ومنها :
1. قياس الرقم الهيدروجيني pH: جرت مراقبة الرقم الهيدروجيني pH بواسطة جهاز pH-meter بدقة 0.01 وحسب الفقرة (4500-HB) .
  2. قياس رطوبة النفايات: باعتماد جفنة خزفية وميزان الكتروني دقيق (0.0001) ملغم وفرن تجفيف بدرجة (103)م ، وتم العمل حسب الفقرة (2540-D) .
  3. قياس تركيز المواد الصلبة المتطايرة (VS): تم في هذا الفحص استخدام جفنة خزفية ، ميزان الكتروني دقته (0.0001) ملغم ، فرن تجفيف (103-100) م وفرن حرق (600-550) م وتم العمل حسب الفقرة (3540-A)
  4. قياس النتروجين: تم فحص النتروجين بطريقة كلدال (Kjeldahl Method) وحسب الفقرة (420-A) .
  5. قياس التوصيل الكهربائي EC: تم قياس التوصيل الكهربائي باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي Conductivity Meter .
  6. قياس الكلورايد  $Cl^-$ : فحصت باستخدام طريقة Argentometric Method وحسب الفقرة (4500-B) .
  7. المتطلب الكيميائي للاوكسجين COD: تم هذا الفحص بطريقة Closed Reflux Titrimetric Method وحسب الفقرة (5220-A) .
  8. المتطلب الحيوي للاوكسجين BOD: جرى هذا الفحص بالاعتماد على طريقة Winkler وحسب الفقرة (5210-B).
  9. المواد الصلبة العالقة الكلية TSS: تم هذا الفحص باستخدام ورق ترشيح وجهاز Vacuum وميزان الكتروني دقيق 0.0001mg وفرن تجفيف بدرجة (103-105) درجة مئوية، وحسب الفقرة (2540-D).
  10. الكالسيوم  $Ca^{+2}$ : تم هذا الفحص باستخدام EDTA Titrimetric Method.
  11. المغنيسيوم  $Mg^{+2}$ : تم هذا الفحص باستخدام EDTA Titrimetric Method.

## النتائج والمناقشة

### 1- حجم العصارة

يبين الجدول (4) حجم العصارة المتولدة والخارجة من المفاعلات الحيوية الأربعة والداخلية إليها نتيجة عملية التدوير وكذلك حجم مياه الأمطار الداخلة إلى المفاعلات. حيث كان الحجم الكلي للعصارة المتولدة والخارجة من المفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير (9.63، 11، 7.183، 7.53) لتر على التوالي في نهاية فترة التجربة البالغة 147 يوم للمفاعلات اللاهوائية و105 يوم للمفاعلات الهوائية. وضمن هذه الفترة الزمنية سوف يتم إدخال 3.43 لتر من مياه الأمطار لكل من المفاعلين اللاهوائيين و 1.796 لتر لكل من المفاعلين الهوائيين وكذلك تدوير (2.9، 3.52) لتر من العصارة المتولدة من المفاعل اللاهوائي الثاني والمفاعل الهوائي الرابع على التوالي الى نفس المفاعلين، في حين يتم تصريف العصارة الناتجة من المفاعلين اللاهوائي الأول والهوائي الثالث. وبهذا يصبح صافي

الحجم المتولد من العصارة الناتجة من التحلل الحيوي للنفايات للمفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير (6.2، 4.05، 5.387، 2.834) لتر على التوالي.

ويبين من خلال هذه النتائج انخفاض في حجم العصارة المتولدة في المفاعل الهوائي مع التدوير بنسبة (47.3%، 30%، 54.2%) عند مقارنتها مع المفاعل الهوائي، اللاهوائي مع التدوير، اللاهوائي على التوالي. في حين انخفضت هذه النسبة إلى (24.8%، 34.6%) في المفاعل اللاهوائي مع التدوير مقارنة مع المفاعل الهوائي واللاهوائي وهذا يتفق مع نتائج الباحث [6]. يعزى الانخفاض في حجم العصارة في المفاعل الهوائي مع التدوير الى عامل التهوية الذي يسبب انخفاض في محتوى الرطوبة للنفايات [6] فضلا الى ان عملية التدوير تقلل من حجم العصارة المتولدة من المفاعل لان النفايات تستخدم العصارة المدورة في عملية التحلل الحيوي وبهذا يحصل انخفاض في حجمها [25].

جدول (4) حجوم مياه الأمطار والعصارة الداخلة والخارجة من المفاعلات الحيوية

نوع المفاعل الحيوي	اللاهوائي	اللاهوائي مع التدوير	الهوائي	الهوائي مع التدوير
زمن التجربة (يوم)	147	147	105	105
الحجم المتراكم للعصارة الخارجة من المفاعل (لتر)	9.630	11.000	7.183	7.530
الحجم الكلي لمياه الامطار الداخلة الى المفاعل (لتر)	3.430	3.430	1.796	1.796
الحجم الكلي للعصارة المدورة الى داخل المفاعل (لتر)	-	3.52	-	2.9
صافي حجم العصارة الناتج من التحلل (لتر)	6.2	4.05	5.387	2.834

## 2- نوعية العصارة:

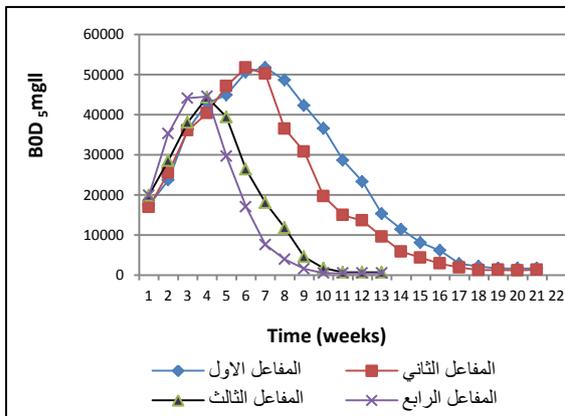
### 2-1 المتطلب الكيميائي والبايوكيميائي للاوكسجين

يبين الشكل (1) تراكيز الـ COD في بداية التجربة حيث كانت (37470، 36840، 33180، 34140) ملغرام/ لتر ثم بدأت تتزايد لتصل الى أعلى تراكيز لها (75000، 78375، 67238، 67875) ملغرام/ لتر بعد مرور (49، 42، 28، 21) يوم من بدء التجربة للمفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير على التوالي. بعد ذلك أخذت التراكيز بالانخفاض لتستقر عند تراكيز بحدود (5050، 7500) ملغرام/ لتر خلال الفترة الزمنية ما بين 77 و 91 يوم من التجربة للمفاعل الهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي. في حين نلاحظ عند اليوم 91 كانت تراكيز الـ COD في المفاعل اللاهوائي واللاهوائي مع التدوير (28905، 17925) ملغرام/ لتر على التوالي. والتركيز النهائي الذي وصل اليه المفاعل اللاهوائي واللاهوائي مع التدوير (6150، 4550) ملغرام/ لتر في اليوم (133، 126) على التوالي وهذا يتفق مع ما جاء به الباحثان [6,9].

اما الشكل (2) فيبين تراكيز الـ BOD للعصارة الناتجة من المفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير. حيث كانت (17411، 16920، 19894، 19859) ملغرام/ لتر في بداية التجربة ثم تزايدت لتصل الى (51750، 51728، 44377، 44574) ملغرام/ لتر بعد مرور (49، 49، 28، 28) يوم على التوالي. ثم انخفضت تراكيز الـ BOD في المفاعل الهوائي والهوائي مع التدوير ليستقر عند قيم (683، 495) ملغرام/ لتر خلال الفترة الزمنية ما بين

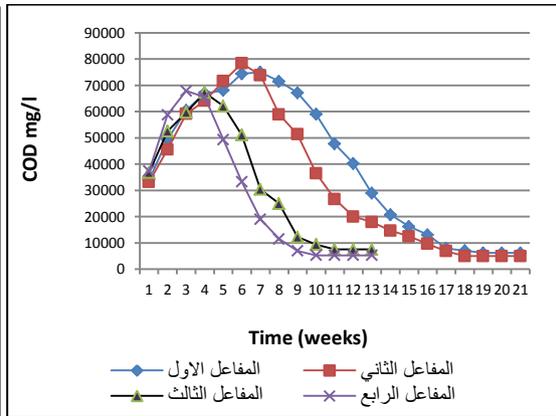
77 و 91 يوم من التجربة على التوالي . بينما انخفضت تراكيز الـ BOD بشكل تدريجي لتستقر عند (1688، 1238) في اليوم (133، 126) من الدراسة للمفاعل اللاهوائي واللاهوائي مع التدوير على التوالي وهذا يتفق مع ما جاء به الباحث [6].

تبين النتائج ان التهوية وتدوير العصارة تسرع من المعدل الزمني لتحلل النفايات الحيوي، ويعود السبب في ذلك الا ان الأحياء المجهرية الهوائية تحلل المواد العضوية وتقلل تراكيزها بسرعة اكبر من الأحياء المجهرية اللاهوائية [29,9] وان عملية التدوير تعمل على زيادة الرطوبة عن قيمتها الأولية وتحقق توزيع أفضل للمغذيات والمواد والبكتريا [16] النسبة مابين تراكيز الـ COD واعلى تركيز الـ (CODMax/COD) خلال فترة التجربة لكل مفاعل من المفاعلات الهوائية واللاهوائية موضحة في الشكل (3). نلاحظ من الشكل انه في اليوم 91 من التجربة حصل المفاعل الهوائي مع التدوير على أعلى كفاءة ازالة للمواد العضوية مقارنة مع باقي المفاعل، حيث كانت كفاءة الإزالة (92.3%، 88.9%، 77.2%، 61.5%) للمفاعل الهوائي مع التدوير، الهوائي، اللاهوائي مع التدوير، اللاهوائي على التوالي. في حين حصل المفاعل اللاهوائي واللاهوائي مع التدوير على كفاءة ازالة (91.8%، 93.6%) في نهاية فترة التجربة (147) يوم وهذا يتفق مع نتائج الباحث [6] الذي حصل على كفاءة ازالة (93%، 87%، 82%، 75%) في اليوم 250 من التجربة التي استمرت 500 يوم للمفاعل الهوائي مع التدوير، الهوائي، اللاهوائي مع التدوير، اللاهوائي على التوالي. نسبة COD/BOD<sub>5</sub> مؤشر حول كمية المكونات القابلة للتحلل في العصارة. حيث ذكر الباحث [29] انه اذا كانت نسبة COD/BOD<sub>5</sub> في العصارة تتراوح ما بين (0.02-0.13) يعني انخفاض في قابلية التحلل الحيوي وعندما تكون هذه النسبة ما بين (0.4-0.8) يعني ارتفاع في قابلية التحلل الحيوي. كما ذكر الباحث [7] ان عصارة مواقع الطمر تصل الى حالة الاستقرار عندما تصبح النسبة COD/BOD<sub>5</sub> اقل من (0.1). الشكل (4) يوضح نسبة COD/BOD<sub>5</sub> في المفاعلات الحيوية الاربعة. حيث كانت النسبة في بداية التجربة (0.51، 0.51، 0.54، 0.52) ثم ارتفعت لتصل الى (0.69، 0.68، 0.66، 0.68) بعد مرور (49، 49، 28، 28) يوم ثم أخذت النسب بالانخفاض لتصل الى (0.27، 0.24، 0.091، 0.094) في اليوم (133، 126، 77، 70) من التجربة للمفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي وهذا يتفق مع نتائج الباحث [29]. من خلال هذه النتائج نجد ان المفاعل الهوائي والهوائي مع التدوير قد وصل الى حالة الاستقرار والثبات في وقت اقصر مقارنة مع المفاعل اللاهوائي واللاهوائي مع التدوير. نستنتج من خلال النتائج ان المفاعل الهوائي مع التدوير حقق كفاءة عالية في ازالة المواد العضوية ويليه المفاعل الهوائي ثم المفاعل اللاهوائي مع التدوير وأخيرا المفاعل اللاهوائي.



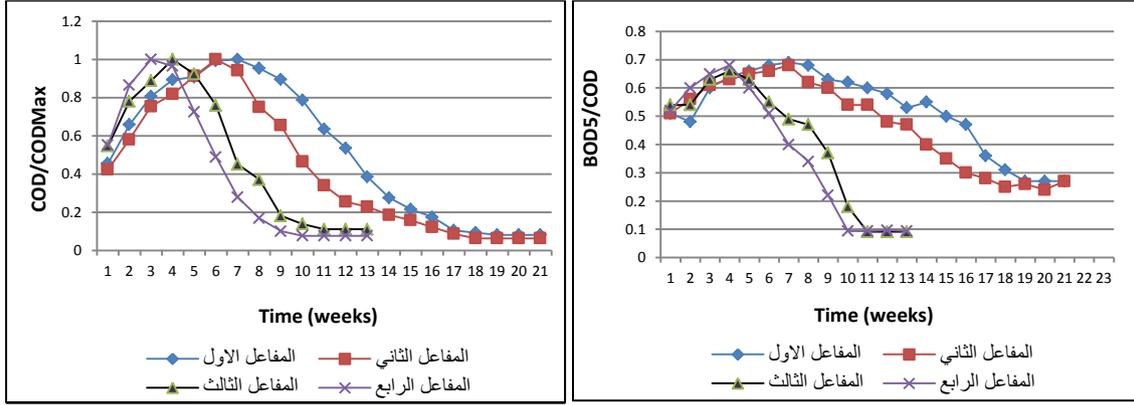
الشكل (2) تباير تراكيز الـ BOD<sub>5</sub>

داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي



الشكل (1) تباير تراكيز الـ COD داخل

المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

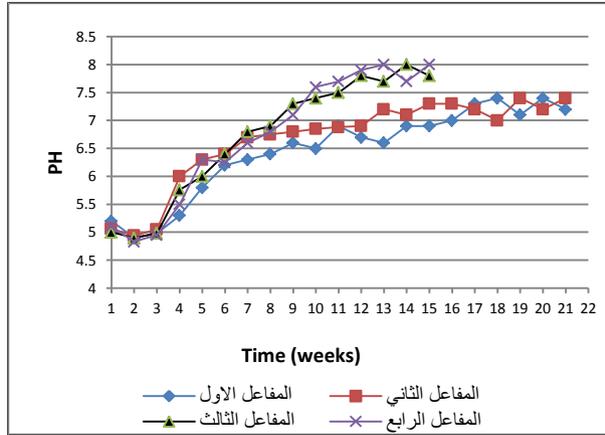


الشكل (4) نسبة COD/BOD<sub>5</sub> داخل  
المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

الشكل (3) نسبة COD<sub>Max</sub>/ COD داخل  
المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

## 2-2 الرقم الهيدروجيني

يبين الشكل (5) التغيرات في قيم الرقم الهيدروجيني pH للعصارة المتولدة من المفاعلات الحيوية الأربعة. حيث كانت القيم في بداية فترة التجربة (5.2، 5.06، 5.0، 5.1) وانخفضت لتصل الى (4.9، 4.94، 4.9، 4.83) بعد مرور 14 يوم في المفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير على التوالي. ثم بدأت تتزايد بشكل ملحوظ لتصل بعد مرور 63 يوم (7.3، 7.1) في المفاعل الهوائي والمفاعل الهوائي مع التدوير ومن ثم استقرت قيم الـ pH لتتراوح ما بين (7.4-8) في هذين المفاعلين خلال الفترة الزمنية المتبقية من التجربة. أما المفاعلين اللاهوائي مع التدوير واللاهوائي فقد وصلت قيمة pH الى 7.2 بعد مرور 91 يوم و7.0 بعد مرور 112 يوم على التوالي. وبعدها أصبحت القيم تتراوح ما بين 7.0 و 7.4 خلال الفترة الزمنية المتبقية من التجربة وهذا مطابق لما ذكره الباحثون [27,37,14]. يعزى انخفاض قيم pH في بداية الدراسة الى تكوين الحوامض من عملية التحلل العضوي للنفايات [29,36]، اما ارتفاع قيم الـ pH يحدث ضمن فعالية طور تكوين غاز الميثان والذي يتسبب في انخفاض تركيز الحوامض المستهلكة لايون الهيدروجين وبهذا يزداد تركيز ايون الهيدروجين في العصارة [15]. وان الوصول الى قيم pH المتعادل ما بين (6.5-8.2) مهم لجعل بكتريا الميثان فعالة [30].



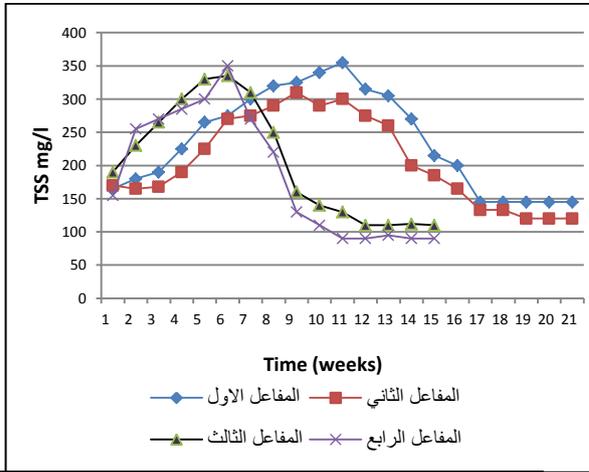
الشكل (5) تغير قيم الرقم الهيدروجيني داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

### 3-2 المواد الصلبة الذائبة الكلية والمواد الصلبة العالقة الكلية

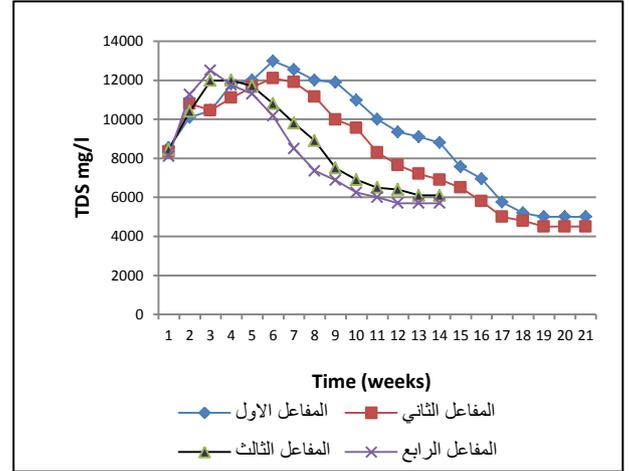
كان تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية TDS للعصارة الناتجة من المفاعلات الحيوية الأربعة: اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير في بداية فترة التجربة (8540، 8345، 8440، 8100) ملغرام/ لتر على التوالي. وبعد ذلك وصلت القيم العظمى الى (12980، 12100، 12000، 12500) ملغرام/ لتر بعد مرور (42، 42، 28، 21) يوم من بدء التجربة، ثم انخفضت التراكيز الدنيا لتستقر عند (5000، 4000، 6100، 5500) ملغرام/ لتر في اليوم (133، 133، 91، 84) من بدء التجربة وعلى التوالي وكما موضح في الشكل (6) وهذا مطابق لما ذكره الباحثان [28,37]. يعود سبب الارتفاع السريع لتركيز TDS في مرحلة مبكرة من الدراسة للمفاعلات الحيوية الأربعة إلى ذوبان المواد الناتجة من التحلل العضوي وتجمعها في العصارة وتقل هذه التراكيز مع انخفاض معدل التحلل الحيوي للنفايات مع الزمن [28].

اما الشكل (7) يبين تركيز المواد الصلبة العالقة الكلية للعصارة الناتجة من المفاعلات الحيوية الأربعة. حيث كانت تراكيزها في بداية فترة التجربة (165، 170، 190، 155) ملغرام/ لتر وبعد ذلك ازدادت التراكيز لتصل الى القيم العظمى (355، 310، 335، 350) ملغرام/ لتر في اليوم (77، 63، 42، 42) من بدء التجربة ثم انخفضت التراكيز الى القيم الدنيا لتستقر عند (145، 120، 110، 90) ملغرام/ لتر في اليوم (133، 119، 84، 77) من الدراسة وللمفاعل الأول، الثاني، الثالث، الرابع على التوالي وهذا يتفق مع ما جاء به الباحث [28]. نلاحظ ان زيادة تركيز TSS للمفاعلات الأربعة حصل بعد فترة طويلة من الدراسة مقارنة مع TDS وذلك لان المواد الصلبة العالقة تنتج من تكسر وتحطم الجزيئات الكبيرة من النفايات الصلبة اثناء تحللها العضوي وهذا يحتاج إلى وقت طويل ونقل هذه المواد نتيجة انخفاض معدل التحلل الحيوي للنفايات مع الزمن [28].

كما تبين النتائج ان تراكيز TDS و TSS في المفاعلات الهوائية وصلت الى أعلى تركيز واستقرت في فترة زمنية اقصر مقارنة مع المفاعلات اللاهوائية لان عملية التهوية تسرع من معدل التحلل العضوي [37] الذي يعزى له الزيادة في تركيز TDS [28]. فضلا عن ان لعملية التدوير ايضا دور ايجابي في التسريع من معدل التحلل الحيوي [29,37]. لهذا وصل المفاعل الهوائي مع التدوير الى حالة الاستقرار اولا يليه المفاعل الهوائي ثم المفاعل اللاهوائي مع التدوير وأخيرا المفاعل اللاهوائي.



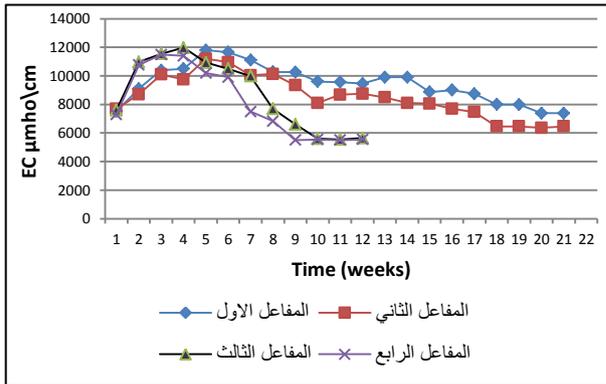
الشكل (7) تغاير تراكيز المواد الصلبة العالقة الكلية داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي



الشكل (6) تغاير تراكيز المواد الصلبة الذائبة الكلية داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

## 2-4 التوصيل الكهربائي

الشكل (8) يمثل قيم تراكيز التوصيل الكهربائي EC للعصارة الناتجة من المفاعلات الحيوية الاربعة. حيث كانت تراكيز EC في بداية فترة التجربة (7510، 7686، 7600، 7300) مايكروموز/ سم وبعد ذلك وصلت التراكيز القيم العظمى (11800، 11200، 11980، 11490) مايكروموز/ سم في اليوم (35، 35، 28، 21) من التجربة للمفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير على التوالي. ثم انخفضت تراكيز EC واستقرت بحدود (7390، 6465، 5650، 5500) مايكروموز/ سم في اليوم (140، 126، 70، 63) من الدراسة للمفاعل اللاهوائي



الشكل (8) تغاير تراكيز التوصيل الكهربائي داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

واللاهوائي مع التدوير والهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي وهذا يتفق مع نتائج الباحث [27]. ويعود السبب في ارتفاع تراكيز EC الى زيادة تركيز الايونات المذابة في العصارة نتيجة التحلل العضوي السريع للنفايات في بداية التجربة، اما الانخفاض في تراكيز EC فيحصل نتيجة ميل المعادن الى تكوين الهيدروكسيد او المرور بعمليات الكبريتة ومعظم هذه المكونات لا تذوب بسهولة فيؤدي إلى انخفاض في تراكيز المعادن الموصلة للكهربائية [26,27]

## 2-5 الامونيا والنتروجين الكلي بطريقة كدال

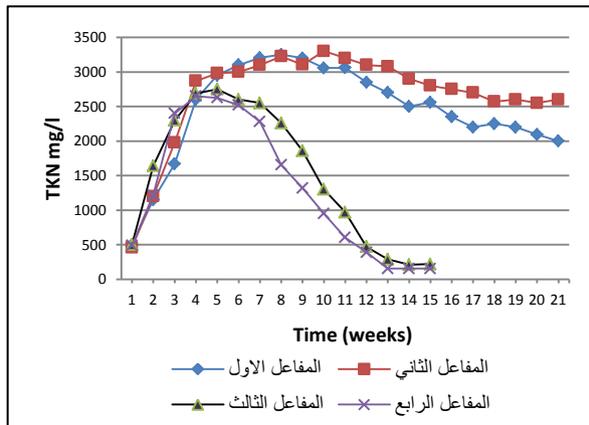
ذكر الباحثان [16,23] ان معالجة العصارة الناتجة من موقع الطمر تركز على إزالة المواد العضوية النتروجينية والمواد الكربونية، وان معظم النتروجين في النفايات الصلبة يكون على شكل أمونيا بسبب كونه ناتج من تحلل البروتينات

والحوامض الامينية، وبما أن الامونيا لا يمكن إزالتها تحت الظروف اللاهوائية سوف يبقى تركيزها عالي في المفاعل اللاهوائي، بينما في الظروف الهوائية سوف يتم إزالتها والتخلص منها. حيث ذكر الباحثون [6,16,20,29] بأنه لا يوجد ميكانيكية محددة لسلوك الامونيا في المفاعل الحيوي ذو التحلل اللاهوائي، في حين ذكر الباحث [37] ان البكتريا الهوائية تستطيع بسهولة ان تستهلك الامونيا في عملية النتجة في المفاعل الحيوي الهوائي.

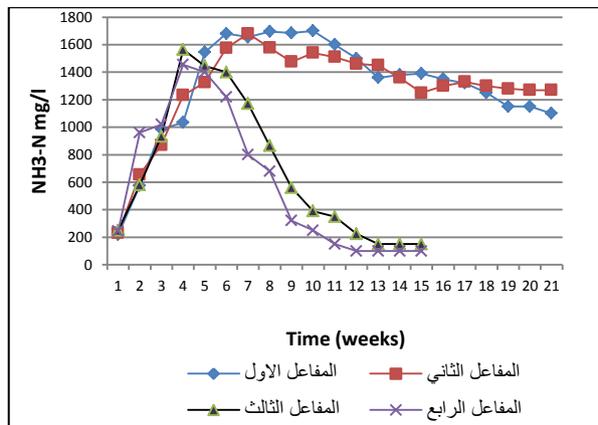
يبين الشكلان (9) و(10) تركيز الامونيا والنتروجين الكلي بطريقة كدال في المفاعلات الحيوية الأربعة على التوالي. حيث كانت تراكيز الامونيا في بداية التجربة (220، 230، 245، 250) ملغرام/ لتر ثم وصلت القيم العظمى (1700، 1680، 1565، 1455) ملغرام/ لتر بعد مرور (28، 28، 70، 49) يوم من التجربة للمفاعل الحيوي اللاهوائي ، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي، الهوائي مع التدوير على التوالي. ثم انخفضت التراكيز واستقرت بالنسبة للمفاعل الهوائي والهوائي مع التدوير وأصبحت (150، 100) ملغرام/ لتر في اليوم (91، 84) من التجربة وعلى التوالي، في حين لم يلاحظ تباين واضح في تراكيز الامونيا في المفاعل اللاهوائي مع التدوير والمفاعل اللاهوائي طيلة الفترة المتبقية من التجربة، حيث وصلت تراكيز الامونيا فيهما في نهاية التجربة الى (1270، 1100) ملغرام/ لتر على التوالي وكما موضح في الشكل (9) وهذه النتائج مطابقة لم ذكره الباحثون [6,37,29]. ويعود السبب للاختلاف ما بين سلوك المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي في ازالة الامونيا الى تأثير عملية النتجة [37]، فضلا عن ان عملية التدوير تعمل على إبقاء تراكيز الامونيا عالية في المفاعل اللاهوائي مع التدوير وان الانخفاض البسيط الحاصل في تراكيز الامونيا في المفاعل اللاهوائي نتيجة عملية التخفيف [16,6,37].

نستنتج من ذلك انه من الممكن إزالة الامونيا من عصارة النفايات باستخدام التهوية وتكون نتائج الإزالة أفضل مع تدوير العصارة وهذا يتفق مع ما ذكره الباحث [6]. وان تجمع الامونيا في المفاعل اللاهوائي يعمل على تثبيط بكتريا الميثان [16].

ويوضح الشكل (10) ان تراكيز النتروجين بطريقة كدال TKL للمفاعلات الاربعة تسلك نفس السلوك الذي سلكته من ناحية الامونيا وذلك لان معظم النتروجين الموجود في النفايات يكون على شكل امونيا [6,29].



الشكل (10) تباير تراكيز النتروجين كدال داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي



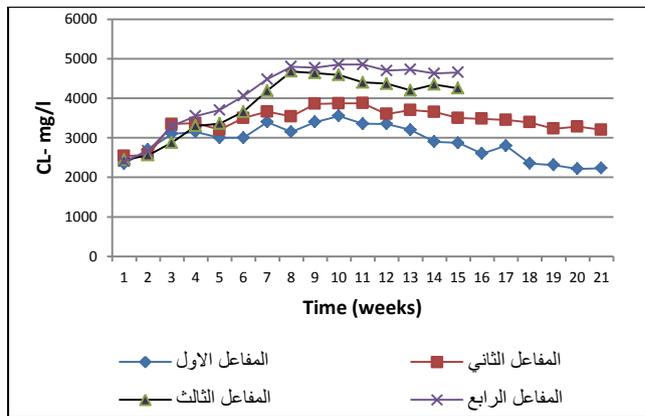
الشكل (9) تباير تراكيز الامونيا داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

## 6-2 الكلوريد

ذكر الباحثان [6,29] ان ايون الكلوريد  $Cl^-$  لاينتج من عملية التحلل الحيوي للنفايات الصلبة والتغاير في تراكيزه ناتج عن عملية التخفيف. الشكل (11) يبين التغاير في تركيز الكلوريد للعصارة الناتجة من المفاعلات الحيوية الأربعة الهوائية واللاهوائية. حيث كان تركيز الكلوريد للمفاعل اللاهوائي مع التدوير واللاهوائي في بداية التجربة (2345، 2540) ملغرام/ لتر ثم وصل الى التراكيز العظمى (3550، 3875) ملغرام/ لتر في اليوم (63، 70) من التجربة ومن ثم انخفضت التراكيز الى القيم الدنيا (2215، 3230) ملغرام/ لتر في اليوم (133، 140) على التوالي وهذه النتائج تتفق مع ما جاء به الباحثون [6,37,29]. نلاحظ من خلال النتائج عدم وجود اختلاف كبير في تركيز الكلوريد ما بين طور تكوين الحوامض وطور تكوين الميثان في المفاعل اللاهوائي مع التدوير واللاهوائي ويعود السبب في ذلك الى ضعف قابلية ايون الكلوريد على الامتزاز (ذوبان) وتكوين الرواسب [16,29]. فضلا الى ان عملية التدوير تجعل ازالة الكلوريد اقل من ذوبانه في العصارة وبهذا تبقى تراكيز الكلوريد في العصارة عالية وهذه الحقيقة توضح الانخفاض البسيط في تركيز الكلوريد في المفاعل اللاهوائي مع التدوير [28] وكذلك عدم تدوير العصارة في المفاعل اللاهوائي يجعل تراكيز الكلوريد في المفاعل تنخفض ببطء مع زمن التجربة لان الانخفاض ناتج عن خروج الكلوريد مع العصارة [4,6].

اما بالنسبة للمفاعل الهوائي كان تركيز الكلوريد في بداية التجربة (2440، 2400) ملغرام/ لتر ثم ارتفعت التراكيز لتصل الى (4680، 4900) ملغرام/ لتر في اليوم 56 من التجربة للمفاعل الهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي، وبعد ذلك لم يلاحظ تغير ملحوظ في تراكيز الكلوريد حيث أصبحت التراكيز في اليوم 105 من التجربة (4250، 4655) ملغرام/ لتر للمفاعل الهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي وهذا مطابق لنتائج الباحثان [6,29]. ويعزى هذا السلوك الا ان عملية التهوية تجعل تراكيز الكلوريد متوازنة ما بين ذوبان الكلوريد وإزالته، والسبب في حصول تزايد في تراكيز الكلوريد في طور تكوين الحوامض في المفاعل الهوائي لان الكلوريد يزداد بشكل آني مع زيادة الرقم الهيدروجيني الذي يزيد من قابلية ذوبانه ويستقر تقريبا مع استقرار قيم pH [6,29]

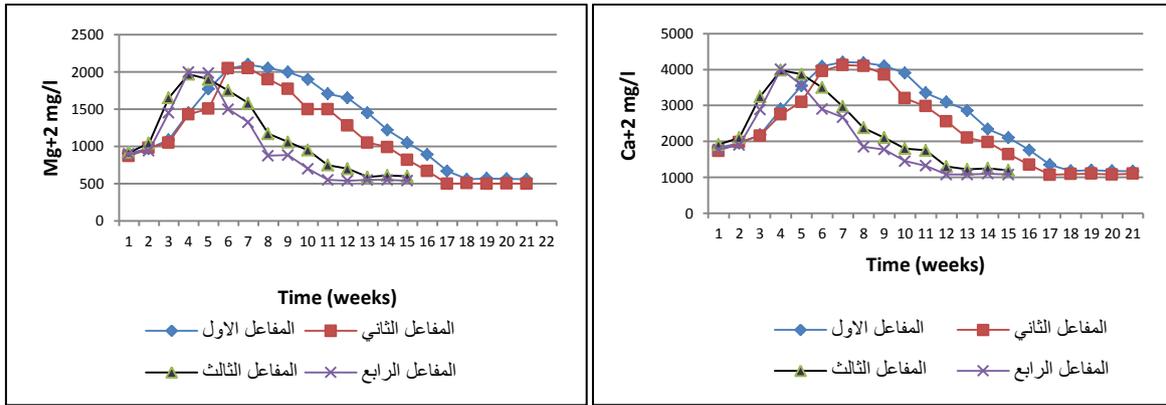
نلاحظ من النتائج انه من سلبيات عملية التدوير هو تجمع الكلوريدات داخل المفاعل، في حين عدم تدوير العصارة يسبب انخفاض بطيء في تركيز الكلوريد ناتج عن عملية خروج الكلوريدات مع العصارة خارج المفاعل [6,29,21].



الشكل (11) تغاير تراكيز الكلوريد داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

## 7-2 الكالسيوم $Ca^{+2}$ والمغنيسيوم $Mg^{+2}$

كانت تراكيز الكالسيوم في بداية التجربة (1823، 1730، 1910، 1780) ملغرام/لتر ثم ارتفعت لتصل التراكيز العليا (4208، 4125، 3980، 4010) ملغرام/لتر في اليوم (49، 49، 28، 28) ومن ثم أخذت بالانخفاض لتصل الى (1180، 1070، 1220، 1080) ملغرام/لتر في اليوم (126، 119، 84، 77) للمفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي الشكل (12). وسجلت تراكيز المغنيسيوم في بداية التجربة (910، 870، 920، 900) ملغرام/لتر ثم ارتفعت لتصل (2100، 2050، 1970، 2000) ملغرام/لتر في اليوم (49، 42، 28، 28) ومن ثم أخذت بالانخفاض لتصل الى التراكيز العليا (560، 500، 600، 550) ملغرام/لتر في اليوم (126، 119، 91، 77) للمفاعل اللاهوائي، اللاهوائي مع التدوير، الهوائي والهوائي مع التدوير على التوالي الشكل (13) وهذا مطابق لما ذكره الباحثان [14,27]. ويعزى سبب الانخفاض في تراكيز الكالسيوم والمغنيسيوم في طور تكوين الميثان بسبب ارتفاع pH الذي يحسن من عملية ذوبان الكالسيوم والمغنيسيوم وتكوين الرواسب مثل كاربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  وهيدروكسيد المغنيسيوم  $Mg(OH)_2$  [10,11,16].



الشكل (13) تغير تراكيز المغنيسيوم داخل المفاعل الحيوي الهوائي

الشكل (12) تغير تراكيز الكالسيوم داخل المفاعل الحيوي الهوائي واللاهوائي

### الاستنتاجات

1. تعتبر تقنية تدوير العصارة في المفاعل الحيوي للنفايات الصلبة طريقة معالجة فعالة.
2. إن عملية تدوير العصارة في المفاعل الحيوي تقلل من حجم العصارة الناتجة من التحلل الحيوي سواء كان تحللاً هوائياً أو لاهوائياً.
3. ان استخدام تقنية التهوية والتدوير في المفاعل الحيوي تسرعان من عملية التحلل الحيوي والوصول الى حالة الاستقرار البايولوجي.
4. ان استخدام تقنية التهوية لها دور فعال في إزالة الامونيا من العصارة الناتجة من تحلل النفايات الصلبة.
5. من مساوئ عملية التدوير تجمع الكلوريد في المفاعل الحيوي وقد تسبب تثبيط لبكتريا الميثان.

#### التوصيات

1. دراسة تأثير استخدام أحجام متغايرة من العصارة المدورة الى المفاعل الحيوي على خصائص العصارة.
2. دراسة تأثير استخدام معدلات تهوية متغايرة على خصائص العصارة.
3. دراسة تأثير زيادة الرطوبة بسبب عملية التدوير على سير عملية التحلل الهوائي واللاهوائي.
4. دراسة تراكيز المعادن الثقيلة في العصارة الناتجة من المفاعل.
5. عند استخدام التدوير يجب تهوية العصارة قبل تدويرها للتخلص من الامونيا.

#### المصادر

1. سليمان، فادية عبد القادر /ادارة النفايات الصلبة البلدية في مدينة الموصل"، رسالة ماجستير، جامعة الموصل، العراق، 2008.
2. عباوي، سعاد عبد وحسن، محمد سليمان "الهندسة العملية للبيئة/فحوصات الماء"، دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل، العراق.
3. Al-Rawi, S.M., "Selection, Design, and Management of Solid Waste Sanitary Landfill Site(s) for Mosul City", Principal Investigation, Final Report, Project EN20, Funded by Arab Science and Technology Foundation (ASTF), Contract No.27-06, December, 2007.
4. Andreottola, G. and Cannas, p., "Chemical and Biological Characteristics of Landfill Leachate", In Landfilling of Waste: Leachate, Edited by Christensen, T.H., Cossu, R., Stegmann, R., Chapman and Hall, London, 1992, PP. 65-88.
5. APHA; AWA; WPCF, "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water" 20<sup>th</sup> ed., Am. Public Healthy Assoc. Washington, D.C., USA, 1998.
6. Bilgili, M.S., Demir, A. and Ozkaya, B., "Influence of Leachate Recirculation on Aerobic and Anaerobic Decomposition of Solid Wastes", Journal of Hazardous material, Vol. 143, No. 1-2, 2007, PP. 177-183.
7. Borglin, S.E.; Hazen, T.C.; Oldenburg, C.M. and Zawislanski, P.T., "Comparison of Aerobic and Anaerobic Biotreatment of Municipal Solid Waste", Journal of Air and Waste Management Association, Vol. 54, No. 7, 2004, PP. 815-822.
8. Cossu, R. and Rossetti, D., "Pilot Scale Experiences With Sustainable Landfilling Based on the PAF Conceptual Model", In: Proceedings of the Ninth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Italy, October 6-10, 2003.
9. Cossu, R.; Raga, R. and Rossetti, D., "The PAF Model: an Integrated Approach for Landfill Sustainability", Journal of Waste Management, Vol. 23, No. 1, 2003, PP. 37-44.
10. Erses, S. and Onay, T.T., "In situ Heavy Metal Attention in Landfills Under Methanogenic Conditions", Journal of Hazard Mater, Vol. 99, No.2, 2003, PP.159-175.
11. Erses, S.; Onay, T.T., and Yenigun, O., "Comparison of Aerobic and Anaerobic Degradation of Municipal Solid Waste in Bioreactor Landfill", Journal of Bioresource Technology, Vol. 99, No. 13, 2008, PP. 5418-5426.
12. Hudgins, M. and Harper, S., "Operational Characteristics of Two Aerobic Landfill Systems", In: Proceedings of the Seventh International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Italy, October 4-8, 1999.
13. Imhoff, P.T.; Reinhart, D.R.; Englund, M.; Gue´rin, R.; Gawande, N.; Han, B., Jonnalagadda, S.; Townsend, T.G. and Yazdani, R., "Review of state of the art

- methods for measuring water in landfills*", Journal of Waste Management, Vol. 27, No.6, 2007, PP.729-745.
14. Jirapure, M.A.; Khedikar, I.P. and Wadhwani, P.S., "*Leachate Recirculation Technique for Treatment of Leachate*", Journal of Engineering Research and Studies, Vol. 2, No. 4, 2011, PP.126-131.
  15. Kim, H., "*Comparative Studies of Aerobic and Anaerobic Landfills Using Simulated Landfill Iysimeters*", ph.D. Thesis, University of Florida, USA, 2005.
  16. Kjeldsen, P.; Barlaz, M.A.; Rooker, A.P.; Baun, A.; Ledin, A. and Christensen, T.H., "*Present and Long Term Composition of MSW Landfill Leachate: A review*", Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Vol. 32, No. 4, 2002, PP. 297-336.
  17. Komilis, D.P.; Ham, R.K. and Stegmann, R., "*The Effect of Municipal Solid Waste Pre-Treatment on Landfill Behavior: a Literature Review*", Journal of Waste Management Research, Vol. 17, No. 1, 1999, PP. 10-19.
  18. Kruempelbeck, I. and Ehrig, J.G., "*Long-Term Behavior of Municipal Solid Waste Landfills in Germany*", In: Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari, Italy, October 4-8, 1999.
  19. Leikam, K.; Heyer, K.U. and Stegmann, R., "*Aerobic in Situ Stabilization of Completed Landfill and Old Situ*", Journal of Waste Management Research, Vol. 17, No.6, 1999, PP. 555-562.
  20. Metcalf and Eddy, Inc., "*Wastewater Engineering Treatment/Disposal/Reuse*", 3<sup>rd</sup>ed., McGaw-Hill, Inc., New York, 2003.
  21. Nikolaou, A.; Giannis, A. and Gidakos, E., "*Comparison of Aerobic and Anaerobic Degradation of Municipal Solid Waste in Lab Scale Bioreactors*", Proceeding of the 11<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology Chania, Crete, Greece, September 3-5, 2009.
  22. Pacy, J.; Augenstein, D.; Morck, R.; Reinhart, D. and Yazdani, R., "*The Bioreactor Landfill*", Journal of MSW Management, Vol. 9, No. 5, 1999, PP. 53-60.
  23. Pivnenko, K. and Gidakos, E., "*Impact of Bioreactor Landfill Aeration on in Situ Removal of Ammoniacal Nitrogen*", 3<sup>rd</sup> International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management, Crete, Greece, Chania, 2012.
  24. Pin-Jing, He.; Xian, Qu.; Li-Ming, Shao.; Guo-Jian, Li. and Duu-Jong, Lee., "*Leachate Pretreatment for Enhancing Organic Matter Conversion in Landfill Bioreactor*", Journal of Hazardous Materials, Vol. 142, No. 1, 2007, PP. 288-296.
  25. Reinhart, D.R., "*Full-Scall Experiences With Leachate Recirculating Landfills: Case Studies*", Waste Management, Research, Vol. 14, No. 4, 1996, PP. 347-365.
  26. Rich, C.;Gronow, J. and Voulvoulis, N., "*The Potential for Aeration of MSW Landfills to Accelerate Completion*", Journal of Waste Management, Vol. 28, No. 6, 2008, PP.1039-1048.
  27. Rout, C. and Sharma, A., "*Municipal Solid Waste Stabilization by Leachate Recirculation: A case study of Ambala City*", Civil Engineering Department, M. M. University, Mullana, Ambala, Haryana, India, International Journal of Environmental Sciences, Vol. 1, No. 4, 2010, pp. 645-655.
  28. Sartaj, M.; Ahmadifar, M. and Jashni, A.K., "*Assessment of In-Situ Aerobic Treatment of Municipal Landfill Leachate at Laboratory Scale*", Iranian Journal of Science and Technology, Technology, Transaction B, Engineering, Vol. 34, No. B1, 2010, PP. 107-116.

29. Sekman, E.; Top, S.; Varank, G. and Bilgili, M.S., "*Pilot- Scale Investigation of Aeration Effect on Leachate Characteristics in Landfills*", Journal of Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 20, No. 7a, 2011, pp. 1841-1852.
30. Speece, R.E., "*Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater*", 1<sup>st</sup> Edition, Archae Press, Nashville, Tennessee, USA, 1996.
31. [Statom](#), R.A., [Thyne](#), G.D. and [McCray](#), J.E., "*Temporal changes in leachate chemistry of a municipal solid waste landfill cell in Florida*", USA, Journal of [Environmental Geology](#), Vol. 45, No. 7, 2004, PP. 982-991
32. Tchobanoglous, G.; Theisen, H. and Vigil, S.A., "*Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*", 1<sup>st</sup> Edition, McGraw-Hill Press, New York, United States of America, 1993.
33. Tuffaha, R.B., "*Impacts of Solid Waste Leachate on Soil and its Simulation to Ground Water at Nablus Area*" Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master in Water and Environmental Engineering, Faculty of Graduate Studies, at An-Najah National University, Nablus, Palestine, 2006.
34. Umar, M., Abdul Aziz, H. and Yusoff, M.S., "*Variability of Parameters Involved in Leachate Pollution Index and Determination of LPI from Four Landfills in Malaysia*", International Journal of Chemical Engineering, Vol.2010, 2010, 6 pages.
35. Wall, D.K. and Zeiss, C., "*Municipal Landfill Biodegradation and Settlement*", Journal of Environmental Engineering-asce, Vol. 121, No.3, 1995, PP. 214-224.
36. Warith, M.A., "*Solid Waste Management: New Trends in Landfill Design*", Emirates Journal for Engineering Research, Vol. 8, No. 1, 2003, PP.61-70.
37. Warith, M.A. and Takata, G.J., "*Effect Of Aeration on Fresh and Aged Municipal Solid Waste in a Simulated Landfill Bioreactor*" Department of Civil Engineering, Ryerson University, 350 Victoria Street, Toronto, Ontario M5B 2K3, Water Quality Research Journal, Canada, Vol. 39, No. 3, 2004, PP. 223-229.
38. Warith, M.A; Smolkin, P.A. and Caldwell, J.G., "*Effect of Leachate Recirculation on Enhancement of Biological Degradation of Solid Waste Case Study*", Journal of Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management, Vol. 5, No. 1, 2001, PP. 40-46.

## تأثير المجال المغناطيسي المسلط على أنبوب الري على تصريف المنقطات

عزيزة علي محمد

انمار عبد العزيز الطالب

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

### الخلاصة

تشير العديد من الدراسات الى حصول انسداد في منقطات الري كلما زادت نسبة الملوحة في مياه الري خصوصا في المناطق الحارة مما يؤدي الى التأثير على مقدار تصريف الماء الذي يخرج من المنقط.

أجريت الدراسة باستخدام مجال مغناطيسي بأربعة شدات هي (500,1000,2000,4000) كاوس للتعرف على مدة تأثير المجال المغناطيسي على تصريف المنقطات في منظومة الري بالتنقيط وباستخدام ماء ري تبلغ ملوحته (4000 جزء بالمليون) وقد أجريت المقارنة مع ماء ري بنفس الملوحة ولكنه غير معرض الى المجال المغناطيسي.

أظهرت النتائج حصول تحسن كبير في معدل تصريف المنقطات ولمختلف شدات المجال المغناطيسي بعد مرور 35 يوم من تشغيل منظومة الري بالتنقيط حيث تراوحت نسبة الزيادة في معدل التصريف بين 44% الى 49% بالمقارنة مع معدل تصريف المنقطات التي لم يتم تعريض الماء فيها الى المجال المغناطيسي.

كان أفضل تصريف للمنقطات عند تعريض أنبوب الري الى مجال مغناطيسي مقداره 4000 كاوس حيث بلغت نسبة الزيادة في معدل تصريف المنقطات الى 49% تقريبا مقارنة مع معدل تصريف المنقطات عند عدم تعريض أنبوب الري الى المجال المغناطيسي ولنفس ملوحة ماء الري والبالغة (4000 جزء بالمليون).

الكلمات المفتاحية: -تأثيرالمجال المغناطيسي،مياه مالحة , تصريف المنقطات

## The effect of magnetic field on pipe of irrigation on emitter discharge

Anmar A.AL-Talib

Azeza Ali Mohammad

University of Mosul\_ College of Engineering \_ Dams and Water Resources Department

### Abstract

Many modern researches indicate to get close in irrigation emitters whenever increased salinity in irrigation water, especially in warm areas which lead to effect of the discharge on the amount of water that comes out of the emitter.

The study was conducted using four magnetic field intensities are (500,1000,2000,4000) gauss to know the duration of the magnetic field effect on the conduct of emitters in drip irrigation system and using irrigation water salinity (4000 ppm) was conducted comparison with the same salinity irrigation water but is not exposed to a magnetic field.

The results showed for a significant improvement in the rate of discharge of emitters and different intensities of magnetic field after 35 days of operation of the system of drip irrigation ranged percentage increase in discharge rate of 44% to 49% compared with the discharge rate of emitter that is not exposing the water to a magnetic field.

The best discharge emitter when exposed pipe irrigation to a magnetic field of 4,000 gauss, where the percentage increase in the rate of discharge emitters to 49% approximately compared with the discharge rate emitters when not to endanger the tube irrigation to the magnetic field and the same salinity of irrigation water and the amount (4000 ppm).

## مقدمة: -

تعد الملوحة واحدة من اهم المشكلات التي يعاني منها القطاع الزراعي حيث ادت الى تدهور ما يقارب 65% من الاراضي الزراعية في وسط العراق وجنوبه. فقد اشارت احصائية منظمة الاغذية والزراعة (FAO) ان هناك 300 الف هكتار من الاراضي المستصلحة سابقا قد هجرها الفلاح العراقي بسبب ارتفاع ملوحتها نتيجة ازدياد ملوحة مياه الانهار، فمثلا كانت ملوحة ماء نهر دجلة في جنوب بغداد 350 جزءا في المليون وتجاوزت اليوم 1000 جزء في المليون. (امين وقاسم 2009)[5].

والماء المعالج مغناطيسيا (وهو الماء الذي يتم الحصول عليه بعد تمريره خلال مجال مغناطيسي بشدة معينة ولفترة معينة). ووضح (Hilal and Hilal، 2000) [18] أن استخدام الماء المعالج مغناطيسيا في الري ادى الى زيادة فاعلية ازالة املاح الصوديوم من مجال الجنور وفي نفس الوقت زيادة ذوبان العناصر الهامة لنمو النبات. ان مغنطة المياه هي عبارة عن محاولة مبسطة لتقليد ما يحدث في الطبيعة تماما، وذلك لان الماء عندما يمر من خلال المجال المغناطيسي الطبيعي يصبح اكثر حيوية، ونشاطا من الناحية البيولوجية، حيث انه وعند دراسة الشحنات الكهربائية في عينة ماء اعتيادية، نجد ان هذه الشحنات في حالة فوضى (موجب - موجب - سالب - سالب) وهذا ما يسمى بالماء الميت ومن اجل احياء دور الماء وجعله نشطا بيولوجيا اي صحيا للكائنات الحية (انسان - حيوان - نبات) يجب الغاء حالة التشوش لكي يعاد ترتيب الجزيئات بالشكل (موجب - سالب - موجب - سالب) وهذا ما تقوم به التقنيات المغناطيسية على اكمل وجه. (هلال 2000)[13].

تختلف نوعية المياه حسب كمية الاملاح ونوعيتها التي تصل الى التربة بالري. فكلما كانت نسبة الاملاح كثير ادى ذلك الى ارتفاع الضغط الازموزي في التربة وتتركز هذه الاملاح باستمرار نتيجة التبخر وامتصاص المحاصيل للمياه. ويؤدي هذا التراكم الى اضرار جسيمة في التربة كالتصلب وانعدام التهوية ومن اكثر الاملاح ضررا كلوريد الصوديوم وعنصر البورون وهما من العناصر التي يصعب غسلها في التربة، يلعب المجال المغناطيسي بالإضافة لتكسير الاملاح، دورا في تحييد كلوريد الصوديوم من الامصاص وفي تجربة اجريت في استراليا كانت نسبة الغسيل للتربة بالماء الممغنط تساوي ثلاثة اضعاف مقارنة بالماء العادي للتربة نفسها (محمد 2009). [11]

يستدعي الضغط السكاني وخير المجتمع استخدام المياه المتاحة كلها في المناطق الجافة في العالم، وبما أن الماء هو مورد حيوي ضروري للزراعة فلا يجب أن توصف مياه الري المالحة بانها غير مناسبة للري من غير دراسة دقيقة للعوامل المتعلقة بها، وقد تكون هذه المياه المالحة هي الوحيدة المتاحة. (هانسن، 1979). [12]

اجرت بدر (2012) [6] دراسة حول التحليل للمورفورمتر الكيميلحوضوادي المر الذي يُعدُّ الميزل الطبيعي لمشروع ري الجزيرة الشمالي واطهرت النتائج امكانية استخدام مياه وادي المر لأغراض الري وزراعة الشعير والحنطة دون ان يتأثر الإنتاج كثيرا وكذلك النباتات التي تتحمل الملوحة، علما بان كمية الاملاح الذائبة في مياه وادي المر بلغت (6080 جزء في المليون).

وعلى هذا الاساس تم استعمال مياه ذات ملوحة تبلغ (4000) جزء بالمليون لدراسة تأثير المعالجة المغناطيسية على المياه المالحة المستخدمة في منظومات الري بالتنقيط.

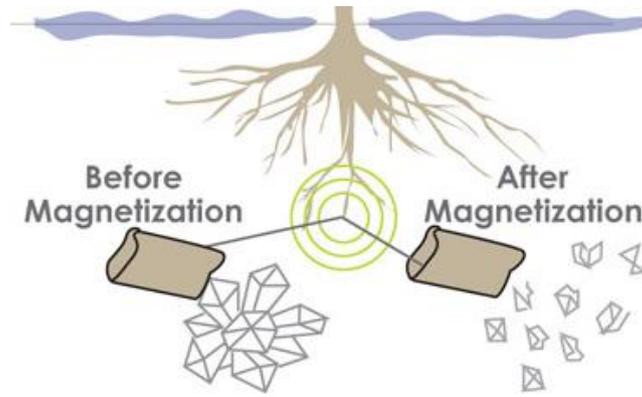
واجرى Aali et al. (2009) [14] دراسة حول "تأثير التحميص والمعالجة المغناطيسية على انسداد منقطات الري باستخدام المياه المالحة" اذ تم استخدام ثلاثة انواع من المياه في منظومة الري بالتنقيط وهي استخدام المياه غير المعالجة (ماء بئر) ومياه معالجة حامضيا ومياه معالجة مغناطيسيا لتقليل الانسداد الكيميائي للمنقطات، وشارت الدراسة الى ان معالجة المياه حامضيا اعطت اداء أفضل من تلك المعالجة مغناطيسيا بالنسبة لانسداد المنقطات وتحتفظ بتناسق توزيع اعلى.

وقام (Fard et al. a) [15] (2011) وآخرون باجراء دراسة حول تأثير الماء الممغنط وملوحة ماء الري على توزيع الرطوبة في التربة باستخدام الري بالتنقيط، وقد اظهرت النتائج ان استخدام الماء الممغنط كان له اثر معنوي في زيادة رطوبة التربة بنسبة 7.5% مقارنة مع الماء العادي.

كما أجرى (Fard et al. b) (2011) [16] دراسة حول "تأثير المياه المعالجة مغناطيسيا على ايون كبريتات التربة لمنظومة الري بالتنقيط" ووضحت نتائج البحث ان كل اعماق التربة تحت المنقطات كان بها معدل ايون الكبريتات للتربة المروية بالمياه المعالجة مغناطيسيا هي اقل من التربة المروية بالمياه غير المعالجة مغناطيسيا وكانت الفروقات هامة ومعنوية عند المستوى 5%، وبالنسبة للمياه المعالجة مغناطيسيا فقد تناقص بها ايون الكبريتات للتربة عن المعدل

## الطالب : تأثير المجال المغناطيسي المسلط على أنبوب الري على تصريف المنقطات

اكثر من 37.3%، وقد خلصت الدراسة الى ان استخدام المياه المعالجة مغناطيسيا يؤدي الى تقليل ايون الكبريتات في التربة في الري بالتنقيط، وهذا يساعد في استصلاح التربة المملحة  
وذكرت الشمري (2005) [4] ان المياه المعالجة مغناطيسيا تزيد من خاصية ذوبان الأملاح وتعمل على تفتيت بلوراتها الممتصة بأشكالها المختلفة، وتجعلها أصغر حجماً مما يساعد على سهولة امتصاصها من النبات، اذ أن امتصاص النباتات لبلورات ذات حجم كبير يؤدي ذلك إلى سد خلايا الجذور النباتية أو تملح شعيرات جذور النباتات.  
ان مشكلة الري للنباتات بالماء المالح ذات علاقة وطيدة مع عملية ازالة الاملاح من التربة، اذ ان البلورات الملحية تعمل على سد خلايا الجذور النباتية وهذا يسبب تملح شعيرات جذور النباتات وانسداد مسامات التربة، ان الانظمة المغناطيسية تعمل على تكسير البلورات الملحية الى حجم اصغر وبالنتيجة فان كمية الاملاح في الماء لانقل لكنها لا تكون ضارة (شكل 1). (www.darkulaib.com).



شكل (1) تأثير مغنطة الماء على تفتيت ذرات الاملاح

### الادوات والاجهزة المستخدمة في الدراسة:-

- 1- خزانات ماء (water tanks) سعة (550 لتر عدد (2) – وخزان سعة 250 لتر).
- 2- انابيب مياه بلاستيكية (plastic water pipe).
- 3- مقياس ضغط pressure gage.
- 4- مضخة ماء water pump.
- 5- ملحقات توصيل fitting.
- 6- انابيب تنقيط latre.
- 7- اوعية قياس (cans) عدد 25.
- 8- اجهزة مغنطة (magnetization systems) بشدات (500، 1000، 2000، 4000) كاس (شكل (2)).
- 9- منقطات emitter (كي كليب) عدد 25.
- 10- قواعد خزانات مياه (water tanks rules) عدد 2.
- 11- كلوريد الصوديوم (NaCl) (sodium chloride) (ملح).
- 12- أسطوانة مدرجة لقياس حجم الماء المتجمع في الوعية.
- 13- ساعة توقيت.

## طريقة العمل: -

نفذت التجارب في جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية من تاريخ (4-6-2012) لغاية (8-7-2012) تضمن الجزء العملي تشغيل مستمر للمنظومة لمدة 35 يوما بواقع تشغيل 12 ساعة وتوقف 12 ساعة لكل يوم تشغيل باستعمال ماء مالح بتركيز (4000 ppm) و شملت المعاملات الثانوية خمس مستويات من شدات المغنطة لمياه الري وهي (4000 tap water(0) - 500 - 1000 - 2000 كلوس).

### المنقطات

تم استخدام منقطات من نوع "كي كليب" بريطاني الصنع وهذا النوع من المنقطات يكون تأثير اختلاف درجات الحرارة عليه محدود جدا (العمود والسعود 2005) [2] وفيما يلي مواصفات المنقط:-

التصريف التصميمي	4 لتر\ ساعة
الضغط التشغيلي المستعمل	10.1 متر
نوع المسار للمنقط	حلزوني
المدخل	8 مللمتر
نوع مادة الصنع	polypropylene
أبعاد مسار التصريف	$1.96 = (1.4 * 1.4)$ مللمتر مربع
جهاز المجال المغناطيسي المستعملة	

تم استعمال أجهزة مغنطة بشدات بلغت (4000-2000-1000-500) كلوس مصنعة محليا وشكل ( 2 ) يبين أجهزة المغنطة المستعملة في البحث. وقد تم التأكد من شدات المجال المغناطيسي السابقة بأستخدام جهاز التسلامتر في جامعة الموصل -كلية التربية - قسم الفيزياء.

وحسب التصنيع المحلي في المنظومات عالية الشدة (2000-4000) كلوس يكون تركيز المجال المغناطيسي للأجهزة متركزة حول نقطتين وسبب ذلك ان تصنيع المنظومات عالية الشدة تم حسب نظام (ج ام اكس) حيث يجب ان يقع تركيز المجال المغناطيسي على اكثر من نقطة لغرض زيادة التأثير في المياه ولغرض زعزعة التركيب الجزيئي للمياه.



شكل (2) منظومات المغنطة التي تم استعمالها في التجارب

### الماء المستخدم في التجارب

تم في هذا البحث استخدام مياه بئر موجود داخل جامعة الموصل قرب هندسة السدود والموارد المائية وكان تركيز الاملاح الذائبة فيه 700 جزء بالمليون تم إضافة ملح كلوريد الصوديوم الى الماء وتم اختيار هذا النوع من الاملاح بالذات لأنه متوفر لان التجربة استمرت 35 يوم بواقع تشغيل 12 ساعة يوميا حيث نحتاج تقريبا الى 60 كغم من الاملاح لغرض وصول التركيز الى 4000 جزء بالمليون لاستخدامه في البحث وتم حساب الاملاح المضافة كالآتي علما بان حجم الخزان المستعمل في التجربة كان ذو حجم 550 لتر:-

التركيز الملحي المتبقي (x) = تركيز الاملاح 4000 (ملغم/لتر) - تركيز الاملاح داخل البئر

$$X=4000 \text{ ppm} -700 \text{ ppm}= 3300 \text{ ppm}$$

$$3300 \text{ (mg/l)} * 10^{-3} * 10^{-3} * 550 = 1.815 \text{ kg/550L}$$

يتم اذابة كمية الاملاح المذكورة في الحسابات خارج الخزان أولا وباستعمال مياه ساخنة لأنه يسهل اذابتها حيث ان ذوبان الاملاح في المياه الساخنة اسرع من المياه الباردة ومن ثم وضع المحلول الذائب داخل الخزان والتأكد من التركيز الملحي داخل الخزان باستعمال جهاز قياس التوصيل الكهربائي (Electric conductivity) ، ويتم ملئ الخزان في هذه التجربة كل ست ساعات مرة لغرض استمرار عمل المنظومة مدة 12 ساعة متواصلة.

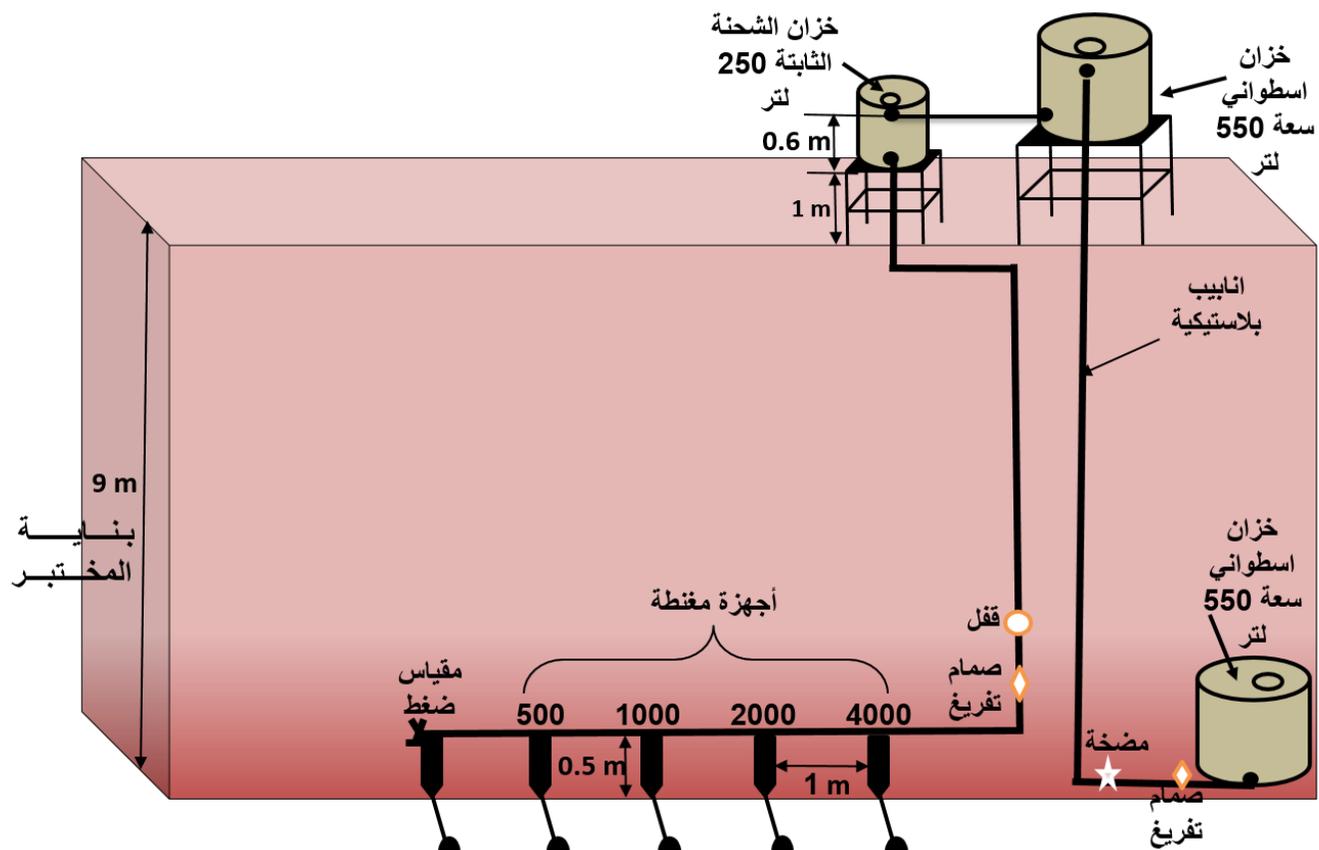
### طريقة اجراء التجارب: -

تم تنفيذ التجارب وذلك بضخ الماء ذو التركيز (4000 ppm) الذي يتم تحضيره في الخزان السفلي (550 لتر) يضخ الماء الى الخزان العلوي (550 لتر) الذي يقوم بتجهيز الماء الى خزان الشحنة الثابتة (250 لتر) الذي بدوره يقوم بتجهيز الماء الى خمسة انابيب متفرعة موجودة بالأسفل بشحنة ضغط مقدارها 10.1 متر بأنبوب واحد منها يجهز الماء اليه بدون مغنطة تم وضع مقياس ضغط في بدايته اما الانابيب المتفرعة الباقية فتم وضع اجهزة مغنطة في بدايتهم بشدات مختلفة كل انبوب مثبت عليه خمس منقطات بين كل منقط واخر مسافة (1 متر) ويوضح شكل (4) أجزاء التجربة.

وتم قياس التصريف الخارج من المنقطات كل 10 ايام تشغيل ولمدة 2 ساعة لمعرفة اداء المنقطات وتأثير الاملاح على تصريف الماء الخارج منها ويوضح الشكل (3) تراكم الاملاح على المنقط.



الشكل (3) عملية انسداد المنقط بسبب تراكم الاملاح



انابيب تنقيط من شكل (4) يبين أجزاء التجربة.  
البولي اثلين (16 ملم)

اوعية  
قياس  
32 L

153

منقطات  
نهايات  
مسدودة

## العوامل الداخلة في الدراسة: -

### أولاً: تقييم منقطات الري:

يستخدم معامل تغير صناعة المنقط كمقياس للتغيرات أو الاختلافات المتوقعة في تصريف المنقطات ويحسب هذا المعامل من عينه تمثل تصارييف مفاصة لمجموعة من المنقطات على ان تقاس هذه التصارييف تحت شحنة ضغط معينة ومناسبة لذلك المنقط، وبعمامة يمكن تصنيف تغير صنع المنقطات حسب معامل التغير (CV) على الوجه التالي [3]:

الجدول (1) بيان حالة المنقط على ضوء قيمة معامل الاختلاف المصنعي (CV)	
معامل الاختلاف المصنعي	كفاءة المنقط
$CV \leq 0.05$	ممتاز
$0.05 < CV \leq 0.07$	متوسط
$0.07 < CV \leq 0.11$	دون المتوسط
$0.11 < CV \leq 0.15$	رديء
$0.15 < CV$	مرفوض

ويحسب معامل الاختلاف المصنعي من العلاقة:

$$Cv = \frac{Sd}{qa} \dots (1) \quad Sd = \sqrt{\frac{q1^2+q2^2+\dots+qn^2-nqa^2}{n-1}} \dots (2)$$

حيث ان: -

$Cv$  = معامل الاختلاف المصنعي

$Sd$  = متوسط الانحراف القياسي للتصارييف عن المتوسط

$qa$  = متوسط تصريف المنقطات

تمت معايرة منقطات الري نوع (كي كليب ذو مسار طويل) وهو بريطاني الصنع بتصريف تصميمي مقداره 4 لتر/ساعة وبضغط تشغيلي مقداره 10.1m وزمن التجربة 15 دقيقة لتجنب اختلاف درجة حرارة الماء في اثناء القياس الذي بدوره يؤثر على لزوجة الماء و على تصريف المنقطات ، وحساب معامل الاختلاف المصنعي "CV" داخل مختبر الهيدروليك التابع لقسم هندسة السدود و الموارد المائية -جامعة الموصل تم اخذ 70 منقط تم اختبار كل 20 منقط على حدا بتثبيتها على قاعدة احد الأجهزة في مختبر الهيدروليك المسافة بين كل منقط واخر متر واحد لمدة 15 دقيقة وقياس التصريف المتجمع لكل منقط وكما مبين بالشكل "5" وتم اختيار 25 منقط من بين 70 منقط ري بين كل منقط واخر مسافة (1 m) خلال زمن مقداره 15 دقيقة، وتم اختياره على اساس انها تعطي اقل نسبة لمعامل الاختلاف المصنعي وكانت النسبة هي 1.14%.



درجات

2.4.3: تأثير

الشكل (5) تقييم معامل الاختلاف المصنعي

### الحرارة:

تتعرض المنقطات الموجودة في الحقول المفتوحة الى درجات حرارة متباينة خلال اليوم الواحد بين الليل والنهار او خلال الموسم بين الصيف والشتاء، يكون لها تأثير سلبي في التصميم الداخلي للمنقط. اذ يؤثر التباين في درجات الحرارة على خصائص الماء وخصوصا درجة اللزوجة، التي تعد أحد العوامل الكبيرة المؤثرة في الجريان من خلال المنقطات (نظرا لتأثير اللزوجة على رقم رينولد).

ولأغراض التطبيقية والتصميمية، يمكن وصف الاداء الهيدروليكي للمنقط من خلال علاقة تجريبية تربط بين التصريف (q) وضغط التشغيل عند المنقط (h) وتكتب بالصيغة الآتية [2]:

$$q = k h^x \dots \dots (3)$$

تمثل k و x ثوابت ويمكن ايجادها من المعادلات التجريبية عند ظروف ثابتة. كما يعبر الثابت x عن خصائص مجال الجريان للمنقط ويسمى بثابت التصريف للمنقط. ويتم حساب ثابت التصريف للمنقط من العلاقة [1]-:

$$X = \frac{\log\left(\frac{q_1}{q_2}\right)}{\log\left(\frac{H_1}{H_2}\right)} = \frac{\log\left(\frac{410}{290}\right)}{\log\left(\frac{6}{4}\right)} = 0.85 \dots \dots (4)$$

حيث ان q1&q2 هما التصريف للمنقط عند ضغطي التشغيل H1 & H2 بالترتيب.

ويمثل الجدول (2) معامل تصحيح التصريف المعدلة على أساس درجة حرارة 20 درجة مئوية [17]، وعدلت على اساسها التصريف المقاسة حيث تمت عملية قسمة التصريف المقاسة على المعاملات لدرجات الحرارة المنخفضة ولدرجات الحرارة المرتفعة حيث نلاحظ انه في الجدول (2) تكون المعاملات لدرجات الحرارة المنخفضة التي تكون اقل من 20 درجة مئوية اقل من (1) أي انه خلال قسمة معدل التصريف المقاسة على المعامل ادناه يزيد التصريف المقاس وهذا صحيح لأنه خلال درجات الحرارة المنخفضة التصريف تقل لان لزوجة الماء تزداد والعكس بالعكس خلال درجات الحرارة المرتفعة فان التصريف المقاسة في موقع العمل تزداد لان لزوجة الماء تقل ولذلك نلاحظ بان المعاملات تكون اكثر من (1) لدرجات الحرارة العالية التي تكون اكثر من 20 درجة مئوية أي انه عند قسمة التصريف المقاسة سوف تقل .

الجدول (2) معامل تصحيح التصريف للمنقط نوع كي كليب (ذو مسار طويل) بدليل التصريف X=0.85 عند درجة حرارة 20 درجة مئوية							
Temperature	X=1.00	X=0.85	X=0.8	Temperature	X=1.00	X=0.85	X=0.8
10	0.75	0.8775	0.92	26	1.16	1.085	1.06
11	0.774	0.888	0.926	27	1.19	1.1	1.07
12	0.798	0.8985	0.932	28	1.22	1.115	1.08
13	0.822	0.909	0.938	29	1.25	1.13	1.09
14	0.846	0.9195	0.944	30	1.28	1.145	1.1
15	0.87	0.93	0.95	31	1.31	1.1585	1.108
16	0.896	0.944	0.96	32	1.34	1.172	1.116
17	0.922	0.958	0.97	33	1.37	1.1855	1.124
18	0.948	0.972	0.98	34	1.4	1.199	1.132
19	0.974	0.986	0.99	35	1.43	1.2125	1.14
20	1	1	1	36	1.456	1.2265	1.15
21	1.026	1.014	1.01	37	1.482	1.2405	1.16
22	1.052	1.028	1.02	38	1.508	1.2545	1.17
23	1.078	1.042	1.03	39	1.534	1.2685	1.18
24	1.104	1.056	1.04	40	1.56	1.2825	1.19
25	1.13	1.07	1.05				

### النتائج والمناقشة: -

تم قياس التصارييف الخارجة من المنقطات التي كانت تعمل لمدة 12 ساعة تشغيل و12 ساعة توقف يوميا، وتم قياس التصريف الخارج من المنقطات كل عشرة ايام ولمدة ساعتين في كل مرة، ومن ملاحظة نتائج معدل التصارييف المقاسة في الجدول (6) نجد ان التصارييف الخارجة من المنقطات تزداد طرديا مع ازدياد شدة المغنطة المستعملة وان انسداد منقطات الري للمياه غير المعالجة تزداد بشكل اكبر من المياه المعالجة مغناطيسيا اذ ان انسداد المنقطات في المياه معالجة مغناطيسيا تحتاج وقتاً أطول مما يدل على زيادة ذوبان الاملاح في الماء المغنط (Hilal and Hilal (2000) [18].

نلاحظ من الجدول (6) لقياس التصارييف لليوم الأول من التجربة انه في كثير من الأحيان تكون التغيرات الافقية ضمن نفس شدة المجال المغناطيسي المستخدم تكون اكبر من التغيرات العمودية التي تمثل معدل التصارييف المقاسة لعدة شدات من المجال المغناطيسي والذي يعبر عنه بمعامل الاختلاف المصنعي (CV) وكذلك نلاحظ للتصارييف المقاسة عند بداية التجربة في اليوم الأول انه مع زيادة شدة المجال المغناطيسي يحصل ارتفاع وانخفاض للتصارييف وتكون متذبذبة وهذا أيضا يرجع الى معامل الاختلاف المصنعي انه من الصعب جدا عمل منقطين متماثلتين تماما لان اقطار مجرى التدفق تكون صغيرة غالبا ويصعب تصنيعها بدقة فالاختلافات في حجم المجرى والشكل وخشونة سطح المجرى للمنقط ينتج عنه نسبة مئوية في اختلاف مقاسات المنقطات ويعبر عنه بمعامل الاختلاف المصنعي ولذلك تم اخذ 5 منقطات لكل شدة مغناطيسية مستعملة ولم يتم اخذ منقط واحد واعتماد البيانات على معدل التصارييف المقاسة لها وبينت المعدلات ان معدل التصارييف تزداد مع ازدياد شدة المجال المغناطيسي المستعملة ونلاحظ من نتائج معدلات التصارييف خصوصا في الأيام الأخيرة ان الاملاح تتجمع بصورة اكبر داخل المنقطات ذات للمياه غير المعالجة مغناطيسيا بصورة اكبر من تلك المنقطات التي يسري بها مياه معالج مغناطيسيا، ومن الشكل ( 6 ) الذي يربط العلاقة بين التصريف و ايام التشغيل تم دراسة الانسداد وللبحث الذي تم اجراءه يبين جدول(3) نسب معامل الاختلاف المصنعي والتي لم تتجاوز قيمته ال (0.05) وهو يصنف من النوع الممتاز [10].

الجدول (3) قيم معامل الاختلاف المصنعي لتجارب لمياه ذات التركيز الملحي 4000 ملغم/لتر				
الجزء الثاني من التجارب لمياه ذات التركيز الملحي 4000 ملغم/لتر				
شدات المجال المغناطيسي المستخدمة				
4000	2000	1000	500	0
0.015	0.018	0.025	0.019	0.026

### التحليل الاحصائي للبيانات المقاسة:

تم اجراء الاختبار الاحصائي (T-Test) من نوع (paired-samples T-Test) واختبار تحليل التباين (F-Test) من نوع (One-way ANOVA) في برنامج (spss18) على قيم معدل التصارييف للشدات المغناطيسية المختلفة للتجارب المنفذة خلال موسم الصيف وتم اختبار دقة %95 اي ان نسبة الخطأ المقبولة ( $\alpha$ ) في الاختبار كانت %5 في جميع الحالات ولكلا الاختبارين.

على ضوء نتائج الاختبارين اذا كان مقدار احتمالية الخطأ المقبولة (p) أقل من نسبة الخطأ المقبولة هذا يعني ان هناك فرق معنوي بين حالات التجارب المنفذة، والعكس هو الصحيح، كلما كانت الفروق بين ( $\alpha$ ) و (p) كبيرا كلما كان هناك فرق معنوي أكبر ويبين الجدول (4) نتائج التحليل الاحصائي العامة لكلا الاختبارين.

الجدول (4) نتائج التحليل الاحصائي للتجارب المنفذة
تأثير المجال المغناطيسي على التصريف
لا يوجد فرق معنوي

بينت التجارب ان الاملاح في المياه غير المعالجة مغناطيسيا تتجمع داخل منقطات الري بشكل أكبر مقارنة مع المنقطات التي تستخدم بها مياه معالجة مغناطيسيا اذ تتجمع ذرات الاملاح خارج المنقطات بشكل أكبر من داخلها في تلك المنقطات.  
نلاحظ من الجدول (6) زيادة في نسبة معدل التصريف من المنقطات على مدى (35) يوم لجدول تشغيل من الفترة (4) احزيران 2012 لغاية (18 تموز 2012) لماء ري بملوحة (4000 ppm) وباستخدام مجال مغناطيسي بشدة (500-1000-2000-4000) كاوس وتشير النسب المئوية المحسوبة الى تأثير المجال المغناطيسي بوضوح على تحسين اداء المنقطات.

ومن الشكل (6) الذي يبين العلاقة بين التصريف وايام التشغيل تم دراسة الانسداد الناتج مع تقدم إضافة الماء فيما لو استمر عمل المنظومة وفق نفس الأداء الناتج ضمن 35 يوم، وتم استنتاج المعادلات عن طريق الرسم في برنامج اكسيل والحصول على معادلة خطية تربط أيام التشغيل (x) مع التصارييف المقاسة (y) لمعرفة في أي وقت يتم انسداد المنقط بالنسبة للمياه المعالجة مغناطيسيا وغير المعالجة مغناطيسيا وكالاتي: -

الجدول (5) وقت انسداد المنقطات المتوقع باستخدام ماء ري بملوحة 4000 جزء بالمليون			
شذات المجال المغناطيسي المستعمل	صيغة المعادلة	قيمة معامل الثقة	وقت الانسداد المتوقع (يوم)
0	$Y = -0.0004x^2 - 0.0355x + 3.5439$	0.9976	60
500	$Y = -0.0004x^2 - 0.008x + 3.513$	0.9775	84
1000	$Y = -0.0004x^2 - 0.0082x + 3.5353$	0.9748	84
2000	$Y = -0.0004x^2 - 0.0087x + 3.5565$	0.9831	84
4000	$Y = -0.0003x^2 - 0.0106x + 3.5766$	0.9864	93

من تحليل نتائج الجدول (5) نجد ان وقت الانسداد المتوقع للمنقطات إذا استمر عمل المنظومة وفق نفس برنامج التشغيل (12 ساعة تشغيل و12 ساعة توقف) بالنسبة للمياه الغير معالجة مغناطيسيا بعد 60 يوم اما بالنسبة للمياه المعالجة مغناطيسيا فكان بعد 93 يوم لأقصى شدة مستعملة وهذا يشير بوضوح الى تأثير المجال المغناطيسي بشكل إيجابي على زيادة زمن تشغيل المنقطات، وبالرغم من التأثير الإيجابي للمجال المغناطيسي فان المعالجة المغناطيسية للمياه ذات التركيز الملحي العالي لا تكون فعالة لان الانسداد يتوقع ان يكون بعد 93 يوم لأقصى شدة مغناطيسية مستعملة ، حيث ان استخدام الماء المالح بتركيز (4000 جزء بالمليون) لا يصلح للاستخدام في منظومة الري بالتنقيط لان ذلك سوف يؤدي الى انسداد المنقطات في المنظومة قبل نهاية الموسم الزراعي، علما ان استخدام المجال المغناطيسي قد أدى الى زيادة فترة عمل المنظومة بنسبة 55% حتى انسدادها.

### الاستنتاجات: -

1-يتحسن اداء المنقطات عند استخدام المياه الممغنطة بدلا من المياه الاعتيادية كمصدر ماء للري، وذلك من خلال مقارنة كمية التصارييف الخارجة من المنقطات.

2-نلاحظ نتائج الجزء العملي من التجارب المنفذة ان الاملاح الذائبة في المياه غير المعالجة مغناطيسيا تتجمع داخل المنقط من الداخل اما في التفرعات الاخرى المعالجة مغناطيسيا بالشذات (500-1000-2000-4000) كاوس فان الاملاح تتجمع خارج المنقط بشكل أكبر من داخل المنقط.

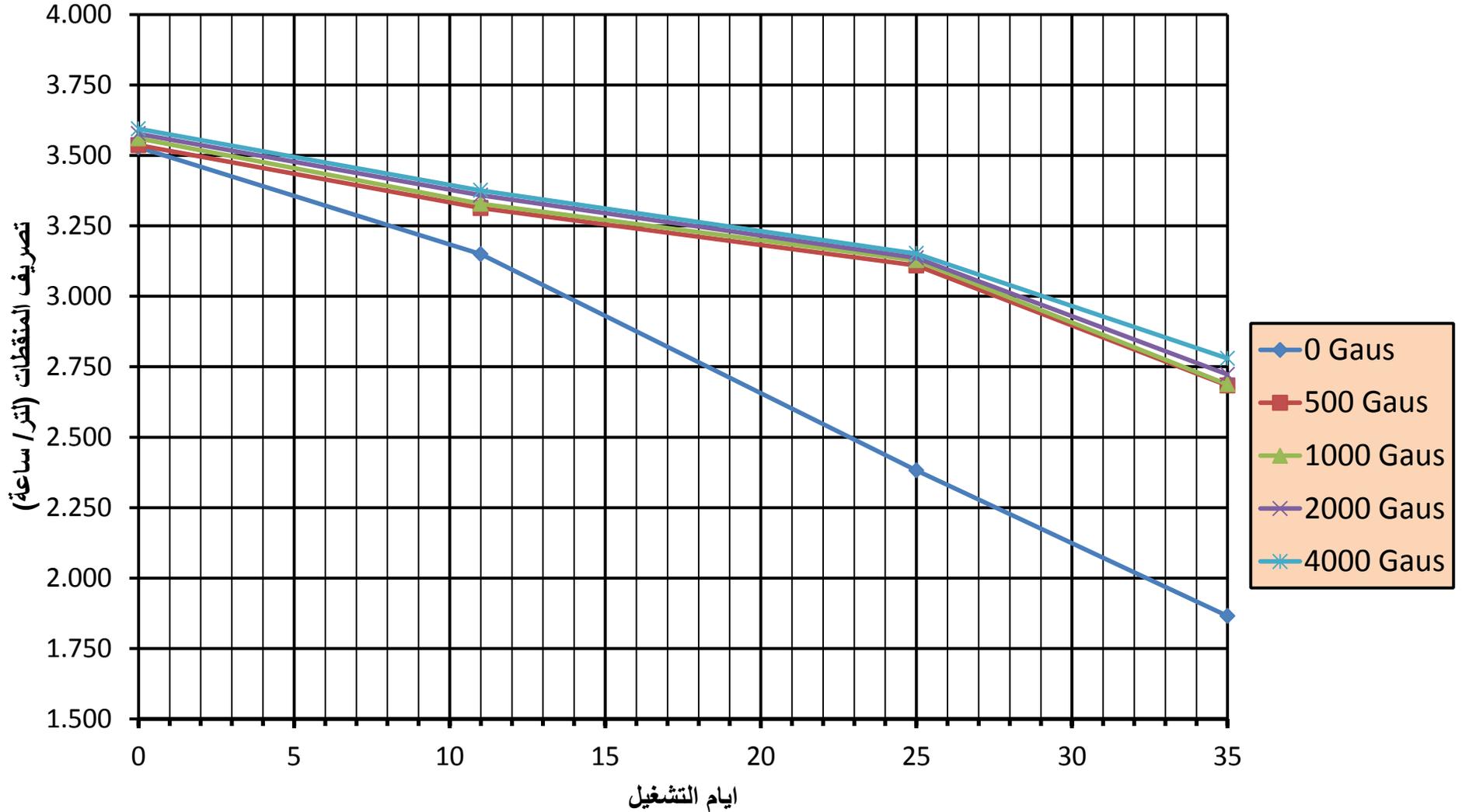
3-في منقطات الري المستخدمة فيها مياه معالجة مغناطيسية تتجمع الاملاح وتقوم بأغلاق المنقط بشكل تدريجي وبفترة وزمن اطول من المياه المالحه غير المعالجة مغناطيسيا.

4-عند استعمال المياه المعالجة مغناطيسيا في منظومة الري بالتنقيط يزيد من وقت زمن الانسداد بمقدار ضعف الوقت المتوقع للانسداد بالنسبة للمياه غير المعالجة مغناطيسيا وهذا يشير بوضوح الى تأثير المجال المغناطيسي بشكل إيجابي على زيادة زمن تشغيل المنقطات بزمن مقداره الضعف تقريبا.

الطالب : تأثير المجال المغناطيسي المسلط على أنبوب الري على تصريف المنقطات

نتائج التجربة لتشغيل 2 ساعات 4000ppm from(8:30 am – 10:30 am)4/6/2012								
شدة المجال المغناطيسي المستعمل (كاوس)	تصريف المنقطات (ملتر/2 ساعة)					معدل التصاريح (ملتر/2 ساعة)	معدل التصاريح (لتر/ساعة)	نسب الزيادة في التصاريح %
	1	2	3	4	5			
0	8640	9200	9170	9160	9080	9050	4.525	0.000
500	9130	9060	9080	9280	8800	9070	4.535	0.221
1000	9230	9000	8800	9260	9370	9132	4.566	0.906
2000	9150	8900	9230	9350	9240	9174	4.587	1.370
4000	8990	9320	9230	9340	9210	9218	4.609	1.856
نتائج التجارب لتشغيل عشرة ايام والقياس في اليوم الحادي عشر تشغيل 12 ساعة وتوقف 12 ساعة								
نتائج التجربة لتشغيل 2 ساعات 4000 ppm from(8:36 am – 10:36 am)14-4/6/2012								
شدة المجال المغناطيسي المستعمل (كاوس)	تصريف المنقطات (ملتر/2 ساعة)					معدل التصاريح (ملتر/2 ساعة)	معدل التصاريح (لتر/ساعة)	نسب الزيادة في التصاريح %
	1	2	3	4	5			
0	8470	8870	8100	8260	6690	8078	4.039	0.000
500	8400	8650	8690	8500	8250	8498	4.249	5.199
1000	8540	8220	8600	8880	8440	8536	4.268	5.670
2000	8380	8670	8930	8770	8320	8614	4.307	6.635
4000	7700	8980	8950	9000	8660	8658	4.329	7.180
نتائج التجارب لتشغيل خمسة وعشرون يوم والقياس في اليوم الخامس والعشرين تشغيل 12 ساعة وتوقف 12 ساعة								
نتائج التجربة لتشغيل 2 ساعات 4000 ppm from(8:36 am – 10:36 am)28-18/6/2012								
شدة المجال المغناطيسي المستعمل (كاوس)	تصريف المنقطات (ملتر/2 ساعة)					معدل التصاريح (ملتر/2 ساعة)	معدل التصاريح (لتر/ساعة)	نسب الزيادة في التصاريح %
	1	2	3	4	5			
0	6560	6220	6730	6380	2670	5712	2.856	0.00
500	6620	7100	7460	8000	8100	7456	3.728	30.53
1000	6940	7140	7640	7320	8460	7500	3.75	31.30
2000	6550	7410	7920	7780	7940	7520	3.76	31.65
4000	6630	6820	7940	8400	8000	7558	3.779	32.32
نتائج التجارب لتشغيل خمسة وثلاثون يوم والقياس في اليوم الخامس والثلاثين تشغيل 12 ساعة وتوقف 12 ساعة								
نتائج التجربة لتشغيل 2 ساعات 4000 ppm from(8:36 am – 10:36 am)8/7)-28/6/2012								
شدة المجال المغناطيسي المستعمل (كاوس)	تصريف المنقطات (ملتر/2 ساعة)					معدل التصريف (ملتر/2 ساعة)	معدل التصاريح (لتر/ساعة)	نسب الزيادة في التصاريح %
	1	2	3	4	5			
0	5220	5290	5000	5390	1980	4576	2.288	0.00
500	6320	6100	6440	7000	7050	6582	3.291	43.84
1000	6000	6320	6710	6730	7200	6592	3.296	44.06
2000	6450	6710	7130	7100	6000	6678	3.339	45.94
4000	6710	6450	7090	6890	6950	6818	3.409	48.99

جدول (6) نتائج التجارب لقياس التصريف لمدة 2 ساعة في اليوم (تشغيل 12 ساعة وتوقف 12 ساعة)



الشكل (6) تحسن معدل تصريف المنقطات باستخدام عدة شدات من المجال مغناطيسي لمعالجة ماء ري بتركيز ملحي مقداره (4000) جزء بالمليون بالمقارنة مع معدل تصريف المنقطات في حالة عدم وجود معالجة مغناطيسية لمياه الري

المصادر: -

1. النافوسي، أكرم عبد المجيد قاسم (1987). "تأثير ملوحة الماء وبرنامج التشغيل على أداء منقطات الري"، رسالة ماجستير، العراق، الموصل، جامعة الموصل، كلية الهندسة، قسم هندسة الري والبزل.
2. العمود، احمد بن ابراهيم والسعود، محمد بن ابراهيم (2005). "تأثير درجة الحرارة على تصرف المنقطات"، مجلة جامعة الملك سعود، 18م -العلوم الزراعية (1)، ص ص 47-74.
3. الغباري، حسين محمد (2008). "تقييم خصائص أداء نظام الري بالتنقيط ومكوناته في المملكة العربية السعودية". تقرير فني ، جامعة الملك سعود ، كلية علوم الاغذية والزراعة ، قسم الهندسة الزراعي.
4. أشمري، مها. "المياه المغناطيسية" مجلة علوم وتكنولوجيا، معهد الكويت للأبحاث العلمية، العدد: 130، سنة 2005، صفحات: 17-19.
5. أمين، سامي كريم محمد وقاسم، علي فاروق (2009). "تأثير ملوحة ماء الري الممغنط في صفات النمو الخضري لنبات الجرييرا Gerbera jamesonii". مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 25(1): 63-74.
6. بدر، هدى هاشم (2012). "التحليل المورفورمترى الكمي لحوض وادي المر وتقييم نوعية المياه الجارية فيه". بحث منشور، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون-العدد الاول.
7. تطبيقات التقنية المغناطيسية في الزراعة  
(رابط: <http://www.darkulaib.com/vb/showthread.php?t=13001&page=10>)
8. شمش، سمير (2009). "تأثير استخدام مياه الري الممغنطة في نمو النبات ومحتواه من بعض العناصر الصغرى". جامعة البعث - كلية الهندسة الزراعية - قسم التربة واستصلاح الأراضي
9. شريف، عزيزة علي محمد (2013) "تأثير المجال المغناطيسي على أداء منقطات الري باستخدام المياه المالحة"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل.
10. حاجم، احمد يوسف، وحقي إسماعيل ياسين "الري الحقلي" دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، سنة 1992.
11. محمد، مبارك عباس (2009). "أهمية الماء الممغنط في الزراعة العضوية". مجلة العلوم الاجتماعية.  
(رابط: <http://www.swmsa.com/modules.php?name=News&file=article&sid=1822>)
12. هانسن، فون أ.، اسرائيلسن، أورسنو.، سترنجهام، جلين أ. (1984). "أسس الري وعملياته". ترجمة الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية بالقاهرة-دار جون وايلي وابنائهم، 368 صفحة 96.
13. هلال، مصطفى حسن. "المغناطيسية-تطورها - تقنياتها والاستفادة بها في مجالات الزراعة والري" أستاذ متفرع بالمركز القومي للبحوث، ومنسق مشروع التقنيات المغناطيسية في مصر، سنة 2000. (E mail: [gizatec@mananet.net](mailto:gizatec@mananet.net))
14. Aali, K.A. &Liaghat, A.M. &Dehghanisanij, H. (2009). "The Effect of Acidification and Magnetic Field on Emitter Clogging under Saline Water Application". Journal of Agricultural Science Vol.1, No.1.(www.ivsl.org)
15. Fard, B.M. Khoshravesh, M., Mousavi, S.F. &Kiani, A.R. (2011a). "Effect of Magnetized Water and Irrigation Water Salinity on Soil Moisture Distribution in Trickle Irrigation". Journal of irrigation and drainage engineering, ASCE/JUNE 2011/vol.137, issue 6.(www.ivsl.org)
16. Fard, B.M., Khoshravesh, M., Mousavi, S.F., &Kiani, A.R. (2011b). "Effects of Magnetized Water on Soil Sulphate Ions in Trickle Irrigation". International Conference on Environmental Engineering and Applications. Vol. 17.(www.ivsl.org)
17. Kaller, J. and Karmeli, D., 1975. "Trickle Irrigation Design". 1st ed. Rain Bird Sprinkler Mfg. Corp., Glendora, 133 pp.
18. Hilal, M. H.; and M.M. Hilal. (2000). Application of magnetic technology in desert agriculture. I. Seed germination and seedling emergence of some crops in a saline calcareous soil. Egypt J. Soil Sci. 40 (3): 413-422.

## اعداد خارطة لشبكة بزل مغطى لمشروع ري الجزيرة الشمالي باستخدام تقنيات الحاسوب

نجلى يونس عبدالله  
ادارة الدراسات والتصاميم الهندسية وزارة  
الموارد المائية  
الموصل

نوال محمد ججو  
قسم هندسة السدود والموارد المائية  
جامعة الموصل

هدى هاشم بدر  
مركز بحوث السدود والموارد المائية  
جامعة الموصل

### الملخص

يعتبر مشروع ري الجزيرة الشمالي من المشاريع المهمة في العراق. فطريقة تنفيذ المشروع والممارسات الخطأ لبعض الفلاحين أدى ذلك إلى ارتفاع مناسب المياه الجوفية و وتملح تربة المشروع حدوث تغيرات كيميائية وفيزيائية في خواصها. لذا تم تصميم شبكة مبالز حقلية مغطاة والمبالز المجمععة للمبالز الحقلية لكافة اراضي المشروع خلال الفترة (2002- 2004) من قبل شركة دجلة لدراسات وتصاميم مشاريع الري (الملغاة). وفقا للمعلومات التصميمية وكان عمق الميزل الحقلية 2متر عن سطح الارض واقل انحدار تصميمي 15% وكان قطر المبالز المثقبة 10 سم وان الانحدار التصميمي للمبالز المجمععة للمبالز الحقلية بين (1-2)%. استخدم البرنامج (Gis Arc View) والنموذج الحاسوبي WMS في رسم مسارات الوديان ومجري مياه الرئيسية ورسم شبكة المبالز الخاصة بالفرع MA.

الكلمات الدالة: شبكة مبالز حقلية مغطاة -المبالز المجمععة - مشروع ري الجزيرة الشمالي - البرنامج (Gis Arc View) -النموذج الحاسوبي WMS.

## Preparing a Map of Covered Drainage System for North Jazera Irrigation Project Using Computer Techniques

**Najla Younis Abdullah**  
Administration for Studies &  
Engineering Designs in Mosul  
Ministry of Water Resources

**Nawal Mohammed Jajjo**  
Dams and Water Resources  
Engineering Departments  
University of Mosul

**Huda Hashim Badr**  
Dams & Water Resources  
Research Center  
University of Mosul

### Abstract

North Jazera Irrigation Project is one of the most important projects in Iraq. Due to the way of constructing the project and the poor practice of the farmers, the ground water level in the project has increased, and the soils become saline and many chemical and physical changes have happened to the land. Therefore, it becomes very necessary to develop a drainage system in the project. So the drainage network design was made according to the National Design criteria by Dijla company for Studies and Design of Irrigation Projects during the period (2002-2004). The depth of covered field drains has been taken as 2 m with a diameter of 10 cm. The design slope of the drains is taken as 15% and the slope of covered collector drains are 1 to 2%. The GIS Arc View and WMS computer programs were used to draw the natural drains, streams and to draw the net drainage network for the Irrigation Sector MA in the project. This study proves that using computer techniques in data analysis and design of drainage network is very efficient practice.

**Key Words:** Covered drainage systems, North Jazera irrigation project, GIS Arc View, program, WMS programs.

## مقدمة:

ان اهمية الدراسات الهيدرولوجية لإغراض الري والبيزل تأتي من ضرورة استصلاح الاراضي الزراعية المتعددة. حيث ان ارتفاع مناسيب المياه الجوفية الى العمق الحرج يسبب ارتفاعها الى سطح الارض بواسطة الخاصية الشعرية، وارتفاع ملوحة التربة عن طريق تبخر الماء الصاعد الى سطح التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة وخاصة خلال فصل الصيف وفي الترب الناعمة النسجة بالذات. فارتفاع مناسيب المياه الجوفية يؤدي إلى تملح التربة الذي سوف يحدد اختيار المحاصيل الزراعية، كما يقلل الإنتاج الزراعي كما ونوعا ويجعل العمل في التربة صعبا جدا وقد يؤدي الى تعذر استصلاح التربة بواسطة البيزل بالطرق المعتادة. إن من أهم أسباب ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وتردي نوعيتها هو الضائعات الكثيرة من مياه الري التي تترشح داخل التربة إلى المياه الجوفية والمياه المتسربة من شبكات الري والقنوات [1].

يعتبر مشروع ري الجزيرة الشمالي من المشاريع المهمة في العراق من حيث تصميمه والعوائد الاقتصادية الناتجة عن تشغيله. فطريقة تنفيذ المشروع والممارسات الخاطئة لبعض الفلاحين أدى ذلك إلى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وحدوث تغيرات كيميائية وفيزيائية في خواص تربة المشروع وتملحها. وعلى ذلك فان الهدف من هذه الدراسة الاعتماد على المعلومات الموثقة عن الايصالية المائية لتربة المشروع وكذلك المعايير الهندسية المعتمدة بالتصميم مع استخدام التقنيات الحاسوبية لإعداد خارطة شبكة البيزل المقترح لقطاع (MA) في المشروع [2].

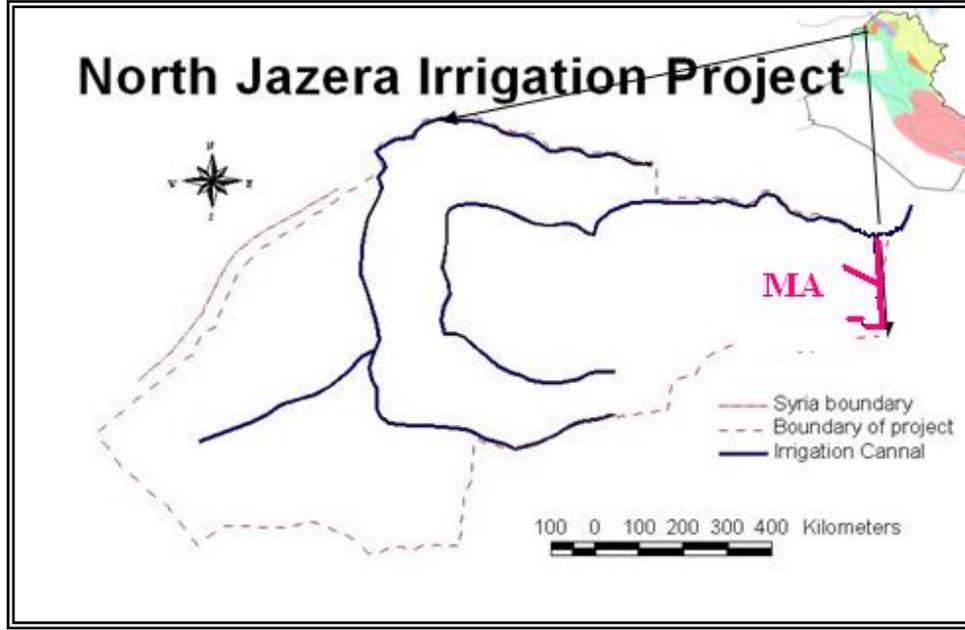
## مشروع ري الجزيرة الشمالي:

يقع مشروع ري الجزيرة الشمالي في ناحية ربيعة التابعة لقضاء تلعفر في محافظة نينوى يبعد 80 كم شمال غرب مدينة الموصل. تمتد منطقة المشروع بين خطي طول "02' 00' 42° الى "45' 25' 42° شرقا ودائرتي عرض "36° 30' 40" الى "36° 53' 20" شمالا. يمتد المشروع من زمار في الشمال والشمال الغربي الى ربيعة والحدود السورية شرقا، الى ناحية العياضية في الجنوب الشرقي، وناحية الشمال في الجنوب والجنوب الشرقي. يعتبر نهر دجلة المصدر الرئيسي لارواء المشروع. تنقل المياه من نهر دجلة إلى المشروع بواسطة محطة الضخ الرئيسية بتصريف قدرة 45 متر مكعب/ثانية. تبلغ مساحة المشروع الإجمالية 60000 هكتار، يتكون المشروع من المرحلة الأولى (تبلغ مساحتها 25000 هكتار تروى بالقناة الرئيسية التي يبلغ طولها 50 كم ومبطنه بالكونكريت وتصريفها 45 متر مكعب /ثانية ويتفرع منها 13 قناة فرعية معلقة) والمرحلة الثانية ومنطقة التوسع تبلغ مساحتها 35000 هكتار (تروى المرحلة الثانية بالقناة الموازية التي يبلغ طولها 58 كم ومبطنه بالكونكريت وتتغذى بالمياه بواسطة النحالة الأولى المنشأة على القناة الرئيسية تتكون من ستة مضخات تصريفها الكلي 27 متر مكعب/ثانية برفع ثابت قدره 17متر. يتفرع منها 25 قناة فرعية معلقة)، ومنطقة التوسع تروى بقناة التوسع التي يبلغ طولها 50 كم ومبطنه بالكونكريت وتأخذ المياه بواسطة النحالة الثانية المنفذة على القناة الموازية تتكون من مضختين تصريفها الكلي 9 متر مكعب/ثانية و برفع ثابت قدره 21.6 متر). نظرا لطبيعة المنطقة وطوبوغرافيتها فقد اعتمد نظام الري بالرش في المشروع باستخدام منظومة الري بالرش الخطية الحركة.

أكمل العمل في المرحلة الأولى وأدخلت ضمن الإنتاج الزراعي في آب 1989 ، أما المرحلة الثانية ومنطقة التوسع فقد أنجزت في 1991 ماعدا النحالتين الأولى والثانية. فقد أدخلت المرحلة الثانية ومنطقة التوسع ضمن الإنتاج الزراعي 1994 بعد استبدال منظومات الري بالرش الخطية الحركة بالمضخات الأرضية لتعذر استيرادها من الخارج وبسبب الحصار المفروض على البلد في تلك الفترة، وأصبحت تروى بطريقة الري السيجي. فالمشروع لم يتم تنفيذه طبقا للتصميم التي أعدت له بسبب ظروف البلد .

تتكون اراضي المشروع من هضبة منخفضة في الوسط يتخللها وادي المر، فاراضي المشروع مستوية تقريبا ذات انحدار قليل من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي، وتقع أراضي المنطقة على منسوب يتراوح بين (364-382) متر فوق مستوى سطح البحر والأراضي التي تحيطها من الشمال والغرب والجنوب الغربي أكثر ارتفاعا منها وتصل إلى منسوب 400 متر فوق مستوى سطح البحر أما الجنوب الشرقي فيكون أكثر انخفاضا منها يصل إلى منسوب 365متر عن مستوى سطح البحر. تتفرع منطقة المشروع إلى الوديان و الميازل الطبيعية لتصريف المياه الزائدة، فقط الميازل السطحية التي اعتمدت من قبل المصمم لتصريف المياه السطحية الفائضة. الأرض تنحدر من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي وحركة المياه الجوفية تكون بنفس الاتجاه عادة. فالمياه الجوفية تتحرك من الشمال والشمال الغربي نحو الجنوب والجنوب الشرقي وتتجمع في المناطق المنخفضة. أوضحت الدراسات التي أجرتها الشركة المصممة للمشروع أنّ عمق التربة السطحية للمشروع ( صفر- 25 سم) بصورة عامة ذات نسجة متوسطة مزيجية غرينية(Silty Loam) ومزيجية طينية(Clay Loam) والطبقة تحت السطحية ذات نسجة متوسطة النعومة مزيجية طينية غرينية(Silty Clay) يتغير تدريجياً إلى تربة غرينية (Silty Clay)تراوحت نسبة الطين في الطبقة السطحية بين (17-43)%، وفي الطبقة تحت السطحية بين(59-31)% في جميع ترب السلاسل باستثناء الأجزاء الشرقية والشرقية الجنوبية من أرض المشروع تكون التربة رملية ومزيجية رملية. بناء التربة في الطبقة السطحية ضعيف أو عديم البناء أمّا الطبقة تحت السطحية فذات بناء كثلي غير حاد الزوايا. كانت تربة المشروع من الصنف الجيد(طينية رملية غرينية الي طينية غرينية) خالية من الاملاح

ويتواجد الجبس فيها بنسب ليس لها تأثير على الزراعة المرورية. أقصى ارتفاع للمياه الجوفية قبل تنفيذ المشروع هو 5 متر عن سطح الأرض الطبيعية[3]

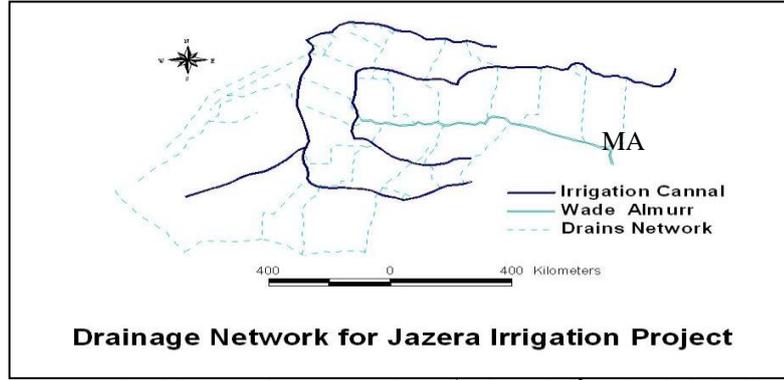


الشكل(1): مشروع ري الجزيرة الشمالي[3]

### شبكة البزل في مشروع ري الجزيرة الشمالي

ان نظام البزل المعد من قبل الشركة المصممة لمشروع ري الجزيرة الشمالي هو نظام البزل السطحي ويتكون من شبكة من المبازل المفتوحة. يعتبر وادي المر الميزل الرئيسي في المشروع ويمتد من جهة الغرب الى الشرق قاطعا اراضي المشروع الى قسمين وتصب فيه مياه الامطار المنحدرة من الاراضي المحيطة به. صمم وادي المر كمبزل رئيسي لتصريف مياه شبكة البزل السطحية في المشروع (وتشمل مياه الأمطار والسيول ومياه البزل الحقلية والمياه الفائضة من القنوات عن طريق المهارب والقناطر) بلغ طوله ضمن المشروع 30 كم. وتم الحفاظ على مسار وادي المر وأجريت عمليات تهذيب في بعض مقاطعه لاستيعاب التصريف التصميمي (وأعلى تصريف تصميمي للوادي 44 م<sup>3</sup>/ثا واقل تصريف تم قياسه 7 م<sup>3</sup>/ثا خلال فصل الصيف) واستخدمت روافده الرئيسية كمبازل مجمعة رئيسية واستحدثت مبازل في المناطق الخالية من الوديان الطبيعية. تتكون شبكة المبازل السطحية من الميزل الرئيسي (وادي المر) وشبكة المبازل المجمعة الرئيسية و يبلغ طولها 95 كم، وشبكة المبازل المجمعة و يبلغ عددها 30 ومجموع أطوالها 92 كم وتصب في المبازل المجمعة الرئيسية تقوم باستقبال موجات الأمطار المفاجئة من المناطق المحاذية لأراضي المشروع ومياه المبازل الثانوية، أما شبكة المبازل الثانوية يبلغ مجموع اطوالها 150 كم وتصب في المبازل المجمعة أو المجمعة الرئيسية وبعضها في وادي المر مباشرة تقوم بتصريف مياه المبازل الحقلية والمياه الفائضة من القنوات عن طريق المهارب شبكة المبازل الحقلية المفتوحة و يبلغ مجموع أطوالها 826 كم تقوم بنقل مياه الري الفائضة وتصريف مياه القنوات المغذية عند حدوث خطأ في التشغيل والمبزل الحقلية يكون موازيا لمسار القناة المغذية. تمتد شبكة المبازل الحقلية والثانوية والمجمعة ثم الرئيسية ضمن الاراضي التي تروى بالري بالرش او الغمر، تقوم بنقل مياه الري الفائضة والامطار وتصريف مياه القنوات المغذية عند حدوث خطأ في التشغيل أو عند الصيانة. وتصب في الميزل الرئيسي المتمثل بوادي المر الذي يصب في نهر دجلة عند مدينة الكسك والشكل(2) يمثل وادي المر وشبكة المبازل التي تصب فيه داخل مشروع ري الجزيرة الشمالي.

قد اكدت الدراسة التي اعدتها الشركة الاستشارية ان المشروع لا يحتاج الى شبكة مبازل حقلية مغطاة لفترة من 10-15 سنة من تشغيل المشروع كما وجدت الطبقة الصماء (الطبقة التي نفاذيتها 10/1 من نفاذية الطبقة التي فوقها) على عمق 5 متر من سطح التربة. كانت اغلب نفاذية التربة في المشروع تقع ضمن الصنف متوسطة (0.5-1.5) متر/يوم، كما استخدمت معامل بزل تصميمي مقداره 0.5 لتر/ ثانية/هكتار [4].



الشكل (2): شبكة المبال في مشروع ري الجزيرة الشمالي [4]

### نتائج تقييم اداء مشروع ري الجزيرة الشمالي:

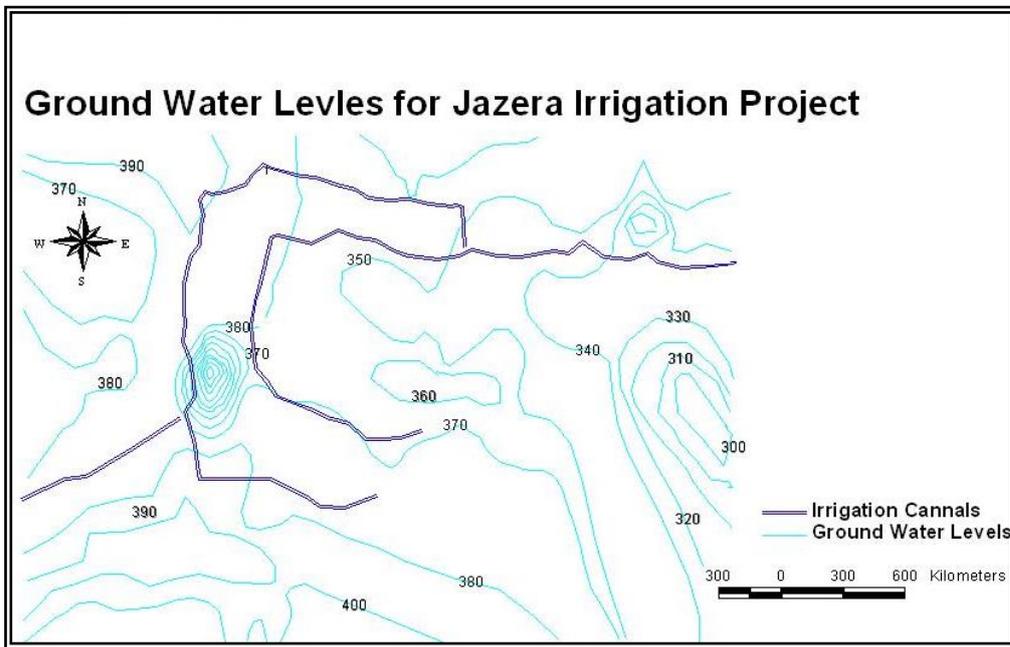
تبين من التقييم الذي أجرته شركة دجلة لدراسات وتصاميم مشاريع الري بعد تشغيل مشروع ري الجزيرة الشمالي بخمس سنوات [5] والبحوث والدراسات التي تم إجراؤها بعد ذلك [6] و[7]، ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وتردي نوعيتها. بلغ منسوب المياه الجوفية 0.9 متر في وسط المشروع و8 متر في اطرافه وملوحته (1.7-2.9) مللي سيمنز/سم. بينما كان منسوب المياه الجوفية قبل تنفيذ المشروع (5 - 10) متراً عن سطح الأرض وكانت ملوحته (0.75-2.25) مللي سيمنز/سم [8].

أن استبدال الزراعة المطرية بالزراعة المروية ممكن أن يسبب ارتفاع قليل في مناسيب المياه الجوفية بعد سنوات عديدة من الري، لكن ما حدث في المشروع يعتبر ظاهره غير صحيحة يجب تحديد أسبابها ومعالجتها. يعود سبب هذه الظاهره ان مشروع ري الجزيرة الشمالي لم يتم تشغيله طبقاً للتصاميم الأصلية (بسبب الظروف التي كان يمر بها البلد) التي تقضي بضرورة استخدام طريقة الري بالرش لإرواء أراضي المشروع باستعمال أنظمة الري بالرش الخطية الحركة التي تصل كفاءة وتناسق الإرواء فيها إلى 90%، أما المرحلة الثانية ومنطقة التوسع وبعض المساحات غير المنتظمة في المرحلة الأولى فتروى بطريقة الري السحي (من مساوي هذه الطريقة ان الضياعات في مياه الري قد تصل إلى 40%) المصدر السابق [5]، فالمرحلة الأولى يتم إروائها باستخدام الطريقة التي اعتمدها المصمم، ونظراً لأن المشروع مصمم لريوي بطريقة الري بالرش لذا فقد تم تصميم شبكة مبال حلقيية لأغراض الجريان السطحي فقط، فالأراضي التي تروى بطريقة الري السحي لم يتم تزويدها بشبكة من المبالز المغطاة للتخلص من مياه الري الفائضة مما أدى إلى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وظهور مشكلة التملح. كما إن بعض مناطق المشروع ذات نفاذية منخفضة ومعدل ارتشاح المياه فيها لا يتناسب مع طريقة الري السحي وقد أكد المصمم ضرورة تجنب الري بهذه الطريقة في تلك المناطق. فضلاً عن ذلك فإن وطبوغرافية المنطقة تمثل عاملاً مهماً جداً في تملح التربة، فأراضي المشروع عبارة عن أرض مستوية ذات انحدار قليل من الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي تحيط بها مناطق مرتفعة من الشمال والغرب والجنوب الغربي، لذا فإن مياه الري الفائضة تتحرك من منطقة التوسع و المرحلة الثانية باتجاه المرحلة الأولى مسببة ارتفاع مناسيب المياه الجوفية فيها إلى العمق الحرج. ونتيجة للظروف المناخية السائدة من ارتفاع درجات الحرارة وزيادة سرعة الرياح (التي قد تصل إلى 4.5 م/ثا) ودائرة العرض التي يقع عليها المشروع التي لها دور كبير في ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر. حيث ترتفع المياه الجوفية (ضمن العمق الحرج) بواسطة الخاصية الشعرية وتتبخر المياه تاركة الأملاح على سطح التربة حيث بلغ تركيز الاملاح في تربة المشروع (2.86-20.07) مللي سيمنز/سم المصدر السابق [6]، يعد نظام الزراعة الصيفية من العوامل المهمة التي ساعدت في انتشار الأملاح، أن النقص الحاصل في كمية الري في فصل الصيف والرشح من القنوات وشبكة الري أو المناطق المروية يؤدي إلى زيادة تملح الترب غير المزروعة. فالعامل الرئيسي المؤثر في زيادة الأملاح هو ارتفاع مناسيب المياه الجوفية أكثر من العمق الحرج، حيث تعمل الخاصية الشعرية على ارتفاع رطوبة التربة من المياه الجوفية إلى سطح الأرض وبالتالي تبخرها نتيجة للظروف المناخية السائدة والدورة الزراعية المستخدمة في المشروع فتتركز الأملاح في مقطع التربة وعلى سطح التربة، بالإضافة إلى الأملاح التي تضاف إلى التربة نتيجة لاستخدام ماء الري، كما أن مياه الري تعمل على إذابة وتكثيف الأملاح من التربة فتتحرك المياه الفائضة عن حاجة النباتات خلال مقطع التربة إلى المياه الجوفية فالأراضي التي تستلم المياه الفائضة عن حاجة النباتات ومياه البزل السطحي من الأراضي المجاورة (ولأنعدام المبالز تحت السطحية) تتجمع فيها المياه ويرتفع منسوب المياه الجوفية. كما أن مناخ وجيولوجية منطقة البحث لهما دور كبير في نوعية وكمية الايونات والمواد الذائبة بالمياه الجوفية وتحدد إمكانية استخدام المياه الجوفية للاستعمالات المختلفة. المشروع صمم على أساس أن يتم الري باستخدام مياه نهر دجلة بعد ضخها من بحيرة سد الموصل بواسطة محطة الضخ الرئيسية، لكن بسبب الظروف التي كان يمر بها القطر حدثت تجاوزات كثيرة

من قبل الفلاحين منها استخدام المياه الجوفية ومياه وادي المر للري ومياهها ذات نوعية رديئة وعالية الملوحة (5 مليومز/سم). فضلاً عن عدم تقيد الفلاحين بالحصة المائية المقررة لهم. أو قيام بعض الفلاحين بزراعة محاصيل لم تكن موجودة أصلاً أو مقررة ضمن الخطة الزراعية التي صمم بموجبها المشروع. لذا كلفت الشركة العامة لبحوث الموارد المائية والترتبة للقيام بتحريات هيدرولوجية لغرض تحديد المسافات بين المبالز الحقلية وعمقها.

### الأيصالية المائية للتربة (نفاذية التربة):

لقياس الأيصالية المائية تم استخدام طريقة الحفر الاسطوانية في المناطق المشبعة بالمياه الجوفية والطريقة المعكوسة في المناطق التي تكون غير مشبعة بالمياه الجوفية من قبل (الشركة العامة لبحوث الموارد المائية والترتبة/ قسم تحريات التربة). تم قياس الأيصالية المائية على ثلاثة اعماق ضمن الموقع الواحد لتحديد النفاذية فوق وتحت المبال الحقلية المقترح وتم الفحص (موقع / 1260 دونم) اي حفر 190 موقع وزعت على مساحة المشروع البالغة 240000 دونم، الشكل (3) يبين مناسيب المياه الجوفية التي تم قياسها والتي كانت تتراوح بين (0.9 - 5 ) متر عن سطح الارض الطبيعية.



الشكل (3)  
يمثل مناسيب  
المياه  
الجوفية بعد  
تشغيل

### المشروع [9]

وتبين من الفحوصات ان تربة المشروع ذات نفاذية متوسطة وللعمق الثلاثة بسبب التربة الناعمة النسجة السائدة في اراضي المشروع بمعدل (0.91 م/يوم) و(0.88 م/يوم) و(0.86 م/يوم) على التوالي وتغطي (75 و 57 و 59)% من مساحة المشروع.

### المواد وطرائق البحث

تم تحويل الخرائط الخاصة بالمشروع [10] الى خرائط رقمية باستخدام نظام المعلومات الجغرافية Arc View GIS وكذلك استخدم نموذج المنسوب الرقمي DEM والنموذج الحاسوبي WMS في رسم مسارات الوديان ومجاري مياه الرئيسية وحدود الحوض وخصائصه الهيدرولوجية رقمياً لكافة اراضي المشروع كما هو موضح بالاشكال (4 و 5 و 6 و 7). تم تصميم شبكة المبالز الحقلية المصدر السابق [9]. وفقاً للمعايير التصميمية التالية:

عمق الماء الجوفي = 0.5 م في منتصف المسافة بين المبالزين

سرعة التصريف = 0.0025 م/يوم

نصف قطر المبال الحقلية = 0.1 م

المعايير التصميمية للمبالز الحقلية المثقبة:

المسافة : 25، 50، 75، 100 متر

العمق : عمق المبالز الحقلية 2 متر عن سطح الارض

الانحدار : اقل انحدار تصميمي 15%

القطر: يكون قطر المبالز المثقبة 0.10 متر

المعايير التصميمية للمبالز المجمع:

منسوب قاعدة المانهول = منسوب الميزل الحقلي - 0.5 متر

منسوب الميزل المجمع = منسوب قاعدة المانهول + 0.2 متر

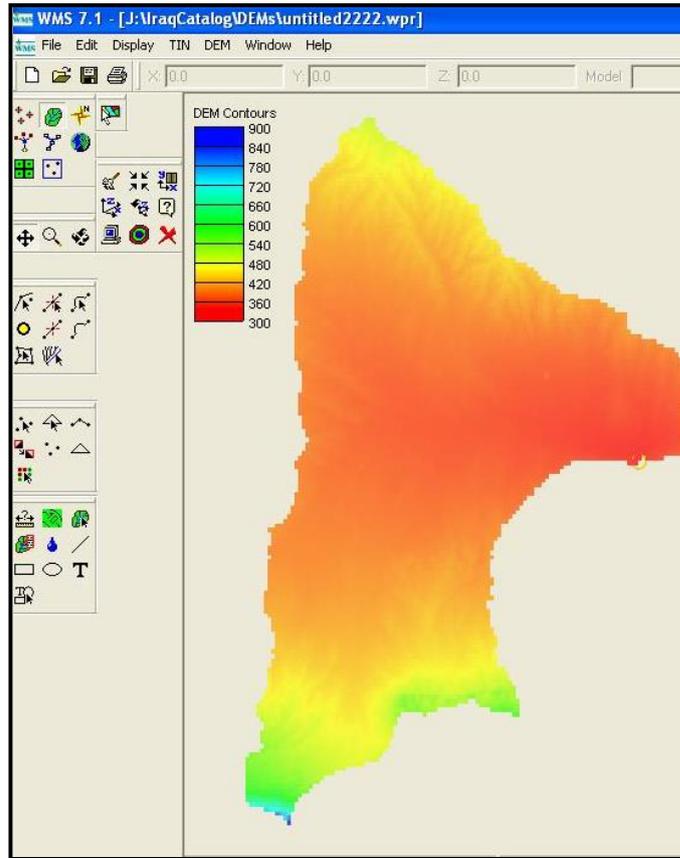
الانحدار: ميزل المجمع بين (2 - 1) %.

التصريف م<sup>3</sup>/يوم = المساحة الذي يخدمها الميزل المجمع م<sup>2</sup> × 0.0025 م/يوم.

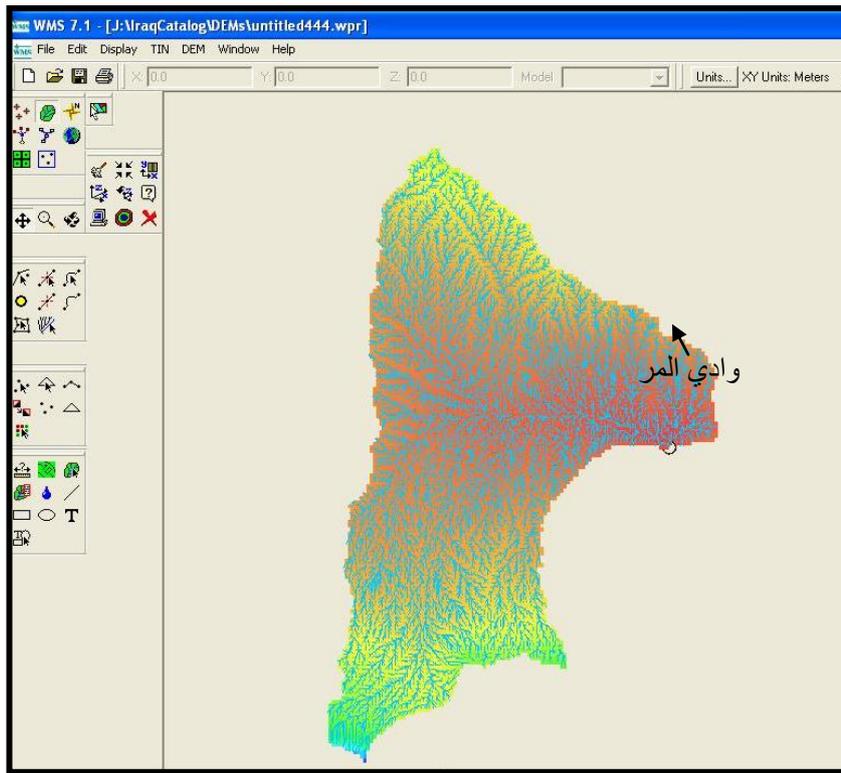
تم تحديد اطوال واقطار شبكة المبالز المجمع للمبالز الحقلية المغطاة للفرع MA [9] . كما هو موضح بالجدول (1). الشكل (7) يبين شبكة المبالز للفرع MA.

جدول (1): اقطار واطوال المبالز المجمع للفرع MA

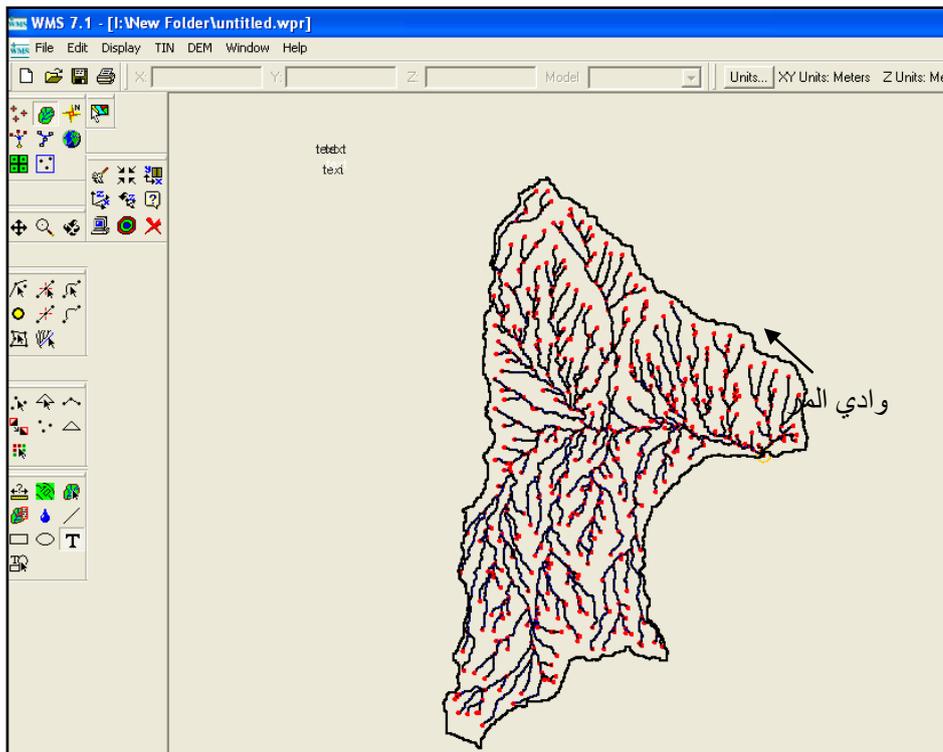
الطول متر	القطر سم	
1440	50	1
810	35	2
13065	30	3
23210	25	4



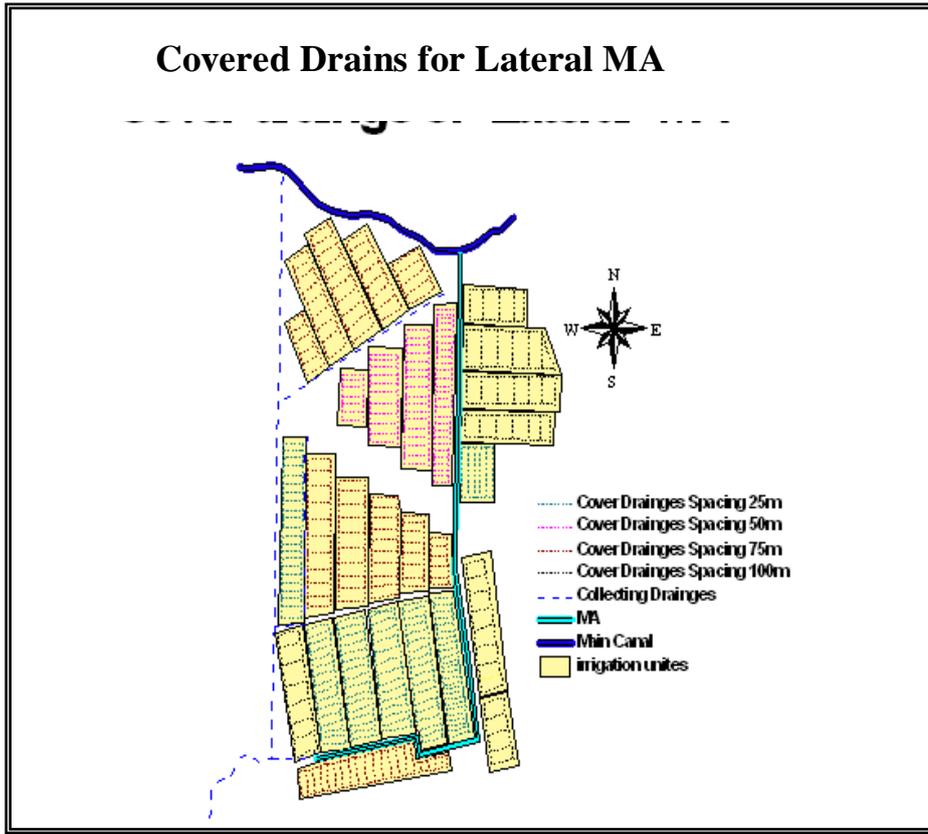
الشكل (4) خارطة الطوبوغرافية لمنطقة البحث



الشكل (5) مسارات الوديان ومجري المياه الرئيسة لمنطقة البحث



الشكل (6) حوض وادي المر الميزل الرئيسي لمشروع ري الجزيرة الشمال



الشكل: (7) شبكة المبازل المغطاة للفرع MA

#### الاستنتاجات والتوصيات:

1. للتخلص من مشكلة ارتفاع مناسيب المياه الجوفية و زيادة الأملاح في تربة مشروع ري الجزيرة الشمالي يجب :
  - تنفيذ شبكة من المبازل المغطاة موزعة على أراضي المشروع لخفض منسوب المياه الجوفية وخاصة في وسط المشروع (البوثة والبيادر وتل طلب وتل سمير).
  - تحديد عمق المبازل الحقلية بحيث لا تقل عن 2 متر لتفادي الحركة الشعرية للماء الجوفي.
  - إقامة المبازل القاطعة لنضح الماء على طول القنوات الرئيسية للمشروع.
  - بينت التحريات وتحليل البيانات بان تربة المشروع ذات نفاذية متوسطة و بمعدل 0.88 م/يوم.
2. استبدال طريقة الري السيجي باستخدام طريقة الري بالرش وطبقاً للتصاميم الأصلية للمشروع لتجنب الهدر في الموارد المائية والمحافظة على التربة من زيادة نسبة التملح الحالية ومن ثمَّ زيادة الإنتاج كما ونوعاً.
3. غسل الأملاح من التربة بالطرائق الكيميائية بإضافة مركبات كيميائية ( بإضافة الجبس إلى التربة). أو بالطرائق الفيزيائية بتغيير مقد التربة بواسطة الحرارة العميقة التي تعمل على مزج التربة السطحية المالحة مع اكبر حجم من التربة و بذلك تقلل من تركيز الأملاح فيها، وتغير موعد إضافة الماء أو الطرائق البيولوجية بإضافة المواد العضوية بصورة منتظمة.
4. إعادة تصميم الدورة الزراعية المتبعة في المشروع (خاصة الدورة الصيفية) بحيث يتم استغلال الموارد المائية المتاحة من دون تبوير مساحات من الأراضي .
5. ضرورة الترشيد في استخدام الأسمدة واختيار الأسمدة المناسبة للنباتات وذات المحتوى المنخفض من الأملاح وتحديد كمية P,K,N الواجب إضافتها إلى التربة.
6. تجنب استخدام المياه الجوفية ومياه وادي المر في الري لعدم صلاحيتها.
7. اختيار المحاصيل الزراعية التي تتحمل ملوحة التربة .
8. توعية الفلاحين وأهالي القرى ضمن المشروع أو القرى المجاورة له بمنع التجاوزات والممارسات الخطأ كلها التي تؤدي إلى تدهور التربة.

## المصادر

1. **FAO, Food And Agriculture Organization 1997, Irrigation in the Near East Region in figures, Water Reports No. 9, FAO, Rome.**
2. الشركة العامة لبحوث الموارد المائية والتربة، (2002). تحريات الايصالية المائية للتربة وحساب المسافات بين المبازل الحقلية لمشروع ري الجزيرة الشمالي، قسم تحريات التربة، وزارة الري، العراق.
3. **Nedeco,(1982), "North Jazira Irrigation Project", Geotechnical Report, Ministry of Irrigation, Iraq.**
4. **Nedeco,(1982), "North Jazira Irrigation Project", Design Criteria, Code 4.06.108, Ministry of Irrigation, Iraq, Netherlands Engineering Consultants.**
5. شركة دجلة لدراسات وتصاميم مشاريع الري (1999)، تقييم أداء مشروع الجزيرة الشمالي، وزارة الري، الهيئة العامة لتشغيل مشاريع الري.
6. بدر،هدى هاشم، (2009) تأثير عمليات الري في التربة.مجلة دمشق للعلوم الهندسية، عدد2، مجلد25، جامعة دمشق، الجمهورية السورية.
7. بدر،هدى هاشم، (2010) تأثير عمليات الري على المياه الجوفية في منطقة مشيرفة، مجلة دمشق للعلوم الهندسية، عدد2/مجلد 26، جامعة دمشق، الجمهورية السورية.
8. **Nedeco,(1982), "North Jazira Irrigation Project", Final Planning Report, Ministry of Irrigation, Iraq, Netherlands Engineering Consultants.**
9. شركة دجلة لدراسات وتصاميم مشاريع الري، (2004) تصاميم شبكة المبازل المغطاة في مشروع ري الجزيرة الشمالي، المديرية العامة لتشغيل وصيانة مشاريع الري، وزارة الموارد المائية، العراق.
10. **Nedeco, (1982), "Irrigation and Drainage System", Final Drawing, General Establishment for Jazira Irrigation Project, Ministry of Irrigation, Republic of Iraq, Netherlands Engineering Consultants.**