مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (2) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (2) 2012

تحديد العوامل التصميمية لخنادق الأكسدة في معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكانية الصغيرة في الساحل السوري.

الدكتور هناء سلمان*
الدكتور هيثم جناد**
صفاء قاسم***

(تاريخ الإيداع 22 / 9 / 2011. قُبِل للنشر في 9/ 9 / 2012)

□ ملخّص □

درست العوامل التصميمية لخنادق الأكسدة لتحقيق أفضل كفاءة في إزالة الملوثات العضوية والمواد العالقة والمغذيات

(الفوسفور والنتروجين) باستخدام نموذج مخبري ومياه صرف حقيقية لقرية الحارة – مدينة اللاذقية. أجريت التجارب في عام2011، وتم تشغيل النموذج بمدد بقاء هيدروليكية من 8 h إلى 32, h وبمجال F/M (0.033– 0.158)، وقيم MLSS mg/l(3800 – 2000)، وبدرجات حرارة C^0(26.5 – 9.3)، قيم الـpH هي(8.44 – 7.5)، أما قيم الأوكسجين المنحل(DO) في الحوض بعد نهاية التهوية فهي mg/l (6.9 – 0.4) ، نسبة إعادة الحمأة هي 100%، عمر الحمأة (29–20). متوسط حمولة التلوث بالـ BOD_5 في اليوم 149 mg/l شتاءً و 387.16 mg/l صيفاً، القيمة الوسطية الداخلة من الـ TN و الـ TP خلال مرحلة الدراسة هي 10.75 mg/l و8.6 mg/l على التتالي. مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب للتشغيل في الحالة الديناميكية هي 14 ساعة في فصل الشتاء و(24–18) ساعة في فصل الصيف. تحققت نسبة إزالة عند مدة بقاء هيدروليكية 24 h لـ BOD_5 ، COD ، TSS، TP هي: % 91.4, % 91.25 ، 92.34% ، % 18.91 على التتالي، ولم تحدث إزالة للنتروجين في الحوض، وكانت T C^0=25.5 C° و pH =7.63 و F/M = 0.09 و DO =2.5 mg/l. تحققت إزالة النتروجين الكلي والفوسفور الكلي بتوفير منطقة anoxic في التشغيل الديناميكي: 59% و 37.8% على التتالي. زمن تكثيف الحمأة الناتجة 45 min وعامل المقاومة النوعية على الترشيح لها * 362.8 =r` 10^{10} cm/gr ومن ثم هي حمأة سهلة التكثيف والترشيح، وقيمة SVI = 42.37 ml/g مما يدل على أن الحمأة سهلة التكثيف والترشيح وأنَ مياه الصرف القادمة لا تحتوي مخلفات صناعية.

الكلمات المفتاحية: معالجة مياه الصرف الصحي ، تجمعات سكانية صغيرة، خنادق الأكسدة، إزالة فوسفور، إزالة نتروجين.

* أستاذ مساعد، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين.
** مدرس، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين
*** طالبة دراسات عليا، قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (2) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (2) 2012

Determining Design Parameters of Oxidation Ditch for Waste Water Treatment in Small Communities in the Syrian Coastal

Dr. Hana Salman*
Dr. Haetham Jnad**
Safaa Kasem***

(Received 22 / 9 / 2011. Accepted 9 / 2 / 2012)

□ ABSTRACT □

Studying design parameters of oxidation ditches was done to achieve the best removal efficiency of organic pollutants, suspended solids, and nutrition elements (Nitrogen and Phosphorous) using a pilot at Wastewater treatment plant in AL-HARAH village– LATTAKIA City. The experiments were done in 2011. The pilot was operated with different hydraulic retention times from 8h to 32 h, F/M (0.033 – 0.132), MLSS(2000 – 3800) mg/l, TC^0 (9.3 – 26.5), pH(7.5 – 8.44), dissolved oxygen in basin and after the end of aeration (0.4–6.9) mg/l, and returned activated sludge was 100%, the solids retention time in the pilot is (20-29) d. At every hydraulic retention time DO, pH, TC^0 were determined in basin, and the input and output of BOD_5, COD, TSS, TN, TP. The characterization of input wastewater to the plant treatment was determined, the average of BOD_{5in} in Winter was 149 mg/l, and the average in Summer was 387 mg/l. The average of TNin and TPin during the studying period were 10.75 mg/l and 8.6 mg/l consecutively. The suitable hydraulic retention time is (14) h in Winter, and (18 – 24)h in Summer. The percentage removal of BOD_5 , COD, TSS, TP at hydraulic retention time = 24h was 91.4%, 91.25%, 92.34%, 18.91% consecutively, and denitrification did not carry out, and DO was2.5mg/l, and T C^0=25.5, F/M = 0.09, pH=7.63. Denitrification and Phosphorous removal were 59% and 37.8% consecutively with anoxic zone in dynamic operating. Production sludge had good characters with thickening time 45 min, specific resistance parameter on filtration $362.8*10^{10}$ cm/g, and SVI=42.37 ml/g.

KEY WORDS: wastewater treatment, small communities, oxidation ditch, phosphorous removal, nitrogen removal.

*Associate Professor, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University
**Assistant Professor, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University.
***MS Student, Environmental Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University

مقدمة:

أدى تزايد عدد السكان ونمو التجمعات السكنية بشكل كبير وعشوائي إلى تفاقم المشكلات البيئية والتي من أهمها التخلص من مياه الصرف الصحي، وتعدّ التجمعات السكانية الصغيرة مصدراً أساسياً لتلوث الموارد المائية بمخلفات الصرف الصحي، بسبب تبعثرها وقربها عادة من هذه الموارد، ومن هنا تأتي أهمية إيجاد الحلول المستدامة لها التي تعني: توفير الكلفة، تجنب المخاطر البيئية المحتملة بسبب تلوث المياه السطحية ومصادر مياه الشرب، بساطة طرق المعالجة، سهولة التشغيل والصيانة، البحث عن وسائل معالجة غير ميكانيكية قدر الإمكان، اختيار الحل التكنولوجي للمعالجة الذي يعتمد على توفر الأرض والاعتمادات المالية اللازمة.

بدأت الخطوات الأولى لإيجاد حلول فعلية لمعالجة مياه صرف التجمعات الصغيرة في سوريا في عام 2001 بإعداد حلول نموذجية للتجمعات السكانية حتى 30 ألف نسمة، وشملت الدراسات التفصيلية عدداً من الحلول المقترحة تتضمن: برك الأكسدة الطبيعية، والبرك المهواة بالمزج الكامل والمزج الجزئي، والبرك المختلطة، وخنادق الأكسدة والتهوية المديدة. وتم تعميم طريقة التهوية المديدة في مناطق ريف محافظة اللاذقية على الرغم من وجود طرق أخرى تتميز بمواصفات مناسبة أكثر مثل خنادق الأكسدة. حظيت خنادق الأكسدة باهتمام ودراسات عالمية كثيرة أهمها: النمذجة والهيدروديناميك [1,2,3]، و تطوير عملية المعالجة في الموقع الذي يؤدي إلى توفير الكلفة والجهد [4,5] ، كذلك عمليات التحكم وإدارة عمليات المعالجة في استخدام التقنيات الحديثة في تطوير عملية المعالجة والتحكم بها [6,7]، بالإضافة إلى تحسين عملية النترجة وإزالة النتروجين من دون إزالة الفوسفور(إزالة المغذيات)، والتي أخذت الحيز الأكبر من الدراسات الحديثة لما لهذه المشكلة من أهمية في الوقت الحالي [8, 9, 10, 11] .

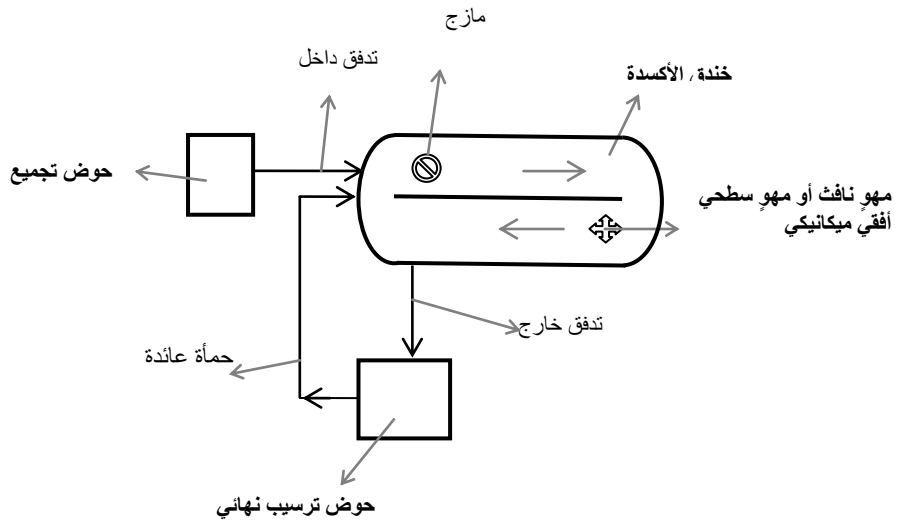
أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكانية الصغيرة واختيار طرق المعالجة المناسبة لها في الساحل السوري انطلاقاً من ظروف كثافته السكانية وتوفر المياه السطحية والجوفية فيه وأهميته السياحية والزراعية، واختيرت طريقة خنادق الأكسدة، لأنها من المتوقع أن توفر الكلفة والجهد، وتؤدي إلى تجنب تلوث المياه السطحية ومصادر الشرب، بالإضافة إلى سهولة التشغيل والصيانة. ويهدف هذا البحث إلى دراسة طريقة خنادق الأكسدة وتحديد العوامل التصميمية لها في معالجة مياه الصرف الصحي للتجمعات السكانية الصغيرة بوصفها طريقة فعّالة واقتصادية تنتج عنها مياه بمواصفات مناسبة للتصريف في المجاري والمسطحات المائية سواءً من ناحية الملوثات العضوية أوالمغذيات.

طرائق البحث ومواده:

وصف النموذج المستخدم وتصميمه:

استخدم نموذج حقلي في الدراسة ووضع في محطة معالجة مياه الصرف الصحي لقرية الحارة مما يتيح استخدام مياه الصرف الحقيقية. يتألف النموذج من **حوض تجميع** بأبعاد (0.4 * 0.45 * 0.25)، ثم **خندق الأكسدة** ارتفاعه 60 cm، وعرضه 40 cm مع وجود حاجز في المنتصف وطوله الكلي 190 cm، يأتي بعده **حوض ترسيب نهائي** بمدة بقاء هيدروليكية T = 2 h وحجم $0.0666\ m^3$، نأخذ قاعدة المرسب بشكل مربع طول ضلعه = 40 cm مع مخروط في أسفله وإعادة للحمأة إلى بداية الخندق، يبين الشكل(1) أجزاء نموذج المعالجة.



الشكل (1) أجزاء نموذج المعالجة.

التجهيزات الكهربائية المستخدمة في النموذج:

1. المهوي السطحي الأفقي الميكانيكي: وهو مروحة من الألمنيوم مغمورة بعمق 8 cm.
2. المهوي النافث (مضخة الهواء): وهي مضخة كورية الصنع، وتعطي شدات هواء من (1 وحتى $15\ m^3/m^3$)، واستطاعتها 5.5 واط ، ومزود بفلتر تهوية رملي بطول 45cm وعرض 2cm وسماكته 2cm، ومزود أيضاً بأنبوب مضخة تهوية بلاستيكي بقطر 5mm .
3. المازج: وهو عبارة عن محور مصنوع من المعدن في نهايته مروحة بقطر 8cm والتي ترتفع عن قاع الخندق4 cm .
4. المضخة الغاطسة: وهي مضخة عمودية صينية الصنع موديل QGD1.8-70-0.55 .
5. مضخة الحمأة العائدة: وهي عبارة عن مسرع للمياه صينية الصنع موديل MBO 70-15 .

التجارب المخبرية: قمنا بقياس البارامترات التالية لتحديد كفاءة المعالجة في النموذج

البارامترات المحددة	1- تم اختيار قيم مختلفة لمدة البقاء الهيدروليكية (HRT). 2- التدفق الداخل حسب الـ HRT. 3- الحمأة العائدة 100% في كل التجارب.
البارامترات المقاسة بواسطة الأجهزة	1- الأوكسجين المنحل (DO). 2- الـ pH. 3- درجة الحرارة.
البارامترات المقاسة بواسطة التجارب المخبرية	1- الـ BOD_5 . 2- الـ COD. 3- الـ TSS. 4- الـ TN (النتروجين الكلي). 5- الـ TP (الفوسفور الكلي).

تم إجراء التجارب المخبرية لـ TSS و TN و TP في مخبر المحطة، وقيس TN و TP باستخدام جهاز HI 83214، ووضعت العينات في حاضنة الـ BOD في مخبر كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين.

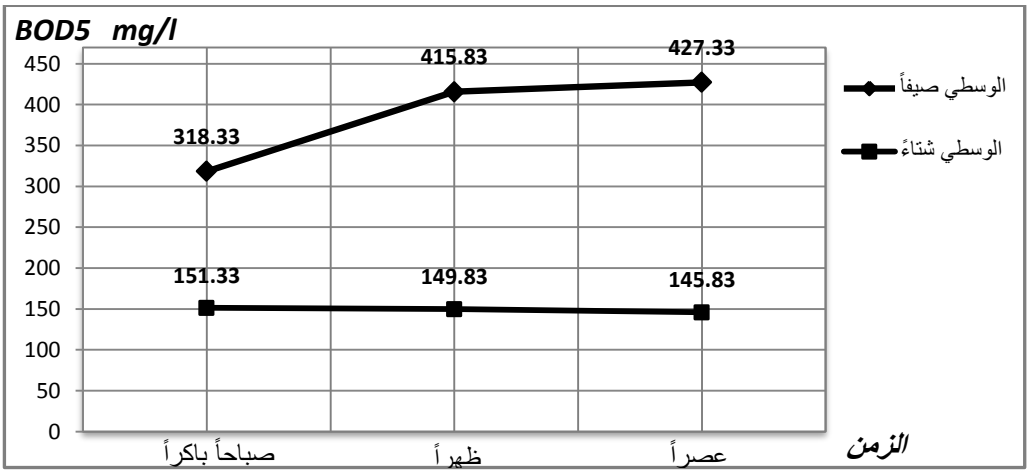
النتائج والمناقشة:

أولاً: مواصفات مياه الصرف الصحي الداخلة إلى المحطة (إلى النموذج):

قيست القيم الداخلة إلى المحطة لـ BOD_5 ، COD ، TSS ، TN ، TP في فصلي الصيف والشتاء من عام 2011. تم جر مياه الصرف للنموذج من المياه المتجمعة في المرمل. أُختير في بداية التشغيل (في الشتاء) مهويين أفقيين ميكانيكيين وأخذت الحمأة في هذه المرحلة من محطة المعالجة، أما في المرحلة الثانية (في الصيف) تم استبدال المهويين الميكانيكيين بمهوي نافث للهواء وتم تربية الحمأة في النموذج.

تقلب قيمة الـ BOD_5 الداخل خلال ساعات اليوم إلى النموذج (إلى المحطة):

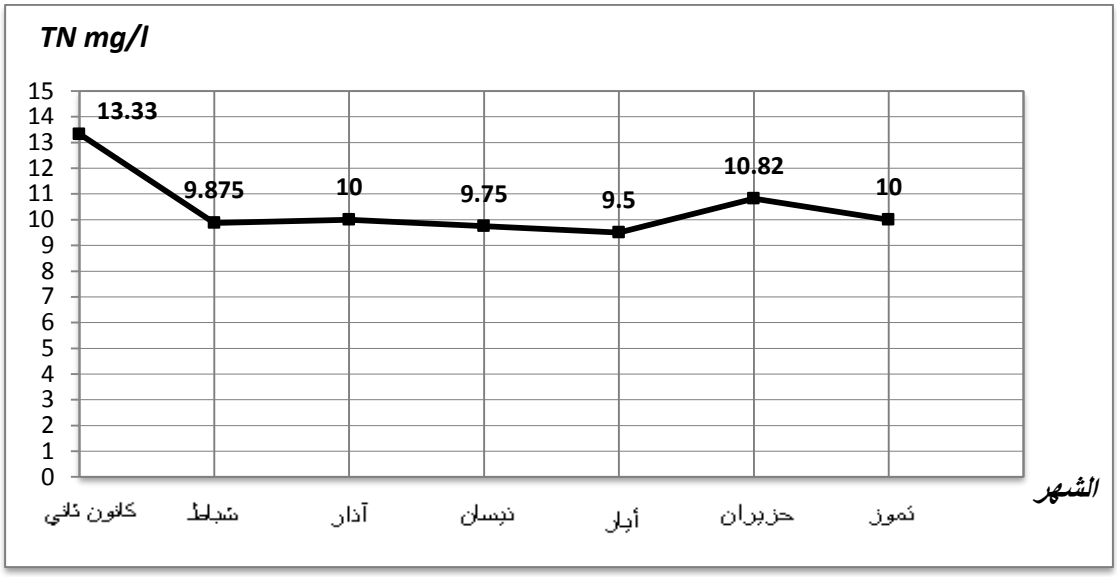
أخذت ثلاثة قياسات في اليوم، في الصباح الباكر وظهراً وعصراً، وحُسب التركيز الوسطي للـ BOD_5 لكل فترة. تم تمثيل تقلب الـ BOD_5 الداخل صيفاً وشتاءً في الشكل (2) الذي يبين الفرق في التركيز الداخل بين الصيف والشتاء، فأخفض تركيز وسطي داخل في الصيف 318.33 mg/l بينما أعلى تركيز وسطي داخل في الشتاء 149.83 mg/l ، كما يبين الشكل الاختلاف في التركيز بين الصيف والشتاء.



الشكل (2) تقلب قيم الـ BOD_5 الداخل خلال ساعات اليوم و بين الصيف والشتاء.

تقلب قيمة النتروجين الكلي الداخل إلى النموذج (الداخل إلى المحطة):

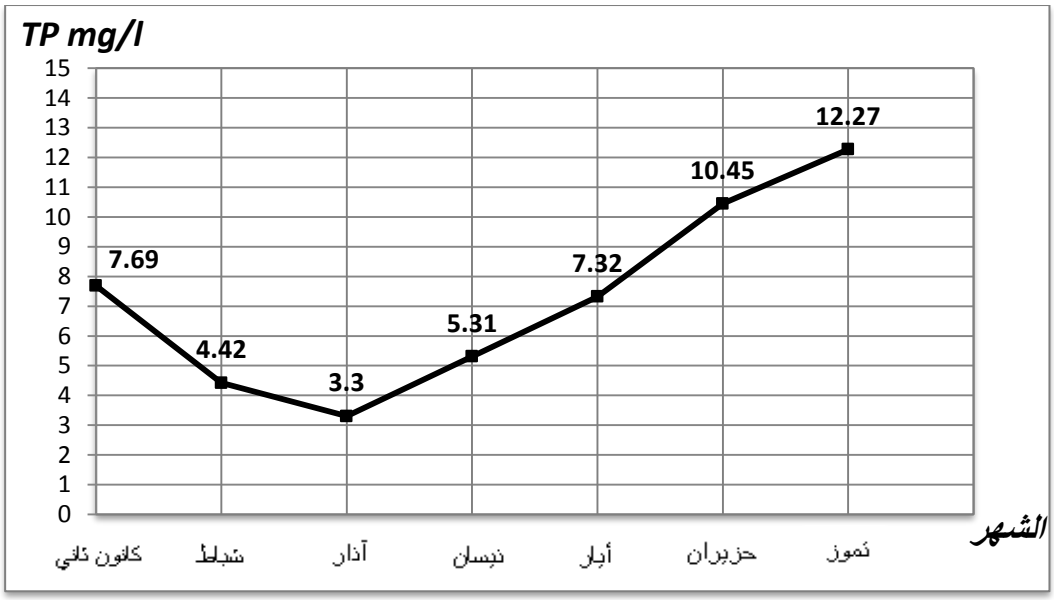
قيست تراكيز النتروجين في الفترة من الساعة التاسعة صباحاً حتى الساعة الثانية عشرة ظهراً، وتم تمثيل تغير التراكيز الداخلة بوصفها قيمة وسطية شهرية. نلاحظ من الشكل (3) استقرار قيم النتروجين الكلي الداخل بالقرب من القيمة 10 mg/l بخلاف الشهر الأول الذي يرتفع فيه التركيز الداخل إلى 13.33 mg/l، وهو شهر يلاحظ فيه استخدام الأسمدة من قبل المزارعين للأراضي المجاورة لمحطة المعالجة ومساهمة مياه الأمطار في جرف الأسمدة من الأراضي الزراعية المجاورة وتسربها إلى أنابيب الصرف الصحي.



الشكل (3) تقلب قيمة النتروجين الكلي الداخل شهرياً.

تقلب كمية الفوسفور الكلي الداخل إلى النموذج (إلى المحطة):

أخذت القياسات من الساعة التاسعة صباحاً إلى الساعة الثانية عشرة ظهراً، وكانت القيمة الوسطية الداخلة من الفوسفور الكلي خلال فترة الدراسة 8.6 mg/l . تم تمثيل القياسات في الشكل (4).



الشكل (4) تقلب قيمة الفوسفور الكلي الداخل شهرياً.

إن القيمة المثالية للنسبة $BOD_5/N/P$ والتي تحقق ظروف معالجة جيدة هي 100/5/1 . ومما سبق نلاحظ أن هذه النسبة في المياه الداخلة إلى النموذج هي (3.45/ 7.58 /100) في الشتاء، و(2.58/ 2.61 /100) في الصيف، مما يدل على التركيز المرتفع نسبياً للفوسفور الداخل بالنسبة إلى تجمع صغير. ويمكن تعليل هذا الارتفاع في التركيز لاستخدام الأسمدة الزراعية، بالإضافة إلى استخدام مساحيق الغسيل وتربية الحيوانات مثل الأبقار وتصريف مخلفاتها إلى محطة المعالجة وغيرها من الأسباب.

تقلب قيم الـ DO الداخل إلى المحطة:

تختلف تراكيز الأوكسجين المنحل الداخل إلى المحطة في فصل الصيف عن فصل الشتاء، والقيم المقاسة في التجارب مبينة في الجدول (1):

الجدول (1) تراكيز الـ DO mg/l الداخل إلى المحطة في فصلي الصيف و الشتاء.

	في الصيف	في الشتاء
تركيز الـ DO الداخل mg/l	0.5	5.075
	0.54	
	0.475	4.6
	0.5	

نلاحظ أن قيم الـDO في مياه الصرف الصحي تختلف في الصيف عن الشتاء، وهي قيم مرتفعة في الشتاء بتأثير مياه الأمطار، ومن ثم يجب في هذه الحالة تخفيض عمل المهويات لتجنب مشاكل التهوية الزائدة ومن أجل توفير الطاقة.

ثانياً: دراسة فعالية خندق الأكسدة في معالجة مياه الصرف الصحي:

درست فعالية نموذج خندق الأكسدة المصمم في حالة التشغيل الديناميكي والستاتيكي، واختيرت مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب من ناحية كفاءة المعالجة ومن الناحية الاقتصادية في الحالة الديناميكية، وتم اقتراح كيفية تحسين عملية المعالجة من خلال تحسين إزالة المغذيات (النتروجين والفوسفور) سواءً في حالة التشغيل الستاتيكي أو الديناميكي.

إن القيم المطلوب تحقيقها في التصريف الخارج في محطة المعالجة الحقيقية (التي تعتمد طريقة التهوية المديدة) هي 20 mg/l لـ BOD_5 و TSS [12].

ملاحظة: تمت دراسة فعالية النموذج ضمن القيم التصميمية للتهوية المديدة من F/M و MLSS وحمأة عائدة وعمر الحمأة (SRT).

<u>الحالة الستاتيكية:</u>

في الشتاء:

بعد تشغيل المهوي لمدة 20 h تم الحصول على كفاءة معالجة 82.96% في إزالة الـ BOD_5 بتركيز داخل 135mg/l و 23 mg/l بعد نهاية التهوية ، أما كفاءة إزالة الـ COD فهي 84.12% وبقيمة 41.8 mg/l بعد نهاية التهوية ، وكانت ظروف المعالجة كما يلي:

العامل المقاس	بداية التهوية	نهاية التهوية
درجات الحرارة	16.3 C^0	15.5 C^0
pH	8	8.34
DO	4.6 mg/l	6.9 mg/l

ومن ثم نجد أن العمل الستاتيكي لخنادق الأكسدة جيد المردود في الشتاء.

في الصيف:

بعد تشغيل المهوي لمدة 21 h تم الحصول على كفاءة معالجة 94.12% في إزالة BOD_5 داخل بتركيز 340 mg/l وبقيمة 20 mg/l بعد نهاية التهوية، أما كفاءة إزالة الـ COD فهي 94.42 % وبقيمة 37.8 mg/l بعد نهاية التهوية ، وكانت ظروف المعالجة كما يلي:

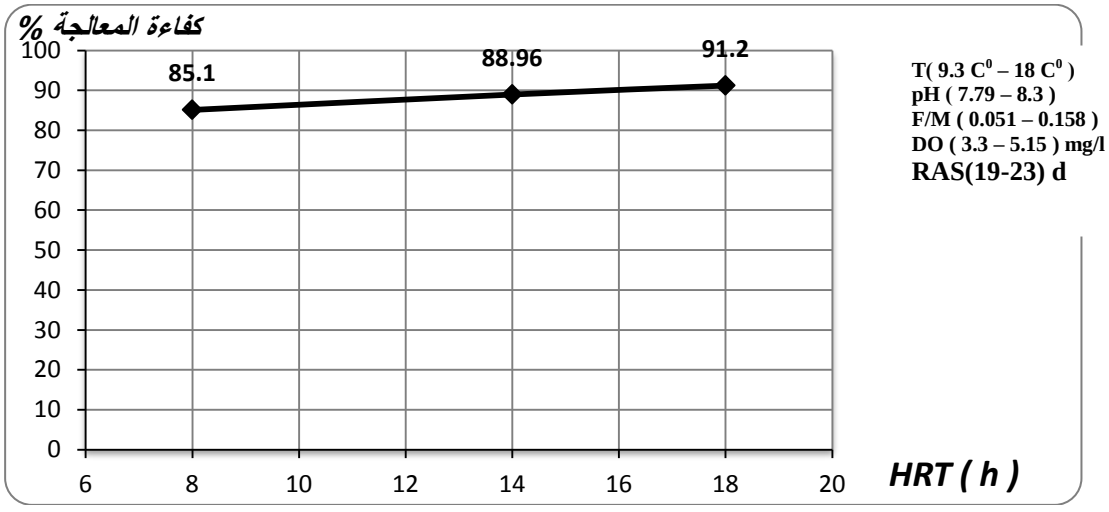
العامل المقاس	بداية التهوية	نهاية التهوية
درجات الحرارة	24.7 C^0	23.6 C^0
pH	7.76	7.94
DO	0.475 mg/l	2.6 mg/l

الحالة الديناميكية:

تمت دراسة فعالية النموذج ضمن القيم التصميمية للتهوية المديدة من: F/M و MLSS و حمأة عائدة وعمر الحمأة (SRT). درست فعالية نموذج خندق الأكسدة المصمم في حالة التشغيل الديناميكي والستاتيكي، واختيرت مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب من ناحية كفاءة المعالجة ومن الناحية الاقتصادية في الحالة الديناميكية، وتم اقتراح كيفية تحسين عملية المعالجة من خلال تحسين إزالة المغذيات (النتروجين والفوسفور) سواءً في حالة التشغيل الستاتيكي أو الديناميكي. إن القيم المطلوب تحقيقها في التصريف الخارج في محطة المعالجة الحقيقية (التي تعتمد طريقة التهوية المديدة) هي 20 mg/l لـ BOD_5 و TSS [12]. تمت دراسة فعالية المعالجة واختيار مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب بحيث تحقق الشرط السابق.

دراسة تأثير مدة البقاء الهيدروليكية على فعالية المعالجة:

يبين الشكل (5) كفاءة المعالجة % لـ BOD_5 مع HRT في الشتاء.

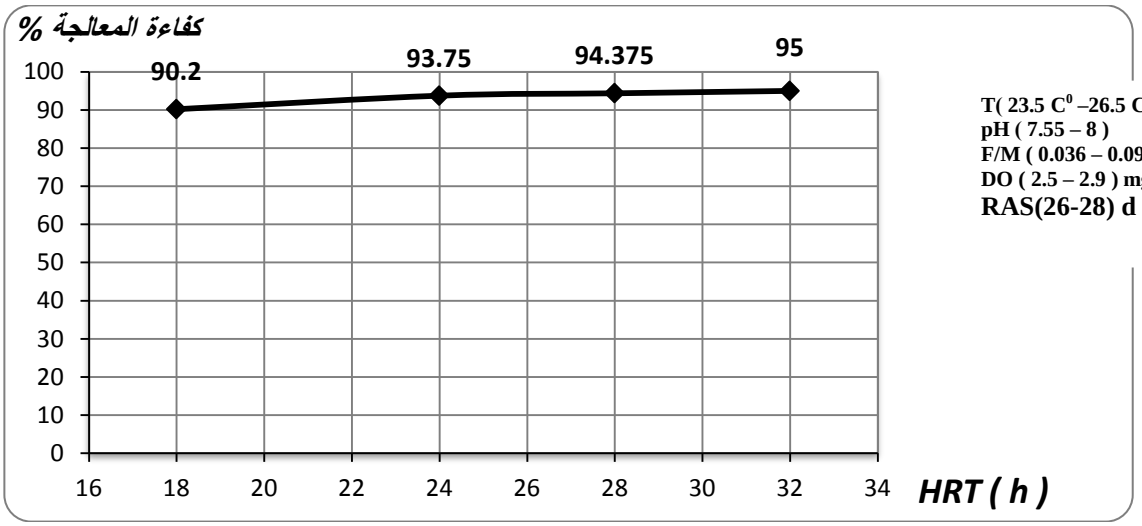


الشكل (5)كفاءة المعالجة % لـ BOD_5 مع HRT في الشتاء.

نلاحظ أن مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب في الشتاء هي HRT=14 h والتي يرافقها كفاءة جيدة في المعالجة، مع مراعاة الكلفة من خلال اختيار المدة ذات الكفاءة الجيدة وزمن التهوية الأقل.

تأثير مدة البقاء الهيدروليكية (HRT) على إزالة الـ BOD_5 في الصيف:

يبين الشكل (6) كفاءة المعالجة % لـ BOD_5 مع HRT في الصيف، ومنه نجد أن مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب في الصيف هي h (24−18)=HRT وذلك انطلاقاً من تحقيق شرط التركيز الخارج من الـ BOD_5 و TSS في مذكرة الشركة العامة للصرف الصحي في اللاذقية [12]، بالإضافة لمراعاة الكلفة.



الشكل (6) كفاءة المعالجة % لـ BOD_5 مع HRT في الصيف.

ثالثاً: فعالية النموذج في إزالة المغذيات (الفوسفور والنتروجين) والعوامل المؤثرة فيها:

- **إزالة النتروجين الكلي:**

لم تحدث عملية إزالة النتروجين في أثناء استخدام النموذج في الصيف والشتاء، وفي الحالة الستاتيكية والديناميكية، لأن ظروف الأوكسجين المنخفض لأقل من 0.5 mg/l لم تتوفر في نموذج خندق الأكسدة، فتحقيق إزالة النتروجين يتم من خلال توفير منطقة anoxic واستقرارها في العمل الستاتيكي(تدفق متقطع) والديناميكي(تدفق مستمر)[13] .

- **إزالة الفوسفور الكلي:**

1− الحالة الستاتيكية:

لقد تحققت أفضل نسبة إزالة للفوسفور الكلي % 10 عند تحقيق كفاءة إزالة جيدة للـ BOD_5 بقيمة 80.77% وبتركيز داخل 130 mg/l وخارج 25 mg/l ، وحيث تحققت نسب إزالة أعلى من هذه النسبة ولكن مع تراكيز غير مقبولة للـ BOD_5 الخارج(أكبر من 25 mg/l).

2− الحالة الديناميكية:

تحققت أفضل نسبة إزالة بنسبة 31.4% مع كفاءة إزالة جيدة للـ BOD_5 بقيمة 91.2% ، وذلك عند مدة بقاء هيدروليكية 18 h وتركيز BOD_5 داخل 170 mg/l وخارج 15 mg/l، وتحققت نسب إزالة أعلى من 31.4% ولكن مع قيم غير مقبولة للـ BOD_5 الخارج.

3- تحسين إزالة الفوسفور الكلي والنتروجين الكلي:

لقد تم تحسين إزالة النتروجين في المعالجة في الحالة الستاتيكية والديناميكية من خلال توفير منطقة anoxic وذلك بإطفاء المهوي لمدة نصف ساعة بعد نهاية التهوية ثم التصريف في التدفق المتقطع، ومن خلال التشغيل المتقطع للمهويات في التدفق المستمر وذلك بتشغيلها لمدة البقاء الهيدروليكية المطلوبة ثم إيقافها مدة نصف ساعة ثم إعادة تشغيلها، وقد اختير زمن النصف ساعة بعملية التجريب: من خلال أخذ العينات بعد نهاية التهوية بنصف ساعة ثم ساعة ثم ساعتين وقياس البارامترات، فتبين أن الزمن نصف ساعة هو الأفضل. وبنتيجة هذا الإجراء تم التوصل إلى نسب إزالة للنتروجين الكلي والفوسفور الكلي بنسبة % 42.3 و % 39.29 على التتالي في العمل الستاتيكي، أما في العمل الديناميكي فبنسب 59% و 37.8% على التتالي.

رابعاً:مقارنة بين كفاءة المعالجة للملوثات العضوية (BOD_5) والمغذيات بين النموذج المستخدم ومحطة المعالجة الحقيقية:

تعتمد محطة المعالجة الحقيقية طريقة التهوية المديدة بمدد بقاء هيدروليكية تصميمية من (36-24)ساعة والتدفق التصميمي للمحطة هو $22\ m^3/h$ [12]، أما التدفق الحالي والمقاس حالياً في المحطة فهو $15\ m^3/h$ صيفاً و $100\ m^3/h$ شتاءً بالإضافة إلى تصريف by pass في الشتاء، وتصل مدة البقاء الهيدروليكية الحالية نتيجة التدفق القليل بالمقارنة مع التدفق التصميمي إلى حوالي 70 ساعة في الصيف، أما في الشتاء فحسب كمية المطر الهاطلة يتم التحكم بمدة البقاء الهيدروليكية في حوض التهوية. وحيث تم أخذ نتائج من قياسات قمنا بأخذها عند مدة بقاء هيدروليكية 24 ساعة بالنسبة إلى النموذج المستخدم، ومن نتائج أجريت من قبل مخبري المحطة ومدونة في جدول النتائج الخاص في المحطة للشهر الأول والثاني والخامس والسادس لعام 2011 . يبين الجدول(2) مقارنة كفاءة المعالجة بين محطة المعالجة الحقيقية والنموذج المستخدم.

الجدول (2)مقارنة كفاءة المعالجة بين محطة المعالجة الحقيقية والنموذج المستخدم.

مقارنة	المحطة	النموذج
كفاءة الإزالة الوسطية % لـ BOD_5	93.7%	93.75%
مدة البقاء الهيدروليكية في حوض التهوية (h)	70h	24 h
كفاءة الإزالة الوسطية % لـTN	0	59 %
كفاءة الإزالة الوسطية % لـTP	45 %	37.8 %

مما سبق تكون المعايير التصميمية في تشغيل نموذج خندق الأكسدة والتي تحقق إزالة الملوثات العضوية والمغذيات هي كما في الجدول(3):

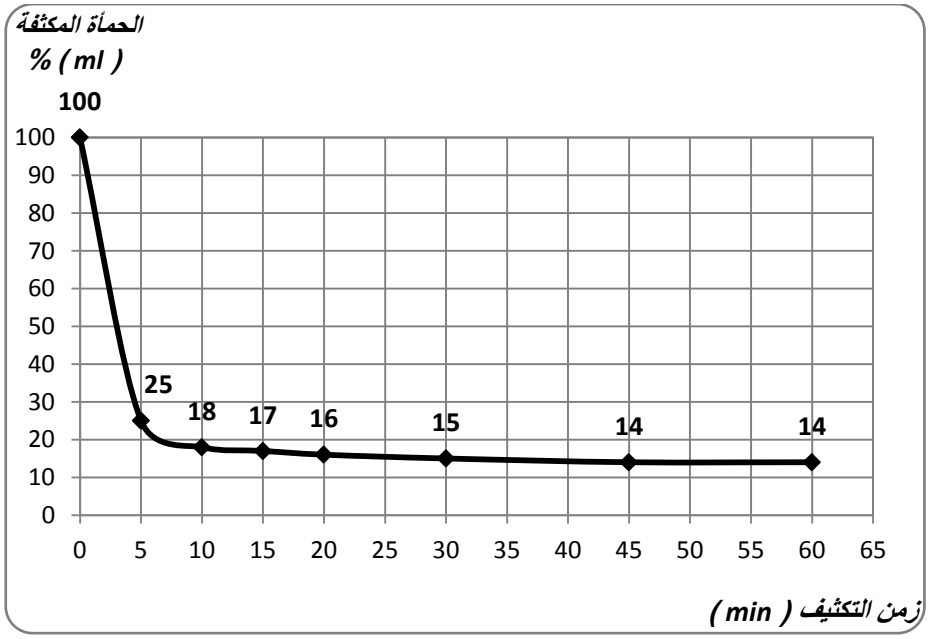
الجدول(3): المعايير التصميمية في تشغيل نموذج خندق الأكسدة

HRT(h)	18 - 24
نسبة إعادة الحمأة RAS%	100%
F/M	0.085 – 0.093
عمر الحمأة (d) SRT	26

خامساً: دراسة مواصفات الحمأة الناتجة (زمن تكثيف ، عامل المقاومة على الترشيح ، SVI):

1. زمن تكثيف الحمأة:

أخذنا عينة حمأة حجمها (100 ml) من حوض الترسيب للنموذج المستخدم وتم قياس كثافة الحمأة في سلندر (100 ml) بمرور الزمن، فتبين زمن تكثيف الحمأة هو **45 min** كما يظهر الشكل (7).



الشكل (7) العلاقة بين حجم الحمأة المكثفة (النسبة المئوية) وزمن التكثيف.

2. دراسة تناقص رطوبة الحمأة على عامل مقاومتها النوعية على الترشيح r':

$$r' = 362.8 * 10^{10}\ cm/g \quad < \quad 400 * 10^{10}\ cm/gr$$

وهو عامل المقاومة النوعية على الترشيح، فنستنتج أن الحمأة الناتجة سهلة التكثيف، ويمكن أن تجفف تجفيفاً سريعاً بالترشيح.

3. دليل حجم الحمأة (Sludge Volume Index) SVI:

$$\mathbf{SVI}\ \mathrm{ml/g} = \frac{\text{حجم الحمأة المترسبة بـ } \mathbf{1000} * \frac{\mathbf{ml}}{\mathbf{l}}}{\text{المواد الصلبة العالقة بـ } \frac{\mathbf{mg}}{\mathbf{l}}}$$

من تجربة التكثيف نجد أنه عند الدقيقة 30 كان حجم الحمأة المكثفة 15 ml/100ml ومن ثم يكون حجم الحمأة المكثفة في لتر واحد هو 150 ml/l . ومن تجربة الترشيح نتج تركيز المواد الصلبة العالقة $3.54\ Kg/m^3$ ويساوي 4540 mg/l ، ومنه:

$$\mathbf{SVI} = \frac{1000*150}{3540} = \mathbf{42.37}\ \ ml/g$$

نلاحظ أن دليل الحمأة منخفض ومن ثم فالحمأة الناتجة ذات خواص ترسيب جيدة، كما يدل انخفاض دليل حجم الحمأة على أن مياه الصرف الصحي القادمة لا تحتوي على مخلفات صناعية.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. مدة البقاء الهيدروليكية الأنسب للتشغيل في الحالة الديناميكية هي 14 ساعة في فصل الشتاء و (18-24 ساعة في فصل الصيف، لأنه بعد هذه القيم لا يحدث تغير كبير على كفاءة المعالجة، ويكون التركيز الخارج ضمن الحدود المقبولة (أقل من 20 mg/l).

2. تحققت في الحالة الديناميكية شتاءً عند مدة بقاء هيدروليكية 14 h نسبة إزالة لـ BOD_5 ، COD ، TSS ، TP هي: 88.96% ، 86.8% ، 89% ، 15.5 %على التتالي، وكانت درجة حرارة المياه في الحوض $13C^0$ و pH = 8.3 و F/M = 0.09 وقيمة أوكسجين منحل في الحوض 5.15 mg/l .

3. أما في الصيف، فتحققت نسبة إزالة عند مدة بقاء هيدروليكية 24 h لـ BOD_5 ، COD ، TSS، TP هي: 91.4 % ، 91.25 % ، 92.34% ، 18.91 % على التتالي، وكانت درجة الحرارة 25.5 C° و pH =7.63 و F/M = 0.09 ،وأوكسجين منحل في الحوض 2.5 mg/l .

4. لم تحدث إزالة للنتروجين في الحوض.

5. نسبة إزالة الـ TP 31.4 % مع إزالة لـ BOD_5 بنسبة 91.2 % ، وعند مدة بقاء هيدروليكية 18 h، وتركيز BOD_5 خارج 15 mg/l .

6. إزالة النتروجين الكلي بتوفير منطقة anoxic: في التشغيل الستاتيكي 42.3 % و 59% في التشغيل الديناميكي.

7. إزالة الفوسفور الكلي بتوفير منطقة anoxic: في التشغيل الستاتيكي 40.54% و 37.8% في التشغيل الديناميكي.

8. عامل المقاومة النوعية على الترشيح للحمأة الناتجة $r`= 362.8 * 10^{10}$ cm/gr ، وزمن تكثيفها 45 min ومن ثم هي حمأة سهلة التكثيف والترشيح، وقيمة SVI = 42.37 ml/g مما يدل على أن مياه الصرف القادمة لا تحتوي على مخلفات صناعية، وأنّ الحمأة سهلة التكثيف والترشيح.

9. المعايير التصميمية لعمل النموذج في إزالة الملوثات العضوية والمغذيات هي:

.1 HRT(h) =18 – 24 ,نسبة إعادة الحمأة 100% , F/M = 0.085 – 0.093 , عمر الحمأة 26 يوم.

التوصيات:

1. تقييم الطرق المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي في الساحل السوري واختيار الأنسب من ناحية الظروف المناخية والطبيعية والسكانية والاقتصادية.
2. أخذ مياه الأمطار وتأثيرها بعين الاعتبار في أثناء تشغيل محطات المعالجة مثل تخفيض التهوية.
3. متابعة البحث بإجراء تعديلات على خندق الأكسدة سواءً بإحداث مناطق لا هوائية و مناطق قليلة التهوية في الخندق من خلال هدارات أو بوابات أو من خلال إنشاء أحواض مستقلة لإزالة الفوسفور والنتروجين قبل الحوض أو بعده.

4. دراسة مراحل النترجة، وإزالة النتروجين، وتغير شكل مركبات النتروجين NH_4^+ ، NO_2^-، NO_3^- وغيرها خلالهما.

المراجع:

1. انترنت \د.م عبد الرزاق محمد سعيد التركماني 2008" تقييم الوضع الحالي لمحطات المعالجة الصغيرة في سورية (www.google.Com)،
2. Peavy, H., Rowe, D., Tchobanoglous, G, "Environmental Engineering". GRAW-HILL international editions civil engineering series (1985) 157-170 .
3. ميشكوف، ب.غ.، سلوفوفا إ.أ.، كيرف، ف.أ.، زفيرفا، ل.ن.، " تكنولوجيا إزالة الآزوت والفوسفور في عمليات معالجة مياه الصرف الصحي". موسكو 2008. (باللغة الروسية) 28-25 .
4. د.م أحمد فيصل الأصفري، " منظومات الصرف الصحي ومعالجة مياه المجاري" .الكويت (997) 133-140
5. " دراسة حول تطوير نظام الصرف الصحي في الجمهورية العربية السورية" انترنت\الوكالة اليابانية جايكا، 2007- 2008 .
6. Liu.JandXia.S,"Aninnovative integrated oxidation ditch with vertical circle for domestic wastewater treatment". Process Biochemistry 39 (2004) 1111-1117.
7. an, L .,Xu, N .,Wang, Z ., and Shi, H , "PDA experiments and CFD simulation of a lab- scale oxidation ditch with surface aerators". Chem.eng Res(2009), doi 10.1016/j cherd. 2009.07.013.
8. N.LESAGE , M. SPÉRANDIO , C. LAFFORGUE and A. COCKX, "Calibration And Application Of A 1-D Model For Oxidation Ditches". Trans IChemE, Vol 81 , Part aoctober 2003
9. Wu, Q., Gao ,T., Zeng , S and Chua ,H, "Plant-biofilm oxidation ditch for in situ treatment of polluted waters". Ecological Engineering 28(2006) 124- 130
10. Y. Jiao., Q. Zhao., W. Jin., X. Hao., S. You," Bioaugmentation of a biological contact oxidation ditch with indigenous nitrifying bacteria for in sremediationof nitrogen – rich stream water". Bioresource Technology 102(2011) 990 - 995.
11. Yongzhen, P., Hongxun, H., Shuying, W., Youwei, C., Yuan, Z, "Nitrogen and phosphorus removal in pilot-scale anaerobic – anoxic oxidation ditch system". Journal of Environmental Science 20 (2008) 398 – 403.
12. :الشركة العامة للصرف الصحي في محافظة اللاذقية (تقارير).
13. Metcalf & Eddy ." Wastewater Engineering", Treatment and Reuse .Fourth Edition . ,(2003) 600-650.