

تأثير استخدام الأحواض الانتقائية اللاهوائية على كفاءة أنظمة الحماية المنشطة المستمرة الجريان

حنان حقي إسماعيل
مدرس مساعد، جامعة الموصل

د. قصي كمال الدين الأحمدي
أستاذ مساعد، جامعة الموصل
كلية الهندسة قسم هندسة البيئة

الملخص

تم في هذا البحث إنشاء وتشغيل محطة اختباريه تتكون من أربعة مفاعلات بيولوجية لغرض دراسة تأثير استخدام الأحواض الانتقائية اللاهوائية على سلوك وكفاءة أداء وحدات الحماية المنشطة المستمرة الجريان. قسم برنامج العمل إلى ثلاثة مراحل تم في المرحلة الأولى تشغيل الوحدات الاختبارية على وقت تعويق هيدروليكي للمفاعل الهوائي يساوي (32 ساعة)، في حين كان وقت التعويق الهيدروليكي في المفاعل البيولوجي الهوائي وللمرحلتين الثانية والثالثة مساويا لـ (24 و 18 ساعة) وعلى التوالي. أثبتت نتائج البحث إن إضافة الأحواض الانتقائية اللاهوائية يحسن من خصائص المعالجة البيولوجية الهوائية من حيث إزالة المواد العضوية الذائبة والفسفور والخصائص الترسيبية للحماة البيولوجية. كذلك أظهرت النتائج أن هناك علاقة بين زيادة وقت التعويق الهيدروليكي للحوض الانتقائي اللاهوائي وكفاءة إزالة كل من المواد العضوية والفسفور وتحسين خصائص الحماة حيث تزداد كفاءة إزالة المواد العضوية والفسفور مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي للأحواض الانتقائية اللاهوائية، بالمقابل تقل قيمة معامل دليل الحماة الحجمي مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي للأحواض الانتقائية، حيث لوحظ أن أفضل كفاءة إزالة واقل معامل دليل حماة حجمي (SVI) تحقق في المحطة الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي يعمل بوقت تعويق يساوي (120) دقيقة تليها المحطة الاختبارية ذات الحوض الانتقائي اللاهوائي الذي يعمل بوقت تعويق يساوي (60) دقيقة ثم المحطة ذات الحوض الانتقائي الذي يعمل بوقت تعويق يساوي (30) دقيقة.

Effect of Using Anaerobic Selectors on the Performance of Continuous Flow Activated Sludge Systems

Dr. Kossay K. Al-Ahmady

Ass. Professor, University of Mosul,

College of Engineering, Environmental Eng. Dept.

HananHaqeIsmaeel

Ass. Lecturer; University of Mosul,

Abstract

In this research, four experimental plants have been constructed and operated in order to study the impact of using the anaerobic selectors on the behavior and efficiency of the extended aeration activated sludge system. The study program was divided into three stages. In the first stage, the experimental plants were run on the hydraulic retention time of the aerobic reactor equals to (32) hours, whereas, the hydraulic retention times in the biological aerobic reactors for the second and the third stages were (24 and 18) hours respectively. The results of the study revealed that; adding the anaerobic selectors improves the properties of the aerobic biological treatment in terms of removing soluble organic materials (CODs) and the efficiency of removing phosphorus (PO₄). The results also showed that, the organic and phosphorus removal efficiency increases with increasing the hydraulic retention time of the anaerobic selector. In contrast the values of the sludge volume index (SVI) decreases with this increasing. Higher removal efficiencies were recorded in the experimental stations that include anaerobic selector, which operates on a hydraulic retention time of (120 min) followed by the plant with the selector of (60 min) detention time and in the last place the plant that include selector, which operates on a hydraulic retention time of (30 min).

Keywords: Anaerobic selector, Activated sludge, HDT, SVI, Phosphorus removal, Organic removal

المقدمة

تعد أنظمة الحماية المنشطة من أكثر أنظمة المعالجة البيولوجية انتشارا وذلك بسبب سهولة إنشاؤها وانخفاض تكاليف تشغيلها (Metcalf and Eddy, 2003). ولكن ومع مرور الوقت ظهرت العديد من المشاكل والعراقيل في تشغيل هذه الأنظمة تتركز غالبيتها بسلوك الأحياء المجهرية داخل المفاعلات البيولوجية وانحرافه بشكل أو بآخر بحيث تكون فيه هذه الأحياء غير قادرة على تحقيق هدف المعالجة. ولعل من أكثر مشاكل أنظمة الحماية المنشطة شيوعا مشكلة انتفاخ الحمأة (Bulking sludge) والتي غالبا ما تتواجد في جميع محطات أنظمة الحماية المنشطة المستخدمة لمعالجة مياه الفضلات ولكن بدرجات متفاوتة (Aurola et al, 2003). وعادة ما تترافق مشكلة انتفاخ الحمأة مع ظهور تحول في نمو الأحياء المجهرية الموجودة داخل المفاعل البيولوجي باتجاه النمو الخيطي (Filamentous growth) والذي يؤدي بدوره إلى زيادة المساحة السطحية للأحياء المجهرية إلى الحد الذي تصبح فيه قوة الطفو الموجودة في الماء قادرة على منع ترسب الأحياء المجهرية في أحواض الترسيب مما يعني تسرب الكتلة الحية من المفاعل وخروجها مع الراشق، والتي عادة ما تترافق في الحالات الشديدة مع فشل وانهيار المنظومة البيولوجية بشكل كامل (Metcalf and Eddy, 2003).

ولأجل الحد من تفاقم المشكلة التي قد تؤدي إلى انهيار النظام، فإن مهندسي ومشغلي محطات المعالجة غالبا ما يلجؤوا إلى تخفيف الحمل الهيدروليكي المسلط على المحطة وذلك لتقليل الضغط عن حوض أو أحواض الترسيب وتوفير وقت تعويق هيدروليكي أطول داخل الحوض يسمح بترسب الأحياء المجهرية ذات المساحة السطحية الكبيرة والصعبة الترسب، أي تقليل طاقة استيعاب المحطة إلى أقل من قيمتها التصميمية بكثير مما يعني عمليا وجود كمية من مياه الفضلات ستكون خارج قابلية المحطة.

وبالنظر لخطورة هذه المشكلة فقد دأب العديد من الباحثين على دراستها ومحاولة إيجاد الحلول المناسبة لها. بشكل عام يمكن تحديد خطين رئيسيين لمعالجة ظاهرة انتفاخ الحمأة في محطات المعالجة، الخط الأول هو المعالجات الأنيية أو القصيرة الأمد لمشكلة الانتفاخ والخط الثاني هو المعالجات الطويلة الأمد. تعد المعالجات الأنيية أو القصيرة الأمد لمشكلة الانتفاخ من أولى التوجهات التي اتخذت للتعامل مع هذه الظاهرة، والتي انصبحت غالبا باتجاه استخدام المواد والمركبات الكيماوية المختلفة كالبوليمرات والمؤكسدات كالكلور والاوزون. لكن بمرور الوقت أصبحت هذه العملية مكلفة إما بسبب ارتفاع كلفة البوليمرات أو لصعوبة التحكم والسيطرة على كمية المؤكسدات اللازم إضافتها إلى المنظومة من دون حدوث تأثير سلبي عليها كذلك وللتأثيرات السلبية التي تضيفها على خصائص المطروحات.

من هنا كان التوجه لاستخدام ما يسمى بالأحواض الانتقائية (Selectors) إلى محطات المعالجة والتي تعمل ليس فقط على معالجة ظاهرة الانتفاخ بل وأيضا تحسين قابلية المحطة لإزالة طائفة أخرى من الملوثات كالمواد النتروجينية والفسفور. يعتمد مبدأ المعالجة بهذا الترتيب على توفير حوض أو سلسلة من الأحواض الانتقائية، توضع قبل المفاعل البيولوجي حيث يتم فيها مزج الحمأة المعادة مع المياه الداخلة ضمن حجم صغير نسبيا يتراوح بحدود (6/1 - 10/1) من حجم المفاعل حيث يعمل هذا الحوض على تعريض الأحياء المجهرية لتأثير صدمي حاد وذلك عن طريق زيادة الحمل العضوي داخل الحوض الانتقائي بشكل كبير، أي أن التأثير الصدمي داخل الحوض الانتقائي سيتحقق بواسطة زيادة تركيز المواد العضوية وليس عن طريق استخدام مادة كيماوية مضافة، مما يعني عدم الحاجة لاستخدام مواد غير موجودة أصلا بمياه الفضلات، كذلك التخلص من التأثير السمومي المترتب عن هذا الاستخدام هذا إضافة لتقليل الكلف التشغيلية للمحطة (Banoub, 1982).

إن تعريض المنظومة البيولوجية لهذه الصدمة غالبا ما يؤدي إلى موت معظم الأحياء المجهرية ذات المساحة السطحية الكبيرة والتي تكون بنمات كبير مع المحيط والمسببة لمعظم مشاكل الانتفاخ، فيما تصبح الأحياء المجهرية الأخرى ذات القابلية العالية على التكاثر والتي تمتاز بمساحتها السطحية المنخفضة هي السائدة داخل المفاعل الرئيسي.

تستخدم الأحواض الانتقائية بشكل واسع في الوقت الحاضر عند تصميم محطات المعالجة الحديثة كما ويمكن إضافتها لمحطات المعالجة القديمة لتحسين خصائصها (Anderaet al, 2001). بشكل عام يمكن تقسيم الأحواض الانتقائية المستخدمة في محطات معالجة مياه الفضلات إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي: الأحواض الانتقائية الهوائية (Aerobic selectors) والتي تستخدم للتحكم بانتفاخ الحمأة في محطات المعالجة التي تعمل بعمر حماة قصير نسبيا، الأحواض الانتقائية اللاهوائية (Anaerobic selectors) والتي تظهر فعالية مناسبة في إزالة الحمأة الخيطية في محطات المعالجة التي تعمل بنظام التهوية المطولة، والأحواض الانتقائية القليلة التهوية (Anoxic selectors) والتي تظهر فعالية مناسبة لإزالة الحمأة الخيطية عند استخدامها بالتتابع مع الأحواض الانتقائية اللاهوائية والهوائية.

(Alberson and Hendricks, 1991). يهدف هذا البحث لتحقيق الأهداف التالية:

1. دراسة تأثير إضافة الأحواض الانتقائية اللاهوائية في كفاءة إزالة الملوثات العضوية والفسفور منظومات الحمأة المنشطة المستمرة الجريان ذات التهوية المطولة ومقارنتها بغير الحاوية على هذه الأحواض.

2. دراسة تأثير تغيير وقت التعويق الهيدروليكي في مفاعلات الحماية المنشطة المستمرة الجريان في كفاءة الإزالة عند وجود الأحواض الانتقائية اللاهوائية.
3. تأثير تغيير وقت التعويق الهيدروليكي في الأحواض الانتقائية اللاهوائية (Anaerobic selectors) واثـر ذلك في كفاءة الإزالة واستقرارية النظام.

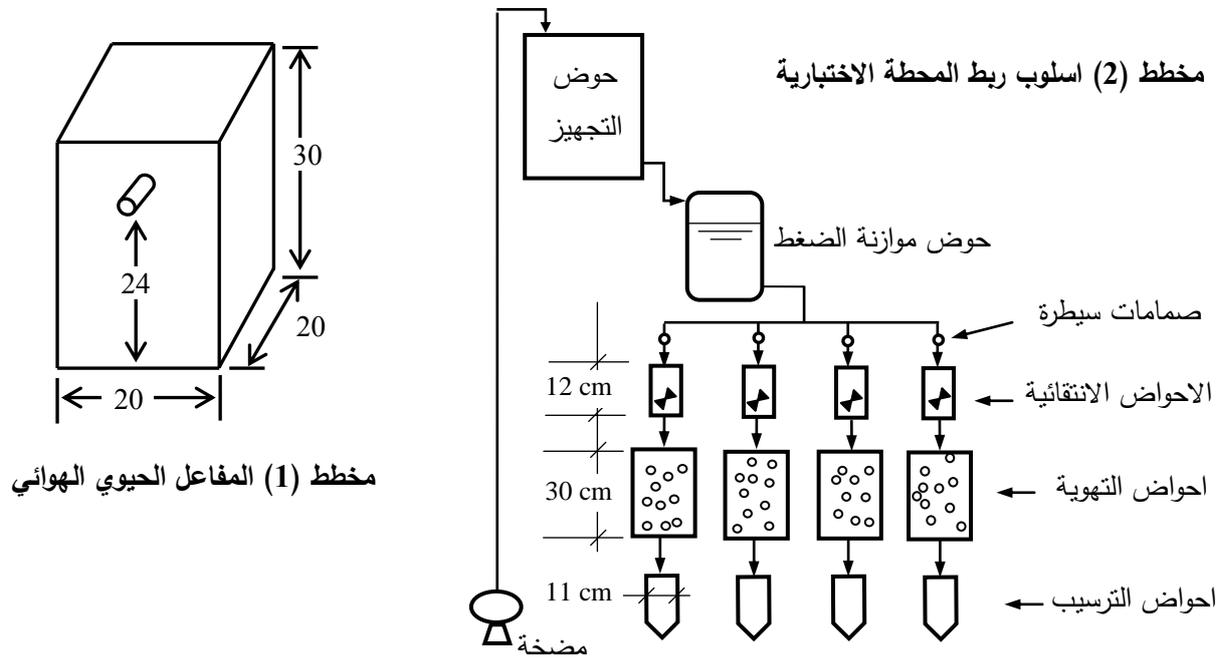
الدراسات السابقة

قام الباحث (Mangrum, 1998) بمعالجة مياه فضلات مدنية باستخدام محطة تتألف من قسمين يعملان لأول بنظام الحماية المنشطة ذات المزج الكامل والثاني بنفس الأسلوب مع إضافة حوض انتقائي لاهوائي في بداية المحطة. استنتج الباحث أن مكوث مياه الفضلات في الحوض الانتقائي قبل دخولها إلى حوض التهوية يعمل على تحسين الخصائص الترسيبية للحماة في المحطة المطورة بشكل واضح. كما لاحظ الباحث أن استخدام هذا الحوض يؤدي إلى الحد من حدوث مشكلة الرغوة في أحواض المعالجة التابعة لتلك المحطة. كما قام الباحث (Albersond Hendricks, 1991) باستخدام مفاعلات بيولوجية تعمل بالحماة المنشطة تامة المزج تم ربطها بثلاث أحواض انتقائية قليلة التهوية وتم تغذيتها بمطروحات مدنية. أثبتت نتائج الدراسة أن استخدام الأحواض الانتقائية تامة المزج ذو كفاءة بتخفيض قيمة معامل دليل الحماة الحجمي (SVI) وتقليل انتفاخ الحماة المنشطة مما يؤدي إلى استقرار نظام المعالجة وإزالة المواد النتروجينية من المياه المعالجة. كما قام الباحث (Jayh α Daniel2000) بمعالجة مياه الفضلات الناتجة عن العمليات الصناعية والتي تدخل المعادن الثقيلة ضمن فعاليتها بإنشاء محطة اختباريه ذات مفاعل رئيسي ربط بالتوالي مع خمسة أحواض انتقائية ربطت مع بعضها على التوالي. أثبتت نتائج الدراسة أن استخدام الأحواض الانتقائية مع وحدات الحماية المنشطة ذو كفاءة وقابلية جيدة بإزالة المواد النتروجينية وكذلك إزالة بعض المعادن مثل الكاديوم والنيكل.

كذلك أثبتت نتائج الدراسة التي قام بها الباحث (Aurolaet al,2000) أن استخدام الأحواض الانتقائية اللاهوائية قبل حوض التهوية يعمل على الحد من نمو البكتيريا الخيطية، ويحسن بشكل كبير من إزالة مركبات الفسفور من مياه الفضلات. كما ودرس الباحث (Harperan and Jenkins, 2001) كفاءة الأحواض الانتقائية اللاهوائية في خفض قيمة الفسفور حيث لاحظ الباحثان أن استخدام الحوض الانتقائي اللاهوائي يحسن من كفاءة المنظومة على إزالة الفسفور بشكل واضح. ودرس الباحث (Penget al, 2003) تأثير إضافة حوض انتقائي لاهوائي يعمل بأوقات تماس مختلفة تتراوح ما بين (15-60) دقيقة إلى محطة معالجة تعمل بنظام الجرغ المتتابعة وتمت تغذية المحطة الحوض بمطروحات صناعية. استنتج الباحث أن أفضل وقت مكوث لمياه الفضلات في الحوض الانتقائي اللاهوائي هو (30) دقيقة لمنع نمو البكتيريا الخيطية وتحسين الخواص الترسيبية للحماة في المحطة المطورة. كما قام الباحث (Micalhae land Richard, 2003) بمعالجة مشكلة انتفاخ الحماة في محطة معالجة مياه فضلات مدنية وذلك عن طريق استخدام نوعين من الإجراءات الأول هو التحكم قصير الأمد بحقن الحماة الراجعة بالكور لقتل البكتيريا الخيطية الموجودة أما الإجراء الثاني فهو مزج الحماة الراجعة من حوض الترسيب الثانوي مع مياه الفضلات الداخلة في حوض انتقائي هوائي لمدة نصف ساعة قبل إعادة ضخها إلى حوض التهوية. أثبتت نتائج البحث كفاءة الحوض الانتقائي بالسيطرة على نمو البكتيريا الخيطية المسببة لانتفاخ الحماة. كما قام الباحث (Nayef,2008) بمعالجة مطروحات الفضلات الناتجة عن المسالخ باستخدام مفاعلات بيولوجية تعمل بنظام الحماية المنشطة تم ربطها بحوض انتقائي هوائي. أثبتت نتائج الدراسة كفاءة هذه الأحواض بمعالجة هذا النوع من المطروحات وقابليتها على استيعاب التغيرات بالحمل العضوي دون حصول فشل أو تذبذب باستقرارية المعالجة.

المواد وطرق العمل

أشتمل العمل المختبري على إنشاء وتشغيل محطة اختبارية تتكون من أربعة مفاعلات حماة منشطة ذات تهوية مطولة تعمل بأسلوب الجريان المستمر، حيث ربطت ثلاثة من هذه المفاعلات بأحواض انتقائية لاهوائية تعمل بأوقات تعويق مختلفة في حين عمل المفاعل الرابع كمفاعل سيطرة تحت نفس الظروف التشغيلية وبدون وجود الحوض الانتقائي لغرض دراسة تأثير وجود هذه الأحواض على المحطة. جُهزت المحطة الاختبارية بمنظومة تحكم وسيطرة كهربائية أوتوماتيكية متكاملة مجهزة بعاكسة كهربائية قدرة (1000) واط لغرض تزويد المنظومة بالكهرباء في أوقات انقطاع التيار الكهربائي. صنعت المفاعلات البيولوجية الأربعة من الواح زجاجية بأبعاد (20 × 20 × 30 سم) وبحسب النموذج المقترح من قبل الباحث (Richardet al, 2000)، حيث تم تجهيز كل حوض بفتحة علوية على ارتفاع (24 سم) من أسفل الحوض تستخدم لخروج المياه المعالجة إلى أحواض الترسيب كذلك جهز الحوض بفتحة دخول عمودية على سطح المفاعل العلوي لغرض تغذيته بمزيج المياه القادمة من الأحواض الانتقائية للمنظومات الثلاث أما الحوض الرابع فقد تم تجهيزه مباشرة بمياه الفضلات من حوض التجهيز. يوضح المخططان (1) و (2) حوض التهوية وطريقة ربط المنظومة.



تم ربط كل مفاعل بيولوجي هوائي من جهته الأمامية بحوض انتقائي لا هوائي بأبعاد (12×12) سم أما البعد الثالث والذي يمثل عمق الماء فقد كان متغيراً بحسب حجم الحوض الانتقائي والذي يتغير بدوره حسب وقت التعويق الهيدروليكي المقترح للحوض. تم تنقيب هذه الأحواض من جهتيها الأمامية والخلفية بفتحات لغرض تجهيزها بمياه الفضلات والحماة المرجعة من حوض الترسيب ومن جهة الخروج لغرض انتقال المياه المعالجة إلى أحواض التهوية، كذلك تم تجهيز كل حوض من هذه الأحواض بمزج كهربائية غاطسة لغرض منع حدوث أي ترسيب للحماة كما تم تغطية كل حوض بغطاء محكم لمنع الأوكسجين من التسرب إلى الداخل ولأجل خلق الظروف اللاهوائية داخل الحوض. كما تم ربط كل مفاعل بيولوجي من جهته الأخرى بحوض ترسيب اسطواني الشكل بقطر (11 سم) يحتوي في أسفله على تركيب مخروطي صغير يهدف إلى تجميع الحماة المترسبة. ولغرض تقليل الاضطراب الحاصل نتيجة دخول المياه إلى حوض الترسيب فقد جهز كل حوض ترسيب بمدخل (Inlet) خاص مصنوع من مادة البلاستيك كما تحتوي الأحواض على فتحة خروج لغرض دراسة خصائص الماء الخارج بعد الترسيب من كل منظومة مخطط (2).

كذلك تم خلال البحث السيطرة على نسبة ترجيع الحماة التي مقدارها 100% من التصريف الداخل لجميع الأحواض ولجميع المراحل التشغيلية من خلال منظومة ترجيع خاصة تكونت من مضخات صغيرة مثبتة في التركيب المخروطي في أسفل أحواض الترسيب حيث يتم التحكم بتشغيل هذه المضخات من خلال منظومة سيطرة كهربائية تعمل بشكل أوتوماتيكي كامل من خلال مجموعة من الموقتات المبرمجة التي تسيطر على فترات تشغيل وإطفاء المضخات التي يمكن من خلالها تحديد كمية ونسبة الحماة الراجعة. ولغرض توفير الأوكسجين والمزج اللازمين لعمل المفاعلات البيولوجية الهوائية فقد جهزت المحطة الاختبارية بمضخات هواء كهربائية ذوات تصريف 10 ± 110 مللتر/دقيقة وبعدد 8 مضخات مرتبطة بواسطة منظومة أنابيب بلاستيكية بناشرات هواء حجرية ذوات قطر 1 سم وبطول 12 سم بواقع ناشرتي هواء لكل حوض تم وضعهما بترتيب خاص وبشكل ملاصق لجانبي المفاعل المتعامدين، حيث أدى هذا إلى إحداث حركة دورانية حلزونية ومزج لمكونات الحوض مع توزيع متساوٍ لتركيز الأوكسجين داخل حوض التهوية.

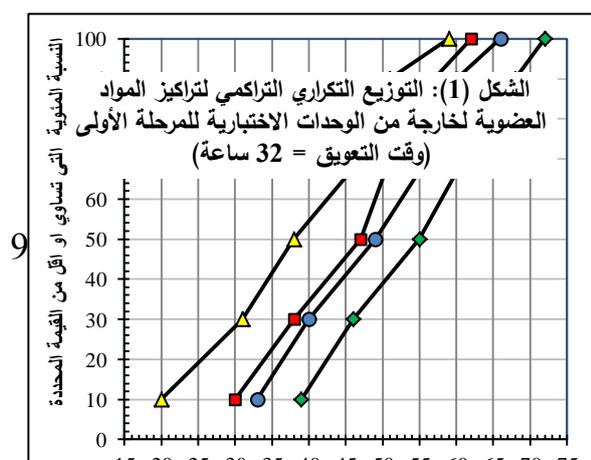
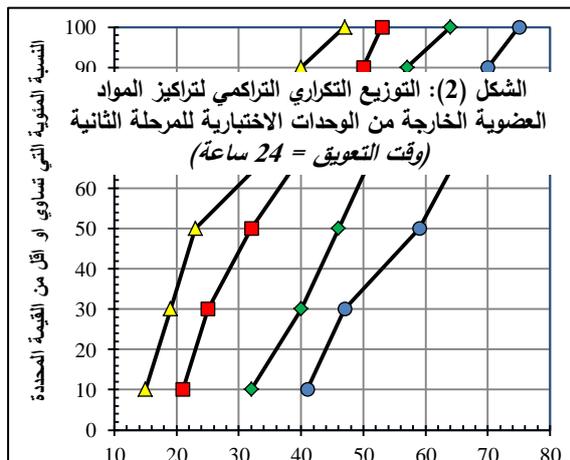
تم تشغيل الوحدات الاختبارية الأربعة في آن واحد باستخدام مياه مطروحات مدنية أخذت بمعدل (3) مرات أسبوعياً من منطقة التجميع في وحدة معالجة المجمع الثاني لجامعة الموصل، حيث قسم العمل إلى ثلاث مراحل تشغيلية تم في كل منها زيادة التصريف المسلط على مفاعلات المنظومة وبما يحقق وقت المكوث الهيدروليكي المطلوب يبين الجدول رقم (1) الظروف التشغيلية لكل مرحلة من مراحل البحث، حيث 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).

النتائج والمناقشة

1. تأثير الأحواض الانتقائية اللاهوائية في كفاءة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين تمثل الأشكال رقم (1 و 2 و 3) التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز المواد العضوية للخارج من أحواض الوحدات الاختبارية الحاوية على أحواض انتقائية لاهوائية وغير الحاوية على تلك الأحواض ولكل مرحلة تشغيلية. وكما يلاحظ من الأشكال فإن 100% من تراكيز المواد العضوية الذائبة للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية أو تلك الخالية منها كانت ذوات قيم (COD_S) أقل من 80 ملغم/لتر، كذلك فإن 100% من القراءات المسجلة للوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية للمرحلتين التشغيلية الثانية والثالثة كانت ذوات قيم (COD_S) أقل أو تساوي 60 ملغم/لتر والتي تقع ضمن محددات الطرح للأحواض الانتقائية اللاهوائية (Shao and Jenkins, 1989).

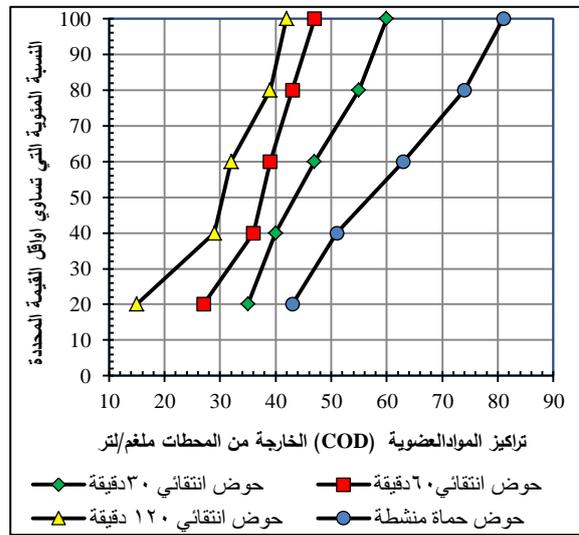
الأحواض الانتقائية		أحواض الترسيب		أحواض التهوية		المرحلة
الحجم (ملتر)	وقت المكوث الهيدروليكي (دقيقة)	الحجم (لتر)	وقت المكوث الهيدروليكي (ساعة)	التصريف الداخل (لتر/يوم)	وقت المكوث الهيدروليكي (ساعة)	
150	30	1.2	4	7.2	32	الأولى
300	60					
600	120					
200	30	1.6	4	9.6	24	الثانية
400	60					
800	120					
250	30	2.1	4	12.8	18	الثالثة
500	60					
1000	120					

جدول (1) المراحل التشغيلية الثلاثة للوحدات الاختبارية



ومن مقارنة تراكيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من مفاعل الحمأة المنشطة بدون وجود الحوض الانتقائي اللاهوائي مع التراكيز الخارجة من الأحواض الانتقائية اللاهوائية، يستنتج بأن 100% من القراءات المسجلة لمفاعل الحمأة المنشطة

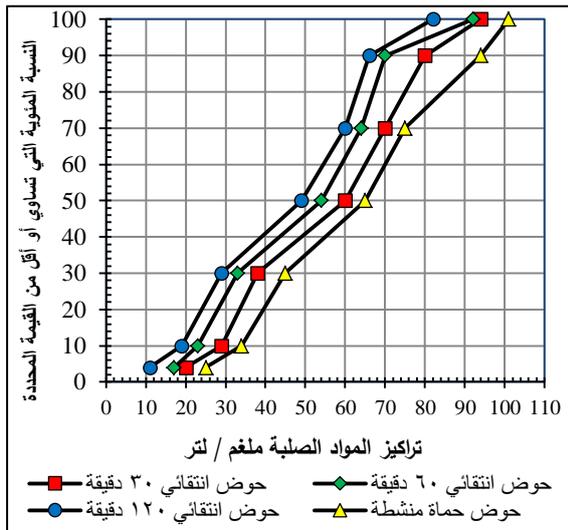
بدون وجود الحوض الانتقائي كانت أقل من تراكيز المواد العضوية الذائبة الخارجة من الوحدة الاختبارية الحاوية على الحوض الانتقائي اللاهوائي الأول العامل بوقت تعويق (30 دقيقة) وضمن المرحلة التشغيلية الأولى، في حين كانت هذه التراكيز أكبر من تراكيز المادة العضوية الخارجة من الحوضين الانتقائيين الثاني والثالث ضمن المرحلة التشغيلية الأولى نفسها. أما بالنسبة للمرحلتين التشغيليتين الثانية والثالثة فكانت 100% من القراءات المسجلة للوحدة الاختبارية غير الحاوية على حوض انتقائي أكبر من تراكيز المواد العضوية الخارجة من الوحدات الاختبارية الحاوية على أحواض انتقائية تعمل بأوقات تعويق (30، 60، 120 دقيقة) على التوالي. كذلك يلاحظ من الأشكال أن زيادة وقت التعويق الهيدروليكي للحوض الانتقائي اللاهوائي يقلل من تراكيز المواد العضوية الخارجة من المنظومة حيث كانت 100% من القراءات المسجلة في الوحدات الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي يعمل بوقت تعويق (120 دقيقة) أقل من تلك الخارجة من الوحدات الاختبارية الحاوية على أحواض انتقائية تعمل بأوقات تعويق هيدروليكية تساوي (30، 60 دقيقة). وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثين (Tomlinson, 1978) (Richardet al, 2000)



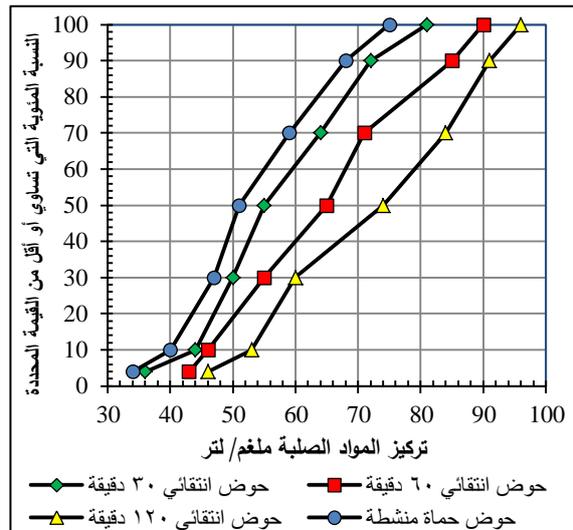
الشكل (3): التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز المواد العضوية الخارجة من الوحدات الاختبارية للمرحلة التشغيلية الثالثة (وقت التعويق = 18 ساعة)

2. تأثير الأحواض الانتقائية اللاهوائية في كفاءة إزالة المواد الصلبة العالقة

تمثل الأشكال رقم (4 و 5 و 6) التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز المواد الصلبة العالقة للخارج من أحواض الترسيب للمراحل التشغيلية الثلاثة وللوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية والوحدة الاختبارية غير الحاوية على حوض انتقائي للمراحل التشغيلية الثلاث.



الشكل (5): التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز المواد الصلبة العالقة الخارجة من الوحدات الاختبارية للمرحلة التشغيلية الثانية (وقت التعويق = 24 ساعة)



الشكل (4): التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز المواد الصلبة العالقة الخارجة من الوحدات الاختبارية للمرحلة التشغيلية الأولى (وقت التعويق = 32 ساعة)

وكما يلاحظ من الشكل (4)، فإن 70% من القراءات المسجلة للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية غير الحاوية على أحواض انتقائية لاهوائية في حين كانت (62%، 40%، 33%) من القراءات المسجلة للوحدات الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي يعمل بوقت تعويق (30، 60، 120 دقيقة) على التوالي ضمن حدود مواصفات الطرح العراقية المعتمدة (60 ملغم/لتر) (عباوي وحسن، 1990)، ضمن المرحلة التشغيلية الأولى (وقت تعويق هيدروليكي 32 ساعة).

أما بالنسبة للمرحلة التشغيلية الثانية (وقت تعويق هيدروليكي 24 ساعة) فإن 74% من القراءات المسجلة للوحدة الاختبارية غير الحاوية على حوض انتقائي كانت ضمن مواصفات الطرح العراقية المعتمدة، في حين كانت 66% من القراءات المسجلة للوحدة الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي لا هوائي يعمل بوقت تعويق (30 دقيقة) ضمن مواصفات الطرح العراقية المعتمدة، و 50% و 44% من القراءات المسجلة للوحدات الاختبارية الحاوية على أحواض انتقائية تعمل بوقت تعويق (60 دقيقة) و (120 دقيقة) ضمن حدود المواصفات العراقية المعتمدة وعلى التوالي. إن سبب تفوق الوحدة الاختبارية غير الحاوية على الأحواض الانتقائية على مثيلاتها

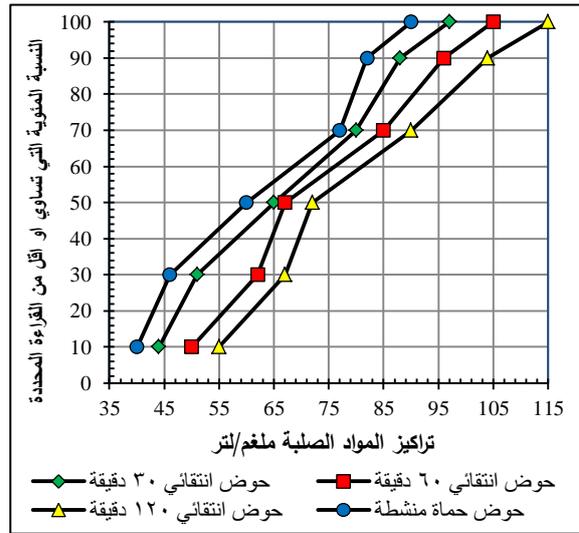
الحاوية على الأحواض الانتقائية في إزالة المواد الصلبة يعود إلى حدوث ظاهرة الانتفاخ في هذه المرحلة في الوحدة غير الحاوية على الحوض الانتقائي، حيث يؤدي وجود الأحياء المجهرية الخيطية إلى العمل كمصفاة لمنع تسرب الأحياء المجهرية من أحواض الترسيب وهذا ما يخفض من تراكيز المواد العالقة الخارجة. ويتوافق هذا التفسير مع ما أورده الباحثون (Winkler, 1981) (Pipes, 1979) و (Al-Ahmady, 1995). أما بالنسبة للقراءات المسجلة في المرحلة الثالثة (وقت تعويق هيدروليكي 18 ساعة) فقد كانت 50% من القراءات المسجلة للوحدة الاختبارية غير الحاوية على حوض انتقائي تقع ضمن مواصفات الطرح العراقية المعتمدة، في حين كانت (42%، 30%، 20%) من القراءات المسجلة للمياه الخارجة من الوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية التي تعمل بوقت تماس (30، 60 و 120 دقيقة) ضمن حدود المواصفات العراقية المعتمدة وعلى التوالي.

3. تأثير الأحواض الانتقائية اللاهوائية في كفاءة إزالة الفسفور

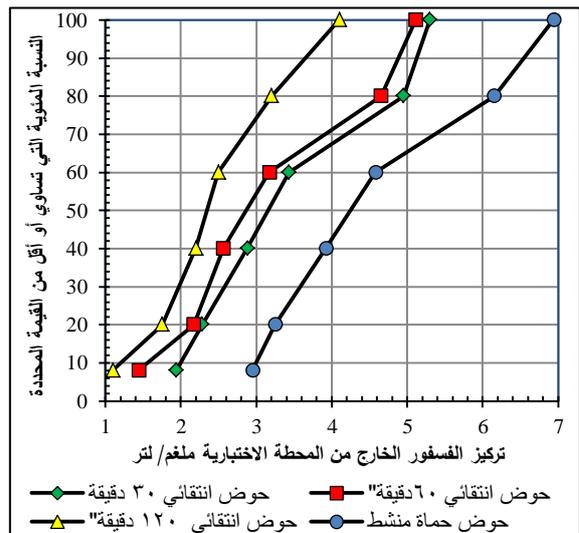
تمثل الأشكال (7 و 8 و 9) التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز الفسفور الخارج من أحواض الترسيب للمراحل التشغيلية الثلاثة وللوحدات الاختبارية الحاوية وغير الحاوية على الأحواض الانتقائية اللاهوائية.

وكما يلاحظ من الأشكال فإن 100% من تراكيز الفسفور الخارج من الوحدات الاختبارية غير الحاوية على الأحواض الانتقائية وللمراحل التشغيلية الثلاث أكبر من تركيز الفسفور الخارج من الوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية ولجميع المراحل التشغيلية.

كذلك يلاحظ أن 100% من تراكيز الفسفور الخارجة من الوحدة الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي هوائي (120 دقيقة) ولجميع المراحل التشغيلية الثلاث تكون أقل من مثيلاتها الخارجة من الوحدة الاختبارية الحاوية على أحواض انتقائية لاهوائية (60) و (30) دقيقة حيث إن كفاءة الإزالة تزداد بزيادة وقت التماس للحوض الانتقائي اللاهوائي. كذلك يلاحظ من الأشكال أن تراكيز الفسفور الخارج من الوحدات الاختبارية الحاوية على أحواض انتقائية لا هوائية

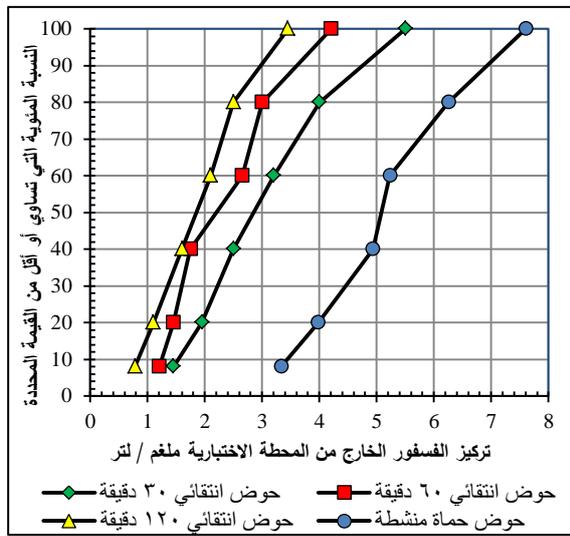


الشكل (6): التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز المواد الصلبة العالقة الخارجة من الوحدات الاختبارية للمرحلة الثالثة (وقت التعويق = 18 ساعة)

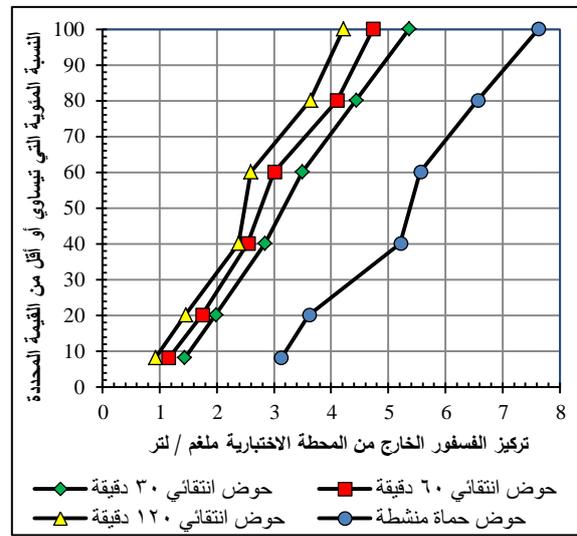


الشكل (7): التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز الفسفور من الوحدات الاختبارية للمرحلة التشغيلية الأولى (وقت التعويق = 32 ساعة)

تقل بانخفاض وقت التعويق الهيدروليكي للوحدة الاختبارية وحسب المرحلة التشغيلية.



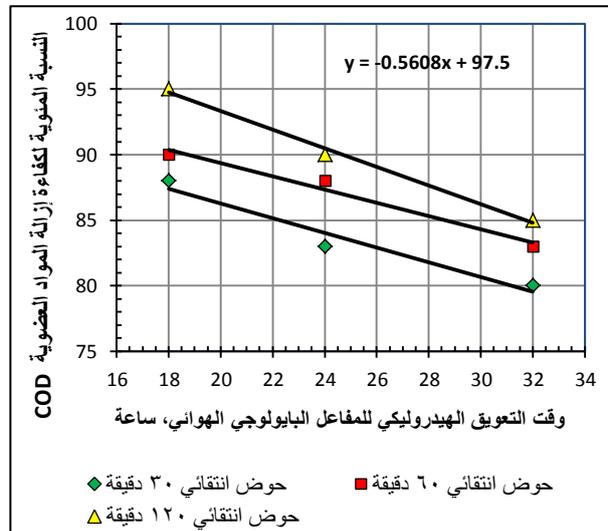
الشكل (9): توزيع التكراري التراكمي لتراكيز الفسفور الخارجة من الوحدات الاختبارية للمرحلة التشغيلية الثالثة (وقت التعويق = 18 ساعة)



الشكل (8): التوزيع التكراري التراكمي لتراكيز الفسفور من الوحدات الاختبارية للمرحلة التشغيلية الثانية (وقت التعويق = 24 ساعة)

4. تأثير وقت التعويق الهيدروليكي للمفاعل البيولوجي الهوائي في كفاءة إزالة المواد العضوية

يمثل الشكل رقم (10) تأثير وقت التعويق الهيدروليكي للمفاعل البيولوجي الهوائي للوحدات الاختبارية بوجود الأحواض الانتقائية اللاهوائية أو عدم وجودها في كفاءة إزالة المادة العضوية الذائبة. وكما يلاحظ من الشكل فإن هنالك تغير في كفاءة إزالة المواد العضوية الذائبة مع اختلاف وقت التعويق الهيدروليكي للوحض الهوائي وبثبوت وقت التعويق الهيدروليكي للوحض الانتقائي اللاهوائي، ويعود السبب في ذلك إلى اختلاف قابلية الأحياء المجهرية على أكسدة كل المواد العضوية الداخلة إلى المفاعلات مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي Metcalf (and Eddy, 2003) كذلك يلاحظ من الشكل أن الوحدات الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي لا هوائي يعمل بوقت تعويق هيدروليكي (120) دقيقة أكثر كفاءة بإزالة المواد العضوية من الوحدات الاختبارية الحاوية على الهيدروليكي (30 و 60) دقيقة والوحدة الاختبارية غير الحاوية على الحوض الانتقائي اللاهوائي وبثبوت وقت التعويق الهيدروليكي للمفاعل الهوائي. ويعود السبب في ذلك إلى أن الأحياء المجهرية داخل الحوض اللاهوائي تعمل على امتزاز الكربون من المواد العضوية وتخزينه داخل الخلية، وبزيادة حجم الحوض نتيجة لزيادة وقت التعويق الهيدروليكي للحوض الانتقائي اللاهوائي فإن فرصة الأحياء المجهرية بامتزاز نسبة أكبر من المواد العضوية الذائبة تزداد أكثر مما يحسن بالتالي من الكفاءة الكلية للنظام. وتتفق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثون Chudob (1989) and Wanner (1989) و (Daigger and Nicholson, 1990).



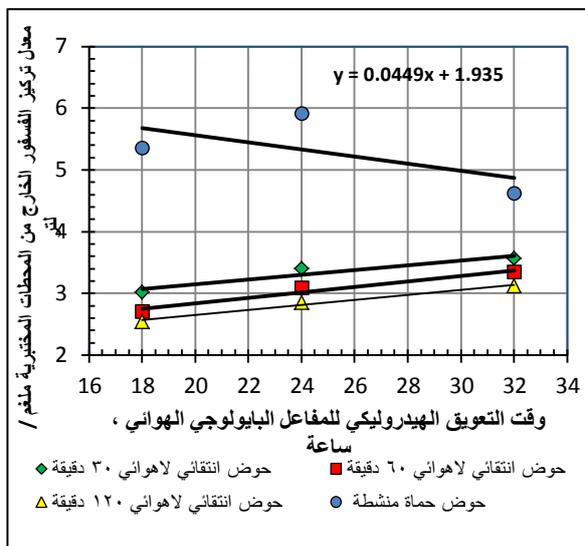
الشكل (10): علاقة وقت التعويق الهيدروليكي للمفاعل البيولوجي الهوائي بكفاءة إزالة المواد العضوية الذائبة

5. تأثير وقت التعويق الهيدروليكي للمفاعل البيولوجي الهوائي في كفاءة إزالة الفسفور

يبين الشكل رقم (11) العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي للمفاعل الهوائي وتركيز الفسفور المتبقي الخارج من الوحدات الاختبارية بوجود الأحواض الانتقائية اللاهوائية أو عدم وجودها. وكما يلاحظ من الشكل فإن الوحدات الاختبارية غير الحاوية على أحواض انتقائية لاهوائية كانت ذات تراكيز فسفور أعلى من الوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية، ويعزى السبب في ذلك إلى كون عملية إزالة الفسفور محدودة جدا في الظروف الهوائية، وبالعكس فإن الأحياء المجهرية في الظروف اللاهوائية تقوم بتخزين الفسفور لإنتاج النسيج الخلوي مما يؤدي بالتالي إلى انخفاض تركيزه في المياه الخارجة، وهذا ما يزيد كفاءة الوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض الانتقائية اللاهوائية في إزالة الفسفور عنها في مثيلاتها غير الحاوية على الأحواض اللاهوائية.

كذلك فإن تعاقب عمليتي المعالجة البيولوجية اللاهوائية ثم الهوائية مع ترجيع الحمأة الراجعة من الجزء الهوائي إلى الأحواض اللاهوائية غالبا ما يؤدي إلى تحرير الفسفور الذائب والمخزن بالخلية البيولوجية والذي سيتحول إلى صيغة الأورثوفوسفات (PO_4) الذي سينحل خارج الخلية ويزال بسرعة بالمفاعل الهوائي. لذلك ترتفع فعالية إزالة الفسفور في الوحدات الاختبارية الحاوية على الأحواض

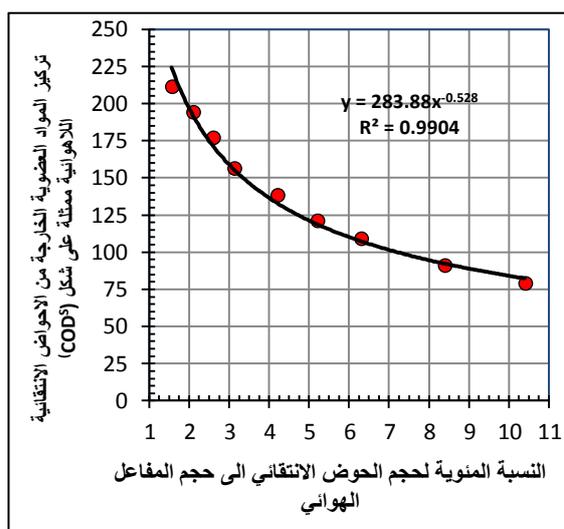
الانتقائية اللاهوائية إلى أكثر من ضعف كفاءتها عنها في مثيلاتها غير الحاوية على هذه الأحواض وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثون (Winkler, 1981) (Miyamoto et al, 1983) كذلك يلاحظ من المنحنى وجود تأثير لزيادة وقت التعويق الهيدروليكي للأحواض الانتقائية اللاهوائية في كفاءة إزالة الفسفور، حيث تتحسن الكفاءة بشكل بسيط بزيادة وقت التعويق الهيدروليكي للحوض الانتقائي. ويعود السبب في ذلك إلى أن حجم الحوض الانتقائي يزداد بزيادة وقت التعويق الهيدروليكي للحوض مما يزيد من فرصة تعرض مياه الفضلات إلى الظروف اللاهوائية وبالتالي زيادة فرصة إزالة الفسفور.



الشكل (11): العلاقة بين وقت المكوث الهيدروليكي للمفاعل الهوائي ومعدل تركيز الفسفور المتبقي الخارج من الوحدات الاختبارية

5. تأثير نسبة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي في كفاءة إزالة المواد العضوية

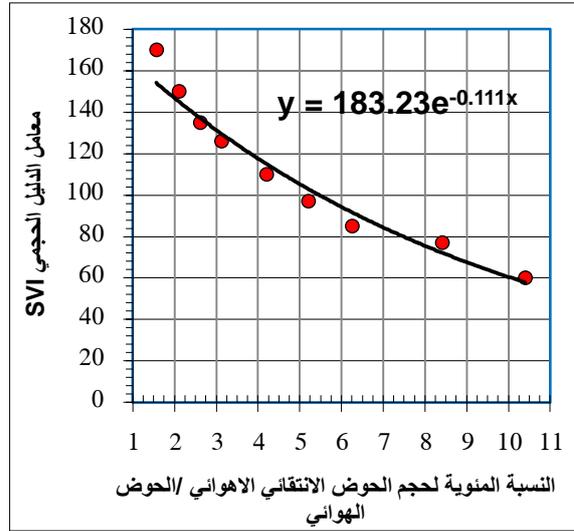
تم في الشكل رقم (12) تمثيل العلاقة بين النسبة المئوية لحجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي مع تركيز المواد العضوية الخارجة من الأحواض الانتقائية اللاهوائية متمثلا بقيم المتطلب الكيميائي للأوكسجين الذائب ولكافة المراحل التشغيلية. وكما يلاحظ من الشكل فإن كفاءة إزالة المواد العضوية في الحوض الانتقائي تزداد بزيادة هذه النسبة وضمن حدود التجارب المعتمدة في البحث. ويعود السبب في ذلك إلى أن زيادة هذه النسبة تعمل على زيادة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي ووقت التماس المتاح في الحوض مما يزيد من فرصة الأحياء المجهرية اللاهوائية السائدة على إزالة وامتزاز المادة العضوية، وبالتالي زيادة الكفاءة وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثين (Wanner and Grau, 1988) (Laparaet al, 2000)، من كون أن زيادة نسبة الحجم الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي في محطات المعالجة يحسن من كفاءة إزالة المواد العضوية ويزيد من قابلية الحوض الانتقائي على امتزاز هذه المواد.



الشكل (12): العلاقة بين النسبة المئوية لحجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي وتركيز المواد العضوية الخارجة، ملغم/لتر.

6. تأثير نسبة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي في معامل دليل الحمأة الحجمي (SVI)

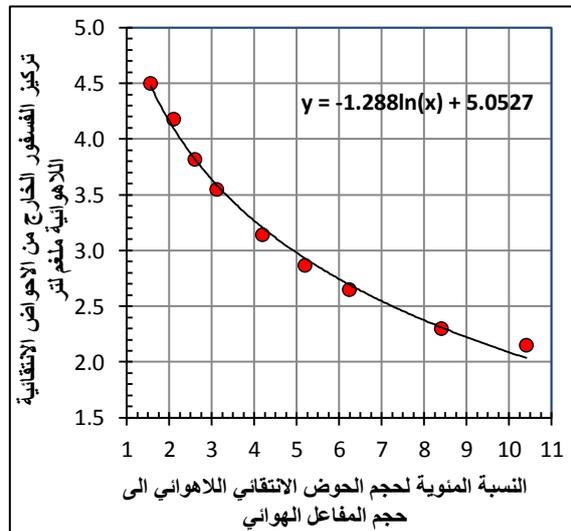
تمفي الشكل رقم (13) تمثيل العلاقة بين النسبة المئوية لحجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي مع معامل دليل الحمأة الحجمي (SVI). وكما يلاحظ من المنحني فان هناك علاقة خطية قوية تبين ان زيادة نسبة حجم الحوض الانتقائي تقلل من معامل دليل الحمأة الحجمي والذي يوشر تحسناً في الخصائص الترسيبية للمنظومة البيولوجية وضمن حدود التجارب المعتمدة في البحث. ويعود السبب في ذلك إلى حالة الصدمة التي يحققها الحوض الانتقائي وتأثيره في كبح نمو الأحياء المجهرية الخيطية ذوات المساحة السطحية الكبيرة والصعبة الترسب في المنظومة وباتجاه تغليب سيادة الأحياء المجهرية قليلة المساحة السطحية والسهلة الترسب. وتزايد قابلية الحوض الانتقائي على تحقيق فعالية الكبح بزيادة حجمه وضمن حدود المواصفات التصميمية المعتمدة لمثل هذه الأحواض. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثون (Sezginet al, 1980) و (Salameh and Malina, 1989) حيث أوصوا بان تكون نسبة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي بحدود معينة من نسبة الحوض الهوائي لتحقيق خصائص ترسيبية أفضل للحمأة.



الشكل (13): العلاقة بين النسبة المئوية لحجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي ومعامل دليل الحمأة الحجمي

7. تأثير نسبة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي في كفاءة إزالة الفسفور

في الشكل رقم (14) تم تمثيل العلاقة بين النسبة المئوية لحجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي مع تركيز الفسفور الخارج من الاحواض الانتقائية اللاهوائية وكفاءة المراحل التشغيلية الثلاث. وكما يلاحظ من المنحني فان هناك علاقة قوية بين زيادة نسبة حجم المفاعل اللاهوائي إلى الهوائي وفعالية إزالة الفسفور في المنظومة حيث تزداد الإزالة بزيادة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي وضمن حدود التجارب المعتمدة في البحث. ويعود السبب في ذلك إلى كون أن معظم عملية إزالة الفسفور تتم عند سيادة الظروف اللاهوائية كما ذكر سابقاً. عليه فان زيادة النسبة بثبات حجم المفاعل الهوائي تعني زيادة حجم الحوض اللاهوائي مما يوفر فرصة تماس اكبري الأحياء المجهرية اللاهوائية ومياه الفضلات الداخلة إلى المنظومة مما يزيد بالتالي من فعالية الإزالة.



الشكل (14): العلاقة بين النسبة المئوية لحجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي وتركيز الفسفور الخارج، ملغم/لتر.

الاستنتاجات

1. يساهم استخدام نظام الأحواض الانتقائية اللاهوائية والمستخدم في تطوير أحواض المعالجة البيولوجية مستمرة الجريان في تحسين كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والفسفور في المحطة.
2. تزداد كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والفسفور مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي للأحواض الانتقائية اللاهوائية ضمن حدود التجارب المستخدمة في البحث، حيث لوحظ أن أفضل كفاءة إزالة وأقل معامل دليل حماة حجمي (SVI) تحقق في المحطة الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي يعمل بوقت تعويق يساوي (120) دقيقة تليها المحطة الاختبارية ذات الحوض الانتقائي اللاهوائي الذي يعمل بوقت تعويق يساوي (60) دقيقة ثم المحطة ذات الحوض الانتقائي الذي يعمل بوقت (30) دقيقة والتي كانت نتائجها مقاربة لنتائج المحطة الاختبارية غير الحاوية على الأحواض الانتقائية.
3. ضمن حدود التجارب المختبرية المعمول بها في البحث، لوحظ بان زيادة نسبة حجم الحوض الانتقائي اللاهوائي إلى حجم المفاعل الهوائي في المحطة الاختبارية يؤدي الى تحسين كفاءة الإزالة ولكل من المواد العضوية والفسفور، وتحسين قيم معامل دليل الحماة الحجمي للمحطة الاختبارية.
4. يقل تركيز المواد الصلبة العالقة الخارجة من احواض الترسيب مع زيادة قيم معامل دليل الحماة الحجمي للمنظومة، حيث كانت قيم تراكيز المواد الصلبة العالقة الخارجة من المحطات الاختبارية الحاوية على حوض انتقائي يعمل بوقت تعويق يساوي (30 دقيقة) و المحطة الاختبارية غير الحاوية على حوض انتقائي اقل من مثيلاتها للمحطات الاختبارية الحاوية على احواض انتقائية لاهوائية والتي تعمل بأوقات تعويق هيدروليكية تساوي (60 و 120 دقيقة).

التوصيات

1. دراسة تأثير الصدمات السمية الموجودة في مياه الفضلات المطروحة من المستشفيات أو الصناعات المختلفة على سلوك المعالجة البيولوجية بوجود الأحواض الانتقائية اللاهوائية.
2. دراسة كفاءة إزالة المركبات النيتروجينية في محطات الحماة المنشطة التي تعمل بوجود الأحواض الانتقائية اللاهوائية خصوصا تلك التي تعالج مياه فضلات ذات محتوى مرتفع من المواد النيتروجينية.
3. دراسة تأثير تغير نسبة الترجيع على كفاءة الإزالة في المحطات الحاوية على الأحواض الانتقائية اللاهوائية.

المصادر

- Al-Ahmady, K. K., (1995),** "Oxidation ditches with interchannel clarifier process to treat industrial wastes," M.Sc. thesis, University of Mosul
- Albertson, O.E. and Hendricks, P. (1991),** "Bulking and Foaming Organism Control at Phoenix, Arizona WWTP", *Water Sci. Technol.*, 26:3-4, 461
- Andrea Jobbagy, FerencFarkas, GY. Garai, BelaSevella. and T. Oszoly(2001),** "Trial operation of selector at the northpest wastewater treatment plant," *periodicaPolytechnica SER. Chem. ENG. Vol.45, NO.1, PP.41- 52.*
- Aurola, A. ; Beun, J. J.; Copp, J.; Morgenroth, E.; Loosdrecht, M. C. M. ; and Winkler, S. (2000),** "Unbalanced growth", *European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research Conference*, 6-7 April 2000, Delft The Netherlands.
- Banoub, A. (1982),** "Reducing Energy Consumption: How Two Communities Did It", *Water Pollut. Control Fed. Highlights*, 4, 11.
- Chudoba, J. and Wanner, J. (1989),** "Notes on Oxic, Anoxic, and Anaerobic Selectors", *Newsletter Spec. Group Activated Sludge Population Dyn.*, 1:2, 46
- Daigger, G. T. and Nicholson, G. A. (1990),** "Performance of Four Full-Scale Nitrifying Wastewater Treatment Plants Incorporating Selectors", *Res. J. Water Pollut. Control Fed.*, 62, 676.
- Harper, W. F. and Jenkins, D. (2001),** "The Effect of an Initial Anaerobic Zone on the Nutrient Requirements of Activated Sludge", *Proc. Water Environ Fed., WEFTEC 2001*, on disc

- Jayh H. Niec and Daniel K Cha (2000)**, "Influence of Anoxic Selectors on Heavy Metal Removal by activated sludge", *Bioresource Bioprocess Eny* 2000. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware.
- Lapara T.M., Konopka A., Nakatsu C.H. and Alleman E., (2000)**, "Thermophilic aerobic wastewater treatment in continuous flow bioreactor", *Journal of environmental engineering*, Vol. (126), No. (8).
- Mangrum, C. R. I. (1998)**, "The effect of anoxic selectors on the control of activated sludge bulking and foaming", M.Sc. Thesis, *Virginia Polytechnic Institute and state University*
- Metcalf & Eddy, Ins (2003)**, "Wastewater engineering treatment disposal McGraw-Hill, Inc, New York.and reuse", Fourth Edition .
- Micahael Richard, Ph. D (2003)**, "Activated sludge microbiology problems and their control", Annual USEPA National Operator Conference, Buffalo, NY, June 8,2003
- Miyamoto-Mills, J., Larson, J., Jenkins, D., and Owen, W. F. (1983)**, "Design and Operation of a Pilot-Scale Biological Phosphate Removal Plant at Central Contra Costa Sanitary District", CA, *Water Sci. Technol.*, 15:3-4, 153
- Nayef Z. AL-Mutairi (2008)**, "Aerobic selectors in slaughterhouse activated slugesystem" Available on line \5 July .
- Peng, Y.; Gao, C.; Wang, S.; Ozaki, M. and Takigawa, A. (2003)**, "Non-filamentous sludge bulking caused by a deficiency of nitrogen in industrial wastewater treatment", *Water Science and Technology*, Vol. 47, No. 11 pp. 289-295
- Pipes, W. O. (1979)**, "Bulking, deflocculation and pinpoint floe", *J. Water Poll. Control Fed.* 51(1): 62-70.
- Ramalho, R. S. (1977)**"Introduction to wastewater treatment process", Academic press,Inc.,Canada
- Richard J., Walter J., Christian D., Alan F., (2000)**, "Design and start-up of an advanced treatment system for high strength wastewater from a chemical plant", PMC Technologies, Pennsylvania
- Salameh, M. F. and Malina, , J. F. Jr (1989)**, "The effects of sludge age and selector configuration on the control of filamentous bulking in the activated sludge process", *Journal of Water Pollution Control Federation.*Vol.61,NO 9,PP 1510-1522.
- Sezgin, M., Palm, J. H., and Jenkins, D. (1980)**, "The Role of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge Settling", *Water Technol.*, 12:6, 171.
- Shao, Y. J. and Jenkins, D. (1989)**, "The Use of Anoxic Selectors for the Control of Low F/M Activated Sludge Bulking", *Water Sci. Technol.*, 21:11, 609.
- Tomlinson, E. J. (1978)**, "The Effect of Anoxic Mixing Zones upon the Settleability of Activated Sludge, unpublished report", Water Research Centre, Stevenage, U.K..
- Wanner, J. and Grau, P. (1988)**, "Filamentous Bulking in Nutrient Removal Activated Sludge Systems", *Water Sci. Technol.*, 20:4-5,Lapara T.M., Konopka A., Nakatsu C.H. and Alleman E., (2000), "Thermophilic aerobic wastewater treatment in continuous flow bioreactor", *Journal of environmental engineering*, Vol. (126), No. (8).
- Winkler, M. A. (1981)**, "Biological Treatment of Wastewater", 1st ed., Ellis Horwood Ltd. Publishers; England.