تأثير تغير وقت المكوث الهيدروليكي والنسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى الهوائية في كفاءة أداء وحدات الحمأة المنشطة المطورة بنظام (باردنفو)

د. قصي كمال الدين الأحمدي / أستاذ مساعد / قسم البيئة عبير طالب علي حسين العبدلي / القسم المدنية
كلية الهندسة / جامعة الموصل

الخلاصة

تم في هذا البحث إنشاء وتشغيل خمسة محطات اختبارية باستخدام فضلات مصنعة ذات خصائص مشابهة للفضلات المدنية لغرض دراسة تأثير بعض العوامل التشغيلية على كفاءة إزالة الملوثات العضوية والمغذيات في نظام (باردنفو). أثبتت نتائج البحث أن كفاءة إزالة المواد العضوية والنتروجينية والفسفور كانت أعلى في المفاعلات العاملة بنظام (باردنفو) منها في مفاعلات نظام الحمأة المنشطة التقليدي، كذلك كانت الحماة البيولوجية الناتجة عن مفاعلات (باردنفو) ذات خصائص ترسيبية أفضل، كما يساهم استخدام نظام (باردنفو) بتقليل قيم الدالة الحامضية (pH) للمياه الخارجة من المفاعلات. كما أظهرت النتائج أن كفاءة إزالة المواد العضوية تزداد بانخفاض النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في المحطات الاختبارية المطورة بنظام (باردنفو) بالمقابل تنخفض تراكيز كل من النترات والأمونيا والفوسفات بانخفاض النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية. من جانب آخر، بينت نتائج البحث أن زيادة وقت التعويق الهيدروليكي يؤدي إلى زيادة كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والنتروجينية الفسفور للمفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو)، بالإضافة إلى أن زيادة وقت التعويق الهيدروليكي يؤدي إلى زيادة قيم معامل الدليل الحجمي (SVI) لكل من مفاعلات نظام (باردنفو) ومفاعل نظام الحمأة المنشطة التقليدي. بالمقابل تنخفض قيمة الدالة الحامضية (pH) مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي.

Keywords: **Biological treatment, Bardenpho, HDT, Volumetric ratio, Anaerobic**

Effect of the hydraulic detention time and the volumetric ratio of anaerobic to aerobic zone on the efficiency of the upgraded activated sludge units using (Bardenpho) system

Dr. K. K. Al-Ahmady / Ass. Prof Abeer.T. A. H. AL-Abdaly
College of Engineering / University of Mosul,

Abstract

In this research, five experimental plants have been established and operated using synthetic domestic wastewater in order to study the effect of some operational parameters on the removal efficiency of organic and nutrients pollutants in Bardenpho Process. The results of the research proved that the removal efficiency of organic, nitrogen, and phosphorus materials were higher in the reactors that work by Bardenpho process comparing to the ordinary activated sludge system. Also the biological sludge resulted from Bardenpho reactors has better settling characteristics. Likewise, the pH values in the plants work by Bardenpho process were lower than those in the plant that work by ordinary activated sludge system. The results of the study also shown that the removal efficiency of organic materials in the Bardenpho reactors increases by the reduction of volumetric ratio of the anaerobic to aerobic zone, in contrast, the concentrations of Nitrate, Ammonia, and Phosphate decrease by the reduction this ratio, in addition, the value of SVI decreases by increasing the size of anaerobic zone. On the other hand, The results also proved that increasing the hydraulic detention time (HRT) lead to increase the efficiency of removing organic, nitrogen, and phosphorus materials of the biological reactors that work by Bardenpho process. Moreover, increasing the HRT leads to increase value of the sludge volume index (SVI) at all of the Bardenpho and ordinary activated sludge reactors. In contrast, the value of pH drops by the increasing of hydraulic detention time.

أستلم: 3-1-2012 قبل: 16-7-2013

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة

مع زيادة أهمية معالجة المركبات النتروجينية والفسفور (Metcalf &Eddy ,2003) ووجود العديد من محطات المعالجة غير المصممة أصلا لإزالة المغذيات، كذلك ونتيجة للكلفة العالية لإنشاء المحطات الجديدة فقد توجه التفكير لإيجاد بدائل يمكن بها تطوير عمل المحطات الموجودة لغرض إزالة كل من المركبات النتروجينية والفسفور إضافة للمركبات العضوية. ولعل من أوائل هذه التطويرات كان إضافة مرحلة جديدة إلى محطات المعالجة لتكوين ما يسمى بوحدات الحماة المنشطة الثنائية المرحلة (Two-stages Activated sludge) حيث يتألف هذا النظام من مرحلتين، تتألف كل مرحلة من حوض معالجة بيولوجية وحوض ترسيب ثانوي، وبتوفير الظروف الهوائية واللاهوائية تحصل عمليتي النترجة وعكس النترجة في هاتين المرحلتين، إلا أن الكلفة العالية نسبيا للنظام والحاجة إلى وجود خبرات عالية لعملية التشغيل يعد من أهم المعوقات التي واجهت تطبيق هذا الترتيب (Metcalf &Eddy ,2003).

وللتخلص من سلبيات النظام السابق تم ابتكار نظام آخر، يتم فيه تقسيم المفاعل البيولوجي إلى منطقتين تكون ظروف التهوية في كل منهما مختلفة. وبالاستناد إلى هذا التقسيم تم اقتراح عدة ترتيبات مثل خلق منطقة غير مهواة ((anoxic zone(AX) في القسم الأول من المفاعل تليها منطقة هوائية ((aerobic zone(AE)، مع وجود ترجيع داخلي من المنطقة الثانية إلى المنطقة الأولى لضمان حصول عملية عكس النترجة في المنطقة الأولى حيث يعرف هذا النظام بـ (Pre anoxic). وبالرغم من كفاءة هذا الترتيب في إزالة المواد النتروجينية إلا إن عدم قدرته على إزالة مركبات الفسفور إضافة إلى مشكلة وجود الأوكسجين في الحماة الراجعة من حوض الترسيب الثانوي أثر بشكل سلبي على انتشاره. وللتخلص من مشكلة تأثير إرجاع الحمأة الحاوية على الأوكسجين إلى منطقة غير مهواة ((anoxic zone (AX)، تم اقتراح استخدام عكس ترتيب مناطق المفاعل البيولوجي الموجود في النظام السابق حيث سمي هذا النظام بـ (Post anoxic) حيث لا يحتاج هذا النظام على عملية ترجيع داخلية. وبالرغم من قدرة هذا النظام على معالجة مشكلة الأوكسجين في الحماة الراجعة إلا إن حاجة هذا النظام لإضافة مصدر كربون لإتمام عملية إزالة النتروجين إضافة لظهور مشكلة ارتفاع الحمأة (Rising sludge) في حوض الترسيب الثانوي نتيجة لتحرر غاز النتروجين قد حد من استخدامه (Metcalf &Eddy ,2003) (Jeyanayagam ,2005).

وبسبب المشاكل التي رافقت النظامين السابقين تم اقتراح استخدام ترتيب نظام معالجة مختلف سمي بنظام (Bardenpho). يتكون نظام (Bardenpho) التقليدي من (3) مناطق، وحسب الترتيب التالي (لاهوائية/غير مهواة/هوائية)، حيث أدى هذا الترتيب إلى التخلص من مشكلة ارتفاع الحمأة (Rising sludge) التي ظهرت في النظام السابق، إضافة إلى الحجم المعتدل لحوض المعالجة، إلا إن حساسية النظام تجاه ترجيع النتريت والأوكسجين من حوض الترسيب إلى المنطقة الأولى إللاهوائية قد أدى إلى الحد من استخدامه (Metcalf &Eddy ,2003). وتبعا لذلك ظهر تحوير آخر على نظام (Bardenpho) سمي بـ (4- Stages Bardenpho) والذي هو عبارة عن دمج نظامي إلـ (Pre anoxic) و (Post anoxic). يتكون هذا النظام من أربعة مناطق تتعاقب ظروف التهوية فيها بالشكل التالي (لاهوائية / هوائية /غير مهواة /هوائية)، بالإضافة إلى إن الحمأة الناتجة من المنطقة الأخيرة لا تحتاج إلى أي معالجات إضافية ويمكن التخلص منها بسهولة.

يهدف هذا البحث إلى إيجاد تأثير تغيير زمن المكوث الهيدروليكي والنسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في كفاءة إزالة المركبات العضوية والنتروجين والفسفور وفي استقرارية أحواض الترسيب الثانوية في نظام (باردنفو) ومقارنة النتائج مع تلك المسجلة في الأحواض التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات الأحواض غير المقسمة كاملة المزج والتي تعمل بنفس الظروف التشغيلية.

الدراسات السابقة

استخدم الباحث (Ağdağ, 2005) محطة مختبرية مؤلفة من ثلاثة مفاعلات بيولوجية، يعمل المفاعل الأول والثاني تحت الظروف اللاهوائية (anaerobic condition)، إما المفاعل الثالث فيعمل تحت الظروف الهوائية (aerobic condition). استنتج الباحث أنه يمكن تحقيق كفاءة إزالة للمواد العضوية تصل إلى 80 % وإزالة للأمونيا (NH_3) تصل إلى حد 96 %. كما ودرس الباحث (Bracklow ,2OO7) استخدام عدة خيارات للترجيع وتأثير ذلك في كفاءة نظام (باردنفو)، حيث استنتج إن استخدام أي خيار من خيارات الترجيع لم يُظْهِر فرقاً كبيراً في كفاءة إزالة المواد العضوية والنتروجين والفسفور. وقد استخدم الباحث (Toit.,2007) محطة مختبرية تعمل بنظام (باردنفو) لإزالة المغذيات الموجودة في مياه الفضلات. اشتملت المحطة المختبرية على قسمين: استخدم في القسم الثاني حوض ترسيب ثانوي تقليدي في حين استخدمت الأغشية لعزل الأحياء المجهرية في القسم الأول. أظهرت نتائج البحث أن كلا النظامين كفوئين في إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية والنتروجينية والفسفور في حين كانت كفاءة الإزالة في النظام الأول أكثر منها في

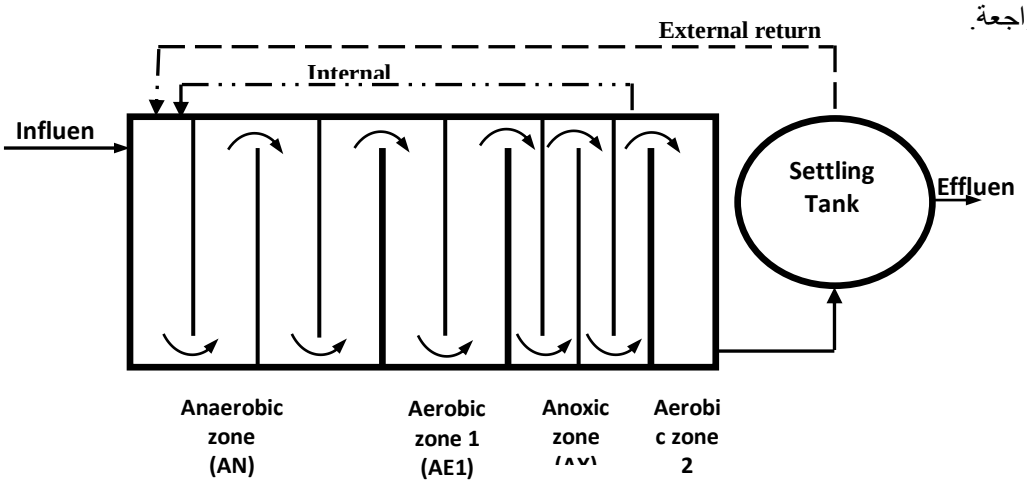
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

النظام الثاني، وقد لوحظ إن كمية الحمأة الناتجة في النظام الأول تكون كبيرة مقارنة مع النظام الثاني. واستخدم الباحث (Lim ,2009) محطة مختبرية تتكون من مفاعل بيولوجي مقسم إلى مناطق، وبالترتيب التالي (لاهوائية/غير هوائية/هوائية) لإزالة النتروجين من مياه الفضلات المدنية. استنتج الباحث أن كفاءة عملية عكس النترجة في إزالة النتروجين كانت اكبر من 72%، أما كفاءة عملية النترجة فقد كانت بحدود 94%. كما استخدم الباحث (Cao, 2009) محطة حقلية تتكون من مفاعل بيولوجي مقسم إلى منطقة لاهوائية (anaerobic zone (AN)) تتسع لحوالي (15)% من كمية المياه الداخلة، ومنطقة هوائية ((aerobic zone(AE) مقسمة إلى ثلاثة ممرات متساوية الحجم، تبلغ سعة المنطقة الهوائية حوالي (85)% من كمية المياه الداخلة، ولاحظ الباحث انخفاض تركيز الفسفور في المياه الخارجة إلى (2.4) ملغم/ لتر. كما لاحظ الباحث إن الحماة الناتجة تكون مستقرة وذات قيمة معامل دليل حجمي منخفض.

المواد وطرائق العمل

a . إنشاء المحطة الاختبارية

تم خلال البحث إنشاء (5) محطات إختبارية، تتكون كل محطة من مفاعل بيولوجي مستطيل الشكل مصنوع من مادة الزجاج بأبعاد (53 سم طول، 15 سم عرض، 15 سم الارتفاع الفعال و20 سم الارتفاع الكلي،) وبحسب النموذج المقترح من قبل الباحثين (Ramalho, 1977 ; Ahmed, 1999). تم تحوير أربع من هذه المحطات لتعمل وفق نظام (باردنفو) المطور، أما المحطة الخامسة فقد تركت بدون تحوير كمحطة مقارنة تعمل بنظام الحماة المنشطة ذات الأحواض غير المقسمة كاملة المزج وبنفس الظروف التشغيلية للمحطات الأخرى. يرتبط كل مفاعل بيولوجي بحوض ترسيب أسطواني يحوي في أسفله على تركيب مخروطي صغير يهدف لتجميع الحمأة المترسبة. ولغرض تقليل الاضطراب الحاصل نتيجة دخول المياه إلى حوض الترسيب فقد تم تجهيز الحوض بمدخل (Inlet) خاص مصنوع من مادة البلاستك كما وتحتوي الأحواض على فتحة خروج لغرض دراسة خصائص الماء الخارج بعد الترسيب. كذلك اشتملت كل محطة إختبارية على نوعين من منظومات الترجيع، منظومة الترجيع الخارجية والتي يتم فيها ترجيع الحمأة المنشطة من أحواض الترسيب الثانوية إلى المفاعلات البيولوجية وبنسبة (100)% من التصريف الداخل، أما المنظومة الثانية (الداخلية) فيتم فيها ترجيع المزيج من المنطقة الثالثة إلى المنطقة الأولى في المفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو)، وبنفس نسبة الترجيع (Jeyanayagam, 2005)، لاحظ الشكل رقم (1)، حيث تتكون كل منظومة ترجيع من مجموعة من المضخات التي يتم التحكم بتشغيلها من خلال وحدة سيطرة كهربائية تعمل بشكل أوتوماتيكي كامل من خلال عدد من المؤقتات المبرمجة (Programmable timers) التي تسيطر على فترات تشغيل وإطفاء المضخات حيث يمكن بواسطتها تحديد كمية ونسبة الحمأة الراجعة.

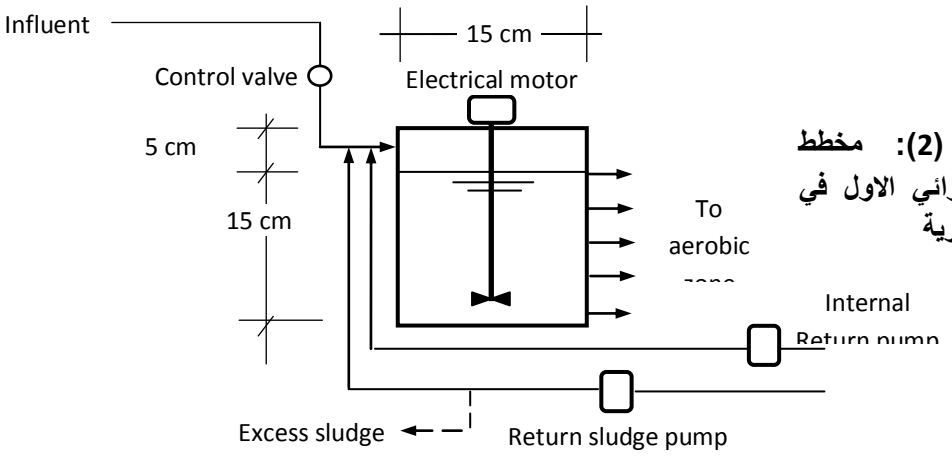


شكل رقم (1) : مخطط يوضح المحطة الاختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو).

ولغرض توفير التهوية والمزج اللازمين في المناطق الهوائية للمفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو) المطور وللمفاعل البيولوجي الخامس غير المقسم وكامل المزج، فقد استخدمت مضخات هواء مرتبطة بأنابيب بلاستيكية جهزت نهاياتها بناشرات حجرية بقطر (1) سم وبطول (12) سم وضعت بواقع ناشرتي هواء لكل منطقة هوائية في المفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو)، وستة ناشرات في حوض المقارنة. أما المناطق اللاهوائية في المفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو) فقد غطيت بشكل كامل باستخدام غطاء بلاستيكي لمنع دخول الهواء إلى هذه المناطق

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

كذلك ولغرض توفير المزج اللازم لهذه المناطق فقد ثقبت الأغطية البلاستيكية لإنزال عمود معدني يرتبط من الأسفل بمروحة، في حين يتصل من الأعلى بمحرك كهربائي يعمل على تدوير المروحة المغمورة بسرعة مقدارها (32) دورة/دقيقة وبما يضمن حصول عملية المزج الكامل لاحظ الشكل رقم (2).



الشكل رقم (2): مخطط للحوض اللاهوائي الاول في المحطة الاختبارية

اعتمد أسلوب التشغيل المستمر(Continuous mode of operation) للمحطة الاختبارية، حيث تمت تغذية أحواض المحطة سيحا بالاعتماد على الجاذبية الأرضية وذلك عن طريق استخدام حوض بلاستيكي بحجم (40) لتر يرتفع منسوب المياه فيه بحدود (80) سم عن نقطة التغذية حيث يتم إيصال مياه التغذية إلى أحواض المعالجة البيولوجية عن طريق خمسة خراطيم بلاستيكية، تمتد من أسفل الحوض البلاستيكي لتنتهي بصمامات التصريف والتي يتم من خلالها السيطرة على كمية المياه الداخلة إلى هذه الأحواض.

ولغرض السيطرة على الحمل المسلط على المنظومة وتجنب التغاير في خصائص مياه الفضلات الداخلة، فقد استخدمت خلال البحث مياه فضلات مصنعة بحسب التوصية المقترحة من قبل (Bracklow 2007,) ومماثلة في خصائصها لمياه الفضلات المدنية (Nopens, 2001). يبين الجدول رقم (1) خصائص وتركيب مياه الفضلات المستخدمة في البحث.

جدول رقم (1): المواد الداخلة في تصنيع مياه الفضلات

الفسفور الكلي (ملغم/لتر)	النتروجين الكلي (ملغم/لتر)	COD (ملغم/لتر)	التركيز (غرام/لتر)	التركيز (ملغم/لتر)	المواد المستخدمة
0	27	0	0.104	104	NH_4CL
0	1	25.9	0.0259	25.9	Pepton
4.3	0	0	0.01935	19.35	KH_2PO_4
0	0	271	0.271	271	النشأ
1.96	11.96	200	0.200	200	MILK
1.74	0	0	0.01	10.034	K_2HPO_4
0	0	0	0.0058	5.8	$MgSO_4.7H_20$
0	21.4	11.61	0.0458	45.87	Urea
8	**40**	**500**			المجموع

b. المراحل والظروف التشغيلية

أشتمل برنامج تشغيل المحطات الإختبارية الخمسة على ثماني جولات تم في كل جولة تشغيل ثلاث محطات اختبارية تعمل اثنتان منها بنظام (باردنفو) المطور ذات مفاعلات بيولوجية مقسمة إلى أربع مناطق بحسب الترتيب التالي (AN/AE1/AX/AE2) وبنسب حجمية معينة للمنطقة اللاهوائية إلى الهوائية والموضحة في الجدول رقم (2)، أما المحطة الثالثة فهي محطة المقارنة. تم تشغيل المحطات التي تعمل بنظام (باردنفو) المطور بنسب حجمية مختلفة ومقارنة عملها مع محطة المقارنة والتي تعمل بنظام الحمأة المنشطة. كذلك ولغرض تحقيق أهداف البحث تم تشغيل جميع المحطات على أزمان مكوث هيدروليكية مختلفة تتراوح ما بين (12) إلى (30) ساعة. الجدول رقم (2) يبين أوقات المكوث ونوع المفاعل ونسبة الحمأة الراجعة لكل مرحلة تشغيلية من مراحل المنظومة الإختبارية، حيث لم يتم الانتقال من مرحلة تشغيلية

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

إلى أخرى إلا بعد استقرار المعالجة البيولوجية، وقد تم الاستدلال على حالة من خلال ثبوت كل من كفاءة المعالجة وتركيز الأحياء المجهرية فيها (Ramalho,1977).

النتائج والمناقشة

1. تأثير وقت المكوث الهيدروليكي

a. تأثير وقت المكوث الهيدروليكي في كفاءة إزالة المواد العضوية الذائبة (COD_{sol}):

تمت عملية مراقبة تراكيز المتطلب الكيميائي للأوكسجين المذاب (COD_{sol}) الخارج من المحطة الاختبارية بشكل دوري بمعدل قراءة واحدة بصورة شبه يومية ولكل حوض وذلك لتقييم كفاءة الإزالة (Ramalho,1977).

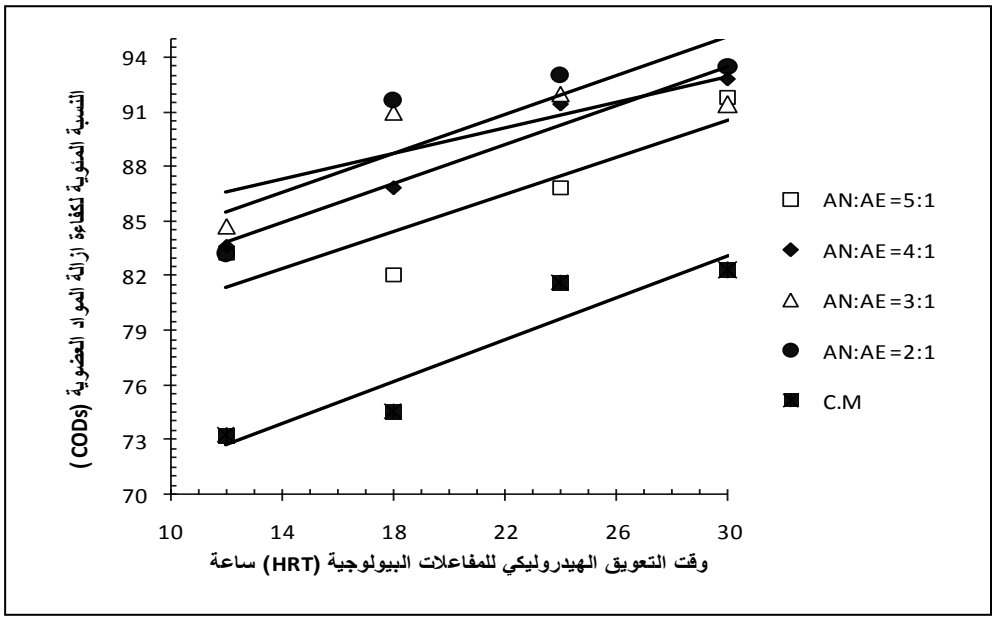
جدول رقم (2): المراحل التشغيلية للمحطات الاختبارية

حجم المفاعل (لتر)	نوع المفاعل	وقت المكوث (ساعة)	النسبة الحجمية (AN+AX) : AE1+AE2	النسبة الحجمية (AN : AX)	النسبة الحجمية AE1:AE2
الجولة الأولى					
12.15	مقسم	12	5:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	12	4:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	12			
الجولة الثانية					
12.15	مقسم	12	3:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	12	2:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	12			
الجولة الثالثة					
12.15	مقسم	18	5:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	18	4:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	18			
الجولة الرابعة					
12.15	مقسم	18	3:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	18	2:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	18			
الجولة الخامسة					
12.15	مقسم	24	5:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	24	4:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	24			
الجولة السادسة					
12.15	مقسم	24	3:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	24	2:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	24			
الجولة السابعة					
12.15	مقسم	30	5:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	30	4:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	30			
الجولة الثامنة					
12.15	مقسم	30	3:1	2:1	2:1
12.15	مقسم	30	2:1	2:1	2:1
12.15	غير مقسم	30			

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ملاحظة: عمر الحماة (SRT) = 25 يوم، نسبة الحماة الراجعة = 100%، نسبة الترجيع الداخلي = 100%

وكما يلاحظ من الشكل (1)، فان كفاءة إزالة المواد العضوية في المحطات التي تعمل بنظام (باردنفو) أكثر من كفاءة الإزالة في المحطة التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدي. كما ويلاحظ أن انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي (HRT) أدى إلى نقصان في كفاءة الإزالة بسبب عدم قدرة المفاعلات البيولوجية على أكسدة جميع المادة العضوية الداخلة إلى المفاعل وخروج المياه من المفاعلات البيولوجية بشكل أسرع، كذلك يتيح زمن المكوث الهيدروليكي الكافي وقت أطول للتماس بين الأحياء المجهرية والمواد العضوية مما يزيد من إزالتها وخاصة عند زيادة التصريف المسلط على المنظومة وهذا يتوافق مع ما جاء به كل من: (Obaja ,2002) (Metcalf and Eddy ,2003).



الشكل(1): العلاقة بين وقت التعويق الهيدروليكي (HRT) بكفاءة إزالة المواد العضوية (COD_{sol}) للمفاعلات الإختبارية وللمراحل التشغيلية الأربع.

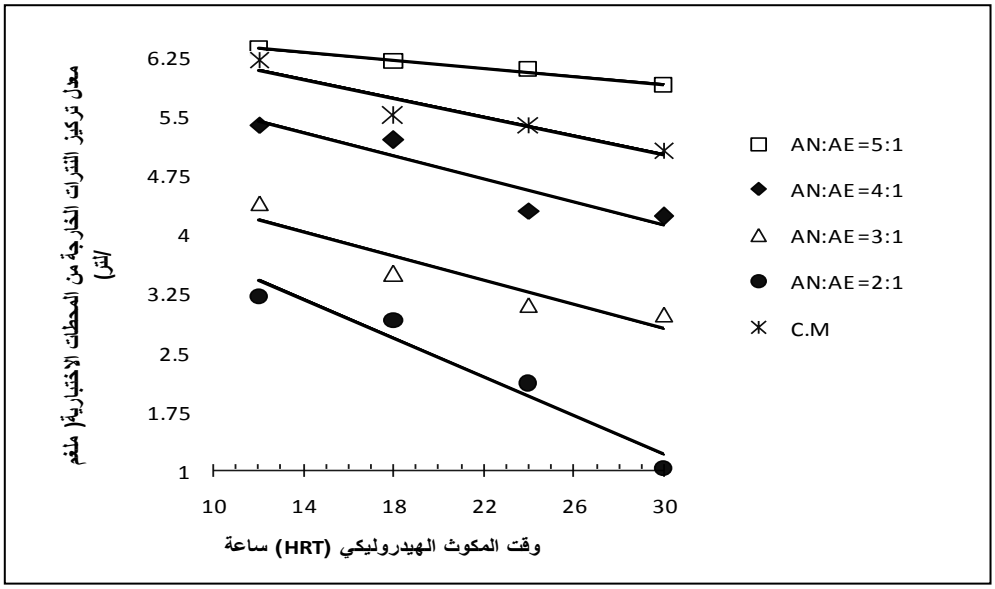
b. تأثير وقت المكوث الهيدروليكي في كفاءة إزالة النترات (NO_3):

يبين الشكل (2) يبين العلاقة بين وقت التعويق الهيدروليكي (HRT) ومعدل تراكيز النترات الخارجة من المحطات الإختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو) والمحطات التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية ذات الأحواض غير المقسمة وكاملة المزج. يلاحظ من الشكل (2)، أن تراكيز النترات الخارجة من المحطات التي تعمل بنظام (باردنفو) كانت أقل منها في المحطات التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية. ومن ملاحظة الشكل يتبين أن كفاءة إزالة النترات تقل بانخفاض وقت التعويق الهيدروليكي وضمن الحدود المستخدمة في البحث، ويعود السبب في ذلك إلى زيادة فرصة التماس داخل المفاعل البيولوجي مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي، مما يزيد من فرصة قيام الأحياء المجهرية بعمليتي النترجة وعكس النترجة في الظروف الهوائية وغير المهواة حيث تتحول الامونيا إلى النترات والتي تتحول أخيرا إلى غاز النتروجين (Obaja, 2002).

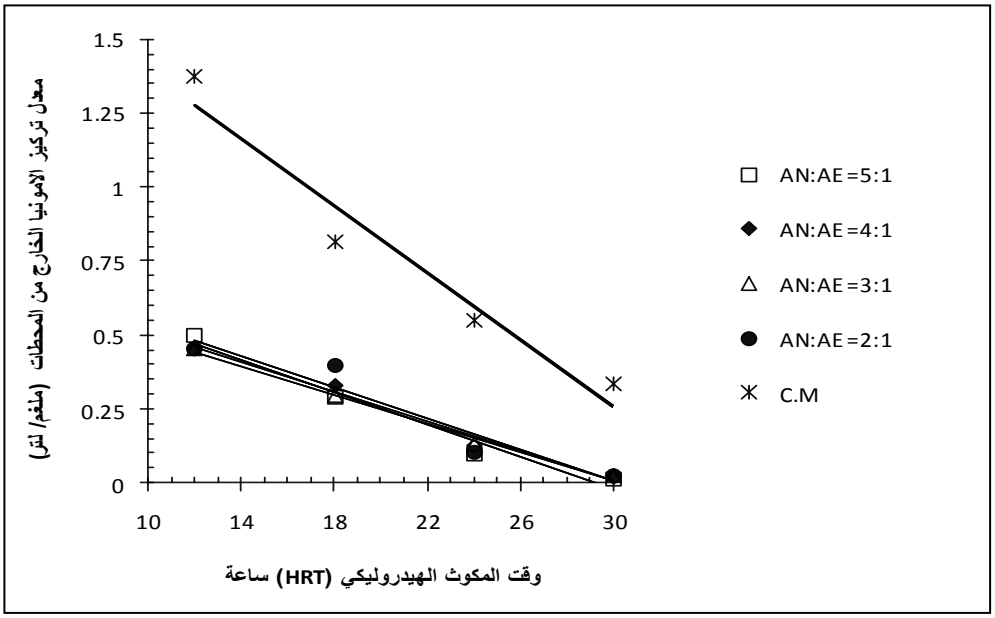
c. تأثير وقت المكوث الهيدروليكي في كفاءة إزالة الأمونيا (NH_3):

يلاحظ من الشكل (3) انه بانخفاض وقت التعويق الهيدروليكي تقل كفاءة إزالة الأمونيا ولكافة المراحل التشغيلية، ويعود السبب في ذلك إلى زيادة فرصة التماس داخل المنطقة الهوائية الأولى من المفاعلات البيولوجية للمحطات التي تعمل بنظام (باردنفو) والمحطة الاختبارية التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي مما يزيد من فرصة قيام الأحياء المجهرية بأكسدة الأمونيا إلى النتريت بعملية النترجة. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثين: (Obaja, 2002).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (2): العلاقة بين وقت التعويق الهيدروليكي (HRT) للمفاعل البيولوجي ومعدل تركيز النترات المتبقي الخارج من المحطات الإختبارية.



الشكل (3): العلاقة بين وقت التعويق الهيدروليكي (HRT) للمفاعل البيولوجي ومعدل تركيز الأمونيا المتبقي الخارج من المحطات الاختبارية.

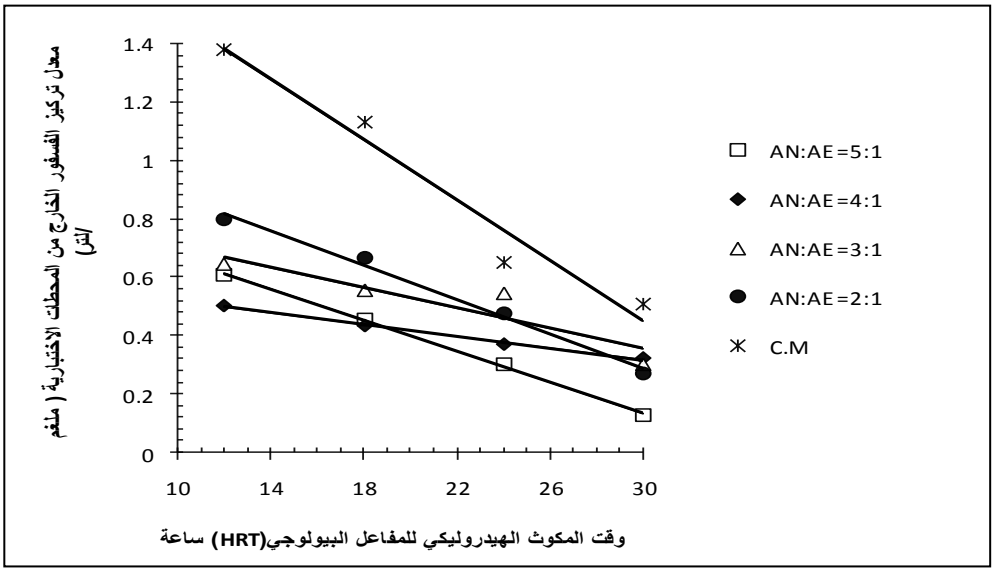
d. تأثير وقت المكوث الهيدروليكي في كفاءة إزالة الفسفور (PO_4):

يلاحظ من الشكل (4) وجود تأثير لزيادة وقت التعويق الهيدروليكي في المحطات التي تعمل بنظام (باردنفو) في كفاءة إزالة الفسفور، حيث تزداد الكفاءة بزيادة وقت التعويق الهيدروليكي للمفاعلات البيولوجية. ويعود السبب في ذلك إلى أنه بزيادة وقت التعويق الهيدروليكي تزداد فرصة تعرض مياه الفضلات إلى الظروف اللاهوائية في المفاعلات البيولوجية للمحطات التي تعمل بنظام (باردنفو) وبالتالي زيادة فرصة إزالة الفسفور. وتتفق هذه النتيجة مع ما أورده العديد من الباحثين (Naidoo ,2002) (Jiang ,2005).

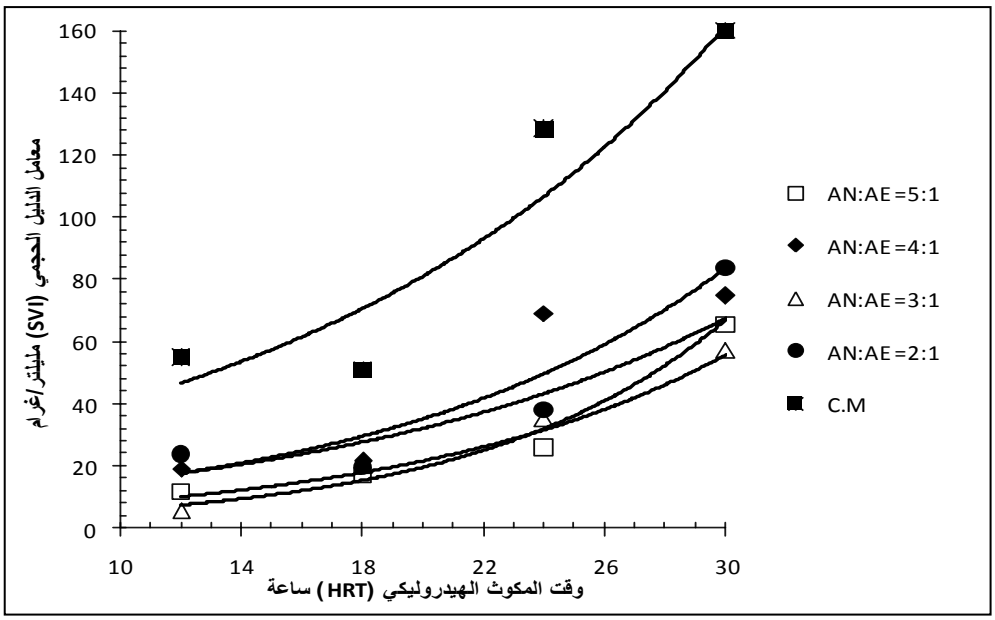
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

e. تأثير وقت المكوث الهيدروليكي في كفاءة أحواض الترسيب:

يلاحظ من الشكل (5) زيادة قيم معامل الدليل الحجمي لكل من مفاعلات نظام (باردنفو) ومفاعل نظام الحمأة المنشطة التقليدي مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي (HRT) وضمن حدود الأوقات المستخدمة في البحث، ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الأحياء المجهرية عند نقصان في التصريف المسلط على المحطات الإختبارية مؤثرا بذلك على خصائص الأحياء المجهرية داخل المفاعل البيولوجي باتجاه توليد أحياء أصعب ترسيبا، وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده (Metcalf and Eddy , 2003).



الشكل (4): العلاقة بين وقت التعويق الهيدروليكي (HRT) للمفاعل البيولوجي ومعدل تركيز الفسفور المتبقي الخارج من المحطات الاختبارية.



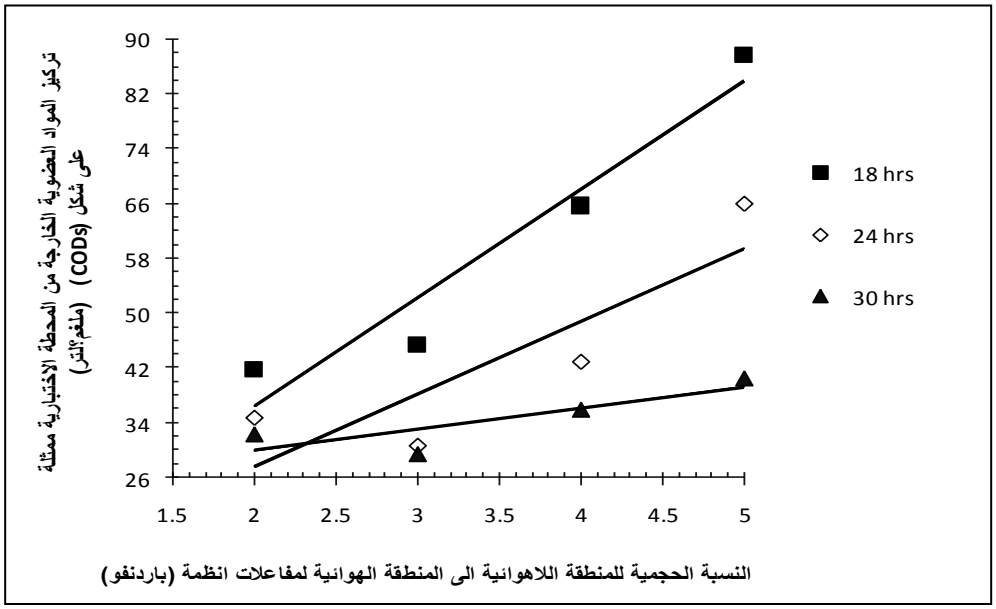
الشكل (5): تغاير معامل الدليل الحجمي (SVI) للمفاعلات الإختبارية مع وقت التعويق الهيدروليكي (HRT).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2. تأثير تغير النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية للمفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو) في سلوك المحطات الاختبارية.

a. إزالة المواد العضوية (COD_{sol}):

في الشكل (6) تم تمثيل العلاقة بين النسبة الحجمية للمناطق اللاهوائية إلى المناطق الهوائية مع تركيز المواد العضوية الخارجة من المحطات الإختبارية متمثلا بقيم المتطلب الكيميائي للأوكسجين الذائب (COD_{sol}). يلاحظ من الشكل أن كفاءة إزالة المواد العضوية للمراحل التشغيلية الثانية والثالثة والرابعة تزداد بانخفاض النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية، ويرجع السبب في ذلك إلى انه بانخفاض هذه النسبة تزداد حجم المنطقة الهوائية مما يؤدي إلى زيادة فرصة الأحياء المجهرية الهوائية والتي تكون ذات نشاط وسرعة أكبر من الأحياء المجهرية الموجودة في المنطقة اللاهوائية في امتزاز نسبة اكبر من المواد العضوية الذائبة وهذا يؤدي إلى تحسين الكفاءة الكلية للنظام (Yang ,1998).

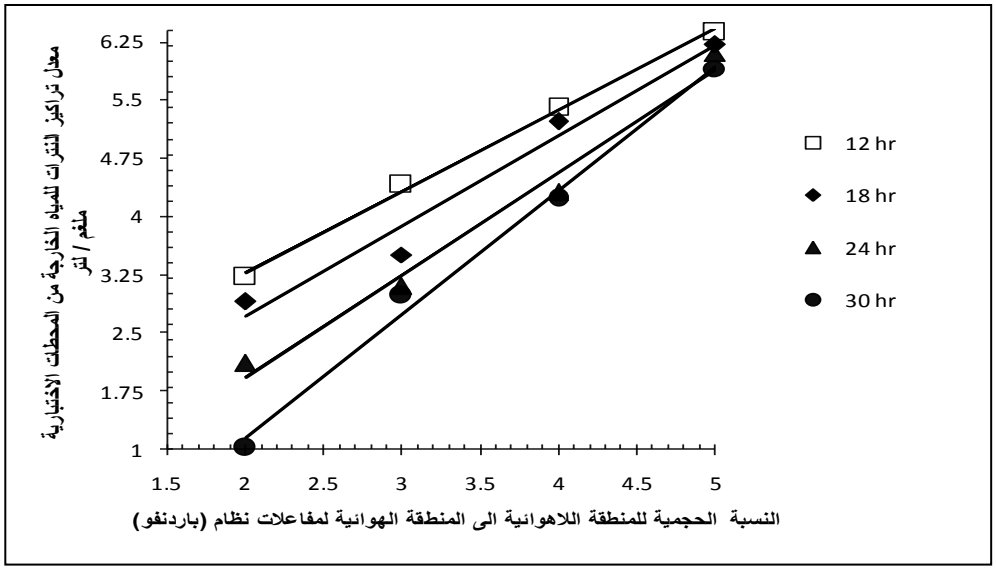


الشكل (6) : العلاقة بين النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في المحطات الإختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو) وتركيز المواد العضوية الخارجة من المحطات الإختبارية ملغم /لتر.

b.إزالة النترات (NO_3):

في الشكل (7) تم تمثيل العلاقة بين النسبة المئوية لحجم المنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية وبين معدل تراكيز النترات (NO_3) الخارج من المحطات الإختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو). ومن ملاحظة المنحني، فان هناك علاقة خطية قوية تبين أن تقليل النسبة لحجم المنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية تؤدي إلى انخفاض تراكيز النترات الخارجة من المحطات الإختبارية وبالتالي زيادة كفاءة هذه المحطات في إزالة النترات من المياه المعالجة، ويعود السبب في ذلك إلى أنه بزيادة حجم المنطقة الهوائية والتي تتم فيها عملية إزالة النترات تزداد فرصة تماس الأحياء المجهرية الهوائية مع مياه الفضلات الداخلة إلى المنطقة الهوائية الأولى مما يزيد من فعالية إزالة النترات في المنظومة.

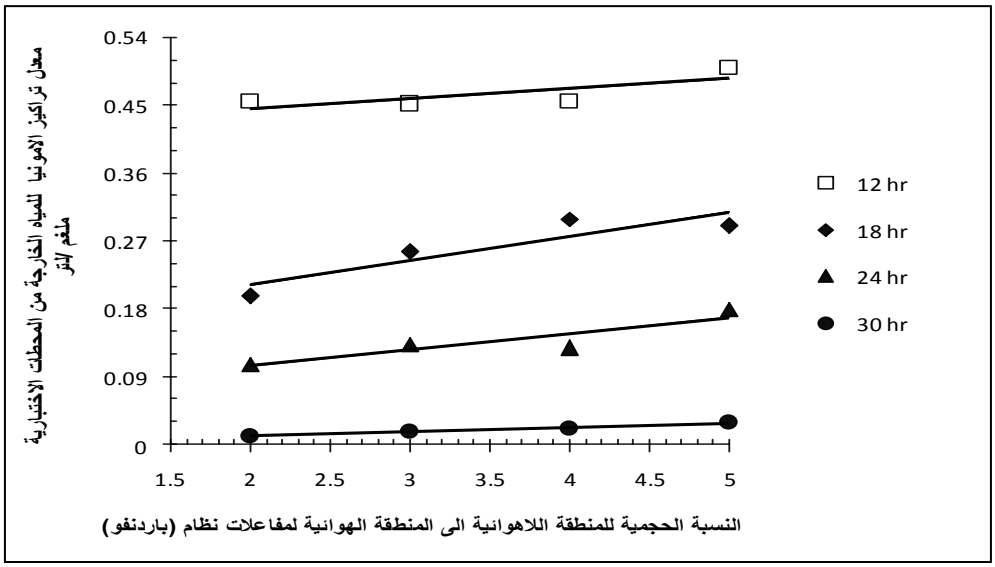
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (7) : العلاقة بين النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في المحطات الإختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو) وتراكيز النترات (NO_3) الخارجة من المحطات الإختبارية ملغم /لتر.

c. إزالة الأمونيا (NH_3):

تم في الشكل (8) تمثيل العلاقة بين النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية مع تراكيز الأمونيا (NH_3) للمياه المعالجة الخارجة من المحطات الإختبارية ولجميع المراحل التشغيلية. إذ يلاحظ من الشكل أن تراكيز الأمونيا الخارجة من المحطات الإختبارية ذات النسب الحجمية المختلفة المستخدمة في البحث وللمرحلة التشغيلية الواحدة تكون متقاربة، كما يمكننا ملاحظة وجود تغير طفيف في المنحنيات إذ انه بانخفاض هذه النسبة يقل تركيز الأمونيا الخارج من هذه المحطات ويعود السبب في ذلك إلى زيادة حجم المنطقة الهوائية والتي تؤدي إلى زيادة عدد الأحياء المجهرية في المنطقة الهوائية التي تعمل على أكسدة الأمونيا إلى النترات بعملية النترجة (Nitrification)، بالإضافة إلى زيادة فرص تماس هذه الأحياء مع مياه الفضلات الداخلة إلى المحطة الإختبارية.

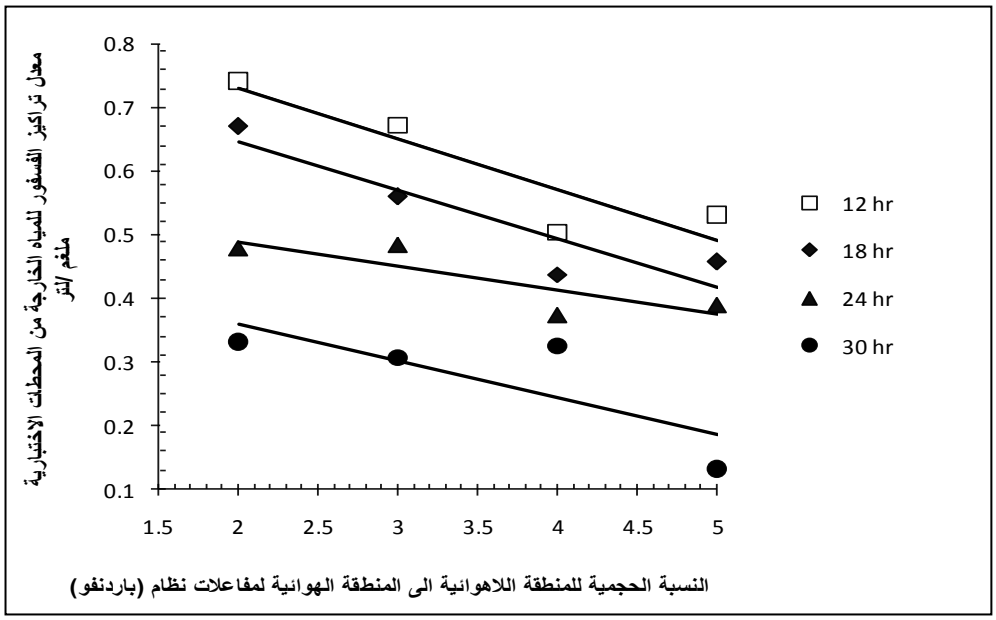


الشكل (8) : العلاقة بين النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في المحطات الإختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو) وتراكيز الأمونيا (NH_3) الخارجة من المحطات الإختبارية ملغم /لتر.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

d. إزالة الفسفور (PO_4):

تم تمثيل العلاقة بين النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية مع تركيز الفسفور الخارج من المحطات الإختبارية ملغم/لتر وكما موضح في الشكل (9) ولأوقات التعويق المستخدمة في البحث. إذ يلاحظ زيادة الإزالة للفسفور بزيادة النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية، ويعود السبب في ذلك إلى كون معظم عملية إزالة الفسفور تتم عند سيادة الظروف اللاهوائية (Metcalf and Eddy , 2003)، وكما ذكر سابقا. عليه فان زيادة حجم المنطقة اللاهوائية تعني زيادة فرصة تماس الأحياء المجهرية اللاهوائية مع مياه الفضلات الداخلة إلى المنظومة مما يزيد من فعالية الإزالة.



الشكل (9) : العلاقة بين النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في المحطات الإختبارية التي تعمل بنظام (باردنفو) وتراكيز الفسفور (PO_4) الخارجة من المحطات الإختبارية ملغم /لتر.

الاستنتاجات

1. أدى استخدام نظام (باردنفو) إلى تقليل تراكيز كل من المواد العضوية والنتروجينية والفسفور (COD_S، BOD_5، NO_3، NH_3 ، PO_4) للمياه الخارجة من المحطات الإختبارية التي تعمل بهذا النظام مقارنة بالمياه الخارجة من المحطة الإختبارية التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات الأحواض غير المقسمة كاملة المزج.
2. يساهم استخدام المفاعلات البيولوجية المطورة بنظام (باردنفو) بتحسين الخصائص الترسيبية للحماة المنشطة مقارنة مع الخصائص الترسيبية للحماة الناتجة عن مفاعلات نظام الحمأة المنشطة التقليدي.
3. تزداد كفاءة إزالة كل من المواد العضوية والنترات والأمونيا بانخفاض النسبة الحجمية للمنطقة اللاهوائية إلى المنطقة الهوائية في المحطات الإختبارية المطورة بنظام (باردنفو)، كذلك يزداد تركيز الأوكسجين المذاب مع انخفاض هذه النسبة، بالمقابل تنخفض كفاءة إزالة الفسفور مع انخفاض حجم المنطقة اللاهوائية إلى الهوائية في هذه المفاعلات.
4. تنخفض كفاءة إزالة المواد العضوية والنترات والأمونيا والفسفور مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي (HRT) وفي كل من المفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام (باردنفو) ومفاعلات الحماة المنشطة التقليدي.
5. تزداد قيم معامل الدليل الحجمي لكل من مفاعلات نظام (باردنفو) ومفاعل نظام الحمأة المنشطة التقليدي مع زيادة وقت التعويق الهيدروليكي (HRT).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المصادر

APHA, (1998), "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 20th ed., Washington, D.C.

Azimi A.A., Hooshyari B., Mehrda N. ; and Nabibidhendi GH. (2007), "Enhanced COD and Nutrient Removal Efficiency In a Hybrid Integrated Fixed Film Activated Sludge Process" , Iranian Journal of Science & Technology , Vol. 31, PP. 523-533.

Bracklow U., Drews A., Vocks M. ;and Kraume M. (2007), "Comparison of Nutrients Degradation in Small Scale MBR Fed With Synthetic/Domestic Wastewater", Hazardous Materials, Vol. 144, No. (3), PP. 620–626.

Cech, J. S. and Hartman, P., (1993), " Competition Between Poly-Phosphate & Polysaccharide Accumulating Bacteria in Enhanced Biological Phosphate Removal Systems", Water Research, Vol. 13, PP. 1213.

Eckenfelder (2000), " Industrial water pollution control", 3rd ed., McGraw-Hill International Edition, Singapore.

Jeyanayagam S. (2005), " True Confessions of the Biological Nutrient Removal Process ", Florida Water Resourses Journal , PP. 37-46.

Kermani M., Bina B., Movahedian H., Amin M. M. and Nikaeen M., (2009) ," Biological Phosphorus and Nitrogen Removal from Wastewater Using Moving Bed Biofilm Process", Iranian Journal of Science & Technology, Vol. 7, No. 1.

Metcalf and Eddy, Inc. (2003) "Waste water engineering treatment/disposal/reuse", 4th ed., McGraw-Hill, Inc, New York, Ch8, PP. 661-665.

Morgan, S., Boyle, C.A. and Mckenzie, C.J. (2009), "Internal Recycle to Improve Denitrification in Step Feed Anoxic/Aerobic Activated Sludge System", Water Science & Technology, Vol. 60, No. 7, PP. 1661–1668.

Naidoo, K., Ndlovu, V., Mjadu, L., Treffry-Goatley, K. and Kerdachi , DA. (2002), "The Exceptional Simultaneous Removal of Carbon, Nitrogen and Phosphorus in a Simple Activated Sludge Treatment System at Kings burgh Wastewater Treatment Works ", Iranian Journal of Science & Technology, PP. 67-72.

Nopens I., Capalozza C. and Vanrolleghem P. A. (2001), "Stability Analysis of a Synthetic Municipal Wastewater", Bimoth Technical Report. Ghent University, Belgium, PP. 22 .

NuriAğdağ O. and Sponza D. (2005), " Anaerobic/Aerobic Treatment of Municipal Landfill Leachate in Sequential Two-Stage Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB)/Completely Stirred Tank Reactor (CSTR) Systems", Process Biochemistry, Vol. 40, PP. 895-902.

Obaja, D., Mace, S. , Costa, J., Sans, C. and Mata-Alvarez, J. (2002), "Nitrification, Denitrification and Biological Phosphorus Removal in Piggery Wastewater Using a Sequencing Batch Reactor ", Bioresource Technology, Vol. 87, PP. 103-111 .

Ramalho, (1977), " Introduction to Wastewater Treatment Process", Academic press, Inc., Canada.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

Toit, G. du, Parco, V., Wentzed, M. and Ekama, G. (2007), "Biological Nutrient Removal in Membrane Bioreactors : Denitrification &Phosphorus Removal Kinetics", Water Science & Technology , Vol. 56, No.6, PP.125-134.

Viessman ,W. Jr. and Hammer, M. J. (1985), "Water Supply and Pollution Control ", Harper and Row Publishers Inc., New York, 4th ed..

Vocks, M., Adam, C., Lesjean, B., Gnirss, R. and Kraume M. (2005), "Enhanced Post-Denitrification without Addition of an External Carbon Source in Membrane Bioreactors", Water Research, Vol. 39(14), PP. 3360–3368.

Wanner, J., Ottova, V. and Grau, P. (1987) , "Effect of an Anaerobic Zone on Settle ability of Activated Sludge in Biological Phosphate Removal from Wastewaters", Ramadori, R. Ed., Pergamon Press, Oxford, PP. 155.

Yang, P.Y., Zhang, Z. Q. and Jeong, B. G. (1998), "Simultaneous Removal of Carbon and Nitrogen Using an Entrapped Mixed Microbial Cell Process", Water Research , Vol. 31, PP. 2617-2625.

Yoona T., Leeb H.S. and Kim, C. G. (2004), " Comparison of Pilot Scale Performances Between Membrane Bioreactor and Hybrid Conventional Wastewater Treatment Systems", Journal of Membrane Science , Vol. 242, PP. 5-12.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات

www.manaraa.com