

تأثير التغذية المتقطعة في كفاءة اداء وحدات الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي العاملة بأوقات مكوث هيدروليكية متغيرة

د. قصي كمال الدين الأحمدي * ايناس احمد خضر ميكائيل الطائي**

* استاذ مساعد، جامعة الموصل/ كلية علوم وتقانات البيئة
** ماجستير، جامعة الموصل / كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير التغذية المتقطعة في كفاءة واستقرارية أنظمة الحمأة المنشطة ذات الجريان القطاعي، حيث تم إنشاء وتشغيل محطة اختبارية تتألف من خمسة مفاعلات بيولوجية متشابهة الشكل بسعة (15 لتر) لكل منها، صممت للعمل بشكل متوازي تحت نفس الظروف التشغيلية لكل من التصريف ونسبة ترجيع الحمأة ووقت التعويق الهيدروليكي والحمل العضوي. وقد تم تهيئة اربعة من هذه المفاعلات لتعمل بنظام التغذية المتقطعة بنسب تساوي (1/1) للمفاعل الاول، (2/2) للمفاعل الثاني، (4/4) للثالث، و (6/6) للرابع، في حين عمل المفاعل البيولوجي الخامس بنظام التغذية المستمرة. بينت نتائج البحث ان تراكيز الامونيا (NH_3) والفسفور (PO_4) الخارجة من المحطات الاختبارية كانت متقاربة في كلا من نظام التغذية المتقطعة ونظام التغذية المستمرة، في حين ان تراكيز المواد العضوية المتمثلة بـ(COD) الخارجة من المحطات التي تعمل بنظام التغذية المتقطعة كانت اقل منها في المفاعل ذات التغذية المستمرة ولجميع المراحل التشغيلية. كما اظهرت النتائج ان كفاءة إزالة المواد العضوية والامونيا والفسفور تنخفض مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي (HRT) وفي كل من المفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام التغذية المتقطعة والمفاعل ذات التغذية المستمرة. بينما تزداد كفاءة إزالة النترات مع انخفاض وقت المكوث الهيدروليكي (HRT).

Keywords: Plug flow, Activated sludge, intermittent feeding, Intermittent aeration, Hydraulic retention time.

Effect of Intermittent Feeding on the Performance of Plug Flow Activated Sludge System under Different Hydraulic Retention Times

Dr. Kossay K. Al-Ahmady*

Enas Ahmad Kader AL-Taee**

* Asst. Professor, College of Environmental Science and Technology, University of Mosul

** M.Sc., Civil Dept. College of Engineering, University of Mosul

Abstract

In this research, the effect of intermittent feeding on the efficiency of plug flow activated sludge reactors has been studied. An experimental plant has been constructed and operated. The plant consists of five identical reactors with the volume of (15) liter working in parallel under the same operating conditions for each of discharge; sludge recycling ratio; hydraulic detention time and the organic load. Four of these reactors had been worked at the intermittent (ON/OFF) feeding mode with the ratios of (1/1), (2/2), (4/4) and (6/6) for the first, second, third, and fourth reactor respectively, while the fifth reactor worked at continuous feeding mode. The results showed that, removal efficiencies for each of ammonia (NH_3) and phosphorus (PO_4) were close in both of intermittent and continuous feeding system, while the concentrations of (COD) in effluent were less in the intermittent reactors. Removal efficiencies of (COD), (NH_3), and (PO_4) decreased with reducing the hydraulic retention, whereas nitrate removal efficiency increased with decreasing of hydraulic retention time.

المقدمة

يعتبر نظام الحمأة المنشطة أحد أنظمة النمو العالق، وقد تم اشتقاق اسم الحمأة المنشطة في هذا النوع من الأنظمة من حقيقة إن المواد المترسبة في حوض الترسيب الثانوي تكون حاوية على كائنات دقيقة فعالة والتي يتم إعادتها إما بشكل كامل أو بعضاً منها إلى المفاعل بصورة متكررة من أجل زيادة الكتلة الحية المتوفرة.

يعتمد مبدأ المعالجة البيولوجية باستخدام تقنية الحمأة المنشطة على تحويل المواد العالقة أو المواد العضوية الذائبة في مياه الفضلات إلى أحياء مجهرية على شكل لبادات صلبة قابلة للترسيب والتي تزال في أحواض الترسيب الثانوي. وكحال بقية أنظمة المعالجة البيولوجية فقد تطورت أنظمة الحمأة المنشطة من أسلوب التشغيل بالدفعات (Batch reactor) في بداية الأمر إلى أسلوب الجريان المستمر (Continuous Flow Reactor) الذي أصبح سائداً في السنوات اللاحقة وذلك بسبب سهولة تشغيله مقارنة بالنوع الأول حيث تدخل المطروحات في هذا النظام بصورة مستمرة إلى وحدات الحمأة المنشطة مما ساهم في حل مشكلة التدفق المستمر لمياه المطروحات داخل محطة المعالجة (Metcalf and Eddy, 2003).

ومع الوقت ظهرت العديد من التعديلات على نظام الحمأة المنشطة مثل نظام قنوات الأكسدة ونظام التهوية المطولة ونظام التغذية بالجرعات المتتابعة (Sequencing Batch Reactor) وغيرها. وبالرغم من توالي ظهور هذه الأنظمة، إلا إن الاختصاصيون يجمعون على فعالية نظام الحمأة المنشطة ذو مفاعلات المزج القطاعي (Conventional Plug Flow Reactors, CPMR) وأفضليته على أنواع المعالجات الأخرى (Metcalf and Eddy, 2003)، وذلك بسبب كفاءته العالية كون إن شرائح المياه المتداخلة ستعمل كمفاعلات مصغرة مرتبطة على التوالي مع بعضها البعض مما يرفع من كفاءة الأداء، إضافة إلى القابلية على إزالة عدة ملوثات في نفس الوقت كون إن كل مفاعل مصغر سيعمل بظروف مختلفة وبالتالي سيحتوي على نظام بيولوجي مختلف نوعاً ما مما يعني خلق ظروف حياتية مختلفة ضمن قطاعات حوض التهوية وبالتالي القابلية على إزالة طائفة أوسع من الملوثات (المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة، 2004). كما ويساهم التغيير في تراكيز الأوكسجين المذاب ضمن القطاعات، حيث يكون في أوجه في بداية المفاعل ويقل تدريجياً عند نهايته (Pfenosil, 2003)، في تحقيق عملية النترجة وعكس النترجة في المفاعل إضافة لإمكانية إزالة المواد العضوية (EPA, 1997).

تعتبر أنظمة الحمأة المنشطة ذات مفاعلات المزج القطاعي من الأنظمة المرنة التي تتقبل إضافة العديد من التطويرات التي تمكنه من الالتقاء مع مختلف متطلبات المياه الخارجة بدون مضافات كيميائية وذلك من خلال إحداث تغييرات في خطة التشغيل (Aljarjary, 2009). ومن المحاولات التي جرت في هذا الاتجاه تحول بعض المهندسين باتجاه تطبيق مبدأ التغذية المتقطعة بدلاً من التغذية المستمرة مع هذه الأنظمة. حيث تضمن هذه العملية تغذية المفاعلات البيولوجية بمياه الفضلات لفترة محددة ثم إيقاف التغذية لفترة معينة وحسب نسبة محسوبة، حيث يؤدي قطع التغذية عن المفاعل إلى تنافس الأحياء المجهرية على كمية الغذاء المتبقية في المفاعل وبالتالي تحسين ورفع كفاءة النظام في إزالة المواد العضوية والمغذيات من مياه الفضلات. وبالإضافة لذلك فإن تعرض الأحياء المجهرية إلى ظروف مختلفة أثناء فترة التغذية وفترة انقطاعها وبشكل دوري يساعد في منع حصول ظاهرة انتفاخ الحمأة في هذا النظام وبالتالي الحصول على حمأة ذات خصائص ترسيبيه جيدة (Metcalf and Eddy, 2003).

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير طول مدد تشغيل التغذية ومدد انقطاعها في كفاءة إزالة المواد العضوية والنتروجينية والفوسفات في وحدات الحمأة المنشطة ذات الجريان القطاعي، كذلك وتحري تأثير تغيير زمن المكوث الهيدروليكي (Hydraulic Detention Time, HDT) في كفاءة الإزالة في هذه المفاعلات.

الدراسات السابقة

أجرى الباحث (Lorestani et al., 2012) دراسة لغرض المقارنة بين نظامين من أنظمة الحمأة المنشطة في معالجة مياه الفضلات الناتجة من مصانع الألبان أحدهما يعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي والآخر يعمل بنظام المزج الكامل. حيث تم خلال هذه الدراسة بيان تأثير تغيير الظروف التشغيلية متمثلة (تركيز الـ (COD) الداخل إلى المنظومة، نسبة ترجيع الحمأة، وقت المكوث الهيدروليكي) في كفاءة أداء هذه الأنظمة. حيث كان تركيز الـ (COD) الداخل إلى المنظومة يتراوح ما بين (1000-200 ملغم/لتر)، ووقت مكوث يتراوح ما بين (5-2 ساعة)، ونسبة ترجيع الحمأة ما بين (5-1). استنتج الباحث بأن تحويل النظام الهيدروليكي داخل المفاعل من نظام المزج الكامل إلى نظام المزج القطاعي له أثر كبير في تحسين كفاءة إزالة المواد العضوية من مياه فضلات مصانع الألبان وتحسين الخصائص الترسيبية حيث كانت قيم معامل الدليل الحجمي للحمأة (58-30 مليلتر/غرام) في مفاعل الجريان القطاعي، بينما في مفاعل المزج الكامل يتراوح بين (145-50 مليلتر/غرام).

وقد قام الباحث (Chelliapan et al., 2011) بدراسة تأثير تغيير الظروف التشغيلية (الحمل الهيدروليكي المسلط، وقت المكوث الهيدروليكي، أسلوب التغذية)، على أداء وحدات الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي. حيث استخدم الباحث محطة مختبرية تتكون من مفاعل بيولوجي يتألف من أربعة قطاعات متساوية الحجم. اشتمل العمل المختبري على

مرحلتين تشغيليتين، تضمنت المرحلة الاولى تشغيل المفاعل البيولوجي باعتماد مبدأ التغذية المستمرة ولفترة (34 يوم)، في حين تم اعتماد مبدأ التغذية المتقطعة للمفاعل في المرحلة التشغيلية الثانية. استنتج الباحث بان كفاءة المفاعلات التي تعمل بالتغذية المتقطعة اعلى من مثيلاتها التي تعمل بالتغذية المستمرة حيث ازدادت كفاءة ازالة المواد العضوية من (72%) في المرحلة التشغيلية الأولى، الى (92%)، في المرحلة التشغيلية الثانية.

كما أجرى الباحثان (Fang and Yeong, 1993) عددا من التجارب لدراسة تأثير تغيير وقت المكوث الهيدروليكي (HRT) وقطع التهوية في انظمة الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي على كفاءة ازالة المواد العضوية ومركبات الأمونيا والنيتروجين من مياه الفضلات. حيث استخدم الباحثان ثلاثة مفاعلات بحجم (21.7 لتر) تعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات الجريان القطاعي، وتم تهوية أحد هذه المفاعلات بصورة مستمرة اما المفاعلان الأخران فقد تم تقطيع التهوية المسلطة عليهما لمدة نصف وقت التهوية الكلي. استنتج الباحثان بأن كفاءة ازالة المواد العضوية كانت تتراوح ما بين (95-97%) وكفاءة ازالة الامونيا تساوي (85%).

المواد وطرائق العمل

انشاء المحطة الاختبارية (المفاعلات البيولوجية الاختبارية)

تم خلال البحث تنفيذ (5) محطات اختبارية، تتكون كل منها من مفاعل بيولوجي مستطيل الشكل مصنوع من مادة الزجاج بأبعاد (50 سم طول)، (15 سم عرض)، (20 سم الارتفاع الفعال) و (30 سم الارتفاع الكلي)، وبحسب النموذج المقترح من قبل الباحثين (Ramalho, 1977)، و (Mortazavi et al., 2008). حورت أربعة من المحطات الاختبارية لتعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات الجريان القطاعي (Plug flow) والتغذية المتقطعة (Intermittent feeding)، في حين شغلت المحطة الخامسة باستخدام مبدأ التغذية المستمرة (continues feeding) وبنفس الظروف التشغيلية للمحطات الأخرى. تمت تغذية أحواض المحطة الاختبارية سحبا بالاعتماد على الجاذبية الأرضية وذلك عن طريق استخدام حوض بلاستيكي بحجم (60) لتر يرتفع منسوب المياه فيه بحدود (30) سم عن نقطة التغذية. ولغرض ايصال مياه التغذية الى احواض المعالجة البيولوجية تم وضع خمسة صمامات تمتد من أسفل الحوض البلاستيكي (60) لتر وذلك لغرض التحكم بكمية التصريف الداخل الى احواض التهوية. ولضمان تقطيع التغذية على اربعة مفاعلات بيولوجية بنسب مقدارها (1/1)، (2/2)، (4/4)، (6/6) (ساعة تغذية/ساعة عدم تغذية) وللمفاعلات الاول والثاني والثالث والرابع وعلى التوالي، تم توصيل أربعة من هذه الصمامات بأربعة خراطيم بلاستيكية تنتهي الى قفل كهربائي يعمل بصورة اوتوماتيكية عن طريق ربط كل قفل بمؤقت كهربائي (Programmable timers)، حيث ضبط كل مؤقت على فترات تشغيل وانطفاء محددة حسب نسبة التغذية الى انقطاعها في كل مفاعل من المفاعلات الاربعة، اما المفاعل الخامس فيتم تغذيته من الحوض البلاستيكي بصورة مستمرة.

ولغرض السيطرة على الحمل المسلط على المنظومة وتجنب التغيرات في الخصائص، ودراسة وتحديد تأثير كل متغير بشكل مستقل بدون التداخل الحاصل عن تغيير نوع وخصائص مياه الفضلات الداخلة فقد استخدم في البحث مياه فضلات مصنعة مماثلة في خصائصها لمياه الفضلات المدنية وحسب التوصية المقترحة من قبل (Bracklow et al., 2007). يبين الجدول رقم (1) المواد المستخدمة في صناعة مياه الفضلات الشبيهة بمياه الفضلات المنزلية.

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

(Bracklow et al., 2007).

المواد المستخدمة	التركيز (mg/l)	COD (mg/l)	BOD5 (mg/l)	النيتروجين الكلي (mg/l)	الفسفور الكلي (mg/l)
NH ₄ CL	104	0	0	27	0
Peptone	25.9	25.9	14.5	1	0
KH ₂ PO ₄	19.35	0	0	0	4.3
النشأ	271	271	153.6	0	0
Milk	200	200	116	11.96	1.96
K ₂ HPO ₄	10.034	0	0	0	1.74
MgSO ₄ .7H ₂ O	5.8	0	0	0	0
Urea	45.87	11.61	6.83	21.4	0
المجموع		500	300	40	8

تم تشغيل المحطات الاختبارية الخمسة على ثلاثة مراحل تشغيلية. تمت تغذية إحدى هذه المحطات بشكل مستمر في الوقت نفسه تم تغذية المحطات الأربعة الأخرى بشكل متقطع وذلك بتحديد نسبة التغذية إلى انقطاعها (ساعة تغذية/ساعة عدم تغذية) في كل مفاعل من المفاعلات الأربعة العاملة بنظام التغذية المتقطعة. حيث ثبتت في كل مرحلة نسب التغذية إلى انقطاعها (ساعة تغذية/ساعة عدم تغذية) بمقدار (1/1) في الحوض الأول، و (2/2) في الحوض الثاني، و (4/4) في الحوض الثالث، و (6/6) في الحوض الرابع، أما الحوض الخامس فقد تمت تغذيته بشكل مستمر وكما ذكر سابقاً. ولضمان تطبيق مبدأ التهوية المتقطعة على المنظومة المختبرية تم ربط جميع مضخات التهوية بمؤقت كهربائي (Timer) يعمل بنسب مقدارها (0/0)، (1/1)، (3/3)، (ساعة تشغيل/ساعة وقوف)، في كل مرحلة من المراحل التشغيلية الثلاثة. كذلك ولغرض تحقيق أهداف البحث فقد شغلت المحطات الخمس على أزمان مكوث هيدروليكية مختلفة تتراوح ما بين (12) إلى (24) ساعة، لاحظ (الجدول 2).

تمت مراقبة كل من تراكيز المتطلب الكيميائي للأوكسجين الذائب (COD_{sol}) والامونيا (NH_3) و النترات (NO_3) والفوسفات (PO_4) للخارج من المحطة الاختبارية بشكل دوري بمعدل قراءة واحدة بصورة يومية ولكل حوض وذلك لتقييم كفاءة الإزالة (Ramalho, 1977).

الجدول رقم (2): يبين المراحل التشغيلية للمحطة الاختبارية

المفاعل الخامس تشغيل/توقف hr/hr	المفاعل الرابع تشغيل/توقف hr/hr	المفاعل الثالث تشغيل/توقف hr/hr	المفاعل الثاني تشغيل/توقف hr/hr	المفاعل الأول تشغيل/توقف hr/hr	وقت التهوية تشغيل/وقوف hr/hr	وقت المكوث (ساعة)	رقم الجولة	المرحلة التشغيلية
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	مستمرة 0/0	12	الأولى	الأولى
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	متقطعة 1/1		الثانية	
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	متقطعة 3/3		الثالثة	
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	مستمرة 0/0	18	الرابعة	الثانية
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	متقطعة 1/1		الخامسة	
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	متقطعة 3/3		السادسة	
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	مستمرة 0/0	24	السابعة	الثالثة
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	متقطعة 1/1		الثامنة	
متقطع 6/6	متقطع 4/4	متقطع 2/2	متقطع 1/1	مستمر 0/0	متقطعة 3/3		التاسعة	

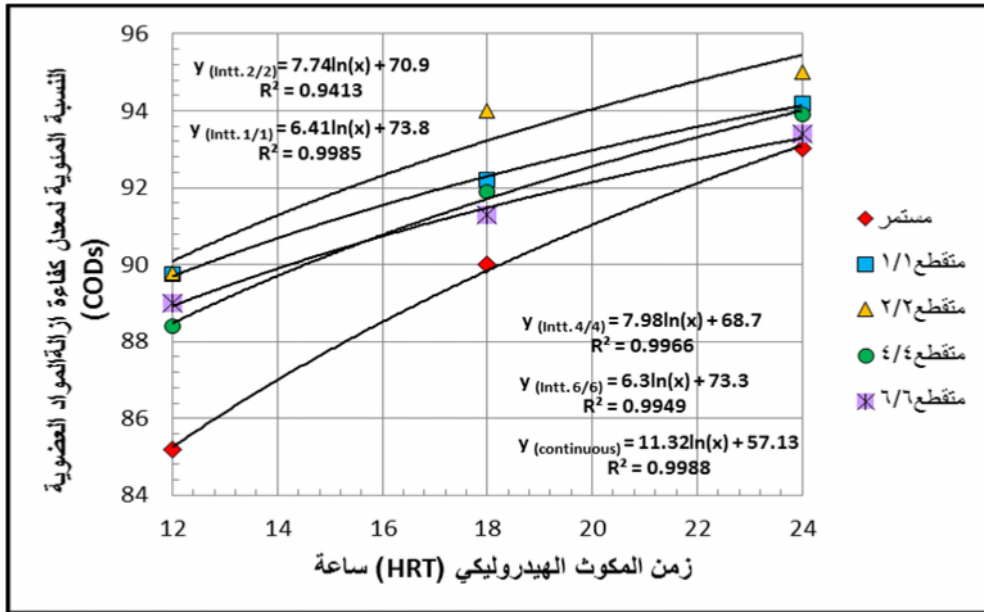
النتائج والمناقشة

تأثير تغير وقت المكوث الهيدروليكي في كفاءة إزالة المواد العضوية وكفاءة إزالة الأمونيا يمثل الشكل (1) العلاقة بين زمن المكوث الهيدروليكي وكفاءة إزالة المواد العضوية الذائبة (COD_{sol}) للمفاعلات الاختبارية وللمراحل التشغيلية الثلاثة، وكما يلاحظ من الشكل فإن انخفاض زمن المكوث الهيدروليكي يؤدي 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 فرصة إزالتها، بالإضافة إلى إن زيادة زمن المكوث يؤدي إلى زيادة تراكيز الأحياء المجهرية ($MLVSS$) في المفاعلات البيولوجية مما يؤدي بدوره إلى زيادة استهلاك المواد العضوية وهذا يتوافق مع (Obaja, 2002) و (Metcalf and Eddy, 2003).

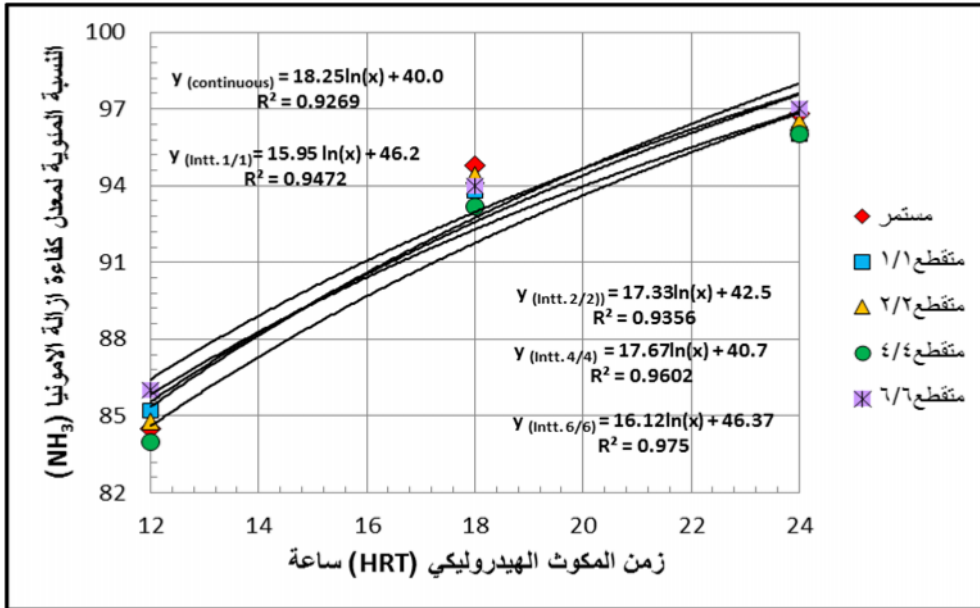
أما الشكل (2) فيوضح العلاقة بين زمن المكوث ومعدل كفاءة إزالة الأمونيا للمحطات الاختبارية التي تعمل بالتغذية المتقطعة والمحطة التي تعمل بالتغذية المستمرة، ومن خلاله يتبين أنه بانخفاض زمن المكوث الهيدروليكي تقل كفاءة إزالة الأمونيا وكفاءة المراحل التشغيلية. ويعود السبب في ذلك إلى زيادة فرصة التماس داخل المفاعلات البيولوجية

الأحمدي: تأثير التغذية المتقطعة في كفاءة اداء وحدات الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي العاملة بأوقات مكوث --

مع زيادة زمن المكوث الهيدروليكي مما يزيد من فرصة قيام الأحياء المجهرية بأكسدة الأمونيا إلى النتريت بعملية النتريجة، وتتوافق هذه النتيجة مع (Obaja, 2002)



الشكل (1): العلاقة بين زمن المكوث الهيدروليكي (HRT) وكفاءة إزالة المواد العضوية الذائبة (COD_{sol}) للمفاعلات الاختبارية وللمراحل التشغيلية الثلاثة.

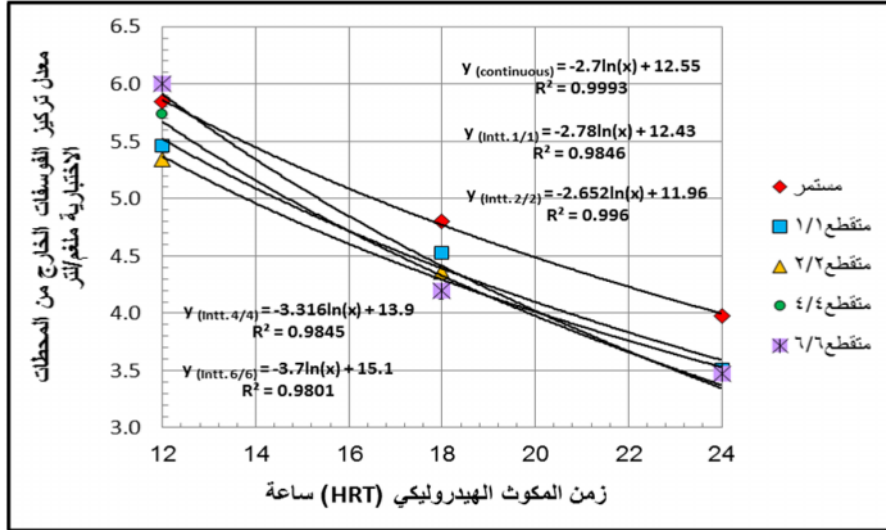


الشكل (2): العلاقة بين زمن المكوث الهيدروليكي ومعدل كفاءة إزالة الأمونيا (NH₃).

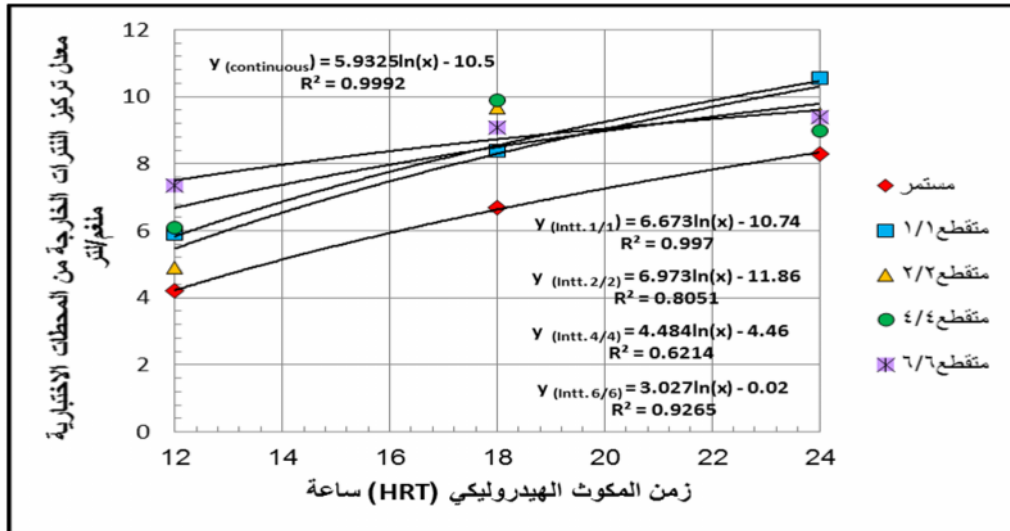
تأثير تغير زمن المكوث الهيدروليكي في تراكيز الفوسفات (PO₄) والنترات (NO₃)

يوضح الشكل (3) العلاقة بين زمن المكوث الهيدروليكي وتراكيز الفوسفات في الماء الخارج من المحطات الاختبارية حيث يلاحظ ازدياد التراكيز مع نقصان زمن المكوث الهيدروليكي، ويعود السبب في ذلك إلى زيادة ان زيادة زمن المكوث توفر فرصة تماس أكبر للأحياء المجهرية المسؤولة عن إزالة الفوسفات مع مياه الفضلات الداخلة وبالتالي زيادة فرصة إزالة الفوسفات، وتتفق هذه النتيجة مع ما أورده (Garcia et al., 2002).

اما بالنسبة لتأثير زمن المكوث الهيدروليكي في تراكيز النترات الخارجة من المحطات الاختبارية التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي والتغذية المتقطعة وتلك العاملة بالتغذية المستمرة، فان زيادة زمن المكوث الهيدروليكي يؤدي الى تزايد تركيز النترات في الماء الخارج، (لاحظ الشكل 4). ويعود السبب في ذلك إلى زيادة فرصة قيام الأحياء المجهرية بعملية النتجة نتيجة زيادة فرصة التماس داخل المفاعل البيولوجي مع زيادة زمن المكوث الهيدروليكي، وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده العديد من الباحثين مثل (Fang and Yeong, 1993).



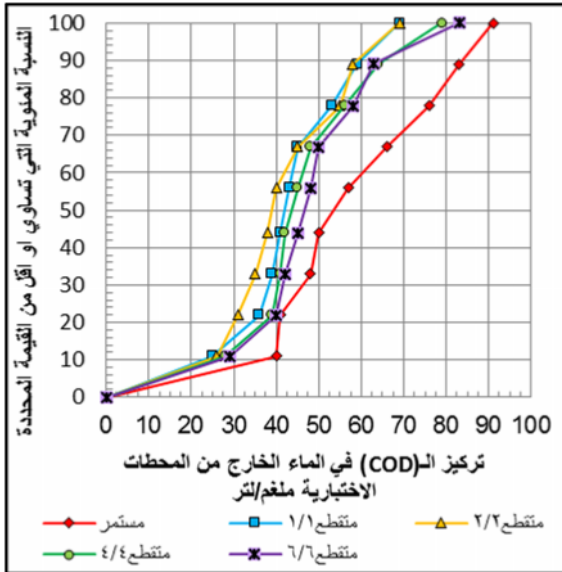
الشكل (3): العلاقة بين زمن المكوث الهيدروليكي (HRT) للمفاعل البيولوجي ومعدل تركيز الفوسفات المتبقي الخارج من المحطات الاختبارية.



الشكل (4): العلاقة بين زمن المكوث الهيدروليكي (HRT) ومعدل تركيز النترات الخارجة من المحطات الاختبارية.

تأثير تغير اسلوب التغذية في كفاءة ازالة المواد العضوية

يبين الشكل (5) التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز الـ (COD) الخارج من المحطات الاختبارية ولجميع الجولات التشغيلية التسعة. وكما يلاحظ من الشكل فان (100%) من تراكيز المواد العضوية الذائبة للمياه الخارجة من المحطات ذات التغذية المتقطعة والمحطة ذات التغذية المستمرة على التوالي كانت ضمن محددات الطرح المحلية (وزارة الصحة العراقية، 1998).

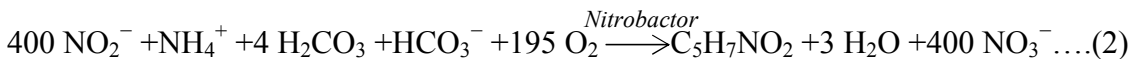


الشكل (5): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز المواد العضوية الدائبة الخارجة وللمراحل التشغيلية الثلاث

وكما يظهر من الشكل فان تراكيز المواد العضوية الدائبة للمياه الخارجة من المحطات الاختبارية التي تمت تغذيتها بصورة متقطعة كانت أقل من تراكيز المواد العضوية الخارجة من المحطة الاختبارية التي تعمل بنظام التغذية المستمرة. ويعود السبب في ذلك إلى ان تعرض الأحياء المجهرية (البكتيريا) إلى انقطاع التغذية بصورة دورية يولد حالة من عدم الاستقرار داخل المفاعل مما يشكل دافعا للأحياء المجهرية لكي تغير من سطح وتركيب الخلية البكتيرية وبذلك تلتصق الخلايا مع بعضها البعض بحيث تتكون مستعمرات بكتيرية كبيرة وقوية نتيجة تجمع الخلايا مع بعضها وتصرفها ككتلة عضوية واحدة وسيطرتها بشكل كامل في المفاعلات المتقطعة التغذية. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده Tay et al., (2001).

تأثير تغير اسلوب التغذية في كفاءة ازالة المواد النيتروجينية

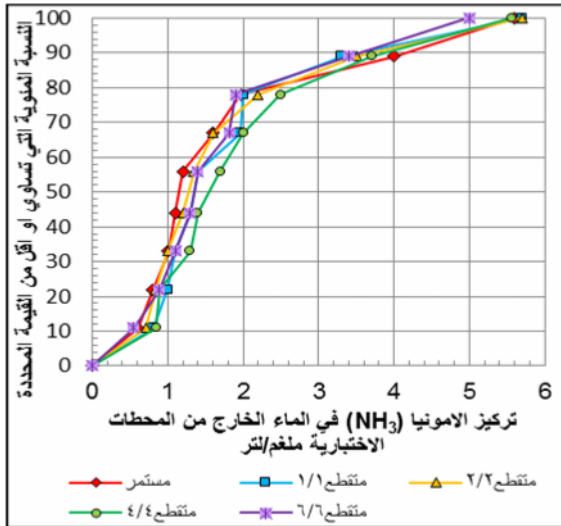
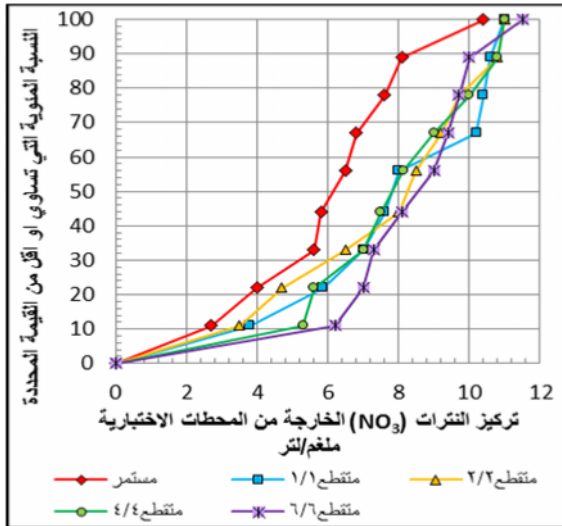
يظهر الشكل (6) ان (22%) من تراكيز الأمونيا الخارجة من مفاعلات الجريان القطاعي ذات التغذية المتقطعة بنسب تساوي (1/1) و (4/4) و (6/6) والمفاعل ذات التغذية المستمرة كانت ضمن حدود التشريعات البيئية العراقية المعتمدة ($\text{NH}_3 \leq 1 \text{ mg/l}$) (وزارة الصحة العراقية، 1998)، (33%) من تراكيز الأمونيا الخارجة من المفاعل المتقطع التغذية بنسبة (2/2) كانت اقل من (1 ملغم/لتر). ومن مقارنة تأثير تغاير أسلوب التغذية على تراكيز الأمونيا الخارجة، نلاحظ بان النتائج كانت متقاربة نوعا ما لمفاعلات التغذية المتقطعة ومفاعل التغذية المستمرة وذلك لان الأحياء المجهرية تقوم بأكسدة مركبات الأمونيا باعتبارها من المغذيات الضرورية لنموها سواء تم تغذية المفاعلات بهذه المركبات بصورة مستمرة أو بصورة متقطعة وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحث (Aivazidis, 2004). ومن ملاحظة الشكل (7) نجد أن جميع قيم تراكيز النترات للمياه الخارجة من المفاعلات الاختبارية وللمراحل التشغيلية الثلاث تقع ضمن مواصفات الطرح العراقية المعتمدة (وزارة الصحة العراقية، 1998): ($\text{NO}_3 \leq 50 \text{ mg/l}$). كذلك يلاحظ من الشكل أن تراكيز النترات في المياه الخارجة من مفاعلات التغذية المتقطعة كانت اعلى منها في مفاعل ذات التغذية المستمرة ولكافة المراحل التشغيلية، ويعود السبب في ذلك الى انه في فترة انقطاع التغذية عن المفاعل تنخفض نسبة الغذاء الى الأحياء المجهرية وعندئذ تلجأ الأحياء المجهرية للبحث عن مصدر اخر للغذاء فتتنشط بكتريا النتريجة التي تقوم بأكسدة ايونات الامونيوم (NH_4^+) إلى نترت (NO_2) والنترات (NO_3) للحصول على الطاقة اللازمة لنموها وإنتاج خلايا بكتيرية جديدة (لاحظ المعادلتين 1 و 2)، (Metcalf and Eddy, 2003) وتتوافق هذه النتيجة مع ما جاء به (Kalyuzhngis et al., 2007).



تأثير تغير نظام التهوية في تراكيز الفوسفات والنترات الخارجة من المحطات الاختبارية

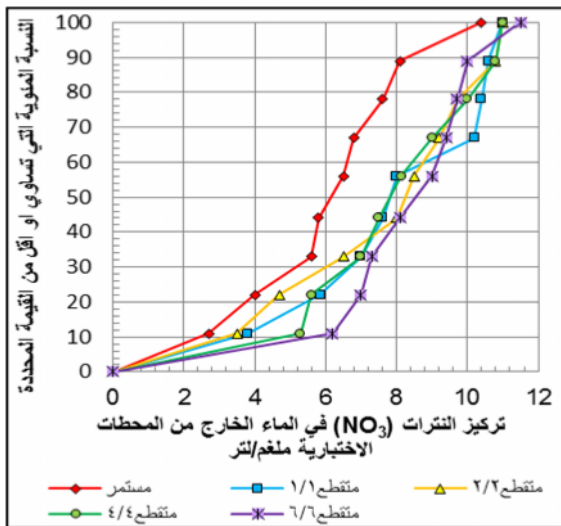
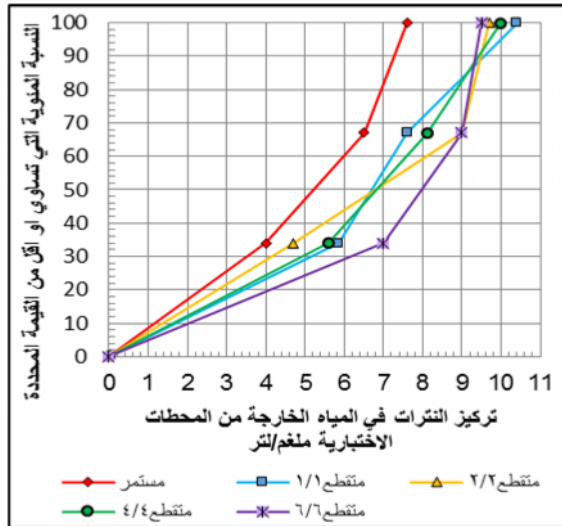
يلاحظ من الاشكال (8) و (9) و (10) ان تراكيز النترات الخارجة من جميع المحطات الاختبارية كانت تزداد في الجولات (الاولى) من المرحلة التشغيلية الأولى، و (الرابعة) من المرحلة التشغيلية الثانية، و (السابعة) من المرحلة التشغيلية الثالثة، بسبب توفر الظروف الهوائية (تهوية مستمرة) الضرورية لحصول عملية النتريجة، في حين يقل تركيز النترات في الجولات التي يتم فيها تقطيع التهوية بسبب نشاط بكتريا عدم النتريجة التي تقوم باختزال النترات (NO_3) الى النترت (NO_2) تحت الظروف اللاهوائية، وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحث (Hasar et al., 2002).

كذلك تبين الاشكال (11) و (12) و(13) ان تركيز الفوسفات الخارج من جميع المحطات الاختبارية كان ينخفض في الجولات التشغيلية التي كانت فيها التهوية مستمرة ثم يزداد تركيز الفوسفات الخارج في الجولات التي تم فيها تقطيع التهوية بنسب (1/1)، (3/3). ويعود السبب في ذلك إلى انه في الظروف الهوائية تقوم البكتيريا من نوع (Heterotrophic) بامتصاص الفسفور الداخل إلى المنظومة وذلك لاحتياجها له في نموها وتكوين خلايا بكتيرية جديدة، أما في الظروف اللاهوائية التي تعقب الظروف الهوائية في كل مرحلة من المراحل التشغيلية فان الـ (fermentative bacteria) تعمل على توفير المواد العضوية على هيئة (VFAs) volatile fatty acids)) وبذلك تنهياً الظروف الملائمة لنمو نوع اخر من البكتيريا وهي بكتيريا الـ (PAOs) ، ولعدم توفر تراكيز كافية من الاوكسجين او النترات فلا تعمل هذه البكتيريا على تحليل المواد العضوية في الظروف اللاهوائية حيث تقوم بكتيريا الـ (PAOs) بخزن (VFAs) volatile fatty acids) وتحرير الفسفور الذائب والمخزون في الخلية البكتيرية، وتتوافق هذه النتيجة مع ما أورده الباحثون (Ekama and Wentzel, 1999)، (Garcia et al., 2003).



الشكل (6): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز النترات الخارجة من المحطات وللجولات التشغيلية التسعة

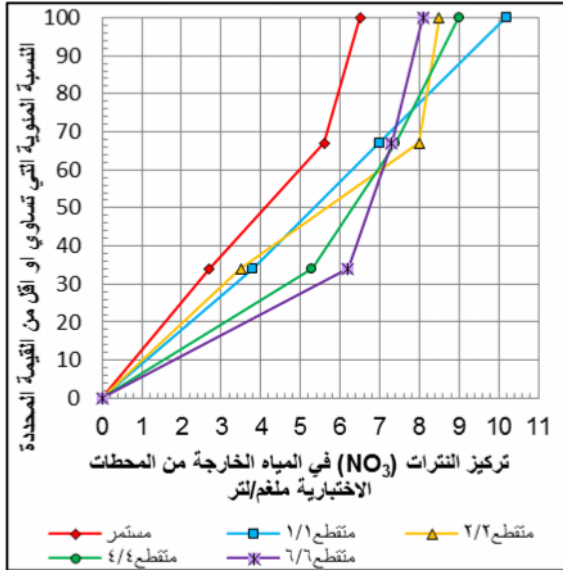
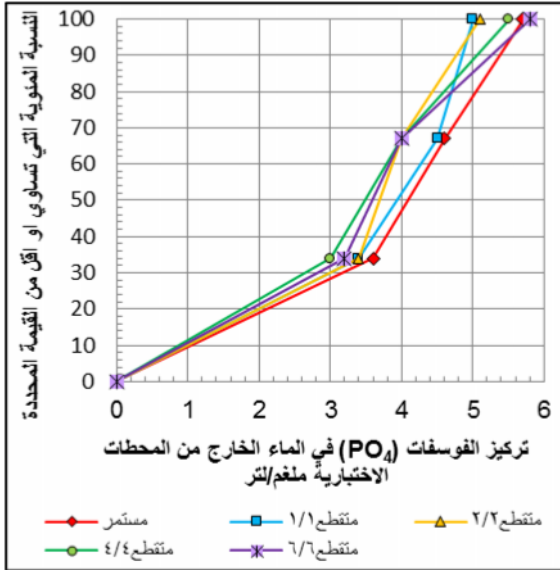
الشكل (7): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز النترات الخارجة من المحطات الاختبارية وللمراحل



الشكل (8): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز النترات الخارجة من المحطات في الجولات ذات التهوية

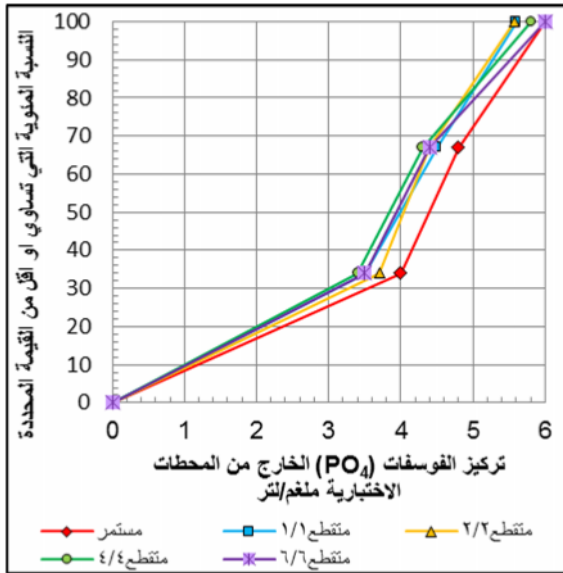
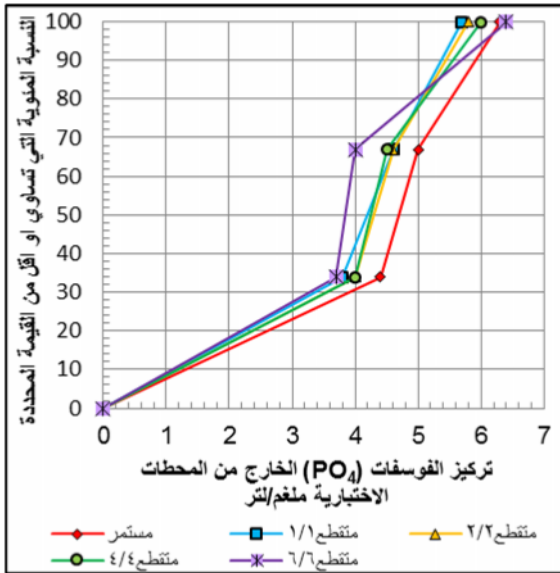
المتقطعة بنسبه (1/1)

الأحمدي: تأثير التغذية المتقطعة في كفاءة اداء وحدات الحمأة المنشطة ذات المزج القطاعي العاملة بأوقات مكوث --



الشكل (11): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات الخارج من المحطات الاختباريه في الجولات ذات التهويه المستمرة

الشكل (10): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز النترات الخارجة من المحطات في الجولات ذات التهويه المتقطعه بنسبه (3/3)



الشكل (13): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات الخارج من المحطات الاختباريه في الجولات ذات التهويه المتقطعه بنسبه (3/3)

الشكل (12): التوزيع التكراري التراكمي لمعدل تراكيز الفوسفات الخارج من المحطات الاختباريه في الجولات ذات التهويه المتقطعه بنسبه (1/1)

الاستنتاجات

1. ساهم تطبيق مبدأ التغذية المتقطعة في مفاعلات المزج القطاعي الى تقليل تراكيز المواد العضوية (CODs) في المياه الخارجة من هذه المحطات الاختبارية العاملة بهذا النمط من التغذية مقارنة مع المحطة ذات التغذية المستمرة وللمراحل التشغيلية الثلاثة.

2. لوحظ ان تراكيز النترات في المياه الخارجة من المحطات ذات التغذية المتقطعة كانت اعلى من المياه الخارجة من المحطة ذات التغذية المستمرة ولكافة المراحل التشغيلية.
3. وجد بان قيم تراكيز الامونيا (NH_3) في المياه الخارجة من المحطات ذات التغذية المتقطعة والمحطة ذات التغذية المستمرة كانت متقاربة في كافة الجولات التشغيلية، حيث ان معدل كفاءة الازالة للمحطات ذات التغذية المتقطعة يساوي (85%، 94%، 96%)، ومقداره في المحطة ذات التغذية المستمرة (85%، 95%، 97%)، وللمراحل التشغيلية الثلاثة على التوالي.
4. تنخفض كفاءة إزالة المواد العضوية والأمونيا والفسفور مع انخفاض زمن المكوث الهيدروليكي (HRT) وفي كل من المفاعلات البيولوجية التي تعمل بنظام التغذية المتقطعة والمفاعل ذات التغذية المستمرة.

المصادر

منظمة الصحة العالمية، المركز الاقليمي لأنشطة صحة البيئة (2004).
وزارة الصحة، دائرة حماية وتحسين البيئة، (1998)، "التشريعات البيئية"، قسم العلاقات والتوعية البيئية، العراق،
صفحة: 1-113.

Aivazidis A., Kantartiz S.G. (2004), "Intermittent Feeding Vs Conventional Activated Sludge Treatment For Carbon and Nitrogen Removal ", Protection And Restoration Of The Environment VII Wastewater Treatment and Management I.

Aljarjary A. A.F., (2009), "The Comparison Between Modes of Continuous Aeration and Intermittent Aeration in The Efficiency And Stability of The Continuous Flow Activated Sludge Systems" .

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

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.

Chelliapan S., Alkarimiah R., Mahat S. B., Yuzir A., and Din M. F., M., (2011), " Operational Start-Up Performance of an Innovative Anaerobic Stage Reactor (ASR) using Synthetic Wastewater", *International Conference on Environment and Industrial Innovation IPCBEE vol.12 (2011) IACSIT Press, Singapore.*

Cheng J. and Liu B., (2001), "Nitrification/Denitrification in treatment aeration process for Swine Wastewater treatment", J. of Environmental Engineering, Vol. 127, No. 8.

Chudoba J., Ottova V., Madera V., (1973), "Control Of Activated Sludge Filamentous Bulking –Effect Of The Hydraulic Regime Or Degree Of Mixing In An Aeration Tank", J. of Water Research Vol. 7, Issue 8, PP 1163-1182.

Eckenfelder W.W. (2000) "Industrial water pollution control", 3rd ed., McGraw-Hill, New York.

Ekama G.A., and Wentzel M.G., (1999), "Difficulties and Development in Biological Nutrient Removal Technology and Modeling", Water Science Technology, Vol. 39, Issue 6, PP. 1-13.

EPA, (1997), "Wastewater treatment manuals Primary, Secondary and Tertiary treatment".

Fang H.H.P., And Yeong C.L.Y., (1993), "Biological Wastewater Treatment In Reactors With Fibrous Packing", J. Environ. Eng., Vol. 119, Issue 5, PP 46-957.

García-Encina P.A. , García M.C., Mate S. , Adrados F. , Iglesia D. , Fdz-Polanco F. and Villaverde S.,(2002)," Simultaneous Removal Of Organic Matter, Total Nitrogen And

Phosphorous In A Single Continuous Flow Activated Sludge Reactor Operated With Short Aeration Cycles", e-mail: pedro@iq.uva.es.

Guo J., Xu Y., Chen Y., Fan L., And Fang F., (2012), "Long Term Evolution Of Activated Sludge System Under Low Dissolved Oxygen Conditions", J. Of Environmental Biologie.

Hartley K. J. (1988), "Operating of activated sludge process", third edition, cartridge Haskins and Davey, Australia.

Hasar H., Kinacib C. , Ünlü A. , To rulc H., and Ipek U., (2002) , " Role of Intermittent Aeration in Domestic Wastewater Treatment by Submerged Membrane Activated Sludge System", Desalination , Vol. 142, PP. 287-293.

Kalyuzhngis S., Gladchenko M., Mulder A., And Versprille B., (2007), "Comparison Of Quasistead State Performance Of The DEAMOX Process Under Intermittent And Continuous Feeding And Different Nitrogen Loading Rates" Department Of Chemical Enzymology, Chemistry Faculty, Moscow State University, Russian Federation.

Lorestani A.A., Bashiri H., Asadi A., Bonakdgri H., (2012), "Comparison of Different Fluid Dynamics In Activated Sludge System for The Treatment of Astimulated Milk Processing Wastewater: Process Analysis And Optimization", Korean Journal Of Chemical Engineering, Vol.29, Issue 10, PP 1352-1361.

Metcalf and Eddy, Inc. (2003), "*Wastewater engineering treatment /disposal /reuse*", 4th ed., McGaw-Hill, Inc., New York.

Mortazavi S.B. , Khavanin A. , Moussavi G. and Azhdarpoor A. (2008) ," Removal of Sodium Dodecyl Sulfate in an Intermittent Cycle Extended Aeration System" ,Pakistan Journal Biological Sciences 11, Issue 2, PP. 290-293.

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.

Pfenosil J. E., (2003), "Biological Reaction Engineering", Second edition, WILEY-VCH Verlag GmbH & CO. KGaA, Weinheim.

Ramalho R.S., (1977), "Introduction to wastewater treatment process", Academic press, Inc., Canada.

Russell D.L., (2006), "Practical Wastewater Treatment", Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Published simultaneously in Canada.

Tay J.H., Liu Y., And Liu Q.S., (2001), "Microscopic Observation Aerobic Granulation in Sequential Aerobic Sludge Blanket Reactor", J. Of Applied Microbiology, Vol.19, PP 168-175.

Tsai M.-W., Wentzel M.C., and Ekama G.A., (2004), "The Effect of Residual ammonia concentration under aerobic conditions on the growth of M.parvicella in Biological Nutient Removal Plants" , Water Research Group, pp. 1078-1086.

Wei Y., Vanhouten R.T., Borger A.R., Eikelboom D.H., And Fan Y., (2003), "Comparison Performance Of Membrane Bioreactor And Continuous Activated Sludge Processes On Sludge Reduction Induced By Oligochaete", Environ. Sc. Technol., Vol. 37, Issue 14, PP 3171-3180.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل