

تأثير نسبة إرجاع الحمأة وزمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة أداء وحدات الحمأة المنشطة ذات التهوية المطولة عند مختلف درجات الحرارة

مسعود محسن هزاع

د وليد محمد شيبث العبد ربه، استاذ مساعد

قسم هندسة البيئة - جامعة تكريت

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير نسبة إرجاع الحمأة وزمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة الأداء لوحدات المعالجة من نوع الحمأة المنشطة ذات التهوية المطولة في معالجة مياه المطروحات المنزلية وعند مختلف درجات الحرارة . أعدت ثلاثة أحواض مختبرية بسعة 30 لتر للحوض وجهزت لتعمل كمفاعلات هوائية تعمل بزمن بقاء هيدروليكي (16، 24، 32) ساعة للحوض الأول والثاني والثالث على التوالي. وفي أثناء فترة تشغيلية استمرت لمدة ثمانية أشهر تمت فيها السيطرة على درجة حرارة مياه المطروحات بحيث كانت (20، 30، 35) م إذ وُجد أن كفاءة إزالة كل من الـ COD و BOD5 و النتترات والفوسفات تزداد بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي ونسبة إرجاع الحمأة وعند مختلف درجات الحرارة إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة للـ COD والـ BOD 97.16% و 97.99% على التوالي عند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة ونسبة إرجاع 1.5 ودرجة حرارة 20° م، في حين بلغت أعلى كفاءة إزالة للنتترات عند درجة حرارة 35° م 83% عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة ونسبة إرجاع 1.5، في حين بلغت أعلى كفاءة لإزالة الفوسفات 76.59% عند زمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة ونسبة إرجاع للحمأة 1.25 وعند درجة حرارة 20° م . كذلك بينت النتائج أن كفاءة إزالة الـ COD و BOD5 و النتترات تزداد بزيادة درجات الحرارة في حين تتخفض كفاءة إزالة الفوسفات بزيادة درجات الحرارة.

الكلمات الدالة : نسبة إرجاع الحمأة، زمن البقاء الهيدروليكي، درجة الحرارة، مياه المطروحات المنزلية .

Effect of Recycle Ratio and Hydraulic Retention Time on the Performance of Extended Aeration Activated Sludge

Abstract

Three laboratory scale units are designed and constructed in order to perform the present work. These units are capable of working under different hydraulic retention time (HRT) (16-32hrs), recycle ratio (0.25 – 1.5), and temperature (20 -35°C). The results show that BOD₅, COD, NO₃⁻, PO₄⁻³ removal is increased with increasing HRT and recycle ratio under different temperatures. The maximum removal efficiency of COD and BOD₅ is 97.16% and 97.99% respectively under 24hrs retention time, 1.5 recycle ratio, and 20°C. However the maximum removal efficiency of NO₃⁻ (83%) was obtained under same mentioned condition except temperature which was 35°C. The maximum removal efficiency of PO₄⁻³ (76.59%) is obtained at 32hrs HRT, 1.25 recycle ratio, and 20°C. It is obvious from the results of the present work that BOD₅, COD, and NO₃⁻ removal increased with increasing temperature while; PO₄⁻³ removal is decreased with increasing temperature.

Keywords: Recycle ratio, Hydraulic retention time (HRT), Temperature, Domestic wastewater.

المقدمة

بينت نتائج الدراسة أن المياه الخارجة من هذه المحطة ذات نوعية جيدة خلال فترة الدراسة، إذ كان معدل إزالة الـ SS، TN، NH₄-N، BOD، COD، TP، هي 76,93,46,78,87,82% على التوالي. كما أشار إلى أن كفاءة إزالة الفسفور في هذه المحطة أعلى في فصل الشتاء منه في فصل الصيف وآل سبب ذلك إلى عامل درجة الحرارة الذي ساهم في زيادة التنافس بين الأحياء المجهرية المراكمة للفوسفات في خلاياها (PAOs) والأحياء المجهرية المراكمة للكلايوجين (GAOs) .

درس كل من (Ghanizadeh and Sarrafpour)^[4] تأثير كل من درجة الحرارة والذالة الحامضية الـ pH على كفاءة إزالة المواد العضوية . تم العمل على مدى ثلاثة أشهر وعلى مرحلتين، تضمنت المرحلة الأولى إيجاد تأثير درجة الحرارة، إذ وجد ان زيادة درجة الحرارة من 15 إلى 35° م تؤدي إلى انخفاض كفاءة إزالة الـ (COD) من 93 إلى 87%، أما المرحلة الثانية فتضمنت إيجاد تأثير زيادة الـ pH من 5.7 إلى 9، إذ وجد ان هذه الزيادة تؤدي إلى ارتفاع في كفاءة إزالة الـ COD من 87 إلى 96% .

كما أجرى (Dulkadiroglu et. al)^[5] دراسة حول تأثير درجة الحرارة على كفاءة إزالة الـ COD وعلى عملية النترجة من خلال استخدام منظومة مختبرية تعمل بنظام الجريان بالجرعة وعند درجات حرارة 10,15,20° م . بينت النتائج ان كفاءة إزالة المواد العضوية تجاوزت 90% وعند مختلف الظروف التشغيلية، في حين تتأثر عملية النترجة بتغير درجات الحرارة، إذ وجد انها ذات قيم متقاربة عند درجتى حرارة 15,20° م في حين انخفضت عند درجة حرارة 10° م .

تعد نسبة إرجاع الحمأة وزمن البقاء الهيدروليكي ودرجة الحرارة من العوامل المهمة التي تؤثر على كفاءة محطات المعالجة البيولوجية التي تعمل بنظام الجريان المستمر وتعد الأساس في تصميم محطات المعالجة البيولوجية. إذ تم استخدام نسب إرجاع مختلفة الهدف من ذلك هو الوصول إلى أفضل نسبة إرجاع عملية يتحقق فيها أعلى إزالة للمادة العضوية^[1].

أهداف البحث

دراسة تأثير نسبة إرجاع الحمأة المنشطة وزمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة وحدات الحمأة المنشطة في إزالة المواد العضوية والمغذيات من مياه المطروحات المنزلية وذلك من خلال إيجاد كفاءة إزالة تلك الملوثات عند درجات حرارة وبأزمان بقاء هيدروليكية معينة.

الدراسات السابقة

درس العبد ربه^[2] إمكانية استخدام وحدات المعالجة من نوع الحمأة المنشطة ذات التهوية المطولة في معالجة مياه المطروحات المنزلية. أعد الباحث ثلاث وحدات للتهوية والترسيب الثانوي، تم تغذيتها بمياه مطروحات منزلية وتشغيلها على مدى زمن بقاء هيدروليكي يتراوح بين (12 - 32) ساعة فضلاً عن تغيير درجة الحرارة ضمن مدى يتراوح ما بين (8 - 35) م عند كل زمن بقاء. إذ تم الحصول على إزالة للمواد العضوية بكفاءة عالية ومستقرة تجاوزت 91% و pH تتراوح بين (7.8-8.4) للمياه المعالجة ، كما حدد الباحث زمن البقاء الهيدروليكي الأمثل المقابل لأفضل إزالة إجمالية حيث كان 23 ساعة .

أما (Hongjing et al)^[3] فقد قام بدراسة حقلية على إحدى محطات المعالجة في الصين والتي يستخدم فيها نظام التهوية المطولة .

النتائج والمناقشة

إن مياه المطروحات التي تم استخدامها في هذا البحث هي مياه مطروحات منزلية ناتجة عن الاستخدام المنزلي للمناطق السكنية في مدينة تكريت والتي تتكون من مياه الغسل والشطف والتي عادة ما تكون حاوية على كميات كبيرة من الصوابين ومساحيق التنظيف فضلاً عن بقايا الطعام والدهون، وتكون هذه المطروحات متغيرة من وقت لآخر من حيث الكمية والنوعية والجدول (1) يبين بعض خصائص هذه المطروحات خلال فترة الدراسة. يبين الشكل (2) توزيع التكرار التراكمي لقيم pH لمياه المطروحات إذ يبين ان 100% من القراءات لها قيم pH اقل أو تساوي 8.3 وان 1% من القراءات لها قيم pH اقل أو تساوي 7 ومن هنا يتضح ان الصفة القاعدية هي الغالبة على نوعية مياه المطروحات المنزلية، ويعزى السبب في ذلك إلى استخدام محاليل ومساحيق التنظيف في الفعاليات المختلفة داخل الدور السكنية [8]. كما يلاحظ من الجدول (1) وجود تباين في تراكيز المواد العضوية متمثلة بالمتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) والمواد المغذية متمثلة بالفوسفات PO_4 والنترات NO_3 ويرجع السبب في هذا التباين إلى عدم ثبوت نمط الاستخدام المنزلي بين وقت وآخر مما يؤدي إلى تغير تركيز الملوثات في مياه الفضلات ما بين مدة وأخرى. كذلك يساهم التغير في الظروف المناخية بتذبذب قيم التراكيز إذ تساهم درجة الحرارة وكميات المياه ومياه التنظيف والشطف المستخدمة في المنطقة السكنية بتخفيف أو زيادة تركيز المطروحات السائلة. إذ يمثل الشكل (3) التوزيع التكراري التراكمي لتركيز المواد العضوية والمقاسة على شكل المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)، إذ يلاحظ من الشكل ان 100% من النماذج التي تم فحصها كانت ذوات تركيز (COD) اقل أو يساوي (440) ملغم/التر، في حين ان 58%

كذلك درس (Song et al) [6] تأثير درجة الحرارة على كفاءة إزالة NH_3-N ، COD و TP باستخدام نظام الجريان بالجرعة SBR. بينت نتائج الدراسة ان كفاءة إزالة NH_3-N تزداد من 68.5% إلى 87.5% عند زيادة درجة الحرارة من 25 إلى 35 °م، كما وجد أن أعلى كفاءة إزالة الـ COD و TP كانت 97% و 75% على التوالي عند درجة حرارة 30 °م.

كما أجرى (Zhang et al.) [7] دراسة تأثير درجات الحرارة على كفاءة إزالة المغذيات من مياه مطروحات مصنعة وباستعمال نظام SBR. إذ وجد انه أعلى معدل إزالة لـ TN كانت عند درجة حرارة 31 °م مقدارها 91.9% عند الحفاظ على تركيز الأوكسجين المذاب بحدود 3-4 ملغم/التر.

المواد وطرائق العمل

تضمن العمل في هذا البحث معالجة مياه مطروحات منزلية معالجة هوائية باستخدام نظام الحمأة المنشطة ذات التهوية المطولة وبعتماد الجريان المستمر (Continuous flow) إذ تم تشغيل مجموعة من أحواض التهوية كل واحد منها يعمل بزمن بقاء هيدروليكي معين وواقع ثلاث فترات تراوحت من (16 - 32) ساعة وينسب مختلفة لإرجاع الحمأة. تم تشغيل هذه الأحواض بواقع ثلاثة وحدات (أحواض) مع السيطرة على درجة حرارة مياه المطروحات وذلك بوضع منظم للحرارة داخل خزان صغير يعمل على تغذية هذه الوحدات. أما التهوية فقد تمت بوساطة مجموعة مضخات هواء كهربائية، تمت السيطرة على تصريف مياه الفضلات من خلال اعتماد الجريان السحي، والشكل (1) يبين مخطط توضيحي للمنظومة المختبرية.

البقاء الهيدروليكية وعند درجة حرارة 20° م. يلاحظ من خلال الشكل زيادة كفاءة إزالة الـ COD مع زيادة نسبة إرجاع الحمأة وقد أكد (Hosseini et al.)^[3] ذلك. إذ تزداد الكفاءة بشكل منتظم مع زيادة نسبة الإرجاع عند زمني بقاء 24 و 32 ساعة، في حين نلاحظ انخفاض كفاءة إزالة الـ COD عند زمن بقاء هيدروليكي 16 ساعة ويعزى سبب هذا الانخفاض إلى ظهور حالة الانتفاخ في الحمأة عند زمن بقاء هيدروليكي 16 ساعة مما أدى إلى ظهور عكورة عالية في المياه الخارجة، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة 97.16% عند نسبة إرجاع 1.5 وعند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة. في حين أن الشكل (7) يبين العلاقة بين نسبة إرجاع الحمأة وكفاءة إزالة الـ BOD عند مختلف أزمان البقاء الهيدروليكية وعند درجة حرارة 20° م. إذ يلاحظ من خلال الشكل أن كفاءة الإزالة تزداد بزيادة نسبة إرجاع الحمأة عند زمني بقاء 24 و 32 ساعة وهذا يتفق مع (Mustafa et al.)^[10] و (Hosseini et al.)^[12]، في حين تنخفض كفاءة الإزالة عند زمن البقاء الهيدروليكي 16 ساعة كما هو الحال في إزالة الـ COD، كما بلغت أعلى كفاءة لإزالة الـ BOD 97.99% عند نسبة إرجاع 1.5 وعند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة.

تأثير نسبة إرجاع الحمأة على إزالة الـ COD والـ BOD₅ عند 30° م

يلاحظ من الشكل (8) زيادة كفاءة إزالة الـ COD مع زيادة نسبة إرجاع الحمأة إذ تزداد الكفاءة بشكل منتظم مع زيادة نسبة الإرجاع عند زمني بقاء 24 و 32 ساعة وهذه النتيجة تتفق مع ما جاء به (Mustafa et al.)^[10] و (Hosseini et al.)^[3]، في حين نلاحظ تذبذباً في كفاءة إزالة الـ COD عند زمن بقاء هيدروليكي 16 ساعة ويعزى سبب هذا الانخفاض إلى ظهور حالة الانتفاخ في الحمأة أيضاً وبفترات متقطعة مما أدى إلى ظهور

من القيم كانت ذوات (COD) أقل أو يساوي (240) ملغم/لتر. وبمقارنة النتائج يلاحظ أنه من الممكن تصنيف هذه المطروحات تحت صفة ضعيفة التركيز وذلك حسب التصنيفات المقررة من قبل (Metcalf & Eddy)^[9] والموضحة في الجدول (2). أما في الشكل (4) فقد تم تمثيل التوزيع التكراري التراكمي لتركيز الفوسفات الكلية والمقاسة على شكل (PO₄)، إذ يلاحظ من الشكل أن 100% من النماذج التي تم فحصها كانت ذوات تركيز فسفور (PO₄) أقل أو يساوي 1.75 ملغم/لتر في حين أن 26% من القيم كانت ذوات تركيز PO₄ أقل أو يساوي 1 ملغم/لتر، وبمقارنة هذه النتائج بالجدول (2) يمكن تصنيف هذه المطروحات على أنها ضعيفة التركيز. في حين يمثل الشكل (5) التوزيع التكراري التراكمي لتركيز النترات الكلية والمقاس على أساس (NO₃)، إذ يلاحظ من الشكل أن 100% من القراءات كانت ذوات تركيز (NO₃) أقل أو يساوي 4 ملغم/لتر في حين أن 73% من القراءات كانت ذوات تركيز (NO₃) أقل أو يساوي 2.5 ملغم/لتر وكما يلاحظ في الجدول فإن تركيز (NO₃) مرتفع نسبياً مقارنة بالقيم الموضحة بالجدول (2).

تأثير نسبة إرجاع الحمأة على إزالة الـ COD والـ BOD₅

تعد نسبة إرجاع الحمأة من العوامل المهمة التي تؤثر على كفاءة محطات المعالجة البيولوجية التي تعمل بنظام الجريان المستمر وتعد الأساس في تصميم محطات المعالجة البيولوجية. إذ تم استخدام نسب إرجاع مختلفة الهدف من ذلك هو الوصول إلى أفضل نسبة إرجاع عملية يتحقق فيها أعلى إزالة للمادة العضوية^[3].

تأثير نسبة إرجاع الحمأة على إزالة الـ COD والـ BOD₅ عند 20° م

يبين الشكل (6) تأثير نسبة إرجاع الحمأة على كفاءة إزالة الـ COD الكلي عند مختلف أزمان

(Allen)^[11] إلى إمكانية اختفاء معظم الأحياء المجهرية عند ارتفاع درجات الحرارة. أما الشكل (11) فيبين العلاقة بين نسبة إرجاع الحمأة وكفاءة إزالة الـ BOD₅ عند مختلف أزمان البقاء الهيدروليكية وعند درجة حرارة 35 °م . يلاحظ من خلال الشكل ان كفاءة الإزالة تزداد أيضاً بزيادة نسبة إرجاع الحمأة إذ تزداد الكفاءة بشكل منتظم مع زيادة نسبة الإرجاع عند مختلف أزمان البقاء الهيدروليكية كما هو الحال في إزالة الـ COD، إذ بلغت أعلى كفاءة لإزالة الـ BOD₅ 96.23% عند نسبة إرجاع 1.5 وعند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة. ان ابرز ما تم ملاحظته من خلال الأشكال من (6) إلى (11) ان كفاءة إزالة كل من الـ COD والـ BOD₅ تزداد بزيادة درجة حرارة مياه المطروحات وهذا يتوافق مع ما جاء به (Abdul Rahman)^[12] فقد بين انه بزيادة درجة الحرارة تزداد نسب إزالة الـ COD، كما يلاحظ من الأشكال ان كفاءة الإزالة تزداد مع زيادة زمن البقاء الهيدروليكي وهذا يتفق مع (Suvilampi)^[13]، إذ ان الزيادة في كفاءة الإزالة بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي سببها زيادة في قابلية الأحياء المجهرية على التجمع مع بعضها البعض فضلاً عن النمو الجيد مما يسهل عملية ترسيبها، إلا ان هذا يحدث إلى حد زمن بقاء معين تبدأ بعدها التجمعات البكتيرية بالانقسام والتكسر مما يؤدي إلى تدرج كفاءة الإزالة وهذه النظرية دعمت من قبل (العبد ربه،)^[2] و(البياتي)^[14]، إذ أوضح ان زيادة زمن البقاء الهيدروليكي عن الحد المطلوب لأكسدة المواد العضوية تؤدي إلى تكسر المجمعات البكتيرية الحية وعدم إمكانية ترسيبها مما يؤدي إلى تدرج كفاءة الإزالة وتؤدي إلى عكورة عالية في المياه المعالجة والخارجة من المحطة. إذ يمكن تحديد أفضل إزالة للمواد العضوية متمثلة بـ (COD_{tot}) و (BOD₅) إذ بلغت 97.16% و 97.99% على

عكورة عالية في المياه المعالجة والخارجة من المحطة، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة 96.2% عند نسبة إرجاع 1.5 وعند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة في حين تتخفف كفاءة الإزالة عند زمن بقاء هيدروليكي 16 ساعة بزيادة نسبة الإرجاع إلى حد معين بعدها تبدأ الكفاءة بالزيادة. أما الشكل (9) فيبين العلاقة بين نسبة إرجاع الحمأة وكفاءة إزالة الـ BOD₅ عند مختلف أزمان البقاء الهيدروليكية وعند درجة حرارة 30 °م . إذ يلاحظ من خلال الشكل ان كفاءة الإزالة تزداد أيضاً بزيادة نسبة إرجاع الحمأة عند زماني بقاء 24 و 32 ساعة (Mustafa et al.,^[10] و(Hosseini et al.)^[3]، في حين تكون كفاءة الإزالة متذبذبة عند زمن بقاء هيدروليكي 16 ساعة، كما بلغت أعلى كفاءة لإزالة الـ BOD₅ 96.797% عند نسبة إرجاع 1.5 وعند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 24 ساعة .

تأثير نسبة إرجاع الحمأة على إزالة الـ COD والـ BOD₅ عند 35 °م

يلاحظ من الشكل (10) زيادة كفاءة إزالة الـ COD_{tot} مع زيادة نسبة إرجاع الحمأة إذ تزداد الكفاءة بشكل منتظم مع زيادة نسبة الإرجاع عند مختلف أزمان البقاء الهيدروليكية، إذ لم يلاحظ ظهور أي حالة انتفاخ في الحمأة عند درجة الحرارة هذه لاسيما عند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 16 ساعة، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة 96.52% عند نسبة إرجاع 1.5 وعند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة في حين كانت اقل كفاءة إزالة عند نسبة إرجاع 0.25 وعند زمن بقاء هيدروليكي مقداره 16 ساعة، ومن الجدير بالذكر ان اختفاء حالة الانتفاخ في الحمأة قد يرجع سببه إلى زيادة درجة الحرارة من 20 °م إلى 35 °م والتي يمكن ان تعد درجة حرارة غير ملائمة لنمو الأحياء المجهرية الخيطية المسببة لانتفاخ الحمأة، إذ أشار (Tripathi and)

خلال الشكلين (14) و (15) ان كفاءة إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة تزداد بشكل واضح بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 16 ساعة إلى 24 ساعة بعدها تبقى ثابتة تقريباً بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 24 ساعة إلى 32 ساعة وهذا ما أكده (محمود و عباس)^[15]، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة للفوسفات الكلية 72.96% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة، أما أعلى كفاءة لإزالة الفوسفات الذائبة فقد بلغت 72.84% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة أيضاً .

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة عند 35° م

يبين الشكل (16) و (17) العلاقة بين زمن البقاء الهيدروليكي وكفاءة إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة على التوالي عند مختلف نسب الإرجاع وعند درجة حرارة 35° م. إذ يلاحظ من خلال الشكلين (16) و (17) ان كفاءة إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة تزداد كذلك بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 16 ساعة إلى 24 ساعة بعدها تبقى ثابتة تقريباً بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 24 ساعة إلى 32 ساعة، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة للفوسفات الكلية 71.78% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة، أما أعلى كفاءة لإزالة الفوسفات الذائبة فقد بلغت 73.75% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة أيضاً إذ ان الزيادة في كفاءة الإزالة بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي سببها الزيادة في قابلية الأحياء المجهرية على التجمع مع بعضها البعض فضلاً عن النمو الجيد. ان ابرز ما تم ملاحظته من خلال الأشكال من (12) إلى (17) ان كفاءة إزالة كل من الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة تزداد بزيادة نسبة إرجاع الحمأة، كما وُجد ان كفاءة الإزالة

التوالي وكلاهما عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة بعدها تبدأ كفاءة الإزالة بالانخفاض تدريجياً .

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة

الكفاءة والفوسفات الذائبة عند 20° م

يبين الشكل (12) و (13) العلاقة بين زمن البقاء الهيدروليكي وكفاءة إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة على التوالي عند مختلف نسب الإرجاع وعند درجة حرارة 20° م. إذ يلاحظ من خلال الشكلين (12) و (13) ان كفاءة إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة تزداد بشكل واضح بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 16 ساعة إلى 24 ساعة بعدها تبقى ثابتة تقريباً بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 24 ساعة إلى 32 ساعة وهذا يتوافق مع ما جاء به (محمود و عباس)^[15] اللذان بينا زيادة كفاءة إزالة الفوسفات مع زيادة زمن الدورة إلى حد 12 ساعة تقريباً بعدها تبدأ تراكيز الفوسفات بالزيادة مرة أخرى، أما (Garcia et al.)^[16] فقد بين ان كفاءة إزالة مركبات الفسفور تكون 43% عند أعلى زمن بقاء هيدروليكي و 32% عند أوطأ زمن بقاء هيدروليكي، كما بينت النتائج ان أعلى كفاءة إزالة للفوسفات الكلية 74.95% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة، أما أعلى كفاءة لإزالة الفوسفات الذائبة فقد بلغت 76.59% عند نسبة إرجاع 1.25 وزمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة أيضاً .

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة عند 30° م

يبين الشكل (14) و (15) العلاقة بين زمن البقاء الهيدروليكي وكفاءة إزالة الفوسفات الكلية والفوسفات الذائبة على التوالي عند مختلف نسب الإرجاع وعند درجة حرارة 30° م. إذ يلاحظ من

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة المركبات النتروجينية و النترات عند 30° م

يبين الشكل (20) و (21) العلاقة بين زمن البقاء الهيدروليكي وكفاءة إزالة كل من المركبات النتروجينية و النترات على التوالي عند مختلف نسب الإرجاع وعند درجة حرارة 30° م. إذ يلاحظ من خلال الشكلين (20) و (21) ان كفاءة إزالة المركبات النتروجينية و النترات تزداد بشكل واضح بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 16 ساعة إلى 24 ساعة بعدها تبقى ثابتة تقريباً بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 24 ساعة إلى 32 ساعة وهذا ما أكدته (Akhbari et al.,^[20]، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة المركبات النتروجينية 79.36% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة، أما أعلى كفاءة لإزالة النترات فقد بلغت 81.3% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة .

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة النترات الكلية و النترات الذائبة عند 35° م

يبين الشكل (22) و (23) العلاقة بين زمن البقاء الهيدروليكي وكفاءة إزالة المركبات النتروجينية و النترات على التوالي عند مختلف نسب الإرجاع وعند درجة حرارة 35° م. يلاحظ من خلال الشكلين (22) و (23) ان كفاءة إزالة المركبات النتروجينية و النترات تزداد بشكل ملحوظ بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة للمركبات النتروجينية 81.35% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة، أما أعلى كفاءة لإزالة النترات فقد بلغت 83% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة أيضاً . ان ابرز ما تم ملاحظته من خلال الأشكال من (18) إلى (23) ان كفاءة إزالة كل من المركبات النتروجينية والنترات تزداد بزيادة نسبة إرجاع الحمأة، كما وُجد ان كفاءة الإزالة تزداد بزيادة درجة الحرارة

تنخفض بزيادة درجة حرارة مياه المطروحات وهذا يتوافق مع ما جاء به كل من (Whang et al.,^[17] و (Hongjing et al.,^[18] و (Panswad et al.,^[1] أشار (Vabolienè et al.,2007)^[20] إلى أنه بارتفاع درجة حرارة مياه المطروحات عن 20° م يؤدي إلى نمو نوع خاص من البكتريا والمسماء (glycogen- accumulating organisms)(G.A.Os) والتي تعتمد في غذائها على النشأ الحيواني كمصدر أساسي، ولا تساهم في زيادة كفاءة إزالة مركبات الفسفور، وان زيادة درجات الحرارة عن 20° م يؤدي إلى زيادة في تركيز الفوسفات الخارجة .

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة المركبات النتروجينية و النترات

تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على إزالة المركبات النتروجينية و النترات عند 20° م

يبين الشكل (18) و (19) العلاقة بين زمن البقاء الهيدروليكي وكفاءة إزالة كل من المركبات النتروجينية و النترات على التوالي عند مختلف نسب الإرجاع وعند درجة حرارة 20° م. يلاحظ من خلال الشكلين (18) و (19) ان كفاءة إزالة المركبات النتروجينية و النترات تزداد بشكل واضح بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 16 ساعة إلى 24 ساعة وقد أكد (Akhbari et al.,^[6] ذلك، بعدها تبقى ثابتة تقريباً بزيادة زمن البقاء الهيدروليكي من 24 ساعة إلى 32 ساعة كما هو الحال عند إزالة مركبات الفسفور، إذ بلغت أعلى كفاءة إزالة للمركبات النتروجينية 78.78% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة، أما أعلى كفاءة لإزالة النترات فقد بلغت 80.62% عند نسبة إرجاع 1.5 وزمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة .

المصادر

1. Hongjing Li, Yanguang C., Guowei, Gu and Yandong Liu (2008). "Phosphorus removal in intermittent cycle extended aeration system wastewater treatment plant – effect of temperature", *Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 2970-2973 .
2. العبد ربه، وليد محمد شيت (1999). "استخدام وحدات الحمأة المنشطة ذات التهوية طويلة الأمد في معالجة مياه المطروحات" أطروحة ماجستير، جامعة الموصل، العراق.
3. Hosseini B., Darzi G.N., Sade Ghpour M. and Asadi M. (2008). "The effect of the sludge recycle ratio in an activated sludge system for the treatment of AMOL's INDUSTRIAL PARK WASTEWATER", *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 14(3), 173-180.
4. Ghanizadeh Gh , Sarrafpour R. (2001). "The effects of temperature and pH on settability of activated sludge flocs ", *Iranian J. Publ. Health* , Vol.30, Nos. 3-4 , PP. 139-142 .
5. Dulkadiroglu H., Cokger E.U., Artan N. and Orhan D. (2005). "The effect of temperature and sludge age on COD removal and nitrification in a moving bed sequencing batch biofilm reactor", *Water Science and Technology*, Vol.51, No.11, PP.95-103.
6. Song Z., Ren N., Zhang K. and Tong L. (2009). "Influence of temperature on characteristics of aerobic granulation in sequencing batch airlift reactor", *Journal of Environmental Sciences*, Vol.21, Issue3, PP.273-278 .
7. Zhang L., Wei C. and Zhang K. (2009). "Effects of temperature

وهذا يتوافق مع ما جاء به كل من (Song et al) و [6](al., [7](Zhang et al.) و [5](Dulkadiroglu) و [21](Carrera et al.) . إذ أشار كل من [8](Dulkadiroglu) و [8](Carrera et) و [21](al. إلى زيادة كفاءة إزالة مركبات النتروجين مع زيادة درجة الحرارة.

الاستنتاجات

- 1- بلغت أعلى كفاءة إزالة للـ COD ولا BOD₅ والنترات 97.16 و 97.99 و 83% على التوالي عند زمن بقاء هيدروليكي 24 ساعة، في حين كانت أعلى كفاءة للفوسفات 76.59% عند زمن بقاء هيدروليكي 32 ساعة .
- 2- تزداد كفاءة إزالة المواد العضوية والنترات والفوسفات بزيادة نسبة إرجاع الحمأة .
- 3- تزداد كفاءة إزالة المواد العضوية والنترات بزيادة درجة الحرارة، في حين تتخفف كفاءة إزالة الفوسفات بارتفاع درجات الحرارة .
- 4- المياه المعالجة في هذا النظام مقبولة للطرح إلى الأجسام المائية حسب مواصفات الطرح المحلية إذ لم تتجاوز تراكيز الـ COD والـ BOD 76.8 ملغم/لتر و 37 ملغم/لتر على التوالي.

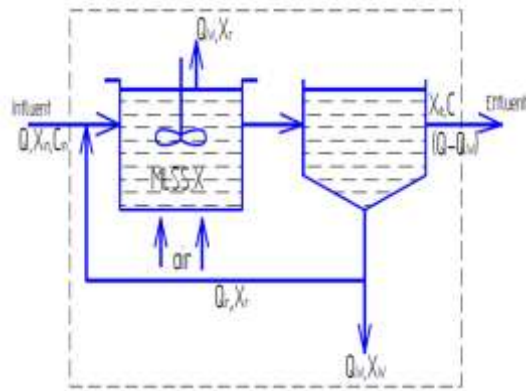
التوصيات

- 1- دراسة تأثير عمر الحمأة على أداء وحدات الحمأة المنشطة ذات التهوية المطولة وعلى استقرارية الحمأة الناتجة.
- 2- دراسة تأثير التغير المفاجئ في درجات الحرارة على كفاءة إزالة المواد العضوية والمواد المغذية.
- 3- دراسة تأثير معدل التهوية على كفاءة وحدات الحمأة المنشطة في إزالة المغذيات.

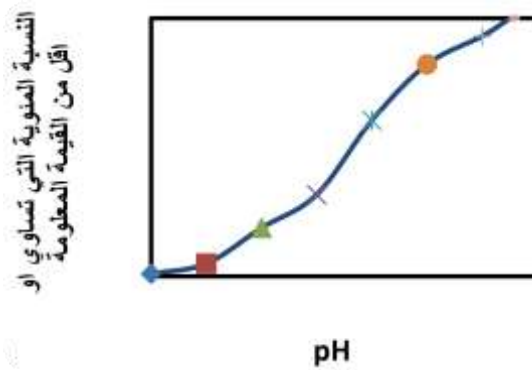
14. البياتي، محمد برهان علي (2010). "المعالجة البايولوجية اللاهوائية/التعايقية لمياه المطروحات المصنعة الحاوية على المركبات الصبغية النيتروجينية" أطروحة ماجستير، جامعة تكريت، العراق.
15. محمود، فخري ياسين محمود وعباس، وعد محمد علي (2009). " إزالة الفوسفات و الأمونيا والنترات من مياه فضلات مجمع المستشفيات في الموصل بأسلوب الجرعة المتابعة SBR " مجلة الرافدين، مجلد 17، عدد 6، ص 30 – 44 .
16. Garcia J., Marine M.H. and Mujeriego R. (2002). "Analysis of key variables controlling phosphorus removal in high rate oxidation ponds provided with clarifiers ", Water SA Vol.28, No.1.
17. Whang L.M., Filipe C.D.M. and Park J.K. (2007). "Model – based evaluation of competition between polyphosphate – and glycogen accumulating organisms ", J. Water Research, Vol.41 ,Issue 6 ,PP.1312-1324 .
18. Panswad T., Dougchai A. and Anotai J. (2003). "Effect of temperature shock on activities of phosphorus-accumulating organisms ", Science Asia 29 : 365-370 .
19. Vaboliene G., Matuzevičius A.B. and Dauknys R. (2007). "Impact of temperature on biological phosphorus removal from wastewater in Lithuania", Ekologija, Vol.53, No.4 ,PP.95-101.
20. Akhbari A., Zinatizadeh A.A.L., Mohammadi P., Irandoust M. and Mansouri Y. (2011). "Process on simultaneous nitrification and denitrification via nitrite in a sequencing batch reactor", J. of Bioprocess Biosyst Eng., 32: 175-182 .
8. الخياط، حنان حقي إسماعيل (2010). "تأثير استخدام الأحواض الانتقائية اللاهوائية على كفاءة أنظمة الحمأة المنشطة المستمرة الجريان" أطروحة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، العراق.
9. Metcalf and Eddy (2003). "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse ", 4th edition Revised by Techobanglous .McGraw – Hill, Inc, New York, USA .
10. Mustafa I.H., Ibrahim G., El Kamel A. and El ahwany A.H. (2009). "Heterogeneous modeling ,identification and simulation of activated sludge processes", American Journal of Environmental Sciences 5(3), 352-363 .
11. Tripathi C.S. and Allen, D.G. (1999). "Comparing of mesophilic and thermophilic aerobic biological treatment in sequencing batch reactors treating bleach Kraft pulp mill effluent", Water Research Journal, Vol.33, No.3.
12. Abdul Rahman, S.B. (2009). "Effect of temperature on submerged membrane activated sludge reactor", M.Sc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, University Technology Malaysia.
13. Suvilampi J. (2003). "Aerobic wastewater treatment under high and varying temperature , Thermophilic Process Performance and Effluent Quality ", M.Sc Thesis, Department of Biological and Environmental Science, University of Jyväskylä.

modeling and analysis of biological nutrients removal in an integrated RBC-AS system using response surface methodology", Chemical Engineering Journal, Vol.168, Issue 1, pp.269-279.

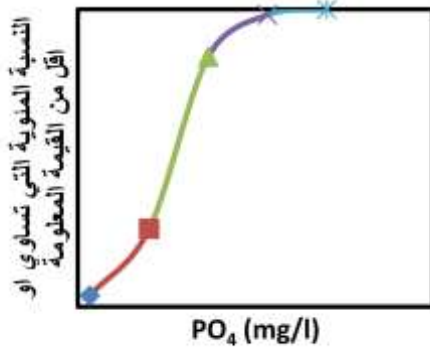
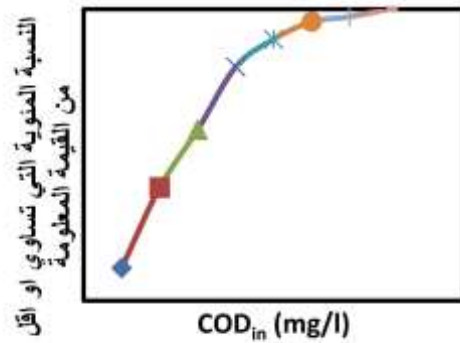
21. Carrera J., Vicent T. and Lafuente F.J. (2003). "Influence of temperature on denitification of an industrial high-strength nitrogen wastewater in a two-sludge system", Water SA, Vol.29, No.1 .



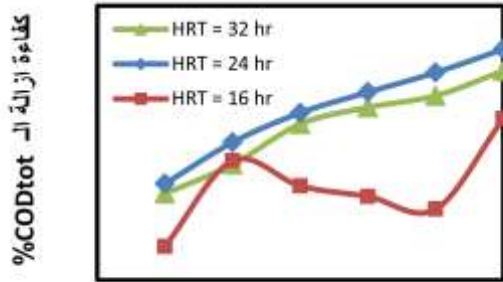
شكل (1): شكل توضيحي للمنظومة المختبرية



شكل (2): التوزيع التكراري التراكمي لقيم الرقم الهيدروجيني pH في مياه المطروحات الخام

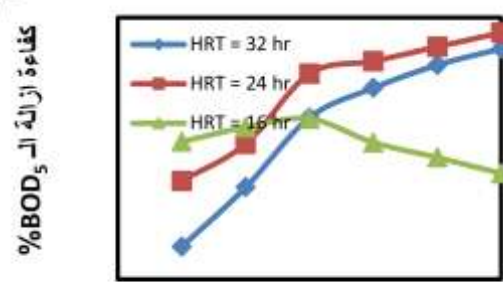
شكل (4): التوزيع التكراري التراكمي لـ PO₄ في مياه المطروحات الخام

شكل (3): التوزيع التكراري التراكمي لـ COD في مياه المطروحات الخام



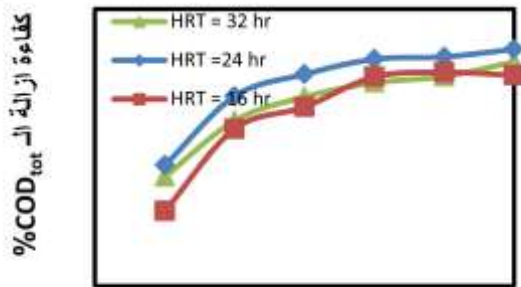
R

شكل (8): تغير كفاءة إزالة الـ COD_{tot} مع زمن البقاء الهيدروليكي ونسبة إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 30°C م



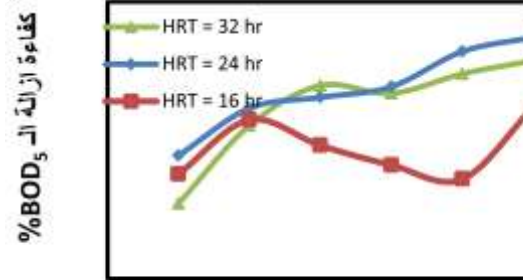
R

شكل (7): تغير كفاءة إزالة الـ BOD مع زمن البقاء الهيدروليكي ونسبة إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 20°C م



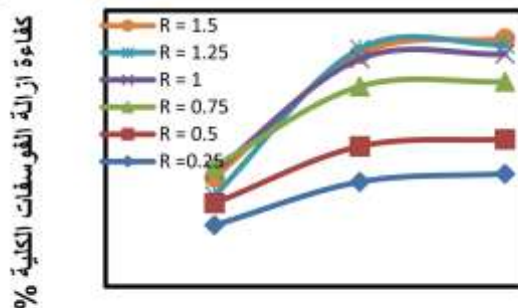
R

شكل (10): تغير كفاءة إزالة الـ COD_{tot} مع زمن البقاء الهيدروليكي ونسبة إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 35°C م



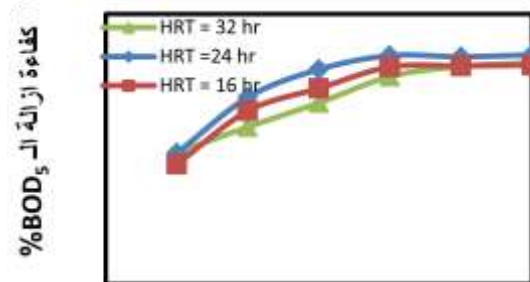
R

شكل (9): تغير كفاءة إزالة الـ BOD مع زمن البقاء الهيدروليكي ونسبة إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 30°C م



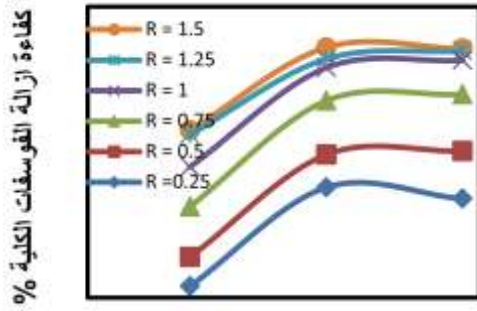
زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (12): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة الفوسفات الكلية لمختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 20°C م



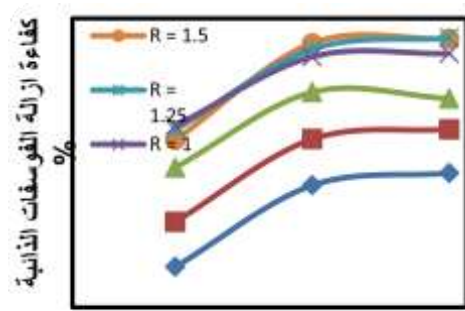
R

شكل (11): تغير كفاءة إزالة الـ BOD_5 مع زمن البقاء الهيدروليكي ونسبة إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 35°C م



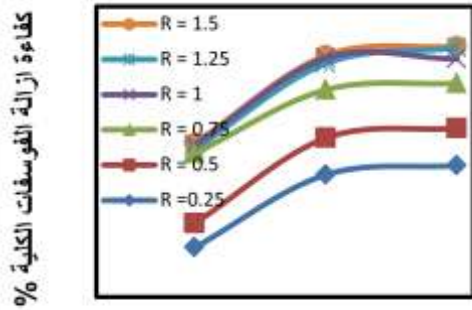
زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (14): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة الفوسفات الكلية لمختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 30°م



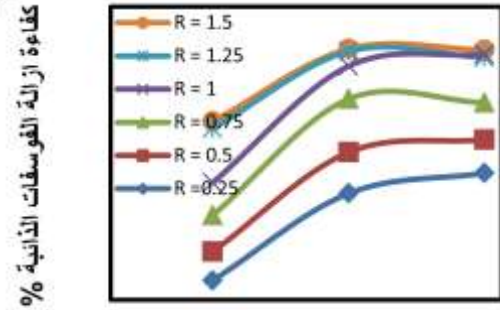
زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (13): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة الفوسفات الذائبة لمختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 20°م



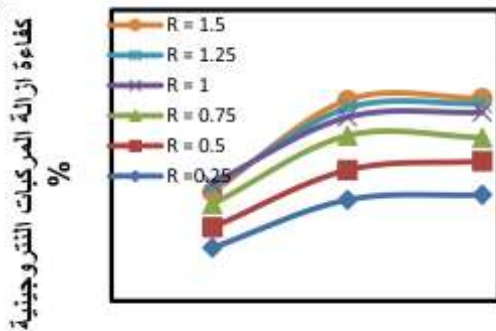
زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (16): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة الفوسفات الكلية عند مختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 35°م



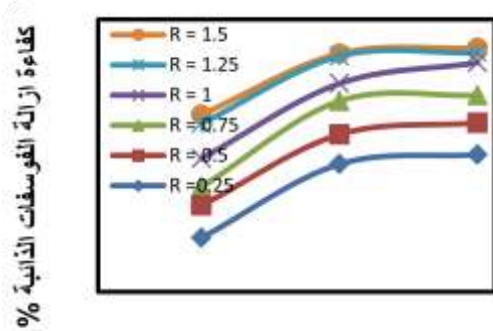
زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (15): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة الفوسفات الذائبة لمختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 30°م



زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

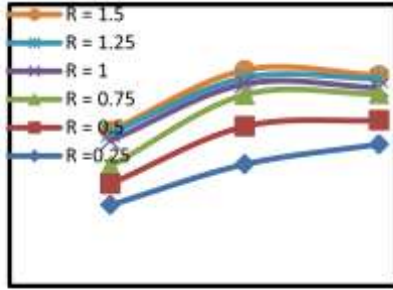
شكل (18): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة المركبات النتروجينية عند مختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 20°م



زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (17): تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة إزالة الفوسفات الذائبة عند مختلف نسب إرجاع الحمأة بدرجة حرارة 35°م

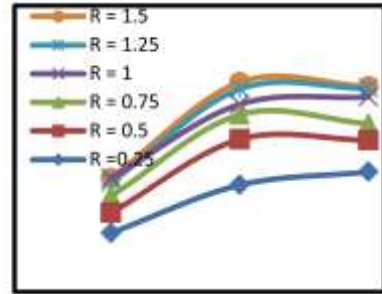
كفاءة ازالة المركبات النتروجينية %



زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (22) : تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة ازالة المركبات النتروجينية عند مختلف نسب ارجاع الحمأة بدرجة حرارة 35 °م

كفاءة ازالة النترات %



كفاءة ازالة النترات %

زمن البقاء الهيدروليكي HRT (ساعة)

شكل (23) : تأثير زمن البقاء الهيدروليكي على كفاءة ازالة النترات عند مختلف نسب ارجاع الحمأة بدرجة حرارة 35 °م

جدول (1): خصائص المطروحات المنزلية في مدينة تكريت خلال فترة الدراسة

المعدل	المدى	الوحدة	الخاصية
232	423-121.6	ملغم/لتر	المادة العضوية ممثلة بالـ COD
150.46	265.6-81.22	ملغم/لتر	المادة العضوية ممثلة بالـ BOD
0.28	0.6 - 0	ملغم/لتر	الأوكسجين المذاب
7.75	8.3 - 6.86		الرقم الهيدروجيني pH
671	862 - 576	ملغم/لتر	المواد الصلبة الذائبة الكلية
947	1214 - 816	μs	التوصيلية
465	602 - 396	ملغم/لتر	الملوحة
2.15	3.98-1.143	ملغم/لتر	النترات
1.1	1.638-0.563	ملغم/لتر	الفسفات
18.3	23 - 12	° م	درجة الحرارة

جدول (2) : التركيبة النموذجية لمياه الفضلات الخام (Metcalf & Eddy,2003)

التركيز (ملغم/لتر)			الخاصية
ضعيفة التركيز	متوسطة التركيز	قوية التركيز	
6		9	pH
4	7	12	الفسفور، (ملغم/لتر)
0	0	0	النترات، (ملغم/لتر)
250	430	800	المتطلب الكيميائي للأوكسجين، (ملغم/لتر)