

مساهمة في دراسة عوامل ترسيب وتكثيف الحمأة المنشطة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي

الدكتور هيثم جناد*
الدكتورة هناء سلمان**
فاطمة سلمان***

(تاريخ الإيداع 22 / 2 / 2015. قَبْلَ للنشر في 7 / 4 / 2015)

□ ملخص □

إن عملية المعالجة بالحمأة المنشطة واحدة من عمليات معالجة مياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية الأكثر شيوعاً. وتعد فعالية ترسيب الحمأة في المرشبات مقياساً لمدى كفاءة عمل المحطة ككل. وفي هذا البحث تم دراسة العلاقة بين خصائص ترسيب الحمأة وأداء وحدات التهوية في عملية المعالجة بالحمأة المنشطة، وذلك عن طريق إجراء تجارب الترسيب على محطة تجريبية تعمل بنظام الحمأة المنشطة المهواة بمعدل عالي. وكذلك تم إجراء مجموعة من التجارب على مياه محطة معالجة مرج معبريان التي تعمل بالتهوية المديدة لدراسة العوامل المؤثرة في ترسيب الحمأة المنشطة وذلك بالاعتماد على مؤشر حجم الحمأة SVI وسرعة الترسيب الأعظمية U_{MAX} والزمن الموافق لسرعة الترسيب الأعظمية T_{UMAX} . عند المعالجة بنظام الحمأة المنشطة المهواة بمعدل عالي وجد أن بارامترات الترسيب التجريبية (V_0, n) حساسة جداً وتتغير إلى حد كبير بتغير قيم المواد الصلبة المعلقة MLSS في حوض التهوية، وباستخدام العلاقات الرياضية يمكن التنبؤ بقيمة (V_0, n) واستخدامها لتصميم واختيار نظام تشغيل الحمأة دون اللجوء لإجراء اختبارات الترسيب التقليدية. أما عند المعالجة بالتهوية المديدة فوجدنا أن سرعة الترسيب الأعظمية U_{MAX} هي المؤشر الأكثر أهمية في عملية الترسيب ونحصل على معاملات ارتباط (R^2) جيدة بين U_{MAX} وكل من ($T_{UMAX}, MLSS, SVI$) فكانت عند درجة حرارة ($20^\circ C$) كانت على التوالي ($98,96,98\%$) وعند درجة الحرارة ($17^\circ C$) على التوالي ($97,96,97\%$) وهي تقريباً نفس القيم. ووجدنا أيضاً أن مؤشر حجم الحمأة SVI يرتبط ارتباطاً وثيقاً ببارامترات الترسيب (T_{UMAX}, U_{MAX}) عند درجة الحرارة ($20^\circ C$) كانت معاملات الارتباط ($99,98\%$) على التوالي، وعند درجة الحرارة ($17^\circ C$) بمعاملات ارتباط ($98,97\%$)، سرع الترسيب U_{MAX} كانت أكبر وزمن الترسيب T_{UMAX} كان أصغر عند درجة الحرارة ($20^\circ C$) مما يدل على تحسن الترسيب بارتفاع درجة الحرارة. وكانت النتيجة أن درجة الحرارة عامل مؤثر على الترسيب ومن الضروري أخذها في الحسبان في عمليات تصميم وتشغيل محطات المعالجة بالحمأة المنشطة.

الكلمات المفتاحية: محطات معالجة مياه الصرف الصحي، الحمأة المنشطة، الترسيب الثانوي، عوامل الترسيب.

* مدرس - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ مساعد - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

A Contribution to Studying Settling Factor and Thickening of Activated Sludge in wastewater treatment plant

Dr. Haitham Jnad *
Dr. Hana Slman **
Fatma Slman ***

(Received 22 / 2 / 2015. Accepted 7 / 4 / 2015)

□ ABSTRACT □

The activated sludge is one of the most common methods of sewage treatment , which has been studied through to find the relation between sedimentation properties and the performance of aeration units. sedimentation experiments were applied on a highly- aerated activated sludge experimental treatment plant .Also, another experiments were applied on Marj Maerban treatment plant which is operated using the extended aeration method in order to find the Factors influencing the settling of activated sludge . These experiments were done using the Sludge volume index (SVI) ,the maximum velocity sedimentation rate (U_{MAX}) and the time corresponding to the maximum velocity of sedimentation (T_{UMAX}).In experimental treatment plant. We found that the sedimentation experimental parameters (V_o , n) are very sensitive and can be changed significantly with changing the values of suspended solids (MLSS) in the aeration tank. The mathematical relationships can be used to predict the value of (V_o , n) as well as designing and selecting the operating system of sludge without resorting to a conventional sedimentation tests . We also found in the extended aeration the maximum velocity sedimentation rate (U_{MAX}) is the most important in settling process as we got some good correlation coefficients (R^2) between U_{MAX} and (T_{UMAX} , MLSS, SVI) was at a temperature ($20^{\circ}C$) were respectively (98, 96,98%), and when the temperature ($17^{\circ}C$) respectively (97,96,97%) which is almost the same values. We noticed that the sludge volume index (SVI) is closely associated with the settling parameters (U_{MAX} , T_{UMAX}) with the correlation coefficients were respectively (98,99%) on the temperature of ($20^{\circ}C$) and (98,97%) on the temperature of ($17^{\circ}C$) . Velocity sedimentation rate (U_{MAX}) was the largest and deposition time (T_{UMAX}) was smaller on the temperature of ($20^{\circ}C$) Indicating an improved sedimentation with higher temperatures . Subsequently, temperature is an influential factor on deposition and It is necessary to be taken into account in the design and operation of activated sludge treatment plan.

Keywords: wastewater treatment plants, The activated sludge, Secondary settling , Settling parameters.

*Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***postgraduate student, department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي بالحماة المنشطة هي التكنولوجيا الأكثر شيوعاً، وتتألف من واحد أو أكثر من المفاعلات البيولوجية المتسلسلة حيث يتم استهلاك ملوثات مياه الصرف الصحي وتفكيكها من قبل الكائنات الحية الدقيقة المعلقة، ثم تنتقل هذه المياه إلى أحواض الترسيب (المرسبات الثانوية) حيث يتم فيها فصل هذه الكتلة الحيوية عن مياه الصرف الصحي المعالجة. يتم إعادة تدوير جزء من الكتلة الحيوية إلى المفاعلات البيولوجية وصرف الجزء المتبقي منها. إن الترسيب السيء للكتلة الحيوية يمكن أن يحد أو يخفض من أداء المرسب الثانوي وبالتالي أداء المحطة بشكل عام، ويمكن أن يؤدي ذلك إلى نقص جودة المياه الناتجة عن المعالجة، وفي بعض الحالات الشديدة يمكن أن يؤدي إلى فشل عملية المعالجة برمتها (خروج كميات كبيرة من الكتلة الحيوية مع المياه المعالجة) [1]. تنمو وتتكاثر الكائنات الحية الدقيقة (البكتريا في المقام الأول) في هذه الأنظمة على شكل ندف، وخصائص هذه الندف تسيطر بشكل كبير على الكتلة الحيوية التي تشكل ما يسمى بالحماة المنشطة [2]. ولقد دعا الدور الهام للمرسبات الثانوية في التشغيل الجيد لعمليات النمو المعلق في محطات معالجة مياه الصرف الصحي لتقديم العديد من الدراسات التي تهدف إلى تحسين أداء هذه المرسبات [3,4]. كما في نظرية حركة المواد الصلبة (solids-flux theory) [5]، المطبقة في دراسات عديدة ومثلت تقدماً كبيراً في هذا المجال حيث تستند النماذج الحالية للمرسبات الثانوية على هذه النظرية [6,7,8]. على الرغم من أن نماذج أكثر تعقيداً قد أدخلت لهذا الغرض [9]. في أبسط أشكال نظرية حركة المواد الصلبة يمكن التنبؤ بأداء عملية الترسيب للمواد المعلقة في المرسبات والتي تقوم بتأمين تشكل المواد الصلبة المترسبة لإعادة الحماة المنشطة من نقطة إعادة التدوير [10]. ومع ذلك تم التعرف على عائقين يحدان من إمكانية تطبيق هذه النظرية، القيد الأول أن هذا الأسلوب لا يعالج تأثير القيود الهيدروليكية على الرغم من أنها أيضاً مناسبة لدراسة القيود المفروضة على منطقة الترسيب [2]. والعائق الثاني وربما الأكثر أهمية هو الصعوبة في تحديد سرعة الترسيب الابتدائية (V_0) مقابل تراكيز المواد الصلبة المعلقة الأولية (X_i) بالعلاقة مع أنظمة التشغيل. هذه العلاقات وصفها معادلة Vesilind [11]. بينت الدراسات أن الحماة جيدة الترسيب لها قيم الثابت v_0 قرابة 13 m/h وقيم الثابت n قرابة $1 \text{ m}^3/\text{kg}$ ، بينما للحماة ضعيفة الترسيب قيمٌ متدنية للثابت v_0 قرابة 5 m/h وقيمٌ للثابت n قرابة $0.5 \text{ m}^3/\text{kg}$ [12]. كما لاقت دراسة القيود الهيدروليكية اهتماماً واسعاً في الآونة الأخيرة [4,13,14]. أما العائق الثاني فقد تم الاعتراف به من قبل عدد من الباحثين في منتصف الثمانينات والذين طوروا في نفس الوقت العلاقات التجريبية بين مؤشر حجم الحماة (sludge volume index) (SVI) وخصائص الترسيب الممثلة لها وذلك اعتماداً على معادلة Vesilind [4,13,14]. ويشير SVI المنخفض والواقع بين $100-150 \text{ ml/g}$ إلى ترسيب جيد للمواد العالقة، بينما يشير SVI المرتفع إلى ترسيب ضعيف غالباً، ولكن ليس دائماً فإن هذه الظروف العالية لـ SVI مرتبطة بمواد عالقة كثلية والكتلة هي حالة تنخفض فيها سرعة الترسيب ويضعف الضغط ويمكن تعريف الترسيب الجيد للمواد الصلبة المعلقة (Mixed Liquor Suspended Solids) (MLSS) كترسيب بسرعة عالية مع SVI منخفض [15]. وقدرت آثار التغييرات في درجات الحرارة على المدى القصير على مؤشر حجم الحماة (SVI) ووجد أن بيئة أسطوانة الاختبار والأحوال الجوية لها تأثير مباشر على درجة حرارة العينات و (SVI) حيث ينقص (SVI) حوالي 14.8 ml/g لكل زيادة درجة مئوية واحدة على درجة حرارة عينة المياه [16].

في هذا البحث تمت دراسة العلاقة بين خصائص ترسيب الحماة المنشطة وبارامترات التشغيل لنوعين من أنظمة الحماة المنشطة، وذلك باستخدام محطة تجريبية لمعالجة مياه الصرف الصحي تعمل بنظام الحماة المنشطة المهواة

بمعدل عالي، وكذلك تم إجراء قياسات ميدانية على محطة معالجة مياه مرج معيربان التي تعمل بالتهوية المديدة من أجل دراسة تأثير كل من المواد الصلبة المعلقة ودرجة الحرارة في عملية ترسيب الحمأة.

أهمية البحث وأهدافه:

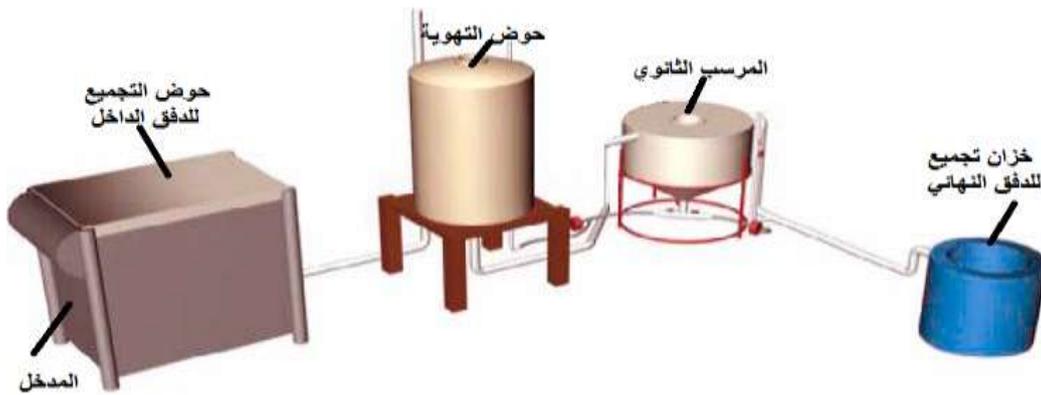
يهدف البحث إلى تحديد العلاقة بين خصائص ترسيب الحمأة المنشطة وبارامترات التشغيل لها، وذلك عن

طريق:

1. تحديد العلاقة بين تراكيز المواد الصلبة المعلقة MLSS وبارامترات الترسيب التجريبية V_0 , n .
2. دراسة تأثير تغييرات درجة الحرارة وتراكيز المواد الصلبة المعلقة في فعالية الترسيب.

طرائق البحث ومواده:

1. المحطة التجريبية: تم تنفيذ القسم الأول في جامعة البعث - كلية الهندسة المدنية - مخبر الهندسة البيئية على محطة تجريبية وهذه المحطة التجريبية تعمل بنظام الحمأة المنشطة المهواة بمعدل عالي، وهي مؤلفة من الأجزاء الآتية: مدخل، حوض تجميع، حوض تهوية، مرسب ثانوي، خزان تجميع للدفق النهائي وبيبين الشكل (1) رسم بياني للمحطة التجريبية.



الشكل (1) : رسم بياني للمحطة التجريبية

2. محطة مرج معيربان :

- تم تنفيذ القسم الثاني من التجارب في محطة مرج معيربان والتي صممت ونفذت لحماية سد بحمرا من التلوث الحاصل نتيجة صرف مياه الصرف الصحي فيه، تعتمد المحطة طريقة التهوية المطولة (extended aeration)، وتخدم المحطة حوالي خمسة آلاف نسمة في نهاية الفترة التصميمية 2020، بغزارة تصميمية حوالي $22 \text{ m}^3/\text{h}$.

- تتألف محطة المعالجة من منشأة دخول، وحواجز قضبانية ثم مرملين بعدهما حوض تهوية بمهويين شاقوليين ميكانيكيين ثم مرسب نهائي بالإضافة إلى أحواض تكثيف الحمأة وأحواض التجفيف وحوض كلورة نهائي وأخيرا حوض تجميع نهائي قبل التصريف إلى الساقية وبيبين الشكل (2) منشآت محطة معالجة مياه مرج معيربان.



الشكل(2): منشآت محطة معالجة مياه مرج معيربان

- التجارب المخبرية:

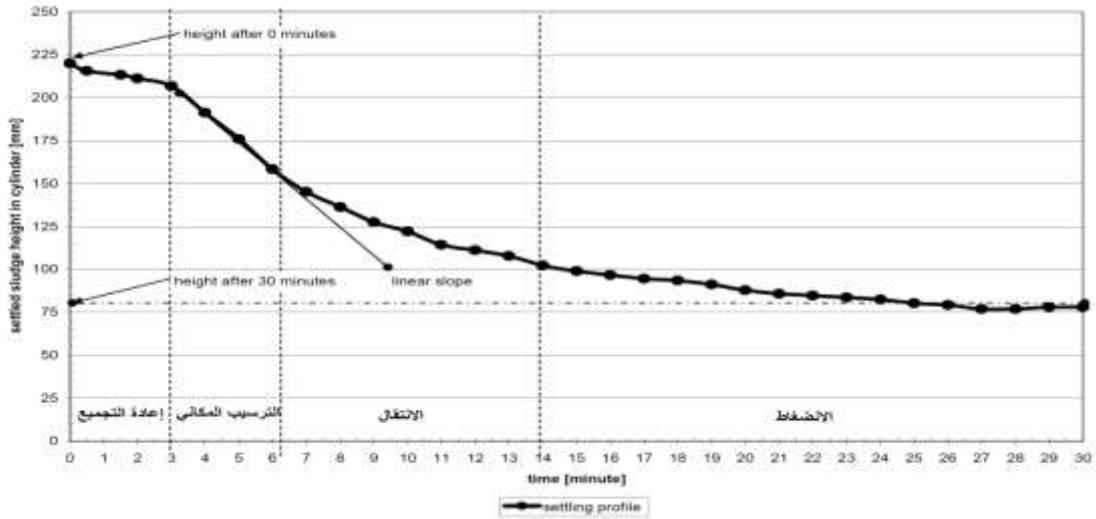
➤ بُدئ بتنفيذ مرحلة أخذ العينات للمحطة التجريبية في آب 2014 م. تم جمع العينات في الصباح لكل زمن بقاء هيدروليكي وفقاً لشروط تشغيل المحطة التجريبية. حيث جُمعت العينات من نقطتين خلال المرحلة التجريبية: من التدفق الخارج من حوض التهوية ومن التدفق الخارج من المرسب الثانوي.

تم الحصول على بارامترات الترسيب وفقاً لطريقة (E2710) من الطرائق القياسية "the (APHA, 1998) standard Methods [17]". وتم اختبار خمسة تراكيز مختلفة لـ MLSS للحصول على بارامترات الترسيب للمحطة التجريبية في كل يوم عمل. أُخذت عينة من كل تركيز وتم تحليلها في المختبر لتحديد المقدار الدقيق من تركيز المواد الصلبة المعلقة ومراقبة سرعة الترسيب عند كل تركيز وذلك للحصول على علاقة تربط سرعة الترسيب بتركيز المواد الصلبة المعلقة للحصول على ثوابت الترسيب V_0 , n وذلك في المحطة التجريبية .

➤ أما العينات في محطة مرج معيربان فأخذت في أيلول وتشرين الثاني 2014 م، وتم أخذ العينات على مدار ساعات النهار للحصول على أكبر فرق لدرجات الحرارة خلال اليوم وكان مكان أخذ العينات من مخرج حوض التهوية وقبل الدخول إلى حوض الترسيب. إن اختبار قابلية الترسيب يعد أهم الاختبارات للحكم على جودة الحمأة والناتج التي يتيحها هذا الاختبار تمكن القائمين على التشغيل من اتخاذ القرارات الملائمة وإجراء التعديلات اللازمة لضمان سير العملية بالكفاءة المطلوبة. ويجري اختبار قابلية الترسيب باستخدام سلندر (أسطوانة) مدرج بسعة (1L) ويسجل حجم الحمأة المترسبة كل (5 min) خلال (30 min) الأولى وكل (10 min) خلال (30min) التالية وتساعد البيانات التي يتم تجميعها بكثافة في النصف ساعة الأولى في إعطاء معلومات هامة عن تكوين الندف وطبقة الحمأة ويمكن الحكم على معدل ترسيب الحمأة بعد انقضاء النصف ساعة الأولى أما قابلية الحمأة للانضغاط فيمكن الحكم عليها بعد انقضاء ساعة من بدء الاختبار ومن خلال استخدام الرسم البياني الذي يبين حجم الحمأة المترسبة مع الزمن ، يمكن المقارنة والحكم على تكون الندف وعن طبقة الحمأة وبالتالي تحديد معدل صرف الحمأة الزائدة [18].

وتم إجراء القياسات التالية : (MLSS) المواد الصلبة المعلقة العضوية، (T_r) درجة حرارة مياه الصرف، (SVI) مؤشر حجم الحمأة وتم الحصول على تغير ارتفاع (MLSS) المترسبة (h) على مدى ثلاثين دقيقة من اختبارات

الترسيب وذلك عن طريق رسم منحنيات الترسيب لكل عينة كما في الشكل (3) الذي يبين المراحل الأربع لترسيب المواد العالقة (MLSS) خلال ثلاثين دقيقة هي: 1. إعادة التجميع، 2. الترسيب المكاني 3. الانتقال 4. الانضغاط، كما هي موضحة في الشكل وفقاً لتغيرات الميل، خلال انطلاق عملية ترسيب المواد العالقة (MLSS) تقود إعادة التجميع خلال المرحلة الأولى إلى تشكيل سائل مصفى على سطح المواد العالقة (MLSS) الذي يأخذ بالانخفاض ويتشكل حينها ميل متغير، وتصل سرعة الترسيب إلى السرعة الأعظمية في المرحلة الثانية ويقود الانخفاض في السرعة الترسيبية إلى تغيير آخر في ميل الشكل وهذا يشير إلى الانتقال إلى المرحلة الثالثة، يستمر الانضغاط في المرحلة الرابعة مع ميل ثابت حتى تكتمل مرحلة اختبار الترسيب أو يستقر السائل على سطح المواد العالقة (MLSS). و يتم حساب عوامل الترسيب من أشكال الترسيب هذه كما يلي: U_{max} ميل المنحنى السلي الطولي (المرحلة الثانية) و t_{umax} من اللحظة التي بدأ فيها ال U_{max} (بداية المرحلة الثانية).



الشكل (3): منحنى الترسيب

النتائج والمناقشة:

1- نتائج القياسات على المحطة التجريبية:

تم تشغيل المحطة التجريبية بزمان بقاء هيدروليكي مختلف مرتين (30-45) دقيقة في حوض الترسيب الثانوي، وتم تعيين مدة البقاء الهيدروليكي باستخدام معدل تدفق محدد، وتم الحفاظ على اثنين من المتغيرات كتوابت وهي نسبة إعادة التدوير $\alpha = 0.700$ ومعدل صرف الحمأة $w = 0.020$ عند (دقيقة $HRT = 45$)، و $\alpha = 0.720$ و $w = 0.035$ عند (دقيقة $HRT = 30$)، تم قياس تراكيز كل من MLSS و DO و pH و T يومياً، وفي كل يوم تم قياس سرعة الترسيب عدة مرات عند قيم مختلفة لـ MLSS تم تخفيفها للحصول على سرعة ترسيب الحمأة ونتمكن من إيجاد العوامل التجريبية للترسيب ممثلة بـ ($n(m^3/kg)$ و $V_0(m/d)$)، باعتماد معادلة (Vesilind) التي تصف الترسيب في المرسبات الثانوية [11].

$$V_i = v_o * e^{-n * X_i}$$

حيث: V_i سرعة الترسيب المكانية (m/h).

X_i يمثل التركيز الأولي للمواد العالقة (MLSS) (kg/m^3).

V_o و n يمثلان ثوابت الترسيب الخاصة بالمواد العالقة (m/h , m^3/kg).

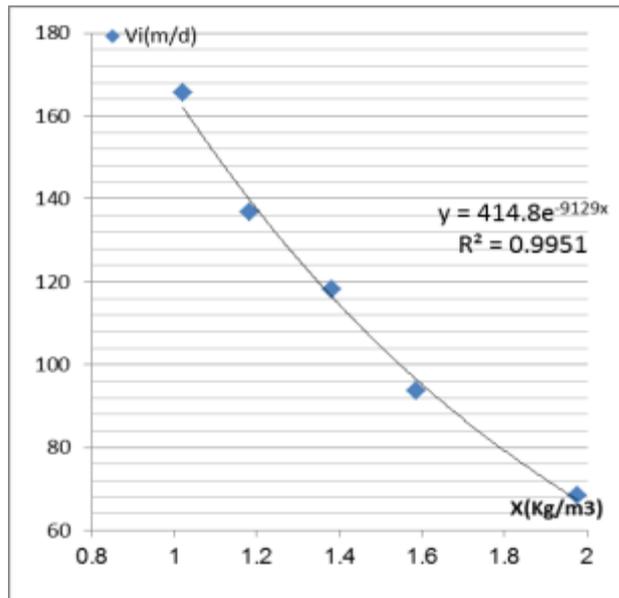
وتحدد كل من ثوابت الترسيب V_o و n الصفات الترسيبية وتعكس خصائص ترسيب الحمأة.

تم أخذ القياسات لمدة ثمانية أيام عند (دقيقة=45 HRT) ولمدة خمسة أيام عند (دقيقة=30 HRT).

1-1 - سرعة الترسيب المكانية المقابلة لقيم MLSS عند (دقيقة=45 HRT).

الشكل البياني التالي يبين نتائج القياسات المخبرية التي تم إجراؤها في المحطة التجريبية للحصول على

بارامترات الترسيب حسب المعادلة الأسية الأنسب Vesilind للقياسات الحقلية في اليوم الأول:



الجدول (1) : البيانات الحقلية لليوم الأول		
Date:10/8/2014		
Parameters	Value	Units
DO	3.52	mg/l
T	30.1	°C
pH	7.31	
V_r	175	L
V_s	145.37	L
α	0.700	
w	0.020	
V_o	414.8	m/d
n	0.9129	m^3/kg

الشكل (4) : سرعة الترسيب المكانية المقابلة لقيم MLSS في اليوم

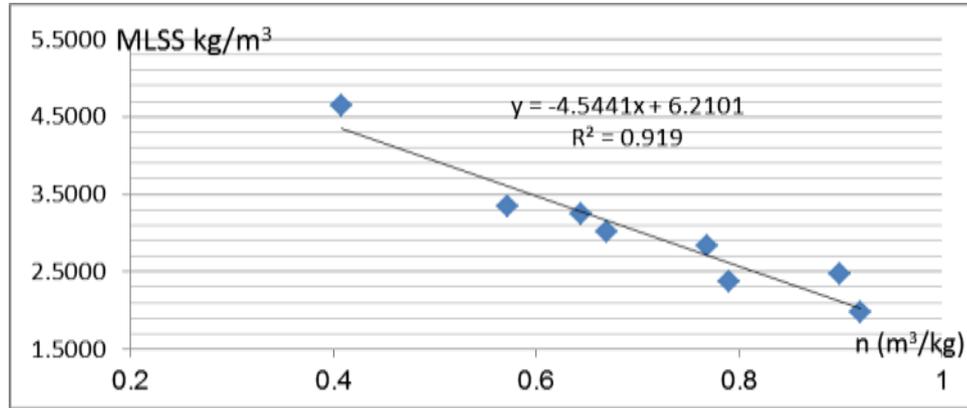
وتم إجراء القياسات بنفس الأسلوب لمدة ثمانية أيام والنتائج ملخصة بالجدول (2):

الجدول (2) : نتائج القياسات المخبرية لبارامترات الترسيب حسب المعادلة الأسية الأنسب للقياسات الحقلية عند (دقيقة=45 HRT)

R^2	$(m^3/kg)n$	$(m/h)V_o$	$(m/d)V_o$	اليوم
0.9951	0.9129	17.28	414.8	1
0.9426	0.7907	16.67	400.3	2
0.9311	0.7684	14.52	348.5	3
0.9465	0.8998	18.76	450.2	4
0.9693	0.6692	14.35	344.5	5
0.9636	0.6642	9.33	224.2	6
0.8947	0.5721	12.45	298.9	7
0.8792	0.4801	8.95	214.8	8

1-2- العلاقة بين تراكيز MLSS والبارامتر التجريبي n :

من المثير للاهتمام أنه يمكن أن نلاحظ عند (دقيقة HRT = 45) وجود علاقة خطية جيدة بين تراكيز MLSS ووحدة ترسيب الحمأة n ويوضح ذلك أيضاً قيمة معامل الارتباط العالية والتي تصل إلى 92%، الشكل (5) يوضح العلاقة بين تراكيز MLSS ووحدة ترسيب الحمأة n عند (دقيقة HRT = 45).

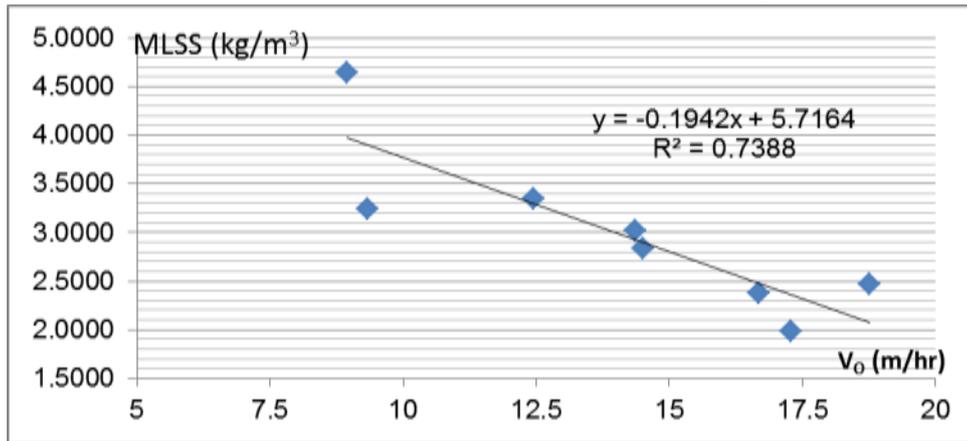


الشكل (5) : العلاقة بين تراكيز MLSS ووحدة ترسيب الحمأة n عند (دقيقة HRT = 45).

البارامتر التجريبي n حساس جداً ويتغير إلى حد كبير بتغير قيم MLSS في حوض التهوية ، باستخدام هذا الرسم البياني يمكن توقع قيمة n واستخدامها لتصميم واختيار نظام تشغيل الحمأة دون اللجوء لإجراء اختبارات الترسيب التقليدية. وبالاعتماد على قيمة n نجد أن الحمأة جيدة الترسيب [12].

1-3- العلاقة بين تراكيز MLSS وسرعة ترسيب الحمأة V_o :

نلاحظ وجود علاقة خطية جيدة بين تراكيز MLSS وسرعة ترسيب الحمأة V_o عند (دقيقة HRT = 45)، الشكل (6) يوضح العلاقة بين تراكيز MLSS وسرعة ترسيب الحمأة V_o عند (دقيقة HRT = 45)، ويوضح أيضاً قيمة معامل الارتباط العالية والتي تصل إلى 74%.



الشكل (6) : العلاقة بين تراكيز MLSS وسرعة ترسيب الحمأة V_o عند (دقيقة HRT = 45).

بواسطة هذا التعبير الرياضي يمكن أن نستنتج قيم V_o عند قيم مختلفة لـ MLSS وهذا يساعد في التصميم واختيار أنظمة تشغيل الحمأة، حيث تظهر هذه العلاقة التناسب الخطي الأفضل لمجموعة البيانات إلى أن يتم التوصل

إلى سرعات أعلى عند قيم منخفضة لتراكيز MLSS ويعتبر هذا أداة مفيدة لتصميم وتشغيل وحدات الحمأة المنشطة. وبالاعتماد على V_0 قيمة نجد أن الحمأة جيدة الترسيب [12].

1-4- سرعة الترسيب المكانية المقابلة لقيم MLSS عند (دقيقة HRT = 30).

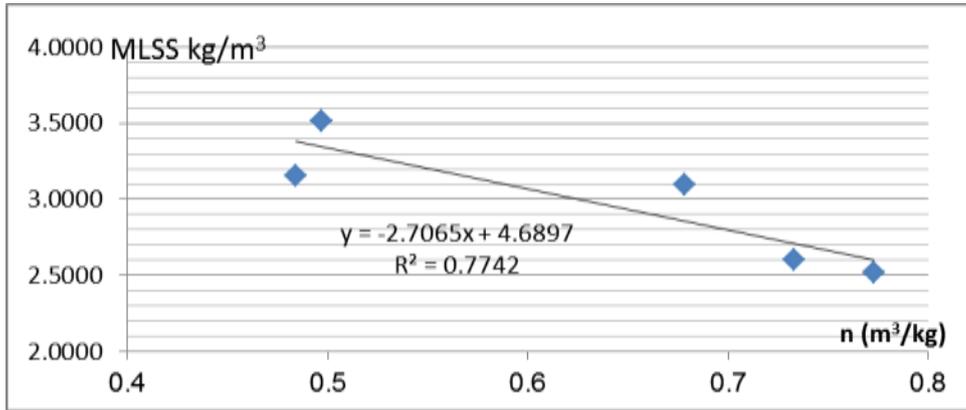
وتم إجراء القياسات بنفس الأسلوب لمدة خمسة أيام عند (دقيقة HRT = 30) والنتائج ملخصة بالجدول (3):

الجدول (3) : نتائج القياسات المخبرية لبارامترات الترسيب حسب المعادلة الأسية الأنسب للقياسات الحقلية عند (دقيقة HRT = 30)

اليوم	$(m/d)V_0$	$(m/h)V_0$	$(m^3/kg)n$	R^2
1	143.3	5.97	0.7727	0.9472
2	272.4	11.35	0.7328	0.9849
3	260.7	10.86	0.6781	0.9603
4	199.6	8.31	0.4838	0.972
5	179.7	7.48	0.4971	0.9657

1-5- العلاقة بين تراكيز MLSS والبارامتر التجريبي n :

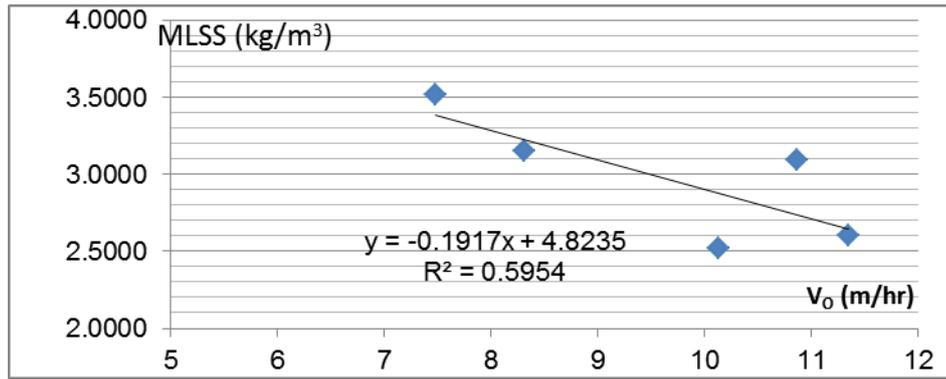
الشكل (7) يوضح العلاقة بين تراكيز MLSS ووحدة ترسيب الحمأة n عند (دقيقة HRT = 30). نلاحظ انخفاض قيمة معامل التحديد إلى 77% ولكن يبقى الارتباط جيد والعلاقة الخطية تعبر عن القسم الأكبر من البيانات وبالاعتماد على قيمة n نجد أن الحمأة ضعيفة الترسيب [12].



الشكل (7) : العلاقة بين تراكيز MLSS ووحدة ترسيب الحمأة n عند (دقيقة HRT = 30)

1-6- العلاقة بين تراكيز MLSS وسرعة ترسيب الحمأة V_0 :

الشكل (8) فيظهر أنه يوجد ارتباط مقبول بين قيم تراكيز MLSS والسرعة المرتبطة بها عند (دقيقة HRT=30) وانخفاض معامل التحديد قليلاً ليصبح حوالي 60% ويمكن أن يفسر ذلك بسبب النقص بمستويات الأكسجين المنحل في أحواض التهوية مما أدى إلى تندف فقير في النظام. حيث إن خصائص الترسيب الجيد يمكن الحصول عليها فقط عند التوصل إلى تشكل جيد للندف وبالاعتماد على قيمة V_0 نجد أن الحمأة ضعيفة الترسيب [12].



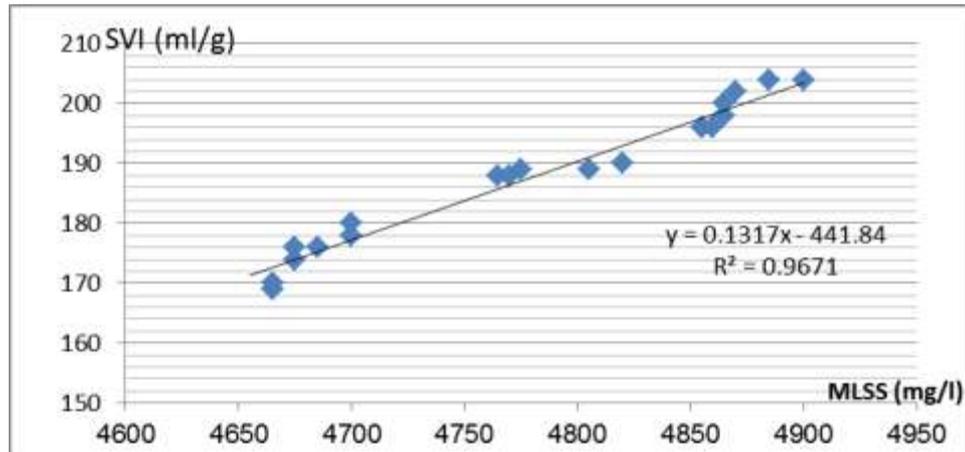
الشكل (8) : العلاقة بين تراكيز MLSS وسرعة ترسيب الحمأة V_0 عند (دقيقة 30 = HRT)

2- نتائج القياسات المخبرية على محطة مرج معيربان:

2-1- بارامترات الترسيب عند درجة الحرارة (17°C):

2-1-1: ارتباط SVI مع تراكيز MLSS :

نقاط البيانات المقاسة لتراكيز MLSS وقيم SVI لمياه صرف مرج معيربان عند درجة حرارة (17°C) مبينة بالشكل والمنحني الأمثل لربط هذه البيانات تمثل بمعاداة خطية وبمعامل ارتباط ($R^2=96\%$) كما هو موضح بالشكل (9):



الشكل (9) : ارتباط SVI مع تراكيز MLSS

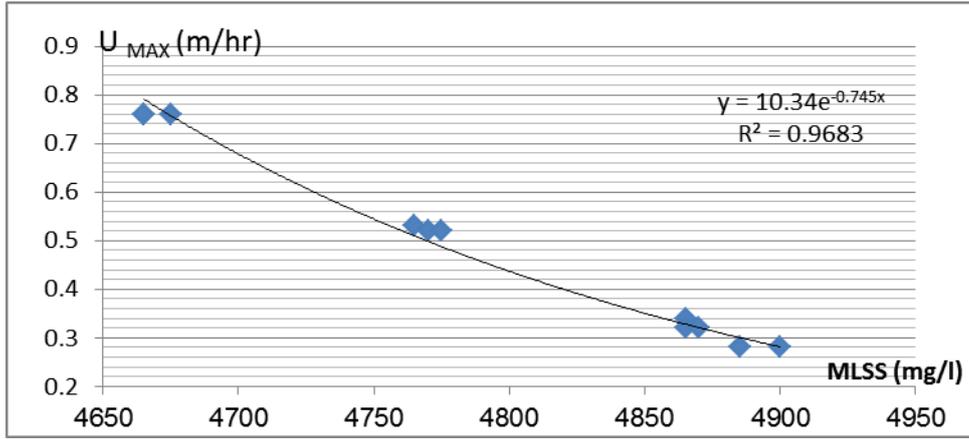
من خلال الشكل السابق نلاحظ وجود ارتباط قوي بين تراكيز MLSS و SVI عند درجة حرارة (17°C) وبأن

العلاقة بينهما طردية أي تزداد قيم SVI بازدياد MLSS وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

2-1-2: ارتباط U_{MAX} مع MLSS:

نقاط البيانات المقاسة في محطة مرج معيربان عند درجة حرارة (17°C) والمنحني الأمثل لقيم U_{MAX} و

MLSS موضحة بالشكل (10) :

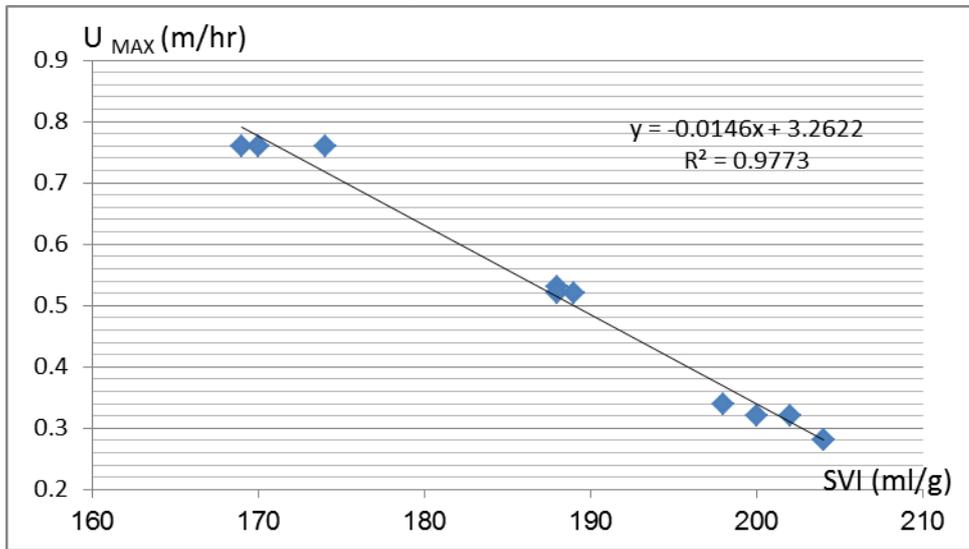


الشكل (10) : ارتباط U_{MAX} مع MLSS

المنحني الأفضل لارتباط U_{MAX} مع تراكيز MLSS عند درجة حرارة ($17^{\circ}C$) ممثل بمعادلة أسية بمعامل ارتباط ($R^2=97\%$) مع بارامترات الترسيب التجريبية $n=0.745$ و $V_0=10.34$ أي أن الحمأة الناتجة ذات ترسيب متوسط إلى جيد نوعاً ما [12]. ويؤكد الشكل العلاقة العكسية بين U_{MAX} مع تراكيز MLSS حيث نقصان U_{MAX} وفقاً لأفضل منحني تناسب يكون بزيادة تراكيز MLSS وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

3-1-2: U_{MAX} اعتماداً على قيم SVI

يتم عرض نقاط البيانات لقيم SVI والارتباط الأنسب لها مع قيم U_{MAX} من خلال الشكل (11) :

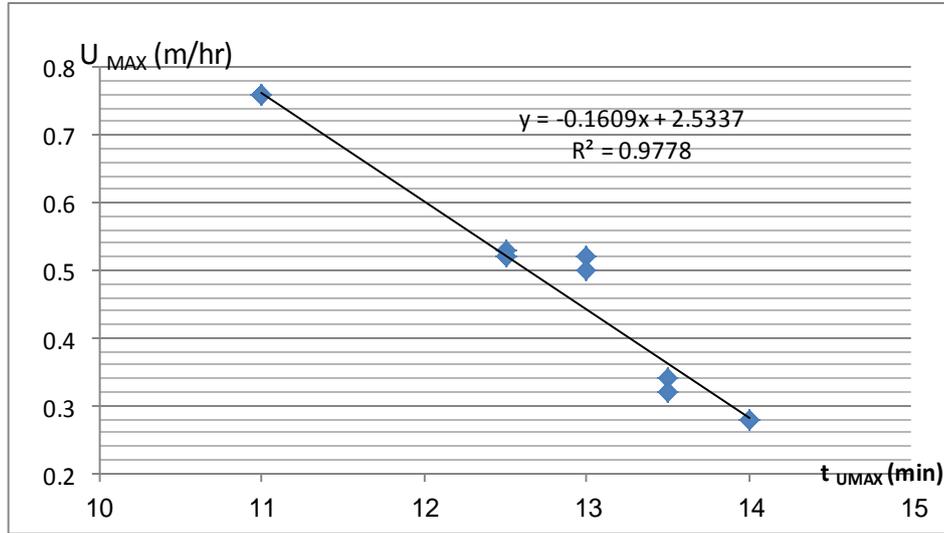


الشكل (11) : ارتباط U_{MAX} مع تراكيز SVI

المنحني الأفضل ممثل بمعادلة خطية مع معامل ارتباط ($R^2=97\%$) ويدل معامل الارتباط أن العلاقة جيدة ويوضح الشكل السابق أن SVI يرتبط بعلاقة عكسية مع U_{MAX} أي تزداد SVI بنقصان U_{MAX} وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

4-1-2 : U_{MAX} اعتماداً على قيم t_{UMAX}

يتم عرض نقاط البيانات لقيم t_{UMAX} والارتباط الأنسب لها مع قيم U_{MAX} من خلال الشكل (12) :

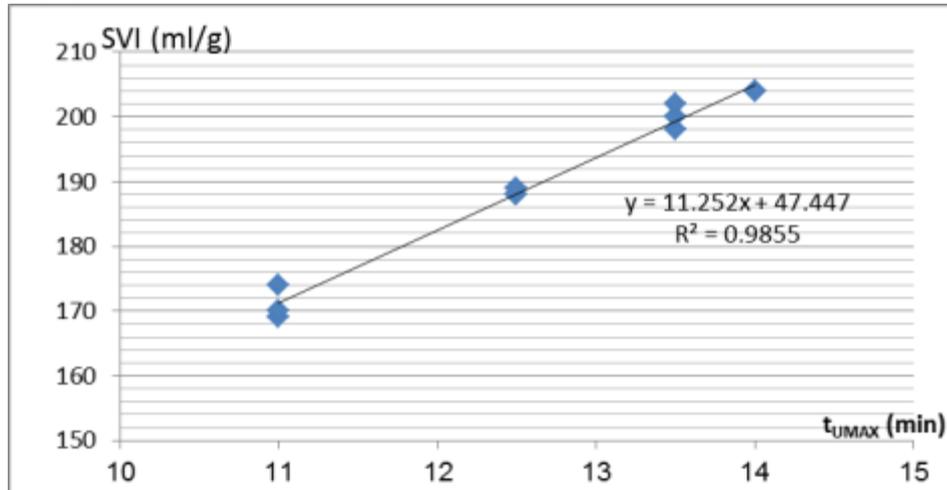


الشكل (12) : U_{MAX} اعتماداً على قيم t_{UMAX}

المنحني الأفضل ممثل بمعادلة خطية مع معامل ارتباط ($R^2=97\%$) ويدل معامل الارتباط أن العلاقة جيدة ويوضح الشكل السابق أن t_{UMAX} يرتبط بعلاقة عكسية مع U_{MAX} أي تزداد t_{UMAX} بنقصان U_{MAX} وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

5-1-2 : ارتباط SVI مع t_{UMAX}

نقاط البيانات المسجلة والاتجاه الأنسب لقيم SVI و قيم t_{UMAX} الموافقة لها موضحة بالشكل (13).



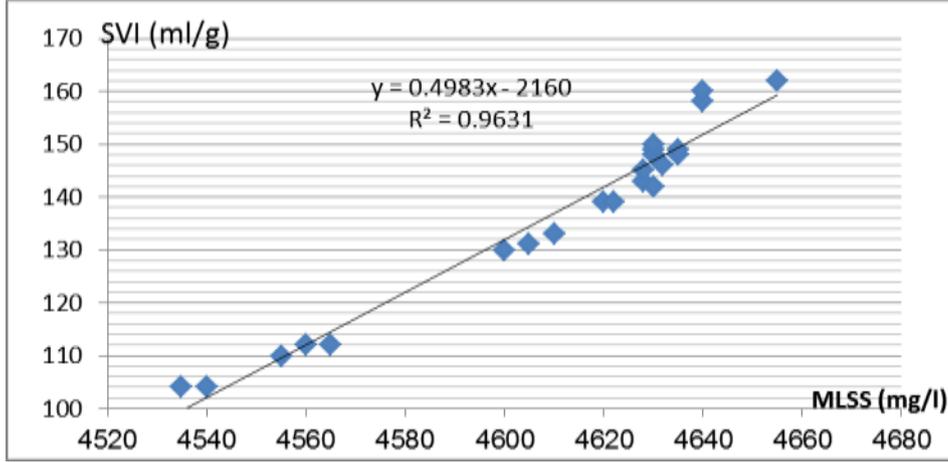
الشكل (13) : ارتباط SVI مع t_{UMAX}

المنحني الأفضل ممثل بمعادلة خطية مع معامل ارتباط ($R^2=98\%$) ويدل معامل الارتباط أن العلاقة جيدة جداً ويوضح الشكل السابق أن SVI يرتبط بعلاقة طردية مع t_{UMAX} أي تزداد SVI بزيادة t_{UMAX} وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

2-2- بارامترات الترسيب عند درجة الحرارة (20°C):

2-2-1: ارتباط SVI مع تراكيز MLSS :

نقاط البيانات المقاسة لتراكيز MLSS وقيم SVI لمياه صرف مرج معيربان عند درجة حرارة (20°C) مبينة بالشكل والمنحني الأمثل لربط هذه البيانات تمثل بمعاداة خطية وبمعامل ارتباط (R²=96%) كما هو موضح بالشكل (14).

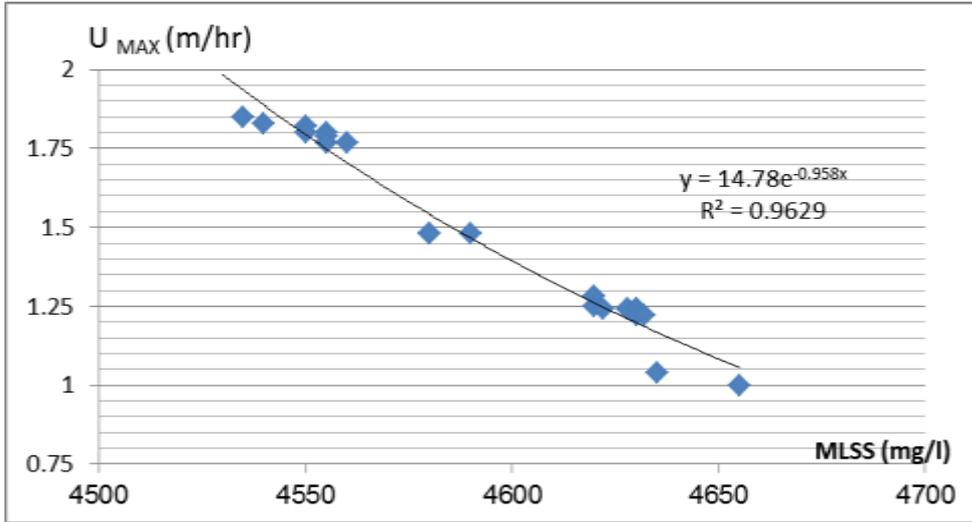


الشكل (14) : ارتباط SVI مع تراكيز MLSS

من خلال الشكل السابق نلاحظ وجود ارتباط قوي بين تراكيز MLSS و SVI عند حرارة (20°C) وبأن العلاقة بينهما طردية أي تزداد قيم SVI بازدياد MLSS وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

2-2-2: ارتباط U_{MAX} مع MLSS :

نقاط البيانات المسجلة في محطة مرج معيربان والمنحني الأمثل لقيم U_{MAX} و MLSS موضحة بالشكل (15) :



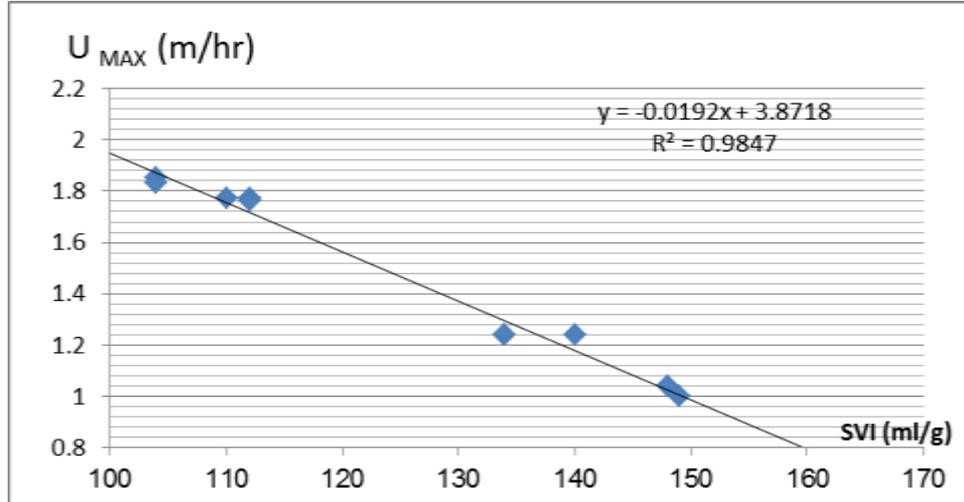
الشكل (15) : ارتباط U_{MAX} مع MLSS

المنحني الأفضل لارتباط U_{MAX} مع تراكيز MLSS عند درجة حرارة (20°C) ممثل بمعاداة أسية بمعامل ارتباط (R²=96%) مع بارامترات الترسيب التجريبية n=0.958 و V₀=14.78 أي أن الحمأة الناتجة ذات ترسيب

جيد [12] ويؤكد الشكل العلاقة العكسية بين U_{MAX} مع تراكيز MLSS حيث نقصان U_{MAX} وفقاً لأفضل منحنى تناسب يكون بزيادة تراكيز MLSS وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

2-2-3: U_{MAX} اعتماداً على قيم SVI :

يتم عرض نقاط البيانات لقيم SVI والارتباط الأنسب لها مع قيم U_{MAX} من خلال الشكل (16) :

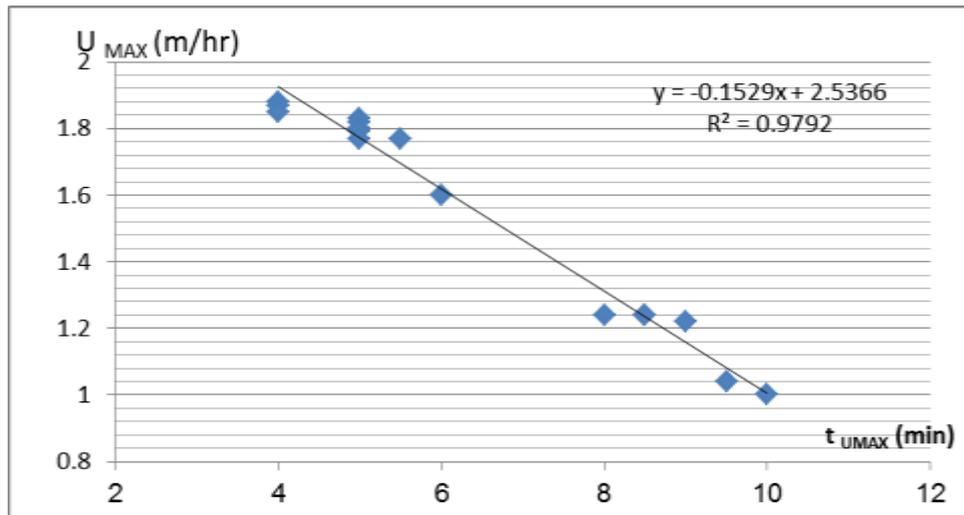


الشكل (16) : ارتباط U_{MAX} مع تراكيز SVI

المنحني الأفضل ممثل بمعادلة خطية مع معامل ارتباط ($R^2=94\%$) ويدل معامل الارتباط أن العلاقة جيدة ويوضح الشكل السابق أن SVI يرتبط بعلاقة عكسية مع U_{MAX} أي تزداد SVI بنقصان U_{MAX} وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

2-2-4: U_{MAX} اعتماداً على قيم t_{UMAX} :

يتم عرض نقاط البيانات لقيم t_{UMAX} والارتباط الأنسب لها مع قيم U_{MAX} من خلال الشكل (17) :

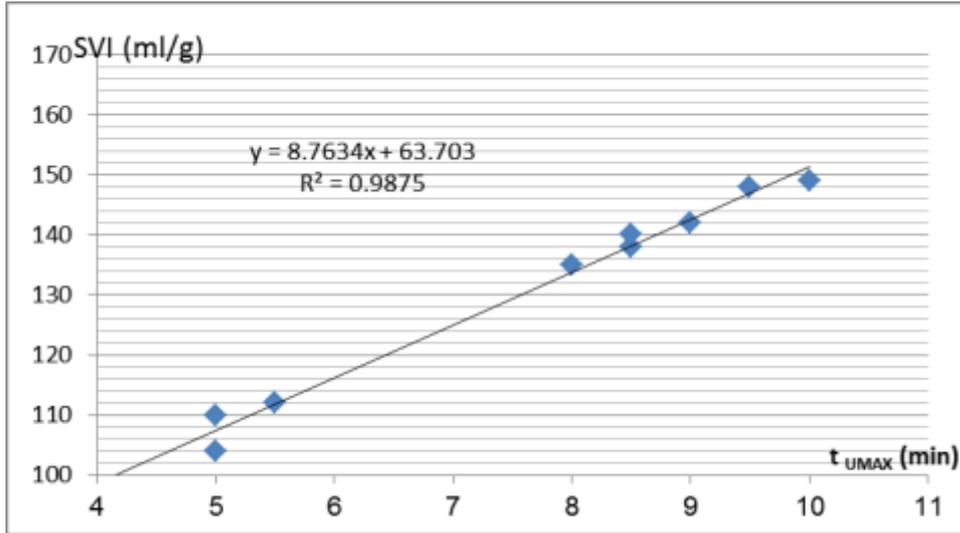


الشكل (17) : U_{MAX} اعتماداً على قيم t_{UMAX}

المنحني الأفضل ممثل بمعادلة خطية مع معامل ارتباط ($R^2=98\%$) ويدل معامل الارتباط أن العلاقة جيدة ويوضح الشكل السابق أن t_{UMAX} يرتبط بعلاقة عكسية مع U_{MAX} أي تزداد t_{UMAX} بنقصان U_{MAX} وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

2-1-5: ارتباط SVI مع t_{UMAX} :

نقاط البيانات المسجلة والاتجاه الأنسب لقيم SVI المحسوبة بالمحطة و قيم t_{UMAX} المحسوبة موضحة بالشكل(18):



الشكل (18): ارتباط SVI مع t_{UMAX}

المنحني الأفضل ممثل بمعادلة خطية مع معامل ارتباط ($R^2=98\%$) ويدل معامل الارتباط أن العلاقة جيدة جداً ويوضح الشكل السابق أن SVI يرتبط بعلاقة طردية مع t_{UMAX} أي تزداد SVI بزيادة t_{UMAX} وهذا يتفق مع ما ورد في [16].

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. تختلف بارامترات الترسيب التجريبية n و V_0 إلى حد كبير باختلاف MLSS وخصائص الترسيب هذه مهمة وحساسة جداً ومن الضروري النظر فيها أثناء عملية التصميم والتشغيل وإذا لم يتم الحفاظ على MLSS ثابتة فإن خصائص ترسيب الحمأة ستختلف مع مرور الوقت.
2. استناداً إلى قيم بارامترات الترسيب التجريبية n و V_0 وجدنا أن الحمأة الناتجة كانت جيدة الترسيب مع (دقيقة=45 HRT) وضعيفة الترسيب مع (دقيقة=30 HRT) ومن المستحسن تشغيل المحطة مع (دقيقة=45 HRT).
3. إن سرعة الترسيب الأعظمية U_{MAX} هي المؤشر الأكثر أهمية في عملية الترسيب ونحصل على معاملات ارتباط (R^2) جيدة بين U_{MAX} وكل من (SVI، MLSS، T_{UMAX}) فكانت عند درجة الحرارة (17°C) على التوالي (97,96,97%) وعند درجة حرارة (20°C) كانت على التوالي (98,96,98%) وهي تقريباً نفس القيم.

4. مؤشر حجم الحمأة SVI يرتبط ارتباطاً وثيقاً ببارامترات الترسيب (T_{UMAX} , U_{MAX}) بمعاملات ارتباط (98,97%) عند درجة الحرارة ($17^{\circ}C$) على التوالي، و عند درجة الحرارة ($20^{\circ}C$) كانت (99,98%) على التوالي.
5. قيم SVI تتراوح عند درجة الحرارة ($20^{\circ}C$) بين (98-160) مما يدل على ترسيب جيد للحمأة، بينما عند درجة الحرارة ($17^{\circ}C$) تتراوح بين (160-200) مما يدل على انخفاض كفاءة الترسيب بانخفاض درجة الحرارة .
6. سرع الترسيب كانت أكبر U_{MAX} وزمن الترسيب T_{UMAX} كان أصغر عند درجة الحرارة ($20^{\circ}C$) مما يدل على تحسن الترسيب بارتفاع درجة الحرارة .

التوصيات:

1. إدخال تأثير درجة الحرارة في عملية الترسيب وأخذه في الحسبان في عمليات تصميم وتشغيل محطات المعالجة بالحمأة المنشطة.
2. دراسة تأثير شدة التهوية في عملية الترسيب من خلال تأثيرها في عملية التدف.
3. دراسة تأثير تركيز الأوكسجين المنحل في عملية الترسيب.
4. دراسة تأثير عمر الحمأة في عملية الترسيب.

المراجع:

- [1] Jenkins, D. Richard, M.G., Daigger, G.T. *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming, and Other Solids Separation Problems*. Lewis Publishers, Boca Raton, 2003
- [2] Martins, A.M.P., Pagilla, K.R., Heijnen, J.J., van Loosdrecht, M.C.M. *Bulking filamentous sludge e a critical review*. Water Res. 38 (4), 793e817, 2004.
- [3] Kim, Y. *Solids storage function of activated sludge settling tanks during hydraulic overloads*. PhD dissertation, Drexel University, 1995.
- [4] Narayanan .B, Hough .S.G, Ooten R.J. *New hypothesis for secondary clarifier performance under hydraulically limited conditions*. Water Environ. Res 2000;72(1):116–26.
- [5] Coe HS, Clevenger GH. *Methods for determining the capacities of slime-settling tanks*. Trans AIME 1996;55: 356–84.
- [6] Dick RI, Ewing BB. *Evaluation of activated sludge thickening theories*. J Sanit Eng Div Am Soc Civ Eng 1967;93:9–29.
- [7] Takacs I, Party GG, Nolasco D. *A dynamic model for the clarification-thickening process*. Water Res 1991;25:1263–71.
- [8] Dupont .R, Dahl .C. *A one-dimensional model for a secondary settling tank including density current and short-circuiting*. Water Sci Technol 1995;31:215–24.
- [9] Lakehal. D, Krebs. P, Krijgsman. J, Rodi .W. *Computing shear flow and sludge blanket in secondary clarifiers*. J Hydr Eng 1999;125(3):253 –62.
- [10] D.L Giokas, Youngchul Kim , P.A Paraskevas, E.K Paleologos, T.D Lekkas. *A simple empirical model for activated sludge thickening in secondary clarifiers*. Water Res 2002;36(2): 3245–3252.
- [11] Vesilind P.A. *Design of prototype thickeners from batch Settling tests*. Water Sew Works; 1968 115:302–7.
- [12]] Vanderhasselt A, Vanrolleghem PA. *Estimation of sludge sedimentation parameters from single batch settling curves*. Water Res 2000;34(2):395–406.

[13] von Sperling M. New unified solids flux-based approach for the design of final clarifiers: description and comparison with traditional criteria. *Water SciTechnol* 1994,30(4):57–66,

[14] von Sperling M, Froes CV. *Determination of the required surface area for activated sludge final clarifiers based on a unified database*. *Water Res* 33(8):;1999,1884–1894.

[15] Daigger .G.T. *Development of refined clarifier operating diagrams using an updated settling characteristic database*. *Wat. Environ. Res.* 67 (1) , 1995, 95-100

[16] José. A. R. *Relationship between the sludge settling characteristics and the parameters of the activated sludge system*. University of New Orleans, 2005.

[17] APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edn, American Public Health Association (APHA), Washington, D.C., USA, 1998.

[18] Ekama GA, Barnard JL, Günthert FW, Krebs P, McCorquodale JA, Parker DS and Wahlberg. E.J. *Secondary Settling Tanks: Theory, modelling, design and operation*. IAWQ Scientific and Technical Report No. 6, IWA Publishing, Simpson Drewett and Co. Ltd., Richmond, Surrey, England, 1997.