

## Modeling Baniyas Refinery Treatment Plant using the GPS-X

Dr. Adel Awad<sup>\*</sup>  
Dr. Raed Jafar<sup>\*\*</sup>  
Kinda Ali<sup>\*\*\*</sup>

(Received 28 / 7 / 2019. Accepted 22 / 12 / 2019)

### □ ABSTRACT □

Baniyas Refinery is one of the two oil refineries in Syria, which has been effectively depended on through the Syrian crisis. Since the wastewater generated by Baniyas refinery is complex in terms of its contents, it has different types of treatment such as physical, chemical and biological treatment.

Hence, our role in conducting a study to evaluate the performance of the wastewater treatment plant to make sure that it operates adequately. Because of the importance of the modeling processes, we studied the biological treatment plant and identified the components of wastewater by taking different samples and using the respiratory techniques in the wastewater laboratory of the Higher Institute of Applied Sciences and Technology, Damascus. Depending on GPS-X modeling and simulation software, the application of ASM3 model has achieved good results by representing the performance of the plant and its simulation, the output simulation values were agreed with the measured data in terms of TSS, VSS and COD. Results indicated the death of bacteria and presence of high inert organic matter in the plant wastewater.

**Keywords:** Activated sludge Models, COD fractions, respiratory activity measurement, ASM3

---

\* Professor - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria. E-mail:adel-a@scs-net.org

\*\* Associate Professor - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria. E-mail:raedjafar@yahoo.fr

\*\*\* Postgraduate Student (Master) - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University - Lattakia - Syria. E-mail:keen5tymj@gmail.com

## نمذجة محطة معالجة مصفاة بانياس باستخدام برنامج GPS-X

د. عادل عوض \*

د. رائد جعفر \*\*

كندة علي \*\*\*

(تاريخ الإيداع 28 / 7 / 2019. قُبِلَ للنشر في 22 / 12 / 2019)

### □ ملخص □

مصفاة بانياس هي إحدى مصفاتي النفط الوحيدتين في سوريا، والتي اعتمد عليها كثيرا خلال الأزمة السورية، ونظرا لكون مياه الصرف الناتجة عن مصفاة بانياس هي مياه صرف صناعية معقدة من حيث محتوياتها، فهي تخضع للمعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

تم إجراء دراسة لتقييم أداء محطة المعالجة البيولوجية للتأكد من سيرورة عملها بشكل جيد، وذلك بالاعتماد على نماذج الحمأة النشطة ASM التي تساعد في عملية التقييم بشكل فعال، ونظرا لأهمية النمذجة درسنا واقع محطة المعالجة البيولوجية لمصفاة بانياس، وقمنا بتحديد مكونات مياه الصرف فيها من خلال أخذ عينات متعددة واستخدام تقنيات النشاط التنفسي في تجزئه مياه الصرف الصحي في مخبر المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا بدمشق، ومن ثم تم بناء نموذج محطة المعالجة المقترح باستخدام برنامج النمذجة والمحاكاة GPS-X، فقد حقق تطبيق النموذج ASM3 نتائج جيدة من خلال تجسيد عمل المحطة ومحاكاة واقعها، حيث اتفقت قيم محاكاة النموذج مع البيانات المقاسة في وقت أخذ العينات من حيث الـ TSS، VSS، COD وأظهرت النتائج موت بكتيريا الهيتروفاز و تواجد المواد العضوية الخاملة بنسبة عالية في مياه صرف المحطة.

الكلمات المفتاحية: نماذج الحمأة المنشطة، أجزاء الـ COD، قياس النشاط التنفسي، ASM3.

---

\* أستاذ - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. E-mail: adel-a@scs-net.org  
\*\* أستاذ مساعد - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية -  
E-mail: raedjafar@yahoo.fr -  
\*\*\* طالبة ماجستير - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
E-mail: keen5tymj@gmail.com

**مقدمة:**

نظام الحمأة المنشطة هو نظام معقد تحدث فيه مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية، لذا لا بد لنا من نماذج رياضية للتقييم الكمي وتطوير المعالجة، حالياً هناك طلب قوي على تطبيق النماذج الرياضية لمحاكاة عمليات المعالجة البيولوجية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي الشاملة، وخاصة بعد إقرار الجمعية الدولية للمياه ( نماذج الحمأة المنشطة المتتالية: ASM1,ASM2,ASM2d,ASM3 ).

في عام 2004 عقد المؤتمر العالمي الرابع للمياه في مراكش حيث اجتمعت الفرق التي طورت البروتوكولات المختلفة ( WERF، STOWA،BIOMATH ) ووضعت خطط تجمع أفضل ممارسات النمذجة، لذا تم تشكيل فريق مهام لممارسة النمذجة الجيدة (BRDJANOVIC,2015)، فقدم هذا الفريق دليل استخدام نماذج الحمأة المنشطة (Guidelines for using Activated Sludge Models,2012).

في عام 2010 تمت نمذجة محطة معالجة لمصفاة نفط باستخدام نموذج ASM3 وإرشادات البروتوكول الهولندي (STOWA) فأثبت النموذج قدرته على وصف أداء المحطة المصممة في إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية والنتروجين (Pinzón Pardo , et al., 2010) .

تناولت إحدى الدراسات نمذجة محطة معالجة مصفاة نابلس باستخدام GPS-X، حيث تضمن النموذج دراسة المحطة بحمولات مختلفة وتنبأت بقيم الCOD و BOD من أجل عام 2020 بالاعتماد على القيم التصميمية للمحطة (SALATNEH,2016) .

**أهمية البحث وأهدافه:**

تحتوي المخلفات السائلة الناتجة عن محطة معالجة مصفاة بانياس على وفرة من المواد العضوية وغير العضوية، ومن أجل الحفاظ على مياه البحر المتوسط من التلوث كان لا بد من التوصيف الدقيق لمياه صرف المصفاة، وبناء نموذج لمحطة معالجتها البيولوجية باستخدام برنامج GPS-X ومحاكاة عملها، ومن ثم مقارنة نتائج المحاكاة مع البيانات الخام الخاصة بتوصيفها الناتجة بطريقة قياس النشاط التنفسي للتأكد من أداء محطة المعالجة وتقييم فعاليتها ووضع بعض المقترحات التي تساهم في زيادة كفاءة عملها.

تتمثل أهداف البحث في النقاط التالية:

- ❖ النمذجة الديناميكية لعمل وحدة المعالجة البيولوجية في محطة معالجة مياه الصرف في المصفاة والتحقق من فعاليتها.
- ❖ محاكاة عمل المحطة للتنبؤ بقيم بارامترات المختلفة بمرور الزمن.

**موقع منطقة البحث:**

تقع مصفاة بانياس شمال مدينة بانياس وتتربع على مساحة حوالي 3.5 كيلومترات مربعة، يحد من جهة الغرب البحر الأبيض المتوسط ومن الشمال محافظة اللاذقية ومن الشرق سفوح جبال الساحل ومن الجنوب منطقة الشيخ بدر.



الشكل رقم (1): موقع مصفاة بانياس.

محطة معالجة مصفاة بانياس:

- يتم من خلالها معالجة المياه الملوثة الناتجة عن مختلف العمليات الإنتاجية، وتمر عبر ثلاث مراحل:
- ❖ المعالجة الفيزيائية: هدفها فصل الزيوت عن المياه، وإعادة الزيوت إلى خزانات النفط الخام.
  - ❖ المعالجة الكيميائية: هدفها التخلص من بقايا الزيوت العالقة عن طريق إضافة بعض المواد الكيميائية.
  - ❖ المعالجة البيولوجية: هدفها تحويل المياه الواردة من المعالجة الكيميائية الى مياه بمواصفات مطابقة للمواصفات العالمية لمياه الصرف الصناعي تمهيدا الى طرحها الى البحر.

## طرائق البحث ومواده:

### 1. النمذجة:

تعرف النمذجة بأنها السلوكيات التي يتعلمها الفرد بالملاحظة أو التقليد، ويمكن استخدام هذا المصطلح للإشارة إلى عملية يتم من خلالها تصميم النموذج (Model) ليعبر عن مشكله يراد حلها، وذلك من خلال الاستعانة بمجموعة من الفرضيات المطروحة التي سيستخدمها المتعلم لتغذية النموذج بالمدخلات (Input)، وتتبع التغيرات الناتجة والوصول الى المخرجات (Output)، وتعتبر النماذج الأولية للبحث نسخ رياضية معدلة للفرضيات المستخدمة بالطريقة العلمية حيث توجد إمكانية التسليم الضمني بالخطأ.

أما فيما يتعلق بمحاكاة سلوك محطات المعالجة باستخدام الحمأة المنشطة من حيث المفهوم، فهو يعتمد على استنتاج آلية تفاعلات العمليات البيولوجية للعديد من المكونات التي تمثلها، وتحويلها إلى موديل رياضي قابل للتمثيل حاسوبياً، مع توفر تقديرات واقعية، والتفاعلات يجب أن تمثل العمليات الأساسية للنظام.

في عام 1982 قامت الجمعية الدولية (العالمية) للبحوث ومراقبة تلوث المياه (International Association on Water Pollution Research and Control (IAWPRC) بإنشاء فريق عمل متخصص يعنى بالنمذجة الرياضية من أجل تصميم ووضع عمليات وطرق المعالجة بالحمأة المنشطة موضع التنفيذ لتغدوا عملية النمذجة منضبطة. حيث

قام الفريق بإنشاء قاعدة بيانات مشتركة لتطوير نماذج المستقبل وكان أول نموذج هو نموذج الحمأة المنشطة رقم (1) المعروف بأسماء مختلفة

IAWPRC model، Activated Sludge Model ASM1 ، IAWQ model n°1 ... etc.

علماً أنّ هـ ذا النموذج نشر بشكله النهائي في عام 1987 ضمن التقرير العلمي والتقني، تقرير (IAWPRC) رقم (1)، يعتمد هذا النموذج (ASM1) على العمليات التالية: أكسدة الكربون - النتريجة - إزالة النتروجين.

بعد ذلك تم بناء وتطوير عدة نماذج أخرى منها النموذج رقم (2) عام 1995 الذي يضم إزالة النتروجين جنباً إلى جنب مع الإزالة البيولوجية للفوسفور (ASM2) ليستبدل عام 1999 بـ (ASM2D) ويشمل النتريجة وإزالة النتروجين أيضاً. في عام 1998 قرر الفريق تطوير عمليات جديدة، فوضع نموذج ASM3، بحيث يقوم النموذج على التطورات الحديثة الحاصلة في فهم العمليات الخاصة بالحمأة المنشطة علماً أنه يوفر لنا إمكانية متابعة مخزون المركبات الداخلية التي تلعب دوراً هاماً في عمليات التمثيل الغذائي (العمليات الاستقلابية) للكائنات الحية (LAZKANI, 2011).

## 2- مبادئ التجزئة:

يمكن تقسيم المواد العضوية في مياه الصرف الصناعية والمنزلية في عدد من الفئات، وإن مبدأ التجزئة المقترح من قبل ((International Association on Water Quality (IAWQ)) يقوم من حيث القاعدة على أساس سرعة التفكك الحيوي للمواد (الركائز) وتقسّم إلى:

**المواد العضوية (COD) القابلة للتفكك الحيوي:** يمكن تقسيمها هي أيضاً تبعاً لسرعة استخدامها من قبل الجراثيم إلى جزأين:

- **المواد السريعة التفكك الحيوي (Ss):** وهي مواد منحلّة على شكل جزيئات سهلة التمثيل الحيوي، أي أنها قادرة على عبور الغلاف الخلوي للمتعضيات المجهرية بسهولة لتخضع داخلها لعمليات الاستقلاب (الأبيض) الخلوية، ومن الأمثلة عليها نذكر الهيدروكربونات (غلوكوز، فركتوز) والحموض الأمينية والفيتامينات والحموض الدسمة (STRICKER, 2000)، وخلال عميلة النمذجة فإنه يتم التعامل معها بكونها ذات طبيعة منحلّة.
- **المواد البطيئة التفكك الحيوي (Xs):** وهي تتألف من مواد أكثر تعقيداً وصعوبة في التمثيل الحيوي من سابقتها، ويمكن تعريفها بكونها مواد جزيئية تمتد من الشكل المنحل إلى الغروية وحتى الجزيئية "دقائق" (Henze, 1992)، تتميز بعدم قدرتها على عبور الحاجز الخلوي مباشرة لذا فإنه يجب أن يطراً عليها عملية حمله للتحويل إلى جزيئات ذات وزن جزيئي أصغر (Ss) لتخضع هذه الأخيرة فيما بعد لعمليات الاستقلاب (الأبيض) الخلوية والأكسدة كما ذكر سابقاً، وخلال عميلة النمذجة فإنه يتم التعامل معها بكونها على شكل دقائق.

**i. المواد العضوية (COD) غير القابلة للتفكك الحيوي:** تعبر هذه الأجزاء منظومة المعالجة دون أن تعاني

أي تحول، أي أنها لا تتأثر بالفعل البيولوجي داخل نظام المعالجة، وهي تقسم بدورها لثلاث أجزاء:

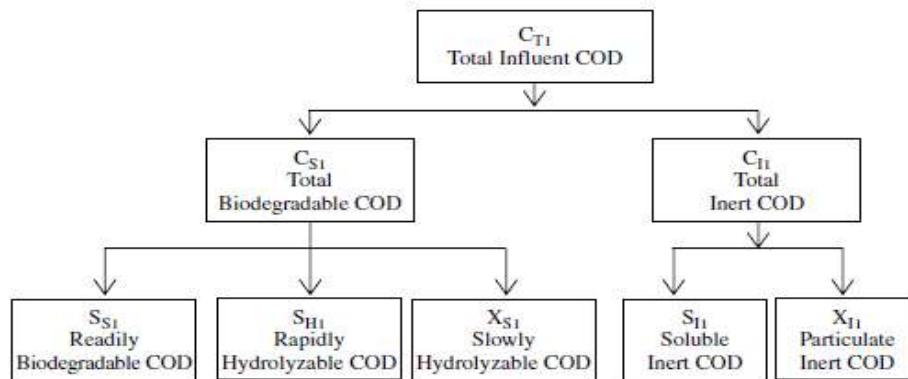
- **مواد منحلّة حيادية (Si):** وهي تطرح في نهاية عملية المعالجة مع مياه الخرج الذي تم معالجته، أي أنها تغادر نظام المعالجة بنفس تركيزها عند المدخل.
- **مواد جزيئية حيادية (Xi):** طبيعتها غير محددة بشكل دقيق، وهي تمتص على مجموعات (Flocs) العضيات المجهرية التي تتراكم خلال مراحل المعالجة ليتم طرحها في النهاية مع الحمأة الزائدة الناتجة.
- **المواد الناتجة عن تحلل وتموت الكتلة الحيوية (Xp):** وهي تتمثل بمركبات على شكل دقائق مقاومة للتفكك الحيوي.

**ii. الكتلة الحيوية:** لها تأثير كبير على أداء التفاعلات في النظام، ومع ذلك فإن معدل انتشار وشدة هذا التأثير لا تزال غير معروفة وهذا الأمر لم يؤخذ بعين الاعتبار بالشكل الكافي من قبل الفريق العامل على تطوير النموذج، يتم فقدان هذه الكتلة الحيوية من خلال التحلل وتصبح بدورها جزء من الركيزة أو المواد البديئة التفكك الحيوي ( $X_p$ )، وهذا الجزء أي الـ ( $X_p$ ) يمكن أن يؤخذ بعين الاعتبار خلال عملية نمذجة الركائز الخاملة الجزيئية أي التي تتواجد بشكل دقائق والتي نتجت عن تموت الكتلة الحيوية. وهي تنقسم إلى:

(a) **الكتلة الحيوية ذاتية التغذية (Autotrophe "Xb,a"):** تستخدم الكربون المعدني -  $CO_2$ ، ومنها الـ Nitrosomonas و Nitrobacter الذين يدخلان في عمليات النترجة.

(b) **الكتلة الحيوية غير ذاتية التغذية (Hétérotrophe "Xb,h"):** وهي تقوم بعملية التمثيل الحيوي للكربون العضوي وكذلك بعمليات إزالة النترجين (Dénitrification) ومنها Pseudomonas (اللائقاني، 2011). إذاً تنقسم المواد العضوية إلى أجزاء مختلفة يمكن تعريفها تبعاً لدورها في نمو الكتلة الحيوية، وهي تدخل في هذا النموذج بوصفها **متغيرات** وتصف حالة تلوث مياه الصرف الخام والكتلة الحيوية أو الحمأة المتواجدة في الأحواض والمياه المعالجة.

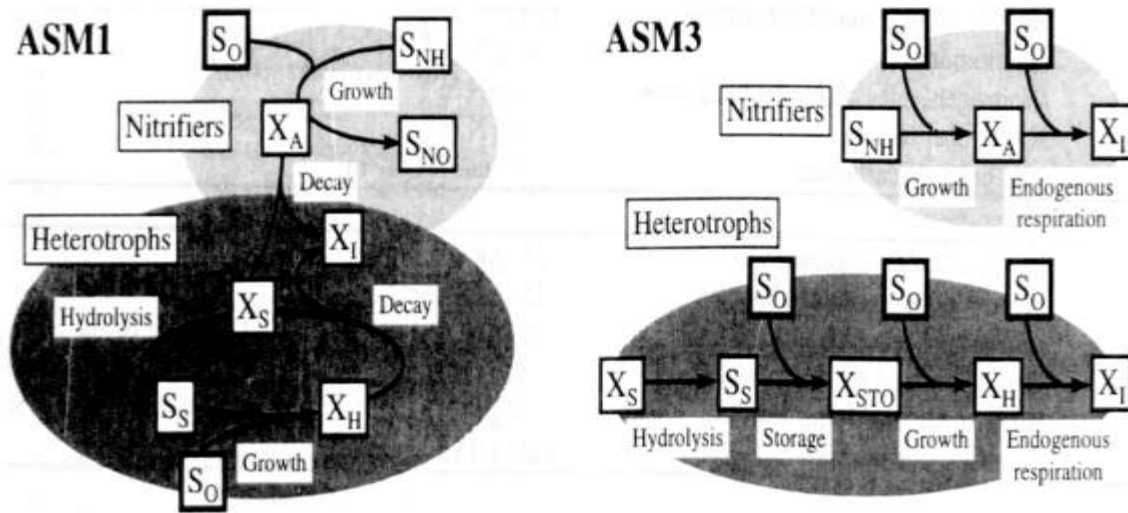
وكما رأينا سابقاً يمكن توضيح الـ COD الكلي تحت ثلاث أجزاء: الركائز، الأجزاء غير القابلة للتفكك الحيوي (الحيادية)، والكتلة الحيوية (البكتريا غير ذاتية التغذية والبكتيريا ذاتية التغذية) وهذا ما نجده في الشكل رقم (2).



الشكل رقم (2): أجزاء الـ COD الرئيسية في مياه الصرف (LAZKANI, 2011).

### 3. العمليات التي يتضمنها النموذج ASM1:

يوجد أربع فئات من الظواهر التي يتم أخذها بعين الاعتبار في النموذج ASM1: نمو الكتلة الحيوية وتموتها، وتوليد الأمونيا من الأزوت العضوي، وتحلل المركبات التي تكون بشكل دقائق (جزيئية). فالمتغيرات ترتبط إذاً بواسطة ثمانية عمليات خاصة بالتفكك. ويمكن توضيح هذه التفاعلات في الشكل (3) والذي يبين الفرق بين عمليات ASM1، ASM3 (LAZKANI, 2011).



الشكل (3): الاختلاف بين النموذج ASM1، ASM3 (GUJER.1999).

#### 4-النموذج (ASM N°3) Activated Sludge Model No. 3:

تم اقتراح النموذج (ASM3) من قبل Gujer وزملائه عام 1999 كإصدار بديل عن النموذج (ASM1)، ويأخذ النموذج (ASM3) بالاعتبار عملية التخزين داخل الخلايا خلال عملية تفكك المواد العضوية ضمن سلسلة عمليات الحماية المنشطة، ويقابل هذا التخزين تشكل مركبات داخل الخلايا (بوليمرات).

إن العمليات الأساسية في النموذج (ASM1) والمتمثلة بعملية الإماهة تغدو ضمن النموذج (ASM3) عملية تخزين للمواد العضوية، وقد يبدو هذا النموذج واعداً بشكل أكبر، ولكنه مع ذلك يبقى وحتى يومنا هذا معقداً بالمقارنة مع سابقه أي النموذج (ASM1). ولقد تم تعديل هذا النموذج المستند إلى الحماية المنشطة (ASM3) استناداً على محاكاة أجريت على محطة معالجة الصرف الصحي في مدينة شانغهاي الصينية. وهدف هذا التعديل إلى وصف عمليات التخزين والنمو (بأن واحد) التي تحدث ضمن أنظمة الحماية المنشطة في ظل الشروط الهوائية والشروط المنقوصة الأوكسجين. علماً أن هذا النموذج أخذ بعين الاعتبار آلية تشكل وتحلل المنتجات الميكروبية المنحلة بواسطة الكتلة الحيوية. وقد أظهرت النتائج أنه إضافة إلى المواد العضوية الحياضية المنحلة والتي تدخل في قياس الـ COD لمياه الدخل فإن المنتجات الميكروبية المنحلة تشكل جزءاً هاماً منه، وبالتالي فإنها تشكل قسماً هاماً من الـ COD المنحل لمياه الدخل في محطات معالجة مياه الصرف الصحي وهذا القسم لا يجب إهماله (Fan et al, 2009).

#### 5-الأعمال التي تسبق النمذجة:

- يجب توصيف مياه الصرف الصحي في البداية (بكافة أنواعها): تحديد المتحولات الحركية (سرعة التفاعل) وهي: المعاملان (  $K_{OH}$  ) و (  $K_{NO}$  ) ويهدفان إلى تأمين التبدل الوظيفي عند توقف النمو الهوائي للجراثيم غير ذاتية التغذية، وبدء النمو في الشروط المنقوصة الأوكسجين عند انخفاض تركيز الأوكسجين المنحل. يعرف كل من (  $K_{NO}$ ،  $K_{OH}$  ) بمعامل الإشباع النصفى للأوكسجين من أجل الجراثيم غير الذاتية التغذية في الوسط الهوائي والوسط منقوص الأوكسجين).

- المعامل ( $K_{OA}$ ) من أجل الجراثيم الذاتية التغذية هو أيضاً هدفه تأمين التبديل الوظيفي عند توقف عملية النتجة وذلك عندما يصبح مستوى الأوكسجين المنحل منخفض جداً. القيم المستخدمة لا يمكن أن تلعب دوراً حاسماً طالما أنها تعد ذات مرتبة مناسبة وصغيرة بالنسبة للتركيز المستخدمة في العمليات الحاصلة، وهذا يشير إلى أنه ليس من الضروري تقييم هذه المتحولات في كل حالة بذاتها، ويعتبر استخدام القيم الافتراضية " والتي سنبينها لاحقاً " أمراً كافياً للغاية.
- المتحول الأكثر أهمية لتحديد خصائص نمو الكتلة الحيوية ذاتية التغذية هو الحد الأقصى لمعدل النمو ( $\mu_A$ )، فهو الأكثر حساسية لمكونات مياه الصرف الصحي، ولذلك يجب تحديده وقياسه بدقة، والطريقة المتبعة لتحديد ( $\mu_A$ ) تتم بواسطة تجربة دينامية ضمن مفاعل يتم خلطه بشكل جيد.
- المعامل الخاص بتموت الجراثيم ذاتية التغذية في هذا النموذج هو ( $b_A$ )، وهناك العديد من الأسئلة التي يتم طرحها حول الآلية التي تؤدي إلى تموت الجراثيم ذاتية التغذية، ولذلك اتفق جميع أعضاء فريق العمل العاملين في هذا النموذج على صعوبة قياس ( $b_A$ ) وإعطائه المعنى الحقيقي له، وتشير المراجع المختلفة إلى أن قيمة الـ ( $b_A$ ) يجب أن تكون بين  $d^{-1} (0.05 - 0.15)$ .
- معامل تموت الجراثيم غير الذاتية التغذية ( $b_H$ ): يعتبر تحديده هام جداً من أجل التنبؤ بإنتاج الحمأة، والشروط الهوائية، ولذلك يجب تحديده في الحمأة المستخدمة، حيث يتم أخذ حمأة ممزوجة بشكل جيد ومتجانس وتوضع في مفاعل، ومن ثم يتم قياس معدل استهلاك الأوكسجين ((OUR) oxygen uptake rate) مرات عديدة خلال عدة أيام (Ekama et al., 1986)، حيث يمكن حساب معامل تموت جراثيم الهيتروفاز ( $b_H$ ) كما يلي:

$$b_H = \frac{b'_H}{1 - Y_H(1 - f_p)}$$

حيث  $f_p$  و  $Y_H$  يجب أن تكونا معلومتان بشكل مسبق، و  $b'_H$  هو معامل التموت الاعتيادي ( $b'_H=0.05$ -)  $d^{-1}$ .

- المتحولان الحركيان الهامان للتنبؤ خلال عملية إزالة النتجة هما  $\eta_h$  و  $\eta_g$ ، الأول هو عامل التصحيح الذي يضبط تغيرات المعدل النمو الاعظمي للهيتروفاز  $\mu_h$  خلال الشروط المنقوصة الأوكسجين، حيث أن جزء فقط من الكتلة الحيوية يمكن أن يقوم بعملية إزالة النتجة.
- أما الثاني فهو عامل التصحيح الذي يضبط عملية تحلل المواد العضوية البطيئة التفكك الحيوي مع الأخذ بعين الاعتبار أنها تحدث ببطء أكبر في الشروط المنقوصة الأوكسجين عنها في الشروط الهوائية. ويبدو أن هذين العاملين يأخذان قيم عديدة مختلفة، ويكون  $\eta_h$  هو الأصغر بينهما (Dold et Marais, 1986)، وهناك عدة عوامل قد تؤثر على قيم  $\eta$ ، بما في ذلك الجزء من البكتيريا المتواجدة في مياه الدخل المراد معالجتها والتي تكون قادرة على إتمام عملية النتجة وتكوين نظام المعالجة.
- تتم تجارب قياس  $\eta_g$  و  $\eta_h$  بنفس الوقت عن طريق قياس معدلات استهلاك الأوكسجين والنترات ضمن مفاعلين متماثلين من كل النواحي باستثناء المستقبل النهائي للإلكترون (الأوكسجين في أحدهما) والنترات في الآخر (المنقوص الأوكسجين)).



**6- جمع العينات:**

استخدمنا العينات المركبة للحصول على قيم متوسطة تأخذ بعين الاعتبار تنوع الحمولة ففي البداية أخذت من مدخل حوض الأكسدة الأولي عينة بحجم ليتر واحد في كل ساعة على مدار يوم كامل وكررت العملية على حوض التهوية لاختيار عينة الحمأة وأخذنا ليتر واحد فقط من المياه المكثورة الخارجة للبحر.

**7- المواد والطرائق المستخدمة في تجزئة مياه الصرف الصحي:****7-1- طريقة القياس التنفسي:****A. المبدأ:**

المبدأ الأساسي لهذا الاختبار هو وضع مياه الصرف بتماس مع المتعضيات المجهرية غير ذاتية التغذية وبشروط هوائية، ومن ثم تتبع النشاط التنفسي مع الزمن، وبالتالي يمكن تقييم الأجزاء (SS، Xs و X<sub>b,h</sub>) من خلال دراسة وتحليل المخطط البياني الناتج عن تسجيل تركيز الأوكسجين المنحل مع الزمن، ونقوم بتنشيط نشاط بكتريا النتريجة خلال هذا الاختبار عادة وذلك باستخدام مثبط نوعي وتركيز 10 mg/l من ("ATU" Allyl Thio Urée) لـ (Nitrosomonas) هذه البكتريا التي تحول الأمونيا إلى نترات.

ويمكن أن نميز نموذجين لهذا الاختبار:

1- في وسط هوائي، 2- في وسط منقوص الأوكسجين.

**B. المواد المستخدمة:**

يتم إنجاز هذا الاختبار بالدرجة 20°م باستخدام حاضنة مغلقة، وبالتالي تكون درجة الحرارة ثابتة ضمن المفاعل ولا تؤثر على تنفس الكتلة الحيوية فيه، وتتألف منظومة العمل المخبري من المواد التالية:

- مفاعل زجاجي 3 ليتر.
- الكترود لقياس الأوكسجين المنحل وآخر لقياس الـ pH.
- مضخة هواء مائية، تؤمن تدفق أعظمي 150 ليتر/ساعة من الأوكسجين ويفضل ناشر أو موزع يكون عادة من السيراميك.
- محرك مغناطيسي مع قضيب تحريك مغناطيسي.
- حاسب مزود ببرنامج مرتبط مع جهاز قياس الأوكسجين المنحل والـ pH (Multilab pilot WTW) أو أمثاله. إضافة إلى الحاضنة المضبوطة حرارياً بالدرجة 20°م ، هذا ما يوضحه الشكل رقم (4) بعد التطبيق .



الشكل رقم(4): منظومة العمل المخبري في طريقة القياس التنفسي

### C. الاختبارات المختلفة والحسابات اللازم إجرائها:

كما وجدنا سابقاً فإن المعدل الأولي بين المادة الملوثة المضافة وبين الكتلة الحيوية في المزيج المدروس والتي نعبر عنها بـ  $S_0/X_0$  (COD/MVS للمزيج)، هي التي تحدد في الحقيقة الحاصل النهائي أو نتائج تجارب القياس التنفسي التي سيتم الحصول عليها (Chudoba et al., 1992).

### 7-2 تحديد المعدل أو النسبة $S_0/X_0$ والحجم المراد حقته:

يجب علينا إجراء اختبارين من أجل كل عينة وبالتالي يجب إذا إجراء بروتوكولين:

- الأول تكون فيه النسبة أو المعدل  $S_0/X_0$  ضعيفاً أي ( $<0.2 \text{ gCOD/gCOD}$ ) وهو يسمح بتحديد الجزء السريع التفكك الحيوي لمياه الدخل SS إضافة لـ  $X_s$ ، ومن أجل تحقيق ذلك فإننا نضع وعلى تماس مباشر الحمأة المنشطة التي تم أقلمتها مع مياه الدخل. ويرجع استخدامنا للمعدل الضعيف هذا لأنه يسمح لنا وبشكل جيد رؤية الانخفاض في المنحني والذي يوافق الجزء السهل (السريع) للتفكك الحيوي
- الثاني تكون فيه النسبة أو المعدل  $S_0/X_0$  عالياً أي ( $>2 \text{ gCOD/gCOD}$ ) وهو يسمح بتحديد الكتلة الحيوية غير ذاتية التغذية الأولية والتي تتواجد في مياه الدخل ( $X_{b,h}$ )، وهذا الجزء يتم الحصول عليه بتتبع الأوكسجين المنحل ضمن مياه الدخل فقط. ونستخدم هذا المعدل العالي لأنه يكون النمو باستخدام SS بطيء أكثر ما يمكن وبالتالي يمكننا تحديد أفضل للجزء  $X_{b,h}$ .

فالمرحلة الأولى إذاً هي تحديد المعدل  $S_0/X_0$  أي حجم الحمأة ومياه الدخل المحقونة، ومن أجل ذلك فإننا نحدد من أجل كل عينة الـ COD الكلي والـ COD لمياه الدخل المفلترة على فلتر  $0.45 \mu\text{m}$  وأيضاً VSS (المواد الصلبة المعلقة الطيارة) للحمأة المنشطة.

ثم وبمعرفة الـ COD لمياه الدخل ( $COD_{inf}$ ) و VSS للحمأة (VSS) والحجم الكلي للمفاعل ( $V_t$ ) و المعدل  $S_0/X_0$  الأفضل لعملية التجزئة، يمكننا استنتاج أو حساب حجم أو كمية مياه الدخل ( $V_{inf}$ ) اللازمة للحقن من العلاقة التالية:

$$a = \frac{S_0}{x_0} \frac{VSS}{COD_{inf}} \quad \text{حيث } V_{inf} = V_t \cdot \frac{a}{1+a}$$

7-3 البروتوكول المتبع والنواحي النظرية فيما يتعلق بالاختبار الأول (المعدل  $S_0/X_0$  ضعيف):

بعد أن تم تحديد الـ COD لمياه الدخل والـ VSS للحمأة (وبالتالي معرفة النسبة أو المعدل  $S_0/X_0$ )، قمنا بمعايرة وضبط مختلف الإلكتروودات لاسيما الكترود جهاز الأوكسجين المنحل، ثم سجلنا على الحاسب وبشكل مستمر مختلف تراكيز الأوكسجين المنحل مع الزمن من أجل تتبع المنحني الذي سيتم الحصول عليه:

**المرحلة الأولى:** قمنا بضخ الهواء مدة 5 ساعات ضمن الحمأة فقط (وحدد حجم الحمأة حسب المعدل الذي تم اختياره، بحيث كان هذا الحجم بحدود 3 ليتر من أجل المعدل الضعيف لـ  $S_0/X_0$  الذي كان في التجربة  $(S_0/X_0=0.15)$ ) ويمكن أن تتم هذه الخطوة لفترة أطول أي طيلة الليلة السابقة لإجراء الاختبار، وبحيث يكون تدفق الهواء 130 ليتر/ساعة ومع تحريك مستمر يقدر بـ 400 دورة في الدقيقة، وبهذا الشكل فإن جميع المواد التي يمكن أن تتواجد في الأصل ضمن الحمأة سوف يتم استهلاكها من قبل البكتريا.

**المرحلتين الثانية والثالثة:** (المرحلتين 2 و 3) وهي تتعلق بتحديد معامل انتقال الأوكسجين  $(K_{La})$  ويجب تحديده من أجل كل اختبار.

**ففي المرحلة 2:** نقوم بإيقاف ضخ الهواء وفي **المرحلة 3** يعاد ضخ الهواء.

ومن الجدير بالذكر أن نشير إلى أن عملية تحديد  $K_{La}$  في التهوية المستمرة تتوقف في الحقيقة على عدة عوامل منها الشكل الهندسية للمفاعل، حجم السائل، تدفق الهواء، التحريك والخصائص البيولوجية للحمأة. ويتم تحديد الـ  $K_{La}$  (LAZKANI, 2011) وفق التالي:

$$\frac{dC}{dt} = K_{La} \cdot (C_s - C) - r_{O, end} - r_{O, ex}$$

حيث:

C: تركيز الأوكسجين المنحل (mg O<sub>2</sub>/l).

C<sub>s</sub>: تركيز الأوكسجين المنحل في حالة الإشباع (mg O<sub>2</sub> /l).

$K_{La}$ : معامل انتقال الأوكسجين ( $h^{-1}$ ).

$r_o$ : سرعة استهلاك الأوكسجين.

في حالة التوازن لا يوجد ركائز (مواد قابلة للاستخدام)، يبقى فقط (OUR<sub>end</sub>) معدل امتصاص الاكسجين عند التنفس الذاتي):

$$\frac{dC}{dt} = K_{La} \cdot (C_s - C_e) - r_{O, end}$$

ومن المعادلتين السابقتين نجد:

$$(*) \frac{dC}{dt} = K_{La} \cdot (C_e - C) - r_{O, ex}$$

في هذه الدراسة فإن الجواب الديناميكي المتعاقب يكون بإيقاف التهوية ومن ثم إعادتها، وبواسطة هذا الإيقاف القسري المفاجئ لضخ الهواء، فإن تركيز الأوكسجين يمكن أن يصل إلى ما يقارب 1مغ/ليتر، ومن ثم وخلال إعادة ضخ الهواء فإنه يتم تتبع وتسجيل تزايد تركيز الأوكسجين المنحل، وستصبح المعادلة (\*) من أجل قيمة  $r_{O, ex}$  معدومة تسمح بتحديد  $K_{La}$ :

$$\frac{dC}{dt} = K_{La} \cdot (C_e - C)$$

$$\int_{C_0}^{C_e} \frac{dC}{(C_e - C)} = \int_{t_0}^{t_f} K_{La} \cdot dt$$

$$\ln \left( \frac{C_e - C(t)}{C_e - C(t=0)} \right) = -K_{La} \cdot t + K$$

ومن خلال رسم المخطط البياني لـ  $\ln (C_e - C) / (C_e - C_0)$  بدلالة الزمن ومن خلال حساب ميل المستقيم الذي يتم الحصول عليه يمكن تحديد  $(-K_{La})$  حيث:

Ce: تركيز الأوكسجين المنحل الداخلي (الباطني) (mg O2/l).

**المرحلة الرابعة:** بعد عودة المنحني إلى مستوى تركيز الأوكسجين الداخلي للحمأة المنشطة المستخدمة واستقراره (بعد إعادة ضخ الهواء)، نقوم بإضافة مثبت لعملية النتجة، ففي هذا الاختبار ومن أجل عملية تحديد أجزاء الـ COD لا نأخذ بعين الاعتبار سوى النشاط التنفسي للجراثيم غير ذاتية التغذية، وبالتالي فإنه لا بد من أن يكون النشاط التنفسي للجراثيم ذاتية التغذية مثبتاً ومعتلاً عن طريق إضافة مثبت لعملية النتجة ولذلك نقوم بإضافة Allyl Thio Uree (ATU) بتركيز 10 مغ/ليتر ضمن المفاعل، ويمكن كذلك إضافة مادة مضادة لتشكل الرغوة (Rhodorsil)، ممدد 100 مرة)، بمقدار 1 مل لكل 3 ليتر تقريباً.

**المرحلة الخامسة:** يتم إضافة عينة مياه الدخل المدروسة والتي يجب أن تكون درجة حرارتها 20°م، وبكمية محسوبة مسبقاً (كما ذكر سابقاً) من أجل تحقيق المعدل  $S_0/X_0$  المراد.

ومنذ حقن مياه الدخل (العينة)، فإن تنفس الجراثيم الغير ذاتية التغذية يمكن أن يحلل لثلاث حدود (اللذقاني، 2011):

$$r_o(t) = \underbrace{r_{o,ex}(Ss_0,t) + r_{o,ex}(Xs_0,t)}_{r_o(exogène, t), apporté par le substrat} + \underbrace{r_o(endogène,t)}_{apporté par la boue}$$

ويتأمن تركيز من الأوكسجين أعلى من 3 mg O2/l فإنه من المفروض أن تكون قد ضمنا ألا يلعب الأوكسجين أي دور مقيد للاختبار، ونفترض أيضاً أن التنفس الداخلي ثابت طيلة فترة الاختبار وبالتالي يمكن تحديد التنفس الناتج عن الجزء السريع (السهل) التفكك الحيوي (Ss) وهذا هو هدف هذه التجربة.

**بين المرحلة الخامسة والسادسة:** نعتبر بأن هذه مرحلة النمو باستخدام Ss في مياه الدخل المحقونة، وبالتالي يصبح وجود المواد العضوية السهلة التمثل الحيوي للبكتريا غير ذاتية التغذية متاحاً من أجل تفكيكها مستهلكة الأوكسجين وبالتالي نلاحظ انخفاض سريع ومفاجئ في تركيز الأوكسجين المنحل نتيجة لاستهلاكه خلال هذه العملية كما ذكرنا سابقاً، ليعود ميل المنحني ليتغير اعتباراً من **المرحلة 6** دالاً على انتهاء وجود الـ Ss، ومعبراً عن أن النمو يتم الآن على حساب المواد العضوية البطيئة التفكك الحيوي (Xs)، إضافة إلى التنفس الداخلي.

وفي النهاية فإن تغير الميل اعتباراً من **المرحلة السابعة** يدل على توقف النمو على حساب المواد العضوية البطيئة التفكك الحيوي (Xs)، وبالتالي فإنه اعتباراً من هذه النقطة لا يبقى سوى التنفس الداخلي ولنعود وبشكل طبيعي إلى مستوى المسطح الأولي في المرحلة الأولية.

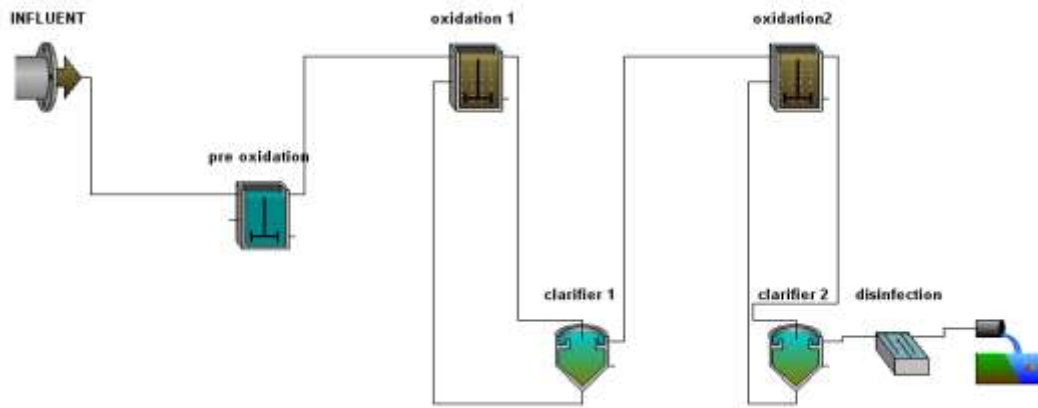
ومن أجل تحديد الجزء المتعلق بالكتلة الحيوية غير ذاتية التغذية في العينة المدروسة (مياه الدخل) فإنه لابد من إجراء اختبار آخر يكون فيه المعدل  $S_0/X_0$  أعلى من  $2 \text{ gCOD/ gCOD}$ .

#### 7-4- البروتوكول المتبع فيما يتعلق بالاختبار الثاني (المعدل $S_0/X_0$ مرتفعاً):

هنا نستخدم فقط مياه الدخل وبالتالي لا يتم إضافة الكتلة الحيوية للمفاعل، وفي الحقيقة فإن هذا البروتوكول مشابه تماماً لسابقه باستثناء أننا نقوم بتهوية مياه الدخل مباشرة ودون إي وجود للحمأة، مع إضافة الـ ATU ومضاد الرغوة، ومن ثم ننتبع تسجيل تركيز الأوكسجين المنحل مع الزمن لنحصل على مخطط بياني (LAZKANI, 2011).

#### رابعاً- نموذج محطة المعالجة البيولوجية وفق بيئة برنامج المحاكاة GPS-X:

نموذج محطة المعالجة البيولوجية لمصفاه بانياس وفق بيئة برنامج المحاكاة GPS-X مماثله تماماً للواقع يبينها الشكل رقم (5).



الشكل رقم(5): يبين نموذج المحطة على برنامج GPS-X.

#### النتائج والمناقشة:

أخذت عينه من المياه الداخلة الى حوض الاكسدة الأولي وعينه لمياه الخرج في محطة المعالجة، وطبقت تقنية النشاط التنفسي ضمن مخابر المعهد العالي للعلوم التطبيقية فكانت القيم المقاسة ضمن الجدول (1):

الجدول رقم (1) القيم المقاسة لعينه المياه المأخوذة.

$COD_{inf}$	$COD_{eff}$	$TSS_{inf}$	$TSS_{eff}$	VSS	pH
129 mg/l	45 mg/l	33.5 mg/l	8 mg/l	17.55 mg/l	7.45

وحصلنا على نتائج التجزئة للمياه الداخلة الى حوض الاكسدة الاولي المذكورة في الجدول رقم (2):

الجدول رقم (2) نتائج التجزئة لمياه الصرف الداخلة الى حوض الأكسدة الأولي.

Sample	مياه الدخل - قبل الدخول الى حوض الاكسدة الأولي	
COD Fractions	unit	Concentration
Total COD	mg/l	129
Readily biodegradable substrate(Ss)	mg/l	3.69
Slowly biodegradable particulate matter(Xs)	mg/l	4.34
Soluble inert organic material(Si)	mg/l	114.31
particulate inert organic material(Xi)	mg/l	6.66
Heterophic biomass(Xbh)	mg/l	0

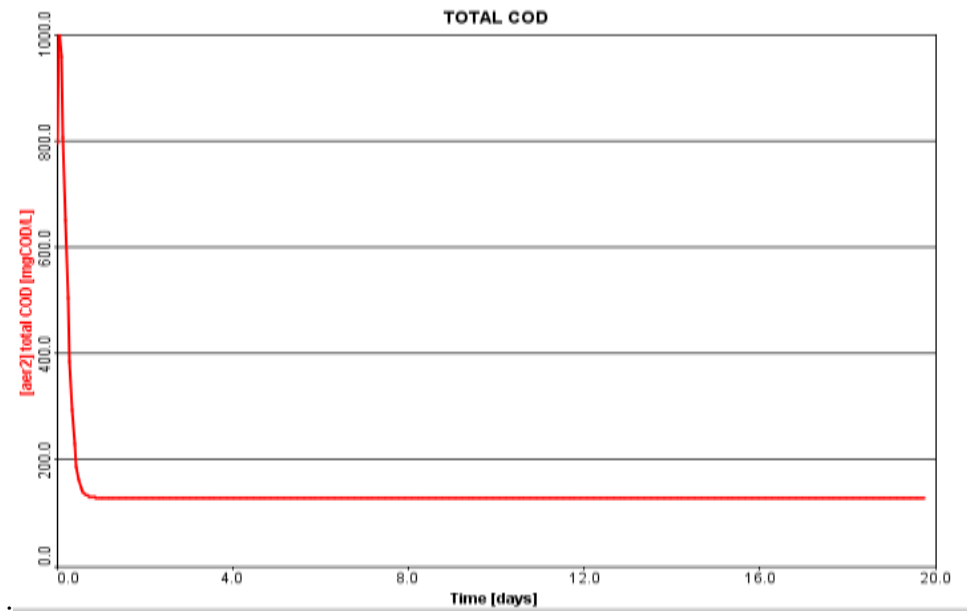
تبين نتائج تجزئة المياه أن مياه صرف المصفاة تغلب عليها المواد المنحلة العضوية الخاملة وتبين أيضا تموت بكتيريا الهيتروفاز وهذا يعود لعدة أسباب منها التوقف المتكرر لعمل المحطة نتيجة لظروف التشغيل الراهنة، وعدم إضافة مواد مغذيه لها لمساعدتها على النمو.

اعطى النموذج الذي قمنا بإنشائه ومن خلال تشغيل عملية المحاكاة قيم مقارنة للقيم المقاسة من عينه مياه الصرف الخارجة من محطة المعالجة البيولوجية، حيث كانت القيم الناتجة وفقا لما يظهره الجدول التالي:

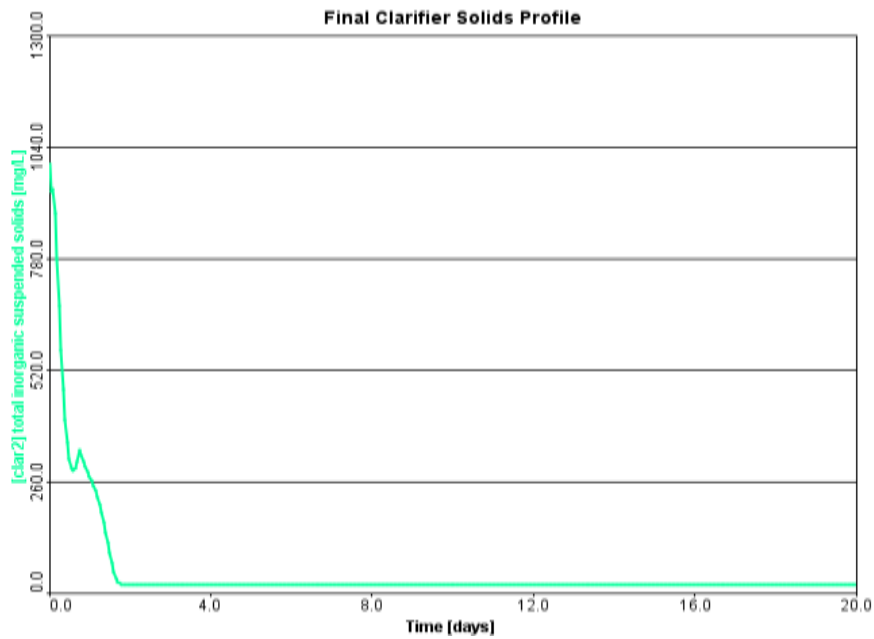
الجدول رقم (3) نتائج المحاكاة لمحطة المعالجة البيولوجية لمياه البحر.

نتائج المحاكاة لمحطة المعالجة البيولوجية لمياه المصفاة الخارجة للبحر		القيم المقاسة
Flow	m <sup>3</sup> /h	488.75
TSS	mg/L	10.00
VSS	mg/L	5.62
cBOD <sub>5</sub>	mg/L	5.90
COD	mg/L	43.32
Ammonia N	mgN/L	2
Nitrite/Nitrate N	mgN/L	20
TKN	mgN/L	2.74
TN	mgN/L	22.74
Alkalinity	mgCaCO <sub>3</sub> /L	350

وبالمقارنة بين القيم المقاسة والقيم الناتجة عن المحاكاة نجد تطابق القيم إلى حد كبير بالنسبة ل COD الداخل والخارج واختلاف بسيط في قيم المواد الصلبة العالقة الكلية والمتطايرة، وتبين المحاكاة عند تشغيلها لمدة 20 يوم مخططات بيانيه( PEREIRA,2014) توضح فيها تغير قيم ال COD, TSS, الشكل (6،7).



الشكل رقم(6): يبين تغيرات الـ Total COD عبر المحاكاة لـ 20 يوم.



الشكل رقم(7): يبين تغيرات الـ Tss غير العضوية عبر المحاكاة لـ 20 يوم.

### الاستنتاجات والتوصيات:

#### الاستنتاجات:

1. يؤكد بحثنا إمكانية استخدام تكنولوجيا المعلومات المتمثلة ببرنامج GPS-X لتحاكي واقع محطة معالجة مصفاة بانياس في حالاتها المختلفة.

2. أثبتت محطة معالجة مصفاة بانياس قدرتها على تحدي الواقع السيء أثناء عملها فقد تبين لنا موت البكتيريا في أحواض الاكسدة ( $X_{bH} = 0$ ) نتيجة للتوقف المتكرر لعمل المحطة والاختلاف في مواصفات النفط الخام المكرر.
  3. تبين نتائج المحاكاة لمحطة المعالجة البيولوجية انخفاض قيم الـ (COD ، TSS.VSS) للمياه الخارجة الى البحر ووجدنا أن قيمها مقاربة للقيم المقاسة لعينه مياه خارجة بالنسبة لـ COD .
  4. بين البحث قدرة تحسين أداء المحطة من خلال تغيير نمط التهوية في أحواض الاكسدة من تهوية ميكانيكية إلى تهويه موزعه وهذا ما تم حدوثه فعلا في المحطة فقد تم استبدال المهبوات الميكانيكية السطحية إلى انابيب مغمورة ومتقبة.
- التوصيات:**

1. إجراء دراسة مماثله تهدف لنمذجة المحطات العاملة بالحماة المنشطة اعتمادا على فرضيات تقوم على التغيير في النسب المختلفة (كربون، أزوت، فوسفور).
2. إجراء دراسة مماثله تهدف لنمذجة المحطات العاملة بواسطة الحماة المنشطة باستخدام أنماط أخرى من نماذج (ASM)
3. زيادة الوعي والتطبيق العملي لطرائق التجزئة لأنواع مياه الصرف (تجزئة الـ COD ، نتروجين، فوسفور) لأهميتها في توصيف مياه الصرف وبالتالي القدرة على تحسين كفاءة المعالجة للمحطة.
4. تطوير عملية النمذجة للمحطات العاملة بالحماة المنشطة واعتماد تحاليل الحساسية المؤثرة لقدرتها في تحديد علاقة المتغيرات ببعضها.

## References:

- 1-STRICKER (A.-E.), *Application de la modélisation à l'étude du traitement de l'azote Par boues activées en aération prolongée: comparaison des performances en temps Sec et en temps de pluie*, Thèse Génie des Procédés, ENGEES, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 2000, 363 p.
- 2- HENZE (M.), *Characterization of wastewater for modelling of activated sludge Processes*, Water Science and Technology, vol.25 (6), 1992, pp. 1-15.
- 3-EKAMA (G.A.), DOLD (P.L.), MARAIS (G.v.R.), *Procedures for determining Influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in Activated sludge systems*, Water Science and Technology, vol.18, 1986, pp. 91-114.
- 4-FAN (J.), LU (S.G.), QIU (Z.F.), WANG (X.X.), LI (W.Z.), *An activated Sludge model based on activated sludge model number 3 for full-scale Wastewater treatment plant simulation*, Environ Technol 30(7), 2009, 641-9.
- 5- DOLD (P.) et MARAIS (G.), *Evaluation of the general activated sludge model Proposed by the IAWPRC task group*, Water Science and Technology, vol.18, 1986, pp. 63-89.
- 6-CHUDOBA (P.), CAPDEVILLE (B.) et CHUDOBA (J.), *Explanation of biological Meaning of the S0/X0 ratio in batch cultivation*, Water Science and Technology, vol.26, 1992, pp. 743-751.
- 7-PEREIRA,S.F.*Modelling of a wastewater treatment plant using GPS-X*, UNIVERSIDADE NOVA DE LIS BOA, France,2014,105,pp.44-90.
- 8-GUJER, W. *Activated Sludge Model NO.3* , Swiss Federal Institute/or Aquatic Science and Technology and Swiss Federal Institute of Technology, EAWAG/EIH, 8600 Diibendorf ,1999, Switzerland.
- 9-LAZKANIA, A. *Modeling of activated sludge treatment plants*, Higher Institute of Applied Sciences and Technology,2011, PP.78.



- 10- Pinzon Pardo (A.L) ,Brdjanovic ( D.) , Moussa ( M.S.), López-Vázquez( C.M.), Meijer ( S.C.F.) , *Modelling of an Oil Refinery Wastewater Treatment Plant*, Environmental Technology, 2010, 1273-1284.
- 11-Brdjanovic,D. Meijer S.C.F, Lopez-Vazquez C.M., Hooijmans C.M., van Loosdrecht M.C.M. (2015) Applications of Activated Sludge Models. IWA Publishing. London, UK. ISBN: 9781780404639 10-
- 12-SALATNEH,S.*Performance modelling of Nablus waste water treatment plant by using GPS-X*,AN-NAJAH NATIONAL university,Palestine,2016,pp.1-51.