

إنشاء سيناريوهات لتحسين الأداء التشغيلي لمحطة الزيداني باستخدام برنامج GPS-X

سميح أحمد السيد محمد^{1*}، محمود حديد²، غسان درة الحداد³

^{1*} طالب دكتوراه في قسم الهندسة الصحية والبيئية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة دمشق
Sameeh.alsayed mohamed@damascusuniversity.edu.sy

² أستاذ دكتور في قسم الهندسة الصحية والبيئية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة دمشق

³ أستاذ دكتور في قسم الهندسة الصحية والبيئية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة دمشق

الملخص:

أصبحت النمذجة الرياضية أداة حاسمة لإدارة معالجة المياه على المدى الطويل، لا سيما لمحاكاة العمليات البيولوجية المعقدة. تركز هذه الدراسة على نمذجة ومحاكاة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في الزيداني التي تتم معالجة مياه الصرف الصحي فيها بطريقة الحمأة المنشطة ذات التهوية المديدة.

يهدف هذا البحث إلى تحديد القيم التصميمية للعوامل المؤثرة في عملية المعالجة البيولوجية بالتهوية المديدة لمياه الصرف الصحي في محطة الزيداني. مثل شدة التهوية والتحكم بكمية الحمأة الفائضة والحمأة المعادة.

تم استخدام برنامج GPS-X لمحاكاة عمل المحطة والتحقق من أدائها في ظروف تشغيل مختلفة. كما تم أخذ عينات متعددة من تاريخ 2020/1/20 حتى تاريخ 2021/9/14 وإجراء التجارب عليها. تم تطبيق أربعة سيناريوهات باستخدام برنامج الـ GPS-X لتحسين الواقع التشغيلي للمحطة وأظهرت النتائج التأثير الكبير للعوامل المذكورة وذلك من خلال تحسن واضح في عمل المحطة شتاءً حيث انخفض تركيز COD من (40-72)mg/l و تركيز BOD من (20-45)mg/l وتركيز الأمونيا من (9-32) mg/l. أما في فصل الصيف انخفض تركيز COD من (39-46)mg/l و تركيز BOD من (20.5-15) mg/l وتركيز الأمونيا من (1-25) mg/l.

تاريخ الإيداع: 2022/8/21

تاريخ القبول: 2022/10/27



حقوق النشر: جامعة دمشق - سورية، يحتفظ

المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

الكلمات المفتاحية: معالجة مياه الصرف الصحي، النمذجة، المحاكاة، GPS-X

Create scenarios to improve the operational performance of Al-Zabadani plant by using the program GPS-X

Sameeh Ahmad Al sayed Mohammad^{*1}, Mahmoud Hadid², Ghassan Durra Al haddad³

¹*PhD student at the Department of Sanitary and Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Damascus University Sameeh.alsayed mohamed@damascusuniversity.edu.sy

² Professor at the Department of Sanitary and Environmental Engineering _ Faculty of Civil Engineering _ Damascus University

³ Professor at the Department of Sanitary and Environmental Engineering _ Faculty of Civil Engineering _ Damascus University

Received: 21/8/2022

Accepted: 27/10/2022



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

Mathematical modeling has become a critical tool for long-term water treatment management, particularly for simulating complex biological processes. This study focuses on modeling and simulating a sewage treatment plant in Al- zabadani, in which sewage is treated by the extended aeration activated sludge method.

This research aims to determine the design values of the factors affecting the biological treatment process with extended aeration of wastewater in the Al- zabadani plant. Such as intensity of aeration and control of the amount of excess sludge and sludge returned.

GPS-X program was used to simulate the operation of the plant and check its performance under different operating conditions. Multiple samples were taken from 20/1/2020 to 14/9/2021 and experiments were conducted on them. Four scenarios were applied using the GPS-X program to improve the operational reality of the plant, and the results showed the significant impact of the mentioned factors This is through a clear improvement in the station's work in the winter, as the COD concentration decreased from (72-40) mg/l, the BOD concentration from (20-45) mg/l, and the ammonia concentration from (32-9 mg/l). In summer, the COD concentration decreased from (46-39) mg/l, the BOD concentration from (15-20.5) mg/l, and the ammonia concentration from (1-25 mg/l).

Key words: Wastewater treatment, Modelling, Simulation, GPS-X.

1. مقدمة:

لهذا تعتبر أنظمة المحاكاة أداة قابلة للتطبيق وفعالة لتحسين عمليات المعالجة البيولوجية، وقد تم الاعتراف بها كأداة لا غنى عنها في إعادة تصميم وإدارة محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحالية. في السنوات الأخيرة.

(Wu et al., 2016,236)

يعد استخدام النمذجة والمحاكاة في الوقت الحاضر طريقة منتشرة في مجالات معالجة مياه الصرف الصحي لتقييم العملية وتحسين التصميم وتحليل التكلفة وتقييمها، وخاصة بعد إنشاء مجموعة عمل دولية في عام 1982 لإنشاء منصة مشتركة لعمليات الحمأة المنشطة.

(Rivas et al., 2008,435)

فقد تم تطوير نموذج الحمأة المنشطة رقم ASM₁ لأول مرة ونشره في عام 1987. وهو نموذج للعمليات الميكروبيولوجية التي تحدث في حوض التهوية، وفي نفس الوقت يعد أيضاً دليلاً لتطوير رموز الكمبيوتر مع مجموعة من القيم الافتراضية لتوصيف مياه الصرف الصحي. يعتمد هذا النموذج على العمليات التالية: أكسدة الكربون - النتريجة - إزالة النتروجين.

تم استخدام ASM₁ على نطاق واسع كأساس لمزيد من تطوير النموذج أيضاً.

وفي عام 1995 تم نشر نموذج الحمأة المنشطة رقم ASM_{2(d)} مع إزالة النتروجين وإزالة الفوسفور البيولوجي .

في عام 1998 قرر الفريق تطوير عمليات جديدة، فوضع نموذج رقم ASM₃₍₃₎ بحيث يقوم النموذج على التطورات الحديثة الحاصلة في فهم العمليات الخاصة بالحمأة المنشطة كما أنه يوفر إمكانية متابعة مخزون المركبات الداخلية التي تلعب دوراً هاماً في عمليات التمثيل الغذائي للكائنات الحية دوراً هاماً في عمليات التمثيل الغذائي للكائنات الحية (Henze et al. 1999).

في الأونة الأخيرة زاد التوجه لاستخدام النماذج الرياضية وبرامج المحاكاة لمحطات الصرف الصحي سواء كانت العاملة أو التي في طور الدراسة واستخدام هذه النماذج في تقييم

يعطي الانخفاض التدريجي لموارد المياه حول العالم والكميات الهائلة من المياه الملوثة أهمية رئيسية في عمليات معالجة مياه الصرف الصحي. ومن المتوقع أن تزداد كميات الأحمال العضوية والهيدروليكية على المحطات الحالية بسبب نمو المناطق الحضرية، وبالتالي هذا الوضع يتطلب إجراءات أكثر كفاءة لمعالجة مياه الصرف الصحي (Mulas 2006).

إن كفاءة عمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي يتعلق بشكل كبير بكفاءة عمل وحدات المعالجة والذي نستدل عليه من مواصفات المياه التي خضعت للمعالجة في هذه الوحدات.

من هنا تأتي أهمية عملية المراقبة التي تتم عادة بأخذ العينات للحصول على المعلومات اللازمة لتشغيل مختلف وحدات المعالجة حسب مواصفات مياه الصرف الواردة إلى المحطة. (2014,433، صبوح و آخرون)

وتزداد أهمية المعالجة بتحديد العوامل الأساسية المؤثرة فيها، إذ ثبت أنو بزيادة زمن التهوية يحدث ارتفاع في نسبة الإزالة للتلوث العضوي، كما يحدث انخفاض في حجم الحمأة الناتجة التي تجعل كلفة معالجتها قليلة. (2010,169، جناد و آخرون). تعتبر المعالجة باستخدام نظام طريقة الحمأة المنشطة من العمليات الشائعة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي.

(Sepúlveda et al , 2019,741)

عملية المعالجة باستخدام طريقة الحمأة المنشطة هي عبارة عن نظام معقد تحدث فيه مجموعة من التفاعلات البيوكيميائية. والتحسين الفعال للعمليات المصممة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي العاملة بطريقة الحمأة المنشطة لتحقيق إزالة أعلى للملوثات يستغرق وقتاً طويلاً لذا لا بد لنا من نماذج رياضية للتقييم وتطوير المعالجة.

1. استخدم النموذج لتدريب الموظفين الجدد على كيفية التحكم في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في المواقع الديناميكية.
 2. يبين كيف تؤثر التغييرات في عوامل التشغيل على النتائج.
 3. توفير التكاليف من خلال:
 - تخفيض التكلفة من خلال التحكم في كمية الأكسجين المذاب (DO) أو ضبط تقنيات التحكم الحالية في الأكسجين المذاب.
 - تقدير حلول خفض تكاليف استخدام الطاقة في ظل ظروف التشغيل الديناميكية.
 - النظر في بدائل الترقية الأكثر فعالية من حيث التكلفة على سبيل المثال إضافة وحدة معالجة جديدة وزيادة قدرة المعالجة، وما إلى ذلك.
- في السنوات الأخيرة، تم إجراء قدر كبير من التعديلات والتحسينات في برنامج GPS-X وقام بعض الباحثين العالميين بالتحقيق في قدرة برنامج GPS-X على نمذجة ومحاكاة أي جزء أو محطة معالجة كاملة لمياه الصرف الصحي لتحقيق أهداف دراستهم من خلال محاكاة وتحسين عدد عمليات التشغيل لمعالجة تركيز عالٍ من ال COD ووجدوا أن النموذج المعيار يعطي نتائج دقيقة تحاكي النتائج الحقيقية. (Al-Wardy et al. 2021,3).
- وهناك العديد من الدراسات في الأبحاث حول محاكاة وتحسين أنظمة الحمأة المنشطة.
- فقد تمت دراسة نمذجة ومحاكاة محطة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام برنامج GPS-X وأظهرت النتائج أنه يمكن تحسين القدرة وكفاءة التشغيل ونوعية تصريف المياه المعالجة من خلال تحسين المحطة بشكل صحيح. (El-hoz et al. 2013)
- وتم استخدام برنامج GPS-X لمحاكاة عملية SBR بستة سيناريوهات في محطات صرف صحي مختلفة، وساعد على تقليل تركيز TN من 18.27 mg/l إلى 13.04mg/L بنجاح مع تأثير ضئيل على كفاءة إزالة COD في المياه المعالجة. (Wu et al, 2016,241)

وتطوير عمل المحطات وخاصة بعد إصدار الجمعية للمياه نماذج الحمأة المنشطة. حيث أصبحت نماذج الحمأة المنشطة جزءاً مهماً من تصميم وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي. وذلك لأن عملية المحاكاة هي نهج فعال في تحسين الأداء التشغيلي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي. (Cao et al. 2021,1)

قُدمت نمذجة محطة معالجة في عام 2010 لمصفاة نطف باستخدام نموذج $ASM_3(3)$ وأثبت النموذج قدرته على وصف أداء المحطة المصممة في إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية والنتروجين. (Pinzón Pardo et al. 2010,1)

من البرامج الأكثر شيوعاً المستخدمة في المحاكاة والنمذجة في الهندسة البيئية هي

(SIMBA, Bio-Win, AQUASIM, GPS-X, EFOR, STOAT) التي تتضمن نماذج الحمأة المنشطة ($ASM_3-ASM_{2d} - ASM_2-ASM_1$). ومن بينها أظهر GPS-X تفوقاً في تسهيل وتبسيط بناء النموذج والمحاكاة ثم إظهار النتائج مع واجهة مستخدم رسومية متقدمة. لذلك تم تطبيقه على نطاق واسع لمحاكاة محطات الصرف الصحي لتحسين الأداء التشغيلي (Pereira, 2014,22).

برنامج (GPS-X) وهو عبارة عن برنامج يعمل على تكوين بيئة عمل متعددة تهدف إلى نمذجة محطات معالجة مياه الصرف ومحاكاتها (Modelling and Simulation) ويعتبر من أحدث التقنيات في نمذجة عمليات المعالجة ويعمل على إظهار النتائج على شكل جداول ومخططات ويمكن عمل عدة سيناريوهات بشكل تفاعلي وديناميكي مما يسمح لنا بفحص العلاقة المتشعبة والمعقدة بين الوحدات كما يسمح بتغيير البارامترات المختلفة وإجراء محاكاة للمحطة وفق هذه التغيرات و بيان فعالية هذا التغييرات. ويمكن استخدام نماذج GPS - X كأداة تعليمية وتفاعلية لموظفي محطة المعالجة عندما يتم دمجها مع التحكم الإشرافي الخاص بالمحطة (SCADA) والحصول على البيانات.

من الأمور التي يمكن يوفرها البرنامج ما يلي:

كما تناولت إحدى الدراسات نمذجة محطة معالجة مصفاة نابلس باستخدام GPS-X حيث تضمنت دراسة المحطة بحمولات مختلفة وتنبأت بقيم ال COD و BOD من أجل عام 2020 بالاعتماد على القيم التصميمية للمحطة. (Awad, et al. 2019,237)

في هذه الدراسة تم استخدام برنامج GPS-X لغرض تقييم وتحسين الأداء التشغيلي لمحطة معالجة مياه الزيداني.

يحتوي هذا البرنامج على واجهة رسومية واضحة المعالم ويستخدم مترجماً متخصصاً يحول العملية الرسومية إلى معادلات بناءً على النماذج الديناميكية.

تسمح هذه النماذج إلى جانب الوصف الحركي لعملية المعالجة التي يتم إجراؤها في محطة معالجة مياه الصرف الصحي ببناء سيناريوهات جديدة ودراسة المؤشرات الهامة للعملية وكذلك تحسين ومراقبة عمل محطة معالجة مياه الصرف الصحي. (Pereira,2014,7)

يهدف هذا البحث إلى:

- 1- التقييم التشغيلي لمحطة معالجة مياه الصرف في الزيداني.
- 2- بناء نموذج حاسوبي للمحطة مطابق للواقع والقيام بعملية محاكاة وإنشاء سناريوهات عند مختلف ظروف التشغيل.
- 3- تحديد القيم التشغيلية المثلى للعوامل المؤثرة في عملية المعالجة البيولوجية بالتهوية المديدة لمياه الصرف الصحي في الزيداني كشدة التهوية والتحكم في الحمأة الفائضة والحمأة الراجعة في عملية المعالجة.

2. طرائق البحث ومواده:

من أجل تقييم كفاءة المعالجة في المحطة المدروسة في هذا البحث و مراقبة عملها تم إجراء تحاليل مخبرية لمؤشرات (TSS- COD... - BOD) خلال الفترة الممتدة من 2020/1/20 إلى 2021/9/14 بمعدل قياسين شهرياً. حيث تم حساب فعالية إزالة (COD - BOD - NH₃) ومقارنتها مع قيم التشغيل التصميمية ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية السورية.

وتم حساب فعالية إزالة الملوثات (E%) من العلاقة:

$$E = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 (\%)$$

حيث يمثل C_{in} تركيز مؤشر التلوث في التدفق الداخل للمحطة (mg/l) بينما يمثل C_{out} تركيز مؤشر التلوث الخارج من المحطة (mg/l)

3. منهجية العمل:

تم العمل وفق المنهجية التالية:

1. جمع عينات مياه الصرف الصحي من مدخل ومخرج محطة معالجة مياه الصرف الصحي خلال أوقات مختلفة من السنة وعلى مدار العام.
2. إجراء التحاليل اللازمة للعينات المأخوذة (COD - BOD) (NH₃ ...) وفق الطرق المعتمدة وذلك في مخبر محطة الزيداني.
3. تسجيل القراءات وحفظها.
4. نمذجة المحطة على برنامج (GPS-X) وإدخال البارامترات والقيام بعملية اختبار للنموذج للتأكد من مطابقته لواقع المحطة.
5. إنشاء سيناريوهات مختلفة خلال أوقات مختلفة من السنة.
6. القيام بعملية محاكاة مرافقة لكل سيناريو.
7. إخراج نتائج المحاكاة.
8. تفسير النتائج ومناقشتها ومقارنتها بقيم المراقبة واقتراح الأفضل واستخلاص النتائج والتوصيات.

1.3 مرحلة أخذ العينات:

جُمعت العينات من مدخل ومخرج المحطة ضمن أوقات مختلفة من السنة حيث أُخذت بحجم كافي مع ضمان جودة ونظافة الأوعية التي تم أخذ العينات فيها وحفظها كما يوضح الشكل رقم (1).

3. رج أنبوب الكاشف بعد إضافة الكمية المناسبة من العينة وذلك لضمان خلط العينة مع الكاشف.
4. وضع الأنبوب في السخان لمدة ساعتين بدرجة حرارة 150 درجة مئوية.
5. بعد انتهاء مدة الساعتين تُبرد العينات في جو غرفة المخبر.



الشكل رقم (1) العينات المأخوذة من مدخل ومخرج المحطة

2.3 إجراء التجارب على العينات المأخوذة:

6. رج الأنبوب جيداً وتركه فترة حتى تترسب العوالق.
7. وضع الأنبوب في جهاز قياس (COD) - الشكل رقم (4) - الذي يعتمد على الأمواج الضوئية وأخذ القراءة.

تم إجراء التجارب في مخبر محطة الزيداني وهي (COD- BOD-TSS- NH₃) على العينات خلال فترات مختلفة.

1.2.3 تجربة قياس (COD):

1. يتم تحضير العينة وتمديدها حسب الكاشف الموجود في المخبر وفق الكتلوج المرفق - الشكل رقم (2).



الشكل رقم (4) الجهاز المستخدم لقياس الـ COD

2.2.3 تجربة الأكسجين البيولوجي الممتص (BOD₅):

- 1- أخذ كمية مناسبة من العينة بعد تنظيف القارورة الخاصة بفحص الـ BOD₅ - الشكل رقم (5).



الشكل رقم (2) تحضير العينة وتمديدها

2. يتم إضافة الكاشف (كرومات البوتاسيوم) الموضح بالشكل رقم (3) بالكمية المطلوبة كمادة مؤكسدة للمادة العضوية.



الشكل رقم (5) وضع العينة بعد تجهيزها في قارورة الفحص الخاصة

بالـ BOD

- 2- وضع قطعة مغناطيسية ضمن القارورة لضمان عملية التحريك



الشكل رقم (3) الكاشف المستخدم لتجربة الـ COD

3- إضافة مانع نترجة.

4- إغلاق القارورة وتصفير الجهاز - الشكل رقم (6)

الجدول رقم (1) مواصفات المياه الداخلة شتاءً

NH3 in	TSS in	COD in	BOD in	date
33	150	325	182	December
29	172	311	192	January
30	161	295	167	February
30	160	310	180	ave

وللمياه المعالجة - الجدول رقم (2)

الجدول رقم (2) مواصفات المياه المعالجة شتاءً

NH3 ef	TSS ef	COD ef	BOD ef	date
30	22	81	50	December
27	20	70	48	January
28	15	68	37	February
29	19	73	45	ave

في فصل الصيف:

وللمياه الواردة للمحطة - الجدول رقم (3)

الجدول رقم (3) مواصفات المياه الداخلة صيفاً

NH3 in	TSS in	COD in	BOD in	date
32	127	294	162	jun
28	149	311	183	jul
30	141	271	180	aug
30	139	292	175	Ave

وللمياه المعالجة في المحطة - الجدول رقم (4)

الجدول رقم (4) مواصفات المياه المعالجة صيفاً

NH3 ef	TSS ef	COD ef	BOD ef	date
25	15	41	26	jun
23	23	63	24	jul
25	16	40	14	aug
24	18	48	21	ave



الشكل رقم (6) وضع العينة بعد تجهيزها في قارورة الفحص الخاصة بالBOD

5- وضع العينات في الحافظة لمدة 5 أيام ودرجة حرارة

20، ثم يتم قراءة النتائج من خلال الضغط على الأزرار -

الشكل رقم (7) .



الشكل رقم (7) وضع العينة في الحافظة لمدة 5 أيام

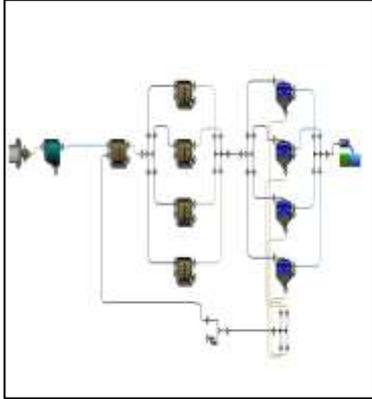
3.3 إخراج نتائج القياسات وحفظها:

بعد إجراء التجارب السابقة كانت النتائج كما يلي:

في فصل الشتاء:

وللمياه الواردة للمحطة موضحة في الجدول رقم (1)

ضمن أوقات العام مختلفة ومناقشة النتائج وبيان التغيرات التي يمكن حدوثها في عمل المحطة وذلك ضمن ظروف تشغيلية متغيرة.



الشكل رقم (8) نموذج المحطة على برنامج GPS-X

القيم التصميمية لتراكيز المؤشرات في المياه المعالجة وفق الشركة المصممة و المشغلة للمحطة	
BOD5	30 mg/l
TSS	50mg/l
NO3-N	20 mg/l

قيم المحاكاة في البرنامج		
TSS	mg/L	46.96
BOD5	mg/L	29.58
NO3-N	mg/L	15.52

الشكل رقم (9) مطابقة نتائج النموذج مع القيم التصميمية

4. النتائج والمناقشة:

1.4 تقييم المياه الخام الواردة إلى المحطة:

يوضح الشكل رقم (10) التباين الشهري لقيمة تركيز كل من BOD و COD و NH₃-N و TSS في مياه الصرف الصحي الداخلة إلى المحطة خلال فترة الدراسة. بالنسبة لقيمة التراكيز الشهرية للـ BOD في مياه الصرف الصحي الداخلة كان متوسط قيمتها في فصل الشتاء (mg/L)

4.3 النمذجة والمحاكاة:

هناك عدة عوامل يجب مراعاتها في نمذجة عمليات الحمأة المنشطة وتطبيق النموذج وأيضاً عدة نقاط يجب أخذها بعين الاعتبار للقيام بالشكل الأمثل لمهمة إنشاء النموذج وهي:

- 1- تحديد مهمة النموذج (تحكم - تصميم - محاكاة).
- 2- اختيار نموذج طريقة المعالجة المناسب واختيار نموذج الترسيب.
- 3- توصيف مياه الصرف بشكل دقيق وتوصيف ترسيب الكتلة الحيوية.
- 4- تصحيح البيانات لنموذج Study - State
- 5- معايرة بارامترات نموذج الحمأة المنشطة.
- 6- تصحيح النموذج وبيان فيما إذا كان النموذج مناسب للغرض المراد منه.
- 7- تقييم السيناريو.

1.4.3 نموذج محطة الزبداني وفق برنامج

المحاكاة GPS-X:

تم نمذجة المحطة على برنامج (GPS-X) كما في الشكل رقم (8) وأدخلت كافة البارامترات التصميمية وأبعاد المحطة وتم تشغيل المحطة ومقارنة النتائج في النموذج مع معطيات الشركة المصممة

والقيام بمعايرتها ليتم التقارب الكبير بين النموذج والواقع كما هو موضح في الشكل (9) حيث يمثل الجدول الأول في الشكل رقم (9) القيم التصميمية للمؤشرات الناتجة في المياه المعالجة داخل المحطة وفق الشركة المصممة والمشغلة للمحطة والجدول الثاني يوضح قيم المؤشرات في المياه المعالجة وفق النموذج الحاسوبي، وهذا يعني أن المحطة على النموذج أصبحت مطابقة تماماً للمحطة على الواقع.

والهدف من هذه العملية جعل النموذج يطابق واقع المحطة الفعلي ولاحقاً للقيام بإجراء تغييرات في البارامترات الأخرى مثل (HRT -DO -SRT- WAS- RAS ...) وتحليل النتائج



الشكل رقم (10) تباين المؤشرات في المياه الواردة صيفاً وشتاءً

2.4 تقييم مياه الصرف الصحي المعالجة في المحطة:

يتم تقييم المياه المعالجة من خلال تحليل نفس معايير الملوثات في مياه الصرف الصحي الداخلة كما في القسم السابق. يوضح الشكل (11) التباين الشهري لقيمة التركيز BOD و COD و TSS وخلال فترة الدراسة.

كان متوسط قيم التركيز الشهري لل BOD في مياه الصرف في فصل الشتاء (45 mg/L)، وفي فصل الصيف كان متوسط قيمتها (21 mg/L)، وهو ما يفي بالمواصفات القياسية السورية لتركيز

ال BOD (20-60)mg/L. يشير هذا إلى الأداء الجيد للكائنات الحية الدقيقة أحواض التهوية.

بالنسبة لقيمة التركيز الشهرية لل COD في مياه الصرف الصحي المعالجة في فصل الشتاء

(73mg/L)، وفي فصل الصيف كان متوسط قيمتها (48 mg/L)، وهو ما يفي بالمواصفات القياسية السورية التي تقل عن 100mg/l.

بالنسبة لقيمة التركيز الشهرية لل TSS، كان متوسط القيمة (18 mg/L)، وهو ضمن مجال المواصفات القياسية السورية التي تقل عن 60mg/l.

أما التراكيز الشهرية ل NH₃-N في مياه الصرف الصحي، كان متوسط قيمته (29 mg/L) شتاءً و صيفاً (24mg/L)، وهو أعلى من القيمة التي تسمح بها المواصفات القياسية السورية.

(180)، وفي فصل الصيف كان متوسط قيمتها (175 mg/L)، وكل هذه القيم أقل من القيمة التصميمية لل BOD وهي (500mg/L) لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في الزيداني.

أما بالنسبة لقيمة التراكيز الشهرية لل COD في مياه الصرف الصحي الداخلة للمحطة، كان متوسط قيمتها في فصل الشتاء (310 mg/L)، وفي فصل الصيف كان متوسط قيمتها (292 mg/L)، وهي أقل من القيمة التصميمية لل COD.

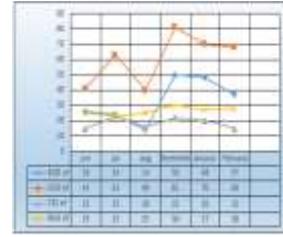
ويمكن أن تختلف هذه القيم وهذا الاختلاف يكون مرتبطاً بخصائص مياه الصرف الصحي وفقاً لكل موسم وكمية التلوث في مياه الصرف الصناعي المؤثرة التي يتم تصريفها إلى الشبكة.

بالنسبة لقيمة التراكيز الشهرية لمعامل TSS في مياه الصرف الصحي الداخلة كان متوسط قيمتها في فصل الشتاء (160 mg/L)، وفي فصل الصيف كان متوسط قيمتها (139 mg/L) وهذه القيم أقل من القيمة التصميمية ل TSS. وكانت قيمته الدنيا (127 mg/L) في شهر حزيران و يمكن أن يكون هناك تباين كبير في قيم تركيز TSS بين أشهر السنة وذلك مرتبطاً بالظروف التشغيلية لمحطات الرفع التي تضخ المياه الخام إلى محطة المعالجة.

بالنسبة لقيمة التركيز الشهرية للمعامل NH₃ في مياه الصرف الصحي الداخلة كان متوسط قيمتها في فصل الصيف والشتاء (30mg/L) هذه القيمة أعلى من الحد الأقصى لقيمة التصميم ل NH₃-N وهي (20 mg/L) لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في الزيداني.



الشكل رقم (13) تباين إزالة NH₃-N



الشكل رقم (11) تباين المؤشرات في المياه المعالجة

3.4 كفاءة الإزالة من المحطة:

4.4 إنشاء مخطط AL-Zabadani-WWTP في بيئة

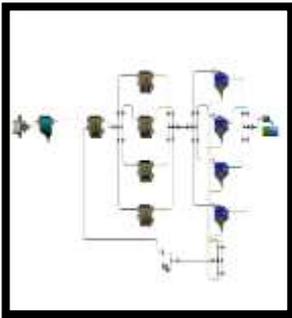
GPS-X:

تتلخص خطوات العمل على برنامج (GPS-X) بالأمور التالية:

1. توصيف المحطة.
2. إنشاء النموذج.
3. معايرة النموذج ومعرفة مدى تطابقه مع القيم التصميمية.
4. معايرة النموذج ومعرفة مدى تطابقه مع الواقعية خلال فترة الدراسة.
5. بناء سيناريوهات متعددة لكل حالة وإظهار النتائج.

من الضروري تحديد المكتبة المناسبة قبل الانتقال إلى رسم النموذج تم اختيار مكتبة الكربون والنيتروجين والفوسفور ورمزها (mantis2lib) comprehensive(carbon,Nitrogen,phos)

وتم بناء المحطة (من خلال بيانات الوحدات والقيم التصميمية الجدول رقم (5)) في شكل رسومي وربط الوحدات مع بعضها البعض من خلال مسارات التدفق كما هو موضح في الشكل (14)



الشكل رقم (14) نموذج محطة الزيداني

إن حجوم ومساحات الوحدات ثابتة في كل سيناريو بينما خصائص المياه تتغير حسب المياه الداخلية وفي هذا البحث تم وضع عدة سيناريوهات حسب فصول السنة ولكل سيناريو خصائص مياه داخلية

يوضح الشكل (12) كفاءة الإزالة الشهرية لمؤشرات BOD و COD و TSS في محطة معالجة الزيداني خلال فترة الدراسة. وتتراوح كفاءة الإزالة الشهرية

لل BOD من 75% إلى 92%، تتراوح كفاءة الإزالة الشهرية لل COD من 75% إلى 86% ولل Tss من 85% إلى 91%.

تعتبر قيم تراكيز المؤشرات السابقة مقبولة ولكنها ليست قيمة عالية وهناك تباين بالنسبة لكفاءة الإزالة الشهرية للملوثات ويمكن أن يكون ذلك مرتبطاً بطبيعة مياه الصرف الصحي الواردة إلى المحطة.



الشكل (12) تباين إزالة BOD, COD, TSS

وتتنوع كفاءة الإزالة الشهرية لـ NH₃-N من 7% إلى 22% كما في الشكل (13).

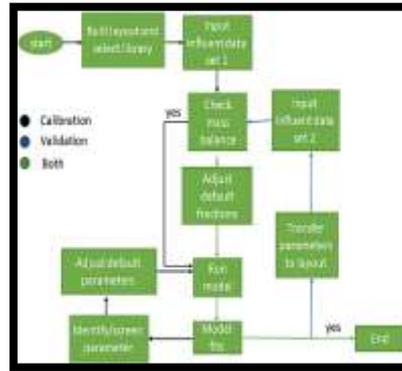
خاصة فيه ويتم تغيير بعض البارامترات التشغيلية لوحدات المحطة وفقاً للسيناريو ويوضح الجدول رقم (5) القيم التصميمية التي بنيت عليها

الجدول رقم (5) حجوم وحدات المعالجة في محطة الزيداني

Process unit	Physical parameter	value
Anoxic Tank (circular tank)	Max volume	2036
	Depth Of water	4.5
	Total Tank Height	5
	Diameter	24
Aeration Tank (circular tank)	Total Number of Tank	4
	Total Volume of tank	15981.5
	Depth Of water	4.5
	Diameter	34
Secondary Clarifier	Number of Tank	4
	Diameter	18
	Depth Of water	3.5

النموذج. حيث بعد إنشاء النموذج ومعايرته تم تشغيل النموذج لمدة 99 يوم ضمن درجة الحرارة التصميمية وإظهار النتائج ومقارنتها مع النتائج التشغيلية على الواقع لمحطة الزيداني وأظهرت النتائج تطابق كبير بين الواقع والنموذج كما هو موضح في الشكل رقم (9) وهذا يعني أن محطة الزيداني أصبحت نموذج حاسوبياً مطابق تماماً للواقع قابلة لأي سيناريو .

بعد إنشاء النموذج في بيئة برنامج GPS-X يجب معايرته. تعد المعايرة خطوة مهمة للغاية في أي برنامج نمذجة. في برنامج GPS-X، تم تشغيل عمليات المحاكاة في البداية باستخدام قيم افتراضية في نموذج GPS-X ومراقبة المخرجات وبعدها إجراء معايرة للوصول إلى تطابق بين النموذج والواقع. وتتلخص معايرة النموذج والتحقق من صحته بالشكل (15)



الشكل رقم (15) خطوات معايرة النموذج

في هذا النموذج تمت معايرة أداء النموذج بالاعتماد على قيم التركيز لمؤشرات BOD و COD و Tss لمياه الصرف الصحي المعالجة وذلك من خلال تقارب قيم هذا المؤشرات أثناء تشغيل المحطة في وضعها المستقر مع القيم الناتجة عن

5.4 إنشاء سيناريوهات مختلفة و تحسين الأداء التشغيلي

للمحطة:

للتحكم في كفاءة العملية البيولوجية في نظام الحمأة

المنشطة يجب مراعاة الأسس التالية:

1- كمية الأكسجين المنحل وكفاءة عملية الخلط.

2- نسبة المواد العضوية إلى كمية الكائنات الحية (F/M).

3- عمر الحمأة.

4- معدل الترسيب ومعامل حجم الحمأة.

من خلال تغيير العوامل السابقة تتغير كفاءة المعالجة سلباً

أو ايجاباً وتكمن أهمية العمل في هذا البحث هو إيجاد القيم

الجدول رقم (6) قيم المتغيرات في السيناريوهات

البارامتر	القيمة التصميمية	القيمة الجديدة
pumped flow	2490 m ³ /day	2000 m ³ /day
air flow	2 m ³ /min	10 m ³ /min

حيث تم في السيناريوهات تغيير قيمة البارامترين كل على حدا وتشغيل المحطة لمدة 99 يوم عند كل قيمة جديدة ومراقبة المخرجات ومن ثم الجمع بين المتغيرين وكانت النتائج موضحة كما يلي:

السيناريو الأول:

يمثل السيناريو الأول سيناريو المعايرة (مطابقة النموذج مع الواقع) الذي تم من خلاله المطابقة بين قيم النموذج وقيم مدخلات ومخرجات مياه الصرف الصحي. تم الحصول على هذه النتائج من خلال عملية المعايرة المشار إليها سابقاً. وقيم النموذج بعد المعايرة موضحة في الجدول رقم (7)

الجدول رقم (7) قيم الملوثات قبل وبعد المعايرة ومقارنتها مع الواقع في فصل الشتاء

parameter	before calibration	after calibration	actual
BOD	43	44.9	45
COD	83	72.5	73
TSS	20	19.7	19
NH3	31	32	29

من الجدول رقم (7) نلاحظ تقارب قيم الملوثات بعد المعايرة (after calibration) مع القيم الواقعية (actual) للمياه المعالجة في فصل الشتاء.

وأن قيمة (actual) هي القيمة الوسطية للقراءات خلال فصل الشتاء. وبالتالي أصبحت النموذج مطابق لواقع المحطة خلال فصل الشتاء كما هو موضح في الشكل (16)

المتلى من خلال تغيير قيم العوامل السابقة والوصول إلى أفضل أداء للمحطة ضمن ظروف تشغيل معينة.

بعد الانتهاء من عملية معايرة النموذج، تم أخذ قياسات في كل فصل من فصول السنة وتم تطبيق السيناريوهات لتحديد استجابة محطة المعالجة لكل سيناريو.

من الناحية العلمية فإن زيادة كمية الهواء المضخوخ والتحكم في كمية الحمأة الراجعة سوف يزيد من كفاءة المحطة لكن عملنا في هذا البحث هو تحديد القيمة المتلى و الاقتصادية بحيث تحسن الكفاءة و لهذه الغاية تم تطبيق 4 سيناريوهات وذلك بالاعتماد على تغيير اثنين من البارامترات التشغيلية هما: **البارامتر الأول:** هو كمية الأكسجين المضخوخ إلى حوض التهوية (air flow). حيث من خلال تغيير هذا البارامتر نقوم بتغيير كمية الأكسجين المنحل إلى قيمة معينة يتحسن أداء المحطة عندها و تزداد معها عملية الخلط في حوض التهوية.

البارامتر الثاني: هو التحكم في كمية الحمأة الراجعة إلى حوض التهوية (return sludge) وكمية الحمأة الفائضة (WAS) من خلال التحكم في (pumped flow). فمن خلال هذا تغيير هذا البارامتر يتم التحكم في كمية الحمأة الراجعة والفائضة معاً. فزيادة قيمته تزيد من كمية الحمأة الراجعة وتنقص كمية الحمأة الفائضة وبالعكس ومن خلال هذا البارامتر نستطيع أيضاً التحكم في نسبة (F/M) وعمر الحمأة.

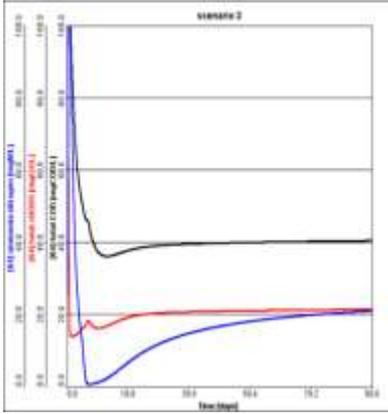
حيث تم تغيير البارامترين وفق قيم كثيرة وتم في هذا البحث وضع أفضل قيمتين تحسنت فيها كفاءة المحطة خلال فصلين من السنة (الصيف - الشتاء)

أولاً فصل الشتاء :

تم تطبيق 4 سناريوهات بالاعتماد على تغيير القيم الموضحة في الجدول رقم (6)

السيناريو الثالث:

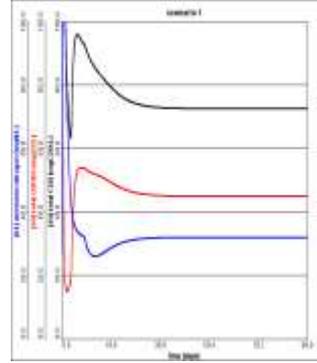
في هذا السيناريو تم تغيير قيمة air flow إلى أحواض التهوية من $2 \text{ m}^3/\text{min}$ إلى $10 \text{ m}^3/\text{min}$ و تشغيل المحطة أيضاً لمدة 99 يوم وإظهار النتائج كما هو في الشكل رقم (18)



الشكل رقم (18) تراكيز الملوثات في السيناريو (3)

نلاحظ من الشكل (18) زيادة كفاءة المحطة مقارنة مع السيناريو الأول حيث انخفضت قيمة الـ COD من 72.5 mg/L إلى 40 mg/L و الـ BOD من 44.9 mg/L إلى 21 mg/L والـ Ammonia من 32 mg/L إلى 21 mg/L ويمكن تفسير النتيجة بأن زيادة ضخ الأكسجين وفق القيم السابقة زاد من كمية الأكسجين المنحل إلى الحد الذي يسمح بزيادة نشاط التفاعل البيولوجي وبالتالي زيادة في نشاط البكتيريا وهضمها للملوثات. وأفضل قيمة عندما يتغير الـ air flow من $(2-10) \text{ m}^3/\text{min}$ و نستدل عن ذلك عند تغيير قيمة الـ air flow من m^3/min (10-15) نلاحظ عدم تسخن كبير في كفاءة المحطة كما

يوضح الشكل (19) والشكل (20)



الشكل رقم (16) تراكيز الملوثات في السيناريو (1)

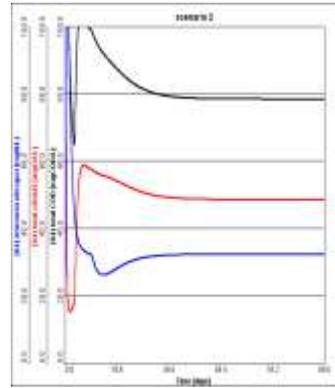
نلاحظ من الشكل (16) أن قيمة BOD بلغت

44.9 mg/l وقيمة COD 72.5 mg/l وقيمة الأمونيا 32 mg/l

وهي القيم نفسها في العمود (after calibration) في الجدول رقم (7). وبالتالي أصبح هذا السيناريو هو الحالة الواقعية للمحطة في فصل الشتاء.

السيناريو الثاني:

في هذا السيناريو تم تغيير قيمة pumped flow من $2490 \text{ m}^3/\text{day}$ إلى $2000 \text{ m}^3/\text{day}$ ومن ثم تشغيل المحطة لمدة 99 يوم وإخراج النتائج كما في الشكل رقم (17).

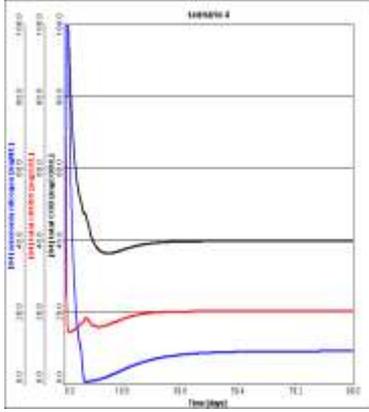


الشكل رقم (17) تراكيز الملوثات في السيناريو (2)

نلاحظ من الشكل (17) ارتفاع طفيف في قيمة الـ COD وكذلك في قيمة BOD وقيمة الأمونيا لم تتغير و ذلك مقارنة مع السيناريو الأول (الواقعي)

(الشكل رقم (16)) و بالتالي فإن تغير قيمة pumped flow

لوحدها لم يحسن من أداء المحطة شتاء.



الشكل رقم (21) تراكيز الملوثات في السيناريو (4)

من خلال تطبيق تغيير البارامترين معاً أصبحت قيمة الـ BOD 21 mg/L و الـ COD إلى 40 mg/L لكن من خلال النتائج وجد أن الأمونيا تحسنت إزالتها بشكل أفضل في هذا السيناريو وأصبحت قيمتها 9 mg/L كما هو موضح في الشكل رقم (22) و يمكن تفسير هذه الحالة أيضاً بزيادة النشاط البكتيري حيث تمت إضافة كمية زائدة من الحمأة المنشطة من خلال زيادة كمية الحمأة الراجعة و ضخ الأوكسجين بكمية أكبر مما جعل التفاعل البكتيري أكبر.

نستنتج مما سبق إن أفضل سيناريو يحسن عمل المحطة هو السيناريو الرابع من خلال الجمع بين المتغيرين معاً. و أفضل قيمة عندما يتغير الـ air flow من $2-10 \text{ m}^3/\text{min}$ و نستدل عن ذلك عند تغيير قيمة air flow

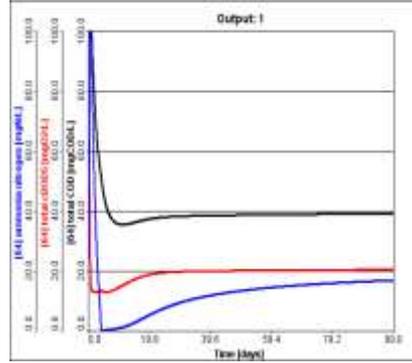
ثانياً فصل الصيف:

في فصل الصيف تم إعادة نفس الخطوات التي تم إجراؤها في فصل الشتاء وأيضاً تم إنشاء 4 سيناريوهات لنفس المتغيرين وتشغيل المحطة لمدة 99.

تمت معايرة النموذج ومطابقتها مع واقع المحطة خلال فصل الصيف كما هو موضح في الجدول رقم (8) قيم الملوثات قبل وبعد المعايرة ومقارنتها مع القيم الواقعية



الشكل رقم (19) تطبيق قيمة air flow مساوية لـ $10 \text{ m}^3/\text{min}$



الشكل رقم (20) تراكيز الملوثات عند تطبيق قيمة air flow مساوية لـ $10 \text{ m}^3/\text{min}$

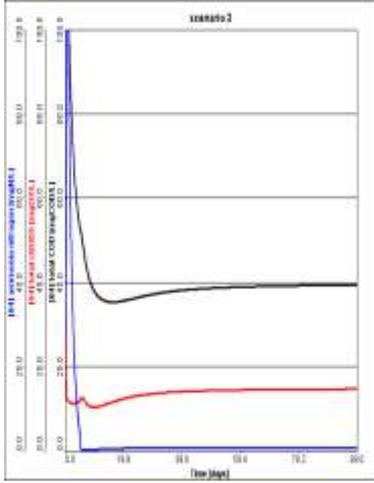
حيث نلاحظ من الشكل (19) والشكل (20) عدم تحسن كبير في قيمة البارامترات مقارنة بالسيناريو الثالث بالرغم من التغيير الكبير في قيمة air flow ويمكن تفسير هذه الحالة بأنه عند زيادة قيمة الـ air flow حتى القيمة $10 \text{ m}^3/\text{min}$ نكون قد وصلنا إلى الحد المثالي التي تحتاجه الكائنات الحية لزيادة نشاطها و إي زيادة فوق هذه القيمة لن تكون ذات جدوى اقتصادية.

السيناريو الرابع:

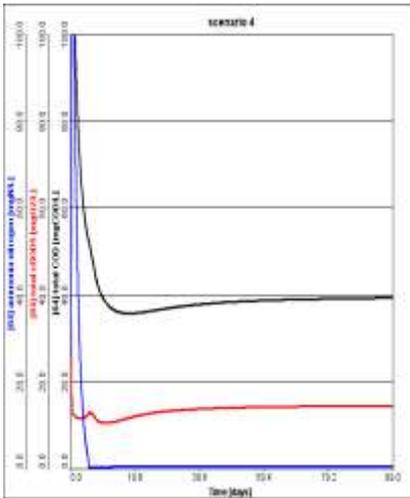
تم في هذا السيناريو دمج البارامترين معاً وفق القيم الموضحة في الجدول رقم (6) وتشغيل المحطة وإظهار النتائج كما يوضح الشكل رقم

(21)

السيناريو الثالث:



الشكل رقم (24) تراكيز الملوثات في السيناريو (3)



الشكل رقم (25) تراكيز الملوثات في السيناريو (4)

السيناريو الرابع :

من خلال تطبيق السيناريوهات السابقة وفقاً للمياه الواردة للمحطة نلاحظ أن السيناريو الثالث كان الأفضل والأكثر اقتصادية في تحسين عمل المحطة.

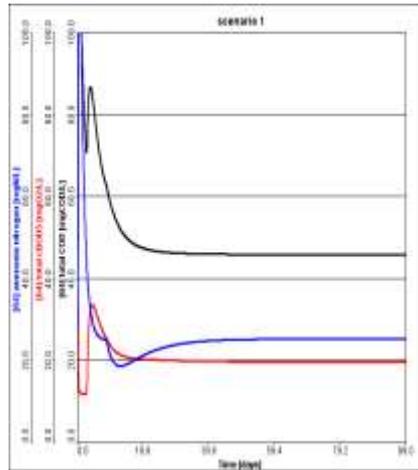
حيث انخفضت قيمة الـ COD من 46 mg/L إلى 39mg/L
والـ BOD من 20.5mg/L إلى 15 mg/L و NH3 من 25 mg/L إلى 1 mg/L.

الجدول رقم (8) قيم معايرة النموذج والواقع صيفاً

parameter	before cal	after cal	actual
BOD	18	20.5	21
COD	46	46	48
TSS	20	18.2	18
NH3	22	25	24

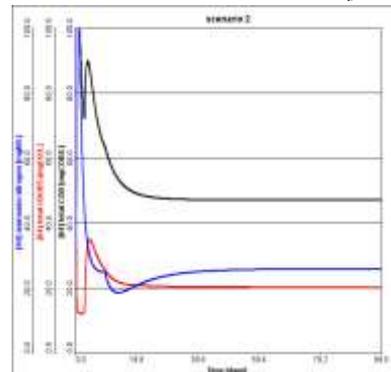
وكانت مخرجات المحطة لكل سيناريو موضحة في الأشكال التالية (22 - 23 - 24 - 25) وتم تلخيص النتائج في الجدول رقم (9):

السيناريو الأول:



الشكل رقم (22) تراكيز الملوثات في السيناريو (1)

السيناريو الثاني:



الشكل رقم (23) تراكيز الملوثات في السيناريو (2)

5. الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- 1- إمكانية استخدام برنامج GPS_X في نمذجة و محاكاة محطة الزيداني والقيام ببناء السيناريوهات اللازمة حسب المطلوب و يمكن تعميم هذه التجربة على باقي المحطات .
- 2- تحسين عمل المحطة ورفع كفاءتها من خلال التعديل الدقيق في بعض البارامترات التشغيلية ويتم اختيار نوع المتغيرات وقيمتها حسب الواقع الراهن لعمل المحطة وحسب استجابة عمل المحطة للقيم الجديدة لهذه المتغيرات.
- 3- في هذه الدراسة أظهرت إمكانية استخدام السيناريو رقم (4) في فصل الشتاء والسيناريو رقم (3) في فصل الصيف. لتحسين الأداء التشغيلي للمحطة خلال فترة الدراسة.

التوصيات:

1. القيام بالتقييم الدوري لمحطات المعالجة حسب الظروف المتغيرة وبأخذ متغيرات أخرى تساهم في رفع أداء المحطات.
 2. الاستمرار في استخدام برامج النمذجة بما يساهم في رفع سوية استثمار وتشغيل المحطات.
- التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References

1. Awad, Adel, Raed Jafar, and Kinda Ali. 2019. "Modeling Banias Refinery Treatment Plant Using the GPS-X." *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series*, 41(6).
2. Alwardy, A., Alquzweeni, S. S., & Al-Saadi, R. J. (2021). **Modelling and Simulation of Al-muamirah Wastewater Treatment Plant by GPS-X Software**. *Kerbala Journal for Engineering Science*, 1(2), 113-130.
3. Cao, J., Yang, E., Xu, C., Zhang, T., Xu, R., Fu, B., ... & Luo, J. (2021). **Model-based strategy for nitrogen removal enhancement in full-scale wastewater treatment plants by GPS-X integrated with response surface methodology**. *Science of The Total Environment*, 769, 144851.
4. El-Hoz, M., & Gerges, N. (2018). **Simulation study to improve wastewater treatment plant operation and upgrading**. In *Proceeding of the International Conference on Environmental Pollution and Remediation*.
5. Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, M. C., Marais, G. V. R., & Van Loosdrecht, M. C. (1999). **Activated sludge model no. 2d, ASM2d**. *Water science and technology*, 39(1), 165-182.
6. Mulas, M. (2006). **Modelling and control of activated sludge processes**. Università degli Studi di Cagliari.
7. Pereira, S. F. (2014). **Modelling of a wastewater treatment plant using GPS-X** (Doctoral dissertation, Faculdade de Ciências e Tecnologia)..
8. Pinzón Pardo, A. L. et al. 2007. "Modelling of an Oil Refinery Wastewater Treatment Plant." *Environmental Technology* 28(11): 1273-84..
9. Rivas, A, I Irizar, and E Ayesa. 2008. "Model-Based Optimisation of Wastewater Treatment Plants Design." *Environmental Modelling & Software* 23(4): 435-50.
10. Sepúlveda-Mardones, Mario, José Luis Campos, Albert Magrí, and Gladys Vidal. 2019. "Moving

Forward in the Use of Aerobic Granular Sludge for Municipal Wastewater Treatment: An Overview.”
Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 18(4): 741–69.

11. Wu, Xiaohui et al. 2016. “**Simulation and Optimization of a Coking Wastewater Biological Treatment Process by Activated Sludge Models (ASM).**” *Journal of Environmental Management* 165: 235–42.

12. 2014 . مرام سعيد “تقييم كفاءة بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي في ,عوض، عادل، حسام صبوح .
” *Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series*, 36(3).

13. 2010 . حسام صبوح، آمال عطية، هيثم جناد . “**Study of the Design Effect Factors on Biological Treatment by Extended Aeration of Hospitals Wastewater.**” *مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية* 36(4): 80–167.