



جامعة تشرين

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة البيئية

نمذجة ومحاكاة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة في المنطقة الساحلية

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية

قسم الهندسة البيئية

إعداد

المهندسة : ميس محمد عبد القادر

إشراف

الدكتور المهندس

حسام صبوح

الدكتور المهندس

رائد جعفر

جامعة تشرين
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
قسم اللغة العربية

السيد الدكتور عميد كلية الآداب والعلوم الإنسانية

بجامعة تشرين

عملاً بقرار مجلس قسم اللغة العربية رقم / ٢٩ تاريخ ١٠ / ١٢ / ٢٠١٣ المتضمن
مدققاً لغوياً لرسالة الدكتور محمد عبد الصمد المهندسة من الطالبة المهندسة هيس محمد عبد الصمد
وهي بعنوان (تجربة ومحاكاة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المجتمعات لسكان مدينة كهنه)

وتم تصويب الرسالة وتدقيقها بعد المناقشة النهائية ، كما تم الالتزام بملاحظات المدقق اللغوي
أصولاً.

وتفضلوا بقبول الاحترام

اسم المدقق وتوقيعه: أدهم محمد تميمع



عميد كلية الآداب والعلوم الإنسانية

الدكتور يوسف جابر



رئيس قسم اللغة العربية

الدكتور عدنان أحمد



قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في قسم الهندسة البيئية من كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين .

This Thesis has been submitted as a Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Science in Environmental Engineering at the Faculty of Civil Engineering, Tishreen University.

تصريح

أصرح بأن هذا البحث (نمذجة ومحاكاة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة في المنطقة الساحلية) لم يسبق أن قبل للحصول على أية شهادة، ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة

المهندسة: ميس محمد عبد القادر

DECLARATION

This is to declare that, this work "Modelling and Simulation of Wastewater Treatment Plant in Small Agglomeration in Coastal Zone" has not been being Submitted Concurrently for any other Degree.

Mais Abd Alkader

كلمة شكر

ACKNOWLEDGMENT

أود أن أتقدم بالشكر والامتنان إلى الجمهورية العربية السورية، وزارة التعليم العالي وأتقدم بشكر خاص إلى جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة البيئية لاحتضانها لي ولعملي، وتقديم الدعم والتأييد الدائمين.

وأتقدم بجزيل الشكر والتقدير لمد يد العون الكريمة والمساعدة في الأبحاث الخاصة بهذا البحث إلى كل من السيد الدكتور رائد جعفر، والدكتور المهندس حسام صبوح لجهودهما الحثيثة التي قدمها لي، وأتقدم بعميق الامتنان لكرمهم وتوجيههم الرائع لي على إنجاز هذا العمل.

كما أنني أتقدم بالشكر العميق لمديرية البيئة في طرطوس، ومخبر مؤسسة المياه في طرطوس، والكادر الفني والإداري في محطة معالجة خربة المعزة لتقديمها المساعدة اللازمة لاستكمال هذا البحث.

م: ميس محمد عبد القادر



شهادة

نشهد بأن هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة " نمذجة ومحاكاة محطات معالجة مياه الصرف الصحي في التجمعات السكانية الصغيرة في المنطقة الساحلية" هو نتيجة بحث قامت به طالبة الماجستير ميس محمد عبد القادر تحت إشراف (الدكتور المهندس رائد جعفر المدرس في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا) والمشارك بالإشراف (الدكتور المهندس حسام صبوح الأستاذ المساعد في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا)، وإن أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق بالنص.

المرشحة

المهندسة: ميس محمد عبد القادر

المشارك بالإشراف

الدكتور المهندس

حسام صبوح



المشرف / د

الدكتور المهندس

رائد جعفر



CERTIFICATION

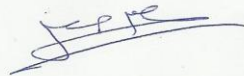
It is hereby certified that, the work described in this thesis " Modelling and Simulation of Wastewater Treatment Plant in Small Agglomeration in Coastal Zone" is the result of Mais Abd Alkader own investigations under the supervision of Dr. Raed Jafar (Professor, Faculty of Civil Engineering, Environmental Engineering Department, Tishreen University, Lattakia, Syria) and Dr. Husam Sabboh (Professor, Faculty of Civil Engineering, Environmental Engineering Department, Tishreen University, Lattakia, Syria), and any reference of other researches work has been duly acknowledged in the text.

Candidate

Mais Abd ALkader

Supervisors

Dr. Husam Sabboh



Dr. Raed Jafar



نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 12/31 /2013 وأجيزت.

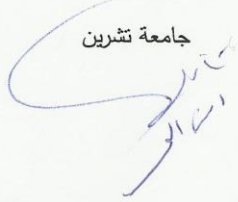
لجنة الحكم:

الدكتور المهندس

الدكتور رائد جعفر

قسم الهندسة البيئية

جامعة تشرين



الدكتور المهندس

عمار دباليز

قسم الهندسة البيئية

جامعة تشرين



الدكتور المهندس

أحمد وزان

قسم الهندسة البيئية

جامعة تشرين



□ . ملخص البحث Abstract:

نتيجة زيادة الوعي البيئي والاهتمام الفعلي بحماية البيئة من التلوث، فقد زادت القيود المفروضة على التخلص من مياه الصرف الصحي، ونشأت الحاجة إلى محطات لمعالجة هذه المياه قبل التخلص منها في المسطحات المائية سواء أكان ذلك في المياه الناتجة عن التجمعات السكانية الكبيرة أم الصغيرة. ونظراً إلى أهمية هذه المنشآت وتكلفتها المادية الهائلة في الإنشاء والتشغيل والصيانة، ويهدف تسهيل عملية التصميم وحساب تكلفتها الأولية تم إصدار بعض البرمجيات التي تساعد المهندس في تصميم مختلف أجزاء المحطة، واختيار تجهيزاتها والمقارنة بين عدة بدائل بطرق موضوعية لاختيار الأنسب. كما أن بعض هذه البرامج ديناميكية لها القدرة على محاكاة عمل محطة المعالجة مع الزمن والتنبؤ بكفاءة عملها. من هذه البرمجيات برنامج (STOAT). وهو عبارة عن بيئة عمل متعددة تهدف إلى نمذجة محطات معالجة مياه الصرف المعاشية والصناعية ومحاكاتها ويعتبر من أحدث التقنيات التي تستخدم آخر التطورات في نمذجة عمليات المعالجة، تقنية المحاكاة ومجموعة كبيرة من الأدوات التي تبسط بناء النموذج والمحاكاة وإظهار النتائج على شكل مخططات وجدول، مما يسمح لنا بفحص التفاعلات المعقدة بين الوحدات المختلفة ضمن المحطة بشكل تفاعلي وديناميكي. وهذا مهم من أجل التصميم الفعال وتشغيل محطات معالجة مياه الصرف وإدارتها. ومن هنا تأتي حالة دراستنا في المنطقة الساحلية بسبب وجود عدد من محطات المعالجة الحديثة التابعة للتجمعات السكانية الصغيرة وهي قيد التشغيل مثل محطة خربة المعزة في محافظة طرطوس، حيث تبين لنا من خلال دراستنا وباستخدام البرنامج فعالية أداء هذه المحطة ضمن النماذج التي تم اعتمادها (ASAL1,ASM1)، مع إمكانية بناء سيناريوهات مختلفة مثل وصول تدفقات إلى حمولات تلوث عالية للتنبؤ بأداء هذه المحطة.

الكلمات المفتاحية:

محطات معالجة مياه الصرف الصحي، نمذجة، محاكاة، ASAL1، ASM1.

مقدمة عامة:

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم ، وزيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة إلى ارتفاع ملحوظ في الطلب على المياه و على الرغم من أن بعض الدول لا تعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للاستعمال على سطح الكرة الأرضية ليس متساوياً . وقد أدى ذلك إلى اختلال التوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها، الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنوع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بالطرق كافة.

37 مليار ليرة سورية خصصت لمشاريع الصرف الصحي خلال الخطة الخمسية العاشرة ، وهذا رقم كبير، و إن دل على شيء، فإنما يدل على اهتمام الدولة بمسألة بيئية هامة تتعلق بصحة الناس وبتوفير الخدمات الأساسية للجميع لأن مشكلة الصرف الصحي مشكلة مزمنة تعاني منها المدن والبلدان والقرى كافة في مختلف المحافظات ، وإن كانت قد نفذت بعض الحلول الجزئية التي تحتاج إلى استكمال، ولتقدير تكلفة محطة المعالجة يجب حساب تكاليف بناء المحطة وتجهيزاتها، بالإضافة إلى حساب تكلفة تشغيل المحطة وصيانتها، فالمحطة ذات التكلفة التأسيسية الدنيا مقارنة بالبدائل المتاحة ليست على الأغلب هي الأكثر اقتصادية و إنما يجب النظر إلى تكلفة التشغيل و الصيانة لمدة لا تقل عن عشر سنوات في أثناء تقييم الخيارات اقتصادياً.

تعاني المنطقة الساحلية و بخاصة محافظة طرطوس من غياب نظام الإدارة المتكاملة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي، حيث توجد فيها محطات المعالجة الصغيرة التابعة للتجمعات السكانية الصغيرة مثل محطة خربة المعزة ومحطة تعنيتا، وتعتمد أغلب هذه المحطات نظام المعالجة بالحمأة المنشطة بتقنية التهوية المديدة، من هنا تأتي أهمية البحث في نمذجة عمل هذه المحطات ومحاكاتها الموضوع الذي لم تتطرق إليه الأبحاث السابقة في المؤسسات التعليمية أو الخدمية.

كل الأمور السابقة تجعلنا نبحث عن الحلول التي يمكن أن تساعد في حل مشاكل محطات المعالجة من حيث تصميمها وحساب نكلفتها.

□ . أهمية البحث:

- 1- إمكانية استعمال النماذج للتنبؤ باستجابة النظام إلى البارامترات المؤثرة في عملية المعالجة.
- 2- إمكانية استعمال النماذج المتعددة للحمأة المنشطة لتقييم فاعلية عمل المحطة، والمحاكاة للتنبؤ بأداء جميع المنشآت الداخلة في تركيب المحطة، ولا سيما في حالة حمولات التلوث المرتفعة والمفاجئة.

□ . أهداف البحث:

- 1- النمذجة الديناميكية لعمل محطة معالجة خربة المعزة والتحقق من فعالية عمل هذه المحطة وكفاءتها.
- 2- محاكاة عمل المحطة للتنبؤ بقيم البارامترات المختلفة مع مرور الزمن (تركيز المواد الصلبة العالقة، تركيز الأمونيا و COD و BOD في التدفق الخارج من المحطة) وعند تغير الظروف مثل مواسم عصر العنب أو حدوث عواصف مطرية أي زيادة حمولات التلوث الناتجة عن صناعة ما.

□ . مشكلة البحث:

- هناك مشاكل كبيرة تنتظرنا من حيث تشغيل المحطات، بالإضافة إلى الاستهلاك الهائل للطاقة علاوة على غياب إستراتيجية وطنية واضحة لكيفية المعايير المتبعة لاختيار القرى ذات الأولوية المراد معالجة المياه الملوثة لها، بالإضافة إلى غياب واضح لمراعاة الاختلاف المناخي و الطبوغرافي و ضعف الخبرة الوطنية في مجال تشغيل محطات المعالجة و صيانتها في أثناء تحديد الخيارات المتاحة للمعالجة، ويمكن تلخيص أهم مشكلات البحث بما يلي:
1. غياب عملية المراقبة والتشغيل المبرمجة في أغلب محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحالية في سورية لتقدير فعالية هذه المحطات وأدائها وتغير كفاءتها مع الزمن، كما لا توجد إمكانية للتنبؤ بالأعطال والمشاكل الفنية والتشغيلية.
 2. عدم إمكانية استخدام برمجيات المراقبة وتشغيل المحطات في الوضع الحالي لغياب المعلومات الكافية عن قياس العوامل الأساسية للمراقبة والتشغيل وللمواصفات القياسية التي ستحدد فعالية المعالجة في هذه المحطات.
 3. غياب تصميم البرامج المحلية الملائمة وصناعتها لتشغيل المحطات الحالية والمستقبلية ومراقبتها وتقدير أدائها، وعدم توفر هذه البرمجيات حتى في الجامعات حيث توجد صعوبة في الحصول على مثل هذه البرمجيات نظراً إلى أسعارها الباهظة.

□ مراحل البحث (المنهجية):

تمثلت مراحل إعداد البحث بالمرحل التالية:

- 1 -مرحلة الدراسة المرجعية للاطلاع على آخر الأبحاث العملية المنشورة في المجالات العلمية والإنترنت التي تتعلق بنمذجة محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومحاكاتها.
- 2 دراسة نظرية تتضمن تجميع المعلومات عن المحطة المدروسة من حيث تصميمها (الأبعاد التصميمية) وطريقة المعالجة المستخدمة فيها.
- 3 تحديد نقاط الدراسة على أرض الواقع التي سيتم أخذ عينات دورية منها لإجراء التحاليل للبارامترات اللازمة وذلك في مخبر مديرية البيئة في طرطوس.
- 4 إدخال نتائج هذه التحاليل إلى النموذج المعتمد (ASM1 أو ASM2 أو ASM3 أو ASAL1) والقيام بعملية تشغيل واختبار للنموذج.
- 5 بناء سيناريوهات متعددة تخص فترات مختلفة من أيام السنة (وصول حمولات تلوث عالية).
- 6 القيام بعملية محاكاة مرافقة لكل سيناريو على فترة محددة من الزمن (شهر أو شهرين).
- 7 إخراج نتائج المحاكاة.
- 8 تفسير النتائج ومناقشتها ومقارنتها بلقيم المراقبة واقتراح الأفضل واستخلاص الاستنتاجات والتوصيات.

□ حجم الرسالة ومكوناتها:

تتضمن الرسالة ما يلي:

- ❖ **مقدمة البحث:** يتضمن ملخص عن البحث، مقدمة عامة، هدف البحث وأهميته بالإضافة إلى مشكلة البحث والمنهجية المتبعة في إجراءاته.
- ❖ **الفصل الأول:** ويتضمن دراسة واقية عن النمذجة والمحاكاة بالمفهوم العام من حيث استخداماتها وأنواعها، وأيضاً دراسة مرجعية واقية عن استخدامات النمذجة والمحاكاة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي.
- ❖ **الفصل الثاني:** ويتضمن دراسة نظرية عن أنواع المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي بالإضافة إلى قسم خاص بنمذجة عمليات الحمأة المنشطة ومحاكاتها بأقسامها وأنواعها، ووضع قسم خاص عن النموذج ASM1 الشائع الاستخدام في نمذجة عمليات الحمأة المنشطة وك ذلك نموذج Tacaks الخاص بنمذجة حوض الترسيب.
- ❖ **الفصل الثالث:** ويختص بوصف خصائص منطقة الدراسة كافة (محطة معالجة خربة المعزة) .

- ❖ **الفصل الرابع:** يختص بمنهجية البحث وطرائقه، حيث قدمت منهجية إجراء تحاليل العينات الخاصة اللازمة لإدخالها في البرنامج المستخدم في عملية النمذجة والمحاكاة (STOAT) مع وصف كامل لمنهجية استخدام هذا البرنامج وذلك في الحالات الواقعية والافتراضية.
- ❖ **الفصل الخامس:** يتضمن النتائج والمناقشة، حيث تم عرض النتائج ومناقشتها التي تم التوصل إليها من استخدام عملية النمذجة والمحاكاة في محطة المعالجة المدروسة .
- ❖ **الاستنتاجات والتوصيات:** التي تم التوصل إليها في نهاية البحث .
- ❖ **المراجع**

Introduction : مقدمة البحث

الفصل الأول

الدراسة المرجعية

النمذجة والمحاكاة

Modelling and Simulation

الفصل الثاني

معالجة مياه الصرف الصحي

نمذجة عمليات الحمأة المنشطة ومحاكاتها

Modelling and Simulation of activated sludge processes

الفصل الثالث

حالة الدراسة

Study Case

الفصل الرابع

المنهجية وطرائق البحث

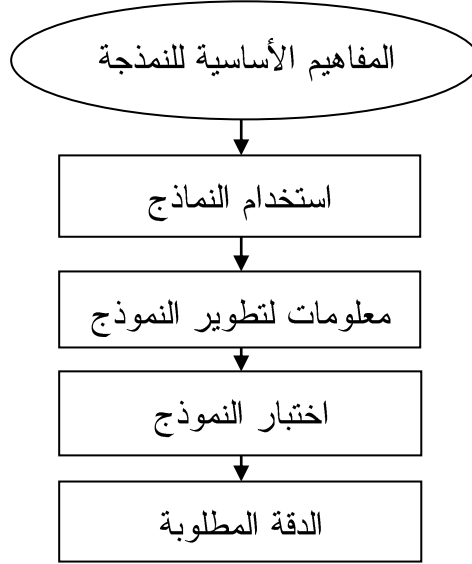
Methodology

الفصل الخامس

النتائج والمناقشة

1-1. المفاهيم الأساسية للنمذجة :

تستخدم النمذجة بشكل واسع من قبل تخصصات مختلفة ولأهداف عديدة جداً، لذا من المفهوم تماماً أنه سيكون هناك تضارب بين المستخدمين المختلفين، وتكون هذه الفوارق أكثر وضوحاً بين باحثي الهندسة وأصحاب المهن الهندسية أو الممارسين.

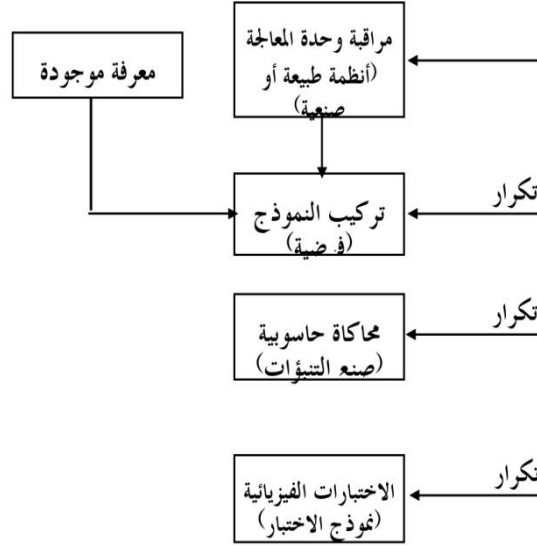


الشكل (1) المفاهيم الأساسية للنمذجة

1-1-1. استخدام النماذج :

إن الهدف الأولي لأغلب باحثي الهندسة هو توسيع معرفة الهندسة، فهم يرون النمذجة أداة لتوجيه البحث مع إمكانية تطبيق النموذج عملياً في فترة معينة مستقبلية. إن النماذج الأولية للباحث يمكن اعتبارها نسخاً رياضية معدلة للفرضيات المستخدمة بالطريقة العلمية حيث توجد إمكانية التسليم الضمني بالخطأ.

يتوقع الباحث أن النموذج قد يعطي تقديرات غير دقيقة أو غير كاملة. يبين (الشكل رقم 2) أن تطور النماذج هو عملية تكرارية يتم فيها مقارنة التقديرات بالنتائج الملحوظة وقد يعدل النموذج إذا دعت الضرورة.



الشكل (2) خطوات تطوير النماذج الرياضية [Andrews 1992]

يلحظ المتدربون عادة الحاجة إلى تجميع المعطيات للحصول على قيم رقمية لبعض البارامترات ويتوقعون أن يكون هنالك بعض الشك في تقديرات النماذج، ومع ذلك، فهم يتوقعون عادة أن يعطي التركيب الأساسي للنموذج تقديرات مرضية دون أن يتم تعديلها. فالمتدربون لا يستطيعون أن يتحملوا تقديرات بعيدة عن الدقة باعتبار أن النتائج (فقدان العمل، السمعة، المال) قد تكون قاسية.

2-1-1 . معلومات لتطوير النماذج:

الشكل رقم (2)، الذي يمكن أن يسمى أيضاً مخططاً صندوقياً للطريقة العلمية، يبين تخطيطاً استعمال أربعة مصادر من المعلومات هي:

1. المعرفة القائمة
2. مراقبة سلوك الوحدة
3. تنبؤات النموذج
4. نتائج الاختبارات المخطط لها.

إن التشديد الموضوع على كل من مصادر المعلومات المختلفة هذه يخضع بشكل كبير للنظام الأساسي ولخلفية المطور أو لمستخدم النموذج.

وتدل الخبرة أن مصادر عديدة مختلفة من المعلومات لها قيمة كامنة لتطوير النماذج. وهذا صحيح بشكل خاص لنماذج وحدة معالجة مياه الصرف الصحي التي تتطلب معرفة متراكمة من تشكيلة واسعة من الفروع العلمية والهندسية وكذلك معرفة عملية من قبل مصممي الوحدة ومشغليها.

1-1-3. اختبار النماذج:

إن مقدار الاختبار سيكون تابعاً للغاية التي سيستخدم من أجلها النموذج، وإلى مزج المعرفة القائمة والفرضيات الجديدة متحدة بالنموذج نفسه. فإذا كان النموذج يقوم كلياً على مبادئ جيدة التأسيس من العلوم أو من فروع الهندسة الأخرى، فإن بنية النموذج يجب أن تكون كافية وكل ما يمكن أن يطلب هو تحديد القيم العددية للبارامترات في النموذج.

بالإضافة إلى ذلك، فإن أول التقديرات قد يكون إما موجوداً وإما أنه يمكن حسابه من المعطيات الموجودة في المراجع. مثال على ذلك نجده في تقارن أو ربط نماذج هيدروليكية لعمليات فردية لمحاكاة ديناميكية تدفق أو جريان سائل في وحدة معالجة للمياه بكاملها كما ورد في تقرير المرجع [1].

في الحالة المذكورة أعلاه قد يكون أكثر ملاءمة أن نقول إن بنية النموذج لا تتطلب اختباراً وإن الهدف من الاختبار هو تحديد قيم عددية للبارامترات. إن مثل تلك النماذج لم تعد مطروحة في ميدان البحث الهندسي ولكنها بدلاً من ذلك جاهزة للتطبيق الهندسي.

إن إجراء المحاكيات باستخدام النموذج لتصميم التجارب الفيزيائية من خلال تجارب أولية تكون عادة على منضدة العمل القياسية المخبرية لبرهنة أو لدحض الفرضيات والحصول على تقديرات بارامترية تقريبية. يعدل بعد ذلك النموذج ليوحد هذه الإضافات في المعرفة ومن ثم يستخدم في المحاكيات لتصميم التجارب للاختبارات الرائدة (Pilot) و/أو للاختبارات بالمقياس الكامل. (Full-Scale Testing)

الشكل رقم (2) يمكن استخدامه أيضاً لتوضيح الاختلاف في الموقف تجاه اختبار النماذج من قبل باحثي الهندسة الذين يعملون على "أنظمة طبيعية" (جداول مائية، بحيرات، خلجان الخ...) وأولئك الذين يعملون على أنظمة من "صنع الإنسان" مثل وحدات المعالجة.

إن التجارب ليست دائماً ممكنة للأنظمة الطبيعية وإن طريقة اختبار النموذج لهذه الأنظمة تكون عادة بجمع المعطيات عبر فترة طويلة من الزمن ومن ثم تحليل المعطيات لفحص "التطابق أو التوافق" بين تقديرات النموذج والمعطيات.

بالنسبة إلى الأنظمة التي صنعها الإنسان كوحدات المعالجة، فإن الاختبار العملي في أحوال كثيرة ممكن وإن جزءاً مكملاً من اختبار النموذج يجب أن يكون داخلياً في التصميم كما يلزم إجراء اختبارات موضوعة بعناية بما في ذلك المدخلات المناسبة وتكرار القياسات بحيث يمكن الحصول على المعطيات عن الظاهرة ذات الاهتمام بسرعة أكبر وبدقة.

هذه النقاط تشير إلى الحاجة لإجراء اختبارات موضوعة بعناية لتقييم مثل تلك الظاهرة، ذلك أن اختبار النموذج هو المفتاح لموثوقيته (Model Validation)، بمعنى هل النموذج المقترح أو الموضوع يمثل الحالة الواقعية المدروسة.

إن اختبار النماذج يثير أيضاً مسألة القياسات (الملاحظات أو المشاهدات) وهذا يوضح اختلافاً آخر بين تطوير النماذج واستخدامها من قبل باحثي الهندسة والممارسين.

1-1-4. الدقة المطلوبة:

إلى أية درجة مطلوب من تنبؤ أو تقدير النموذج أن يكون دقيقاً (Model Verification)، بمعنى هل النتائج الحاصلة دقيقة بشكل كافٍ؟ وهل يكتفى بعبارة (نعم) أو (لا) أم من المطلوب عبارات أكثر تدل على ذلك؟! وإذا كان الجواب يجب أن يكون أكثر من نعم أو لا فإلى أي حد بعيد يجب على السلوك المقدّر والملاحظ أن يتوافقا؟ إن الأجوبة عن هذه الأسئلة تعتمد على الغاية التي سيستخدم من أجلها النموذج.

في المراحل الأولى لتطوير النموذج، فإن جواب "نعم" أو "لا" قد يكون ملائماً تماماً. مثلاً، في أعمال أندروز [2] حول ديناميكية الهضم اللاهوائي للرواسب (الحمأة) في وحدات المعالجة لمياه الصرف الصحي أصبح واضحاً أنه يجب على النموذج أن يتمكن من تقدير أن فشل عملية الهضم قد يكون بسبب زيادة تحميل عضوي حيث عرف أن هذه الظاهرة تحدث ميدانياً في الواقع وأن النماذج الموجودة السابقة يمكن أن تقدر الفشل بزيادة تحميل هيدروليكي فقط.

ما إن يُمكن من تقدير حدوث الظاهرة على أساس "نعم" أو "لا"، فإن الخطوة التالية كانت بتوسيع النموذج من قبل أندروز نفسه [3، 4] إذ يمكن أن يقدر السلوك المتعلق بالزمن للمتغيرات الأساسية التي عادة ما تراقب من أجل تقييم الحالة العملية. إن عبارة "شبه كمي-Semi-quantitative"، التي هي مبهمة، تم صوغها لتشير إلى أن التقديرات كانت بالاتجاه المناسب (عالية أو منخفضة).

يجب ألا تسمى هذه الزيادات في الحجم لتلائم الشك في هذه التقديرات (زيادة في التصميم) وإنما تسمى عوضاً عن ذلك (محاولات للحماية ضد الشك أو اللائقين)، حيث إن هنالك شكاً دائماً

في محاولات تقدير المستقبل، إن الإمكانية تقوم على أن الحمل العضوي أو الهيدروليكي على وحدة المعالجة لمياه الصرف الصحي في نهاية مدة التصميم يمكن أن يكون إما أكبر أو أصغر من المتنبأ به.

1-2. المحاكاة:

المحاكاة هي عملية تقليد لأداة حقيقية أو عملية فيزيائية أو حيوية. تحاول المحاكاة أن تمثل و تقدم الصفات المميزة لسلوك نظام مجرد أو فيزيائي بوساطة سلوك نظام آخر يحاكي الأول، وهي طريقة أو أسلوب تعليمي يستخدمه المعلم عادة لتقريب الطلبة إلى العالم الواقعي الذي يصعب توفيره للمتعلمين بسبب التكلفة المادية أو الموارد البشرية، تستخدم كلمة (محاكاة) في عدة مجالات بما فيها النمذجة للجمل الطبيعية و الأجهزة البشرية لمحاولة استكشاف تفاصيل هذه العملية .

هناك محاكاة أيضاً في التقنية و هندسة الأمان safety engineering حيث يكون الهدف فحص بعض سيناريوهات العمل في العالم الحقيقي و اختبار أمن بعض العمليات أو حتى مدى جدواها العلمية و الاقتصادية ، ويعتقد بأن أسلوب المحاكاة قد استخدم منذ أن وجد الإنسان على الأرض، كما أشارت بعض الدلائل التاريخية إلى أن أول لعبة محاكاة في تاريخ البشرية هي لعبة الشطرنج التي ترجع إلى سنة 3000 قبل الميلاد في الصين والتي كانت تهدف إلى التدريب على المناورات العسكرية. أما جذور لعب المحاكاة Simulation Game فتتبع إلى بداية الحضارة اليونانية؛ فقد بين أفلاطون وغيره من الفلاسفة اليونانيين أهمية تقليد المواقف الحياتية من خلال التدريب عليها، ومنذ منتصف الستينيات من القرن العشرين ازداد الاهتمام بالمحاكاة كطريقة مناسبة وفعالة في عملية التعليم وبخاصة بعد ظهور الحواسيب؛ حيث أصبحت عملية المحاكاة للمفاهيم والأنشطة والتجارب تتم من خلال الحاسوب ، وأصبح لها دور هام وبارز في العملية التعليمية.

ومع تطور الحواسيب ازدادت المحاكاة الحاسوبية فعالية وإثارة في تدريس المفاهيم والمواضيع العلمية المختلفة وتنوعت لغات المحاكاة واستخداماتها في التدريس وهذا ما جعلها أكثر مرونة وحيوية من ذي قبل، كما استخدمت المحاكاة في التقليل من الخسائر المادية والمعنوية، وهذا ما جعلها من النشاطات الفاعلة والممتعة في إرساء أسس التعلم لبعض المهارات والمواضيع الصعبة التي يصعب التعامل معها دون مخاطر في الواقع؛ فهي تبسيط لبعض المواقف الحياتية أو لعملية ما يكون لكل فرد فيها دور يتفاعل من خلالها مع الآخرين في ضوء عناصر الموقف المحاكي.

وفي البرامج التعليمية المعززة بالحاسوب تمثل المحاكاة تكراراً لظاهرة ما في الطبيعة، بحيث يصعب تنفيذها داخل غرفة الصف أو خارجها، نظراً إلى خطورتها أو إلى ارتفاع تكلفتها؛ ففي هذه البرامج يواجه المتعلم بمواقف واقعية تقدم له بطريقة مشابهة، فهي بذلك تقنية فاعلة للتعليم أو تدريس مفهوم من الحياة بوساطة تقليد هذا المفهوم أو استحضار شيء يشبهه، ولا ينظر للمحاكاة باعتبارها حافظاً للمتعلمين فحسب، بل ينظر إليها على أنها قادرة على جعل المتعلمين يتعلمون بطريقة مشابهة للطريقة التي سيتعرضون لها في حياتهم العملية الحقيقية.

1-2-1 . أنواع المحاكاة:

يمكن تصنيف أنواع المحاكاة على عدة أسس لكن أهمها هو تصنيف المحاكاة على أساس طبيعة الميزة التي نحاكيها و على أساس ذلك يكون هناك:

1 - محاكاة باستخدام الأحداث المنفصلة.

2- المحاكاة المتواترة (continuous).

3- المحاكاة المختلطة (Hybrid Simulation) .

و يتصل علم أو فن المحاكاة اتصالاً شديداً بالرياضيات، وبخاصة الرياضيات الرقمية و الفيزياء و المعلوماتية.

كما يمكن تقسيم المحاكاة إلى أربعة أنواع على النحو التالي :

1 - محاكاة مادية أو فيزيائية: physical simulation:

وهذا النوع يتعلق بمعالجة أشياء فيزيائية مادية بغرض استخدامها مثل : قيادة الطائرة، استخدام الأدوات والكيماويات.

2 - محاكاة إجرائية : Procedural Simulation

ويهدف هذا النوع من المحاكاة إلى تعلم سلسلة من الأعمال أو الخطوات مثل التدريب على خطوات تشغيل آلته أو جهاز أو تشخيص بعض الأمراض في مجال الطب .

3 - محاكاة وضعية : (Situational Simulation)

وهذا النوع يختلف عن المحاكاة الإجرائية حيث يكون للمتعم دور أساسي في السيناريو الذي يعرض وليس مجرد تعلم قواعد وإستراتيجيات كما هو في الأنواع السابقة ، فدور المتعلم اكتشاف استجابات مناسبة لمواقف من خلال تكرار المحاكاة.

4- محاكاة عملية أو معالجة: (Process Simulation):

وفي هذا النوع لا يؤدي المتعلم أي دور في المحاكاة، بل هو مراقب ومجرب خارجي ففي الوقت الذي لا يستطيع فيه المتعلم أن يشاهد الإلكترونات أو حركة الضوء وسرعته، فإنه يمكنه مشاهدة ذلك في المحاكاة العملية مما يسهل عليه إدراك مثل هذه المفاهيم.

ولسهولة التمييز بين أنواع المحاكاة فقد تم تقسيم المحاكاة إلى قسمين رئيسيين هما :

أ -محاكاة للتعلم عن الأشياء:

أي محاكاة تعلم الأشياء أو التعلم من مشاهدة شخص آخر ، ويندرج تحت هذا القسم المحاكاة المادية والعملية.

ب -محاكاة لتعلم عمل شيء:

هذا يعني تعلم كيفية عمل الأشياء أو كيف يتم التعلم من مشاهدة شخص آخر، ويندرج تحت هذا القسم كل من المحاكاة الوضعية والإجرائية.

1-2-2: طرق المحاكاة:

المحاكاة تهدف إلى دراسة و بناء نماذج و/أو برمجيات (المحاكاة الحاسوبية) لتقليد نظام حقيقي، قائم أو مزعم إنشاءه، و ذلك بهدف دراسته.

و باستخدام المحاكاة فإنه يمكن توفير الكثير من المال حيث إنك ترى في الحاسوب إن كان اختراعك أو آلتك توافق المواصفات التي تريدها كما أنك تستطيع أن تتحقق من أمان طائرتك أو سفينتك و كل هذا قبل أن تقوم ببنائهما في الواقع. كما أن المحاكاة تستخدم أيضا للتدريب حيث يتدرب الطيارون الجدد مثلاً في أجهزة محاكاة تجعلهم و كأنهم يطيرون طائرة حقيقية مع فرق بسيط هو أنه في أثناء المحاكاة مسموح لهم بالخطأ، لأن هذا الخطأ قد يكون مميتاً إذا حدث في الواقع.

1-2-3:أهمية المحاكاة ومزاياها:

تُعد المحاكاة أحد أهم أساليب التدريب التي يعتمد عليها المديرون لترشيد التكاليف. ليس فقط ترشيد التكاليف المالية بل وتكلفة الوقت وتكاليف الجهد البشري أيضاً. كما أن أسلوب التدريب بالمحاكاة يعتمد عليه لتحقيق مستوى متقدم من الجودة مع بداية دخول المتدرب إلى بيئة العمل الفعلية دون الاعتماد على مبدأ رفع جودة الأداء عن طريق الصواب والخطأ والتي تؤثر من غير شك في سمعة الموظف والمنظمة. ولا يفوتنا تأكيد أن هناك مجالات قد يصعب أو يستحيل فيها العمل والتجربة الحقيقية وإنما لا بد من الاعتماد على التدريب بالمحاكاة.

1-2-4: متطلبات المحاكاة:

1-تهيئة بيئة العمل لتحاكي وتشابه بقدر الإمكان بيئة العمل الفعلية المستهدف التدريب من أجلها.
2-تجهيز المعدات اللازمة للتدريب بالمحاكاة والمتوافقة مع المعدات التي ستستخدم بالواقع العملي وهنا تجدر الإشارة إلى أنه من الخطأ أن يتم تجهيز معدات مختلفة تماماً عما سيتم توفيره بالواقع الحقيقي.

3 -توفير المستندات التي تطابق المستندات التي سيتم التعامل معها.

1-2-5: خطوات التدريب بالمحاكاة :

- 1- تحليل الأداء لتحديد الاحتياجات التدريبية والشخصيات المستهدف تدريبها وأهداف الخطة التدريبية.
- 2- تحليل الأعمال الحقيقية التي سيتم التدريب عليها لأول مرة أو التدريب عليها لرفع مستوى الأداء بها.
- 3- تحديد العناصر الأساسية لبيئة العمل الممكن توفيرها بمقر التدريب.
- 4- تهيئة البيئة التدريبية المشابهة للبيئة الفعلية.
- 5- تنفيذ العملية التدريبية.
- 6- تقييم الأداء التدريبي السابق واللاحق لمزاولة المتدرب للعمل الحقيقي.

1-2-6: نصائح وقواعد لمحاكاة فعالة :

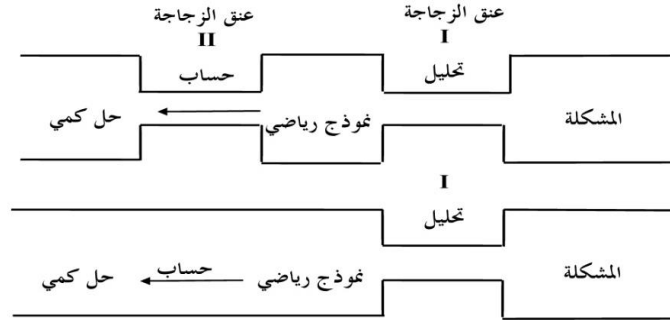
- 1- تهيئة البيئة التدريبية المشابهة إلى أكبر درجة ممكنة بالبيئة الحقيقية لمزاولة العمل.
- 2- التدريب على مواقف تحاكي وتشابه تماما ما يمكن أن يحدث بالبيئة الفعلية دون إفراط أو تفريط ومن غير المبالغة في حالات غير واقعية.
- 3- يتم تكثيف التدريب في حالة المتدرب قليل الخبرة بينما يقل إلى حد ما للمتدرب الذي له سابق خبرة.
- 4- لا يطبق التدريب بالمحاكاة نظراً إلى تكلفته إلا في وقت الحاجة الحقيقية إليه وقد يكون من الأنسب في بعض الحالات تطبيق أساليب أخرى.

1-3: المحاكاة الحاسوبية:

بعد أن يتم تطوير نموذج رياضي ديناميكي لعملية ما، فإن المعادلات التي تشكل النموذج يجب حلها كي تسمح بتقدير سلوك العملية بالعلاقة مع الزمن. وعملية التطوير هذه تعرف بالمحاكاة (Simulation) ويمكن الوصول إليها باستعمال النموذج لاكتشاف تأثير الحالات المتغيرة في النظام الحقيقي.

من الواضح، أنه ينبغي أن يكون النموذج صورة معقولة عن النظام الحقيقي كي تكون النتائج ذات معنى باعتبار أن نتائج المحاكاة لا يمكن أن تكون أفضل من النموذج والمعطيات التي بنيت عليها المحاكاة.

قبل ميلاد الكومبيوترات، كانت هناك طريقة ضيقة خانقة في الحساب (الشكل رقم 3) وكانت الجهود المبذولة في النمذجة الرياضية غالباً ذات قيمة عملية صغيرة باعتبار أن المعادلات التي تشكل النموذج لا يستطيع حلها.



الشكل (3) صعوبات تطوير النماذج الرياضية قبل توافر المحاكاة الحاسوبية وبعدها [Franks,1967]

إن المهندسين، كونهم أناساً عمليين سوف يقولون عادة: "لماذا نضع المعادلات إذا كان من المستحيل حلها؟" إلا أن توافر الحواسيب الجاهزة ولغات المحاكاة قد أزلت على نحو كبير هذه الطريقة الضيقة (عنق الزجاجة)، كون الطريقة المستخدمة حالياً هي بالأصل تطوير للنماذج الواقعية.

1-3-1. تاريخ المحاكاة الحاسوبية:

إن الاستخدام القديم للحواسيب الرقمية للمحاكاة كان محصوراً في الأساس بالاختصاصيين باعتبار أنه كان يتطلب معرفة مفصلة بالتقنيات العددية ويحتاج إلى وقت كبير من الزمن لتعلم لغات البرمجة مثل فورتران (FORTRAN).

لقد تم التغلب على هذه المشاكل بتطوير لغات المحاكاة التي جرى تكييفها وفقاً للمستخدمين. وهذا ما سمح للمهندس أو العالم أن يركز على تطوير النموذج وتعليل نتائج المحاكاة بدلاً من التركيز على برمجة التفاصيل. كما أمكن أيضاً تعلم معظم لغات المحاكاة في وقت قصير من الزمن نسبياً (ساعات بدلاً من أيام وأسابيع) وهذا يرضي رغبة الوظيفة الهندسية المطلوبة في حل المشكلة [5].

إن لغات المحاكاة القديمة كانت مكيّفة باتجاه تقديم المعلومات على شكل دفعات متعاقبة (Batch) باعتبار أن أكثر الحواسيب الرقمية في تلك الحقبة (1960-1975) كانت تشغل كأنظمة دفعية متعاقبية (Batch System) باستعمال حواسيب عالية الثمن نسبياً. هذا النوع من العمل أعاق

انتشار استخدام المحاكاة الحاسوبية حيث إن المستخدم احتاج إلى وسيلة ربط واتصال مع مركز حاسوبي ولم يتمكن من التفاعل مباشرة مع الحاسوب بشكل مستقل.

إن جمعية المحاكاة الحاسوبية [6] تنشر دليلاً سنوياً عن برمجيات محاكاة. إن طبعة 1991 من هذا الدليل تدرج فيها 116 مجموعة من برامج محاكاة الحاسوب للأغراض العامة والخاصة، منها 77 مجموعة ملائمة للاستعمال في الحواسيب الشخصية (PC).

إن الحاسوب الشخصي المعدل لـ (SIMNON) يمكن أن يعالج حل 300 معادلة تفاضلية في وقت واحد [7]. يمكن أن نجد المزيد من التفاصيل مع بعض الأمثلة السهلة حول استعمال (SIMNON) في المرجع [8].

مثال على نظام محاكاة أكثر شمولاً للأغراض العامة هو (GPS) الذي تم وضعه من قبل باتري وتاكاس [9]، الذي يصف أيضاً استعمال (GPS) في دراسة لوحدة معالجة كبيرة لمياه الصرف الصحي في كندا. يحتوي هذا المحاكى (Simulator) على تشكيلة من النماذج الرياضية الأولية المقررة لعمليات معالجة مياه الصرف الصحي التي يمكن ربطها بعضها ببعض بسهولة لتشكل نموذجاً متكاملًا لوحدة معالجة، مستخدماً مفاهيم غرضية التوجه (Object Oriented) وتفاعلية التوجه (Interactive Oriented).

هناك ملف أو رزمة لمحاكاة أخرى موجهة نحو النمذجة الديناميكية وضبط وحدات معالجة مياه الصرف الصحي هي (SACCESS) (التحليل الإحصائية للأنظمة البيئية وضبطها) التي تم وضعها من قبل هيراوكا وجوارا [10].

يعتمد هذا الملف المتوفر على مستوى حاسب مركزي والحاسب الشخصي، على تحاليل متتالية زمنية، وهذا ما يمثل "نمذجة" تستعمل مكونات أو عناصر مقررة وإحصائية. إن تطبيق ملف ساكسس (SACCESS) على النمذجة وضبط وحدة معالجة مياه الصرف الصحي في اليابان (وحدة كاواماتا) قد جاء في المرجع [11].

كما أن هناك تطبيقات حديثة للمحاكاة الرياضية تعتمد على مفاهيم الانتشار (Diffusion Concepts) في تحديد التصميم الأمثل لوحدات المعالجة اللاهوائية لمياه التلوث وبخاصة الصناعية منها (UASB) نجدها في المرجع [12].

كذلك توجد رقائق حواسيب خاصة (Chips) متوافرة للشبكات العصبونية وللنطق الضبابي، مما يسهل تنفيذها في برمجيات الكمبيوتر وتقنياته، كذلك يجب ذكر فوائد استخدام الجداول الإلكترونية (Spreadsheets) المتوافرة تجارياً (Excel وغيرها). أغلب القراء سوف يألّفون استعمال

الجدول الإلكتروني لحل معادلات جبرية محددة وربما استعمالها أيضاً في حل مكرر "التجربة والخطأ" للمعادلات المعقدة. ومع ذلك، قد لا يعرفون أن هذه الجداول (Spreadsheets) يمكن استخدامها أيضاً في النمذجة الديناميكية (حل معادلات تفاضلية) كما جاءت في المراجع [15,14,13].

1-3-2. حسنات المحاكاة الحاسوبية وسيناتها:

إن للمحاكاة الحاسوبية العديد من الحسنات والسينات، مثل المحاكاة الفيزيائية. فمن الإيجابيات يمكن كسب معرفة كبيرة حول عملية ما، بواسطة تطوير نموذج رياضي ومحاكاة حاسوبية لاحقة مع استخدام هذا النموذج. ويمكن استخدام "تحليل الحساسية" (Sensitivity Analysis)، أو تجاوب النموذج مع الفروق في المتغيرات النوعية، لتحسين النموذج بتحديد تلك المتغيرات التي هي بالغة الأهمية. ويمكن استخدام تحليل الحساسية أيضاً لتبسيط النموذج، وذلك بتحديد تلك المتغيرات التي لها تأثير بسيط في أداء النظام.

إن تطبيق نماذج محاكاة مع تحليل الحساسية بغرض تحديد الملوثات العضوية والجرثومية لجريانات مطرية في نظام شبكة صرف صحي مختلط للمناطق الحضرية في حالة مدينة اللاذقية/سورية قد تم وصفه من قبل الدكتور عادل عوض في المرجع [16].

كما أن المحاكاة تسمح باختبار أنظمة كبيرة، مثل أحواض الأنهر، حيث إن الاختبار الفيزيائي التقليدي على النظام بالمقياس الكامل قد يكون غير ممكن.

ضمن هذا الإطار هناك تطبيق هام على نمذجة رياضية متكاملة لمحاكاة أداء مفاعل بيولوجي لاهوائي ذي طبقة مائعة (AFBR) المستخدم حالياً على نطاق واسع في معالجة مياه التلوث وبخاصة الصناعية منها، حيث تبين بدقة كافية أثر ارتفاع الطبقة المائعة (Bed Height) وتمدها في مواصفات الأغشية البيولوجية (Biofilms) ومكوناتها في المفاعل المدروس، ومن ثم في أداء نظام المعالجة ككل [17].

تظهر أهمية المحاكاة الحاسوبية بخاصة في إدارة أحواض التصريف والمصادر المائية باستخدام أنظمة نمذجة للجريان المطري أو السيول منها على سبيل المثال نظام نمذجة (Modeling System) وضعته إدارة المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة، استناداً إلى قاعدة معطيات لنظام المعلومات الجغرافي (GIS)، وذلك بهدف التحسين من التمثيل المكاني لملاحح الحوض وتقدير العمليات الفيزيائية بدقة كافية [18].

كما توجد محاكيات (Simulators) عديدة لتقدير جودة مياه الشرب مثل برنامج (EPANET Software) وذلك في شروط الاستقرار والاستقرار، وقد طورت طرق جديدة لحساب ومحاكاة تَوَزَعُ تراكيز غاز الكلورين للتعقيم وانتشارها على كامل شبكة مياه الشرب [19].

إن المحاكاة الحاسوبية تطرح طريقة جديدة لاكتشاف الحقيقة تقوم على فهم العالم من خلال إعادة اختراعه.

هنالك بالطبع، سيئات للمحاكاة الحاسوبية. منها أن نتائج المحاكاة ليست أفضل من النموذج الرياضي والمعطيات التي هي مبنية عليها. فقد تعطي نماذج ضعيفة و/أو معطيات ضعيفة نتائج غير دقيقة لا بل مضللة. يمكن للمحاكاة الحاسوبية أن تكون أسهل، وأرخص وأسرع من الاختبارات الفيزيائية. ففي حالة معالجة مياه الصرف الصحي، يمكن أن تكون أيضاً عملاً أكثر نظافة. مما يعني أن هذه العوامل يمكن أن تؤدي بالنهاية إلى أن يصبح المرء مشدوداً أكثر مما ينبغي بالأدوات المساعدة (النمذجة والمحاكاة الحاسوبية) وبالتالي قد يهمل الاختبارات الفيزيائية أو تجميع المعطيات.

1-4. المحاكاة والنمذجة في التطبيقات الهندسية:

Simulation and Optimization in Engineering Applications

1-4-1. مقدمة:

إن نماذج المحاكاة (Simulation) هي نماذج (Models) لنظم حقيقية أو نظم افتراضية (Real hypothetical systems)، تطور لاكتساب معلومات جديدة حول خصائص النظام أو سلوكيته، فالنماذج تعكس السمات الهامة للنظام المدروس كله. وبسبب تعقيد كل من النظام والنموذج، لذا تستعمل الحواسيب الشخصية لحساب النتائج المطلوبة.

استخدمت نماذج المحاكاة (Simulation models) في الخمسين سنة الماضية على نطاق واسع في مجالات تطبيقية مختلفة، وكذلك في العلوم والأبحاث، حيث أصبحت المحاكاة أقوى طرق النمذجة (Modeling method). إن نماذج المحاكاة خلافاً للبرمجة الرياضية (Mathematical programming) لا تعطي وحدها الحل الأمثل. إن قيماً معينة لخصائص نظام معين وسلوكه تجري دراستها عند مجال محدد من متغيرات المدخلات (Input variables) وذلك بتشغيل النظام لفترة من الزمن (Running the system for a time) [20].

إن النمذجة المثلى باستخدام المحاكاة (Simulation optimization) هي عملية إيجاد أفضل قيم لمتغيرات المدخلات من بين كل الاحتمالات. إن الفعالية الكلية لتقنية النمذجة المثلى بالمحاكاة لعملية حل مسألة ما، تعتمد على عناصر أخرى في العملية نفسها، بما في ذلك فهم المسألة وتركيبها وتصنيف الطرائق والمسائل، والإلمام بالحوسبة، وتفسير النتائج، وأخيراً الخبرة العامة للمستخدم، وليس اعتمادها مقتصرًا على فعالية خوارزميات النمذجة المثلى (Optimization algorithms) أو المحاكاة (Simulation).

إن الهدف الرئيس للنمذجة المثلى بالمحاكاة لحل مسألة ما هو تخفيض الموارد الكلية إلى حدها الأدنى (الزمن - التكلفة - الموارد البشرية والفنية)، وفي الوقت نفسه تعظيم المعلومات الكلية (مثل سلوك النظام، الحساسية (Sensitivity، الحلول المثلى) الحاصلة من العملية.

1-4-2. المصطلحات الأساسية والتعاريف :

بالنسبة إلى النقاط التالية نقدم بعض التعاريف العملية:

- النظام S (System) : يظهر أو يعرف بأنه مصدر كامن للمعطيات (Data).
- التجربة E (Experiment): في هذا السياق هي عملية استخلاص المعطيات من النظام عن طريق إدخال (هذا النظام) بالكثير من المدخلات للوصول إلى بعض المخرجات.
- النموذج M (Model) للنظام (S) وللتجربة (E): يستخدم للإجابة على أسئلة عن النظام (S).
- النمذجة (Modeling): تعني عملية اكتساب المعرفة عن نظام معين وتنظيمها.
- المحاكاة (Simulation): هي تجربة تطبق على النموذج.
- الكيانات (Entities): هي عناصر أو أشياء ملموسة (Objects) ممثلة في نماذج المحاكاة (Simulation models) وهي تشترك فيما بينها بخواص أو صفات تدعى خاصيات (Attributes) أو متغيرات الحالة/الوضع (State variables).
- حيث إن: Discrete ← Attributes

و State variables ← Continuous

إن مجموعة هذه المتغيرات تحدد حالة النظام (State of a system) عند زمن محدد. فمع مرور الزمن تتغير قيمة متغيرات الحالة / الوضع (وأحياناً حتى قيمة كل مجموعة المتغيرات).

- الأحداث (Events) هي النشاطات التي تغير حالة النظام (قيمة متغيرات وضع معينة). إن سلوك النظام (System behavior) (أي مساره Trajectory) هو تغير أوضاع النظام عبر الزمن. فالمحاكاة في هذا السياق هي الحوسبة العددية لسلوك النظام.

1-4-3. تحليل الأنظمة (System analysis):

يمكن اعتبار النظام (System) تجمعاً منظماً من العناصر المترابطة التي تحوّل، خلال فترة محددة، بعض المدخلات القابلة للقياس إلى مخرجات قابلة للقياس.

من الواضح أنه إذا كان التصميم الهندسي يحقق جميع القيود في الوقت نفسه فإنه يوصل إلى الهدف المنشود في تحقيق الربح الأعظمي أو التكلفة الدنيا، وبالتالي يمكن اعتبار هذا التصميم حلاً أمثل (Optimum solution).

إن النظام (System) مركب على الشكل التالي:

$$(1) \quad S = \langle T, X, \Omega, Q, Y, \delta, \lambda \rangle$$

حيث إن:

T أساس الزمن (Time base) (حقيقي)

X مجموعة متغيرات المدخلات (Input variables)

Ω مجموعة مقاطع المدخلات (Input segments) أي خريطة عن الفواصل (Intervals) في أساس الزمن بالنسبة إلى المجموعة X

Q مجموعة الحالات (Set of states)

Y مجموعة قيم المخرجات (Output values)

δ $\Omega \times Q \rightarrow$ التي هي دالة التحويل (Transition function)

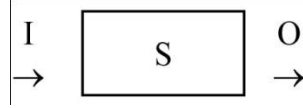
λ $Y \rightarrow$ التي هي دالة المخرجات (Output function)

بإعطاء الوضع الحالي (Current state) ومقطع المدخلات عندها تحدد δ الوضع التالي (Next state).

بإعطاء الوضع الحالي، فإن λ تحدد قيم مخرجات معينة.

مسائل مباشرة مقابل مسائل معكوسة

يمكن تمثيل المسائل المباشرة والمعكوسة للنظام كما في الشكل رقم (4).



الشكل (4) - مسائل مباشرة ومعكوسة للنظام

* مسألة مباشرة:

$I, S =$ معلومة و $O =$ مجهولة. كما هو الحال في عملية المحاكاة (Simulation)

* مسألة معكوسة (غير مباشرة):

- الصندوق الأسود (Black box)

$I, O =$ معلومة و $S =$ مجهولة. كما هو الحال في عملية النموذج التصوري

(Conceptualization)

- تحديد التركيب (تقدير الوضع)

$S, O =$ معلومة و $I =$ مجهولة. كما هو الحال في عملية التجريب

(Experimentation).

إن عبارتي نظام (System) ونموذج (Model) قابلتان للتبادل بالمعنى العملي حيث إن النموذج هو نظام بسيط يستخدم بدلاً من نظام معقد.

1-4-4 تحليل النمذجة (Modeling analysis)

إن النماذج (Models) هي أنظمة مبسطة تستخدم لتمثيل أنظمة من واقع الحياة، ويمكن أن تكون بدائل لأنظمة حقيقية (Real systems) لأغراض معينة. وإن النماذج تعبر عن مفاهيم مشكلة من الأنظمة الحقيقية.

هناك نوعان من المتغيرات: المتغير المعياري (Criterion variable) والمتغير التنبئي (Predictor variable). المتغير المعياري هو المتغير الذي يلزم للمتغير التنبئي في التصميم. المتغير التنبئي هو المتغير الذي تكون قيمه قابلة للقياس ويمكن استخدامها في تقدير المتغير المعياري.

يتم استخلاص قيم للثوابت التجريبية بتوافق النموذج مع القيم المقيسة للمتغيرات المعيارية والتنبئية. تسمى هذه الثوابت إما معاملات (Coefficients) أو عوامل (Parameters)، ويمكن تعريفها كما يلي:

العامل (البارامتر): هو قياس عددي لخاصية أو صفة أي ثابت لنظام في ظروف معينة.

المعامل: هو متغير أو ثابت يظهر في نموذج رياضي حيث تُحدد كل قيمة فيه الشكل المعين للنموذج. ويتضح من عمومية هذه التعاريف إمكانية استخدامها بشكل متبادل.

إن عملية النمذجة (Modeling) في مجال جودة المياه على سبيل المثال هي تمرين حل مسألة يسعى فيها النمذج (Modeler) إلى تحديد العلاقات بين الأسباب والنتائج في نظام ما. إن الغاية من النمذجة البيئية (Environmental modeling) هي الوصول إلى فهم أفضل للعمليات الهامة التي تطبق على النظام وضمنه، ولإستخدام تلك المعرفة في إدارة هذا النظام.

إن بناء النموذج يشمل الخطوات الآتية [21]:

1. تعريف المسألة (Problem definition): يتم تطوير النماذج للبحث في مسائل محددة لذلك يجب تعريف المسألة بشكل واضح ودقيق.
2. التطوير النظري للنموذج: باستخدام نظرية عامة أو معطيات تجريبية يتم من خلالها تطوير نموذج نظري للمسألة التي هي قيد الدراسة.
3. التطوير الرياضي للنموذج: يتم التعبير عن النموذج النظري بشكل رياضي.
4. المعايرة (Calibration): يتم تحديد مدخلات النموذج والبارامترات (العناصر) باستخدام معطيات حقلية (ميدانية) ومخبرية. إن المعايرة بالمعنى الرياضي هي مسألة ارتباط حيث يتم السعي فيها إلى الوصول إلى الحد الأدنى من التعبير عن الفرق بين السلوك المقدر (الحسابي) والملاحظ (الميداني أو المقيس).
5. التحقق (Verification): يتم التحقق من صحة النموذج باستخدام معطيات ملاحظة/مشاهدة (Observed data) من النظام الناتج في ظل شروط مختلفة عن المعطيات المستخدمة في المعايرة.

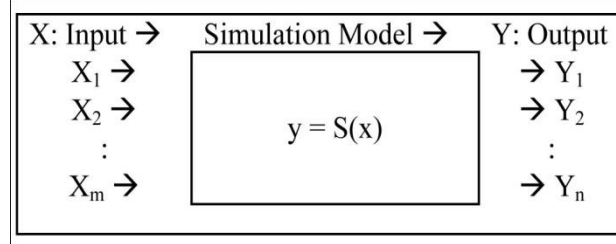
5-4-1. مسألة المحاكاة (The simulation problem) :

يمكن وصف نموذج محاكاة بعامة كما يلي (الشكل 5):

$$Y=S(X) \quad (2)$$

حيث $X = X_1, X_2, \dots, X_m$ تدل على عدد m من متغيرات المدخلات.

$Y = Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ تدل على عدد n من متغيرات المخرجات.



الشكل (5)- نموذج المحاكاة (Molnar, 2003)

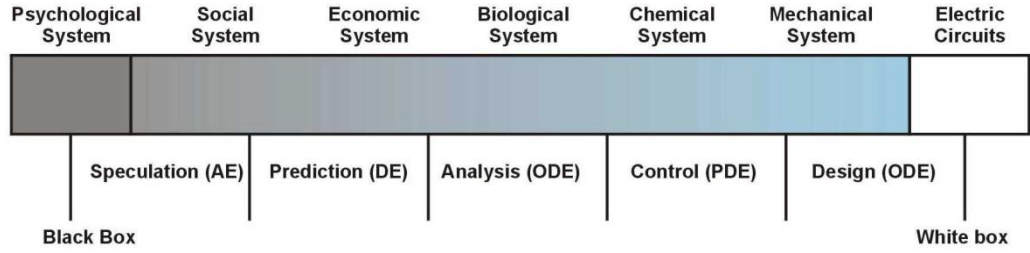
إن أهمية المحاكاة واضحة فهي تساعد على فهم ماهية الأسباب والتأثيرات وكذلك الدعامات التي تنظم المعرفة (Knowledge) بترتيب زمني ومكاني ويمكن استخدامها لحل مسائل مباشرة (التحليل: مراقبة وفهم مثل العلوم) وكذلك لمسائل غير مباشرة (التصميم: التعديل مثل الهندسة).

إن معظم محاسن المحاكاة ترتبط بشكل كبير بمحاسن النمذجة، ويمكن استخدام المحاكاة في الحالات الآتية:

- عدم توفر نظام فيزيائي (هندسة).
 - إمكانية أن تكون التجربة خطيرة/هدامة.
 - التكاليف الباهظة للتجارب
 - عدم توافق الثوابت الزمنية للنظام مع تلك العائدة للقائم بالتجربة
 - عند الحاجة إلى إخماد الاضطرابات (Disturbances suppressing).
 - عند الحاجة إلى إخماد (إهمال) التأثيرات ذات المرتبة الثانوية
 - إمكانية تغيير جميع المتغيرات (Variables) والعوامل (Parameters).
- على الرغم من المحاسن الكبيرة، هناك بعض السلبيات الجدية للمحاكاة مثل:
- إن المحاكاة تعطينا نتائج عن الحقائق المتعلقة بكيفية سلوك النموذج في شروط معينة، ولكنها لا تعطينا نتائج عن الحقائق عن كيفية سلوك النموذج في الحالات القسرية أو الاعتباطية (كما هو الحال في التقنيات التحليلية).
 - إنها سهلة الاستخدام، إلا أن هناك مخاطر متنوعة في الوقوع في أخطاء.

6-4-1. تطبيق المحاكاة (The application of simulation) :

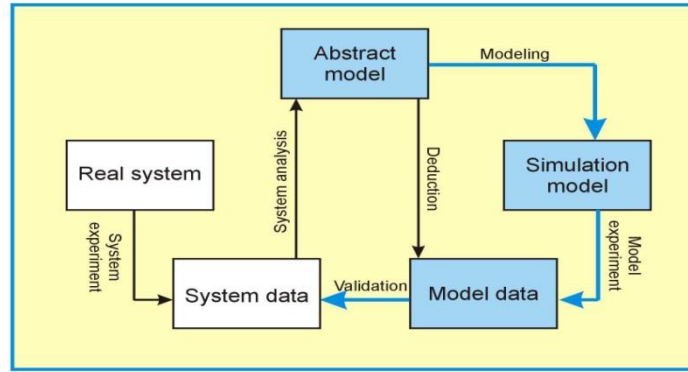
إن التنوع الكبير لتطبيق المحاكاة يتمثل على أفضل وجه، كما هو وارد في الشكل رقم (6):



الشكل (6) - تطبيق المحاكاة (Molnar, 2003)

7.4-1. عملية المحاكاة (Simulation process) :

إن عملية المحاكاة صعبة وذات طابع فكري. إن فن المحاكاة وعلمها يظهران في الشكل رقم (7) [22].



الشكل (7) - عملية المحاكاة (Schmidt, 2001)

8.4-1. برمجيات المحاكاة (Simulation software) :

لقد تم تطوير أدوات برمجيات المحاكاة (Simulation software tools) لدعم عملية المحاكاة نفسها. لذا يمكن تقديم أصناف متنوعة من البرمجيات تبعاً لمدى دعم نمذجة المحاكاة modeling Simulation وهي [20]:

* على أساس التسهيل في العمل:

- لغات البرمجة لأغراض عامة (مثل الفورتران ، C)
- رزم برمجية (مثل FORTRAN- GPSS – GASP)

- محاكٍ (جهاز أو برنامج يطبق المحاكاة Simulator) ذو مستوى أولي، مع بناء لغة أساسية (مثل SIMULA ، C++)
- محاكٍ عالي المستوى (مثل GPSS ...)
- بيئات/ظروف تطوير المحاكاة (مثل ARENA ، SIMPLEXII)
- * على أساس أصناف نماذج التطبيق:
- أدوات محاكاة مستقلة/منفصلة (Discrete simulation tools) مثل (SIMULA...).
- أدوات محاكاة مستمرة (مرتبطة بعضها ببعض أي مبنية بتلازم بعضها مع بعض) (Continuous simulation tools) مثل (ACSL ، CSM).
- أدوات محاكاة مشتركة (continuous-Discrete) (مستقلة - مستمرة) مثل (SLAM SIMPLEX II).

1-5. استخدام النمذجة والمحاكاة في دراسات محطات المعالجة:

■ في عام 1988 وضمن عمل UK Urban Pollution Management بدأ تطوير برنامج STOAT لمحاكاة عمل محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتم استخدام هذا البرنامج في الهند في محطة Titagarh غرب Bengal تعمل بالحماة المنشطة وتستخدم المياه المعالجة للري، حيث استخدمت البارامترات COD-TSS كمدخلات للبرنامج خلال فترة كانون الثاني 2004 إلى كانون الثاني 2005 وقيست التراكيز الخارجة والتحقق من نتائج المحاكاة بالمقارنة بين القيم التي تم الحصول عليها من البرنامج والقيم الحقيقية وكانت القيم قريبة، مما أوضح فعالية عمل البرنامج وتمت أيضاً دراسة إمكانية تعديل بعض أجزاء المحطة، وبالتالي الحصول على تراكيز أقل للـ COD و TSS وحتى النترا [23].

■ في عام 1989 تم استخدام برنامج GPS-X من أجل تحسين عملية المعالجة بنظام الحماة المنشطة عند فرط حمولة التلوث الناجم عن موسم العنب وصناعة الخمر في محطة معالجة تخدم خمس بلديات واقعة في شمال فرنسا وتم استخدام نموذج ASM1 حيث ساعد البرنامج على معرفة كيفية تغير كفاءة المعالجة عند تغيير عدد أحواض التهوية فمثلاً بزيادة عدد الأحواض من 1 إلى 4 تغيرت الفاعلية في إزالة الـ BOD من 98.5% إلى 99.7% والـ COD من 93.6% إلى 98.7% وذلك في الحالات العادية (أي من دون وجود موسم العنب) [24].

■ في عام 1993 وصف Lessard and Beck بشكل كامل دراسة نموذج لمحطة معالجة بالحماة المنشطة تطورت في Imperial College، وتمت معايرته، والتحقق منه باستخدام بيانات من محطة معالجة تقع في Norwich, UK، حيث تتألف المحطة من أحواض لمياه الأمطار وأحواض ترسيب أولية ومفاعل للحماة المنشطة ومرسبات ثانوية والبارامترات التي تمت محاكاتها في النموذج هي NO_3, NH_4, COD, VSS, SS والنموذج الموضوع هو تبسيط لنموذج ASM1 [25].

■ في العامين 1998 و 1999 قام Schutze بتطوير أداة المحاكاة SYNOPSIS (Software Package for Synchronous optimization and Simulation of urban Wastewater System) بهدف تحقيق دراسات عن نظام مياه الصرف الصحي من وجهة نظر متكاملة، حيث تسمح بالمحاكاة طويلة الأمد لنوعية المياه والعمليات النوعية التي

تحدث ضمن نظام مجرور نظام مياه الصرف ومحطات المعالجة والأنهار المستقبلية للمياه المعالجة وأيضاً التفاعلات بين هذه الأنظمة الفرعية[25].

■ في عام 2002 تم نشر تطبيقات النماذج الرقمية التي تستخدم SIMULINK/MATLAB للتحليل المتكامل لشبكة الصرف ومحطات المعالجة في Odenthal-ألمانيا حيث تجمع المحاكاة بين أدوات Plaskl الخاصة بنظام إنتاج مياه الصرف و SIMBA لنظام مجرور مياه الصرف و SIMBA لعمليات المعالجة البيولوجية ونتائج الدراسات أثبتت فعالية هذه الوسائل في اختبار استراتيجيات التحكم بنظام مياه الصرف الصحي الهادفة إلى تحديد الطرق الخاصة بتخفيض حمولات التلوث إلى المياه المستقبلية للمياه المعالجة[26].

■ في عام 2003 قام A. Zeidan. Et. al بدراسة استخدام برنامج Bio-Sys وهو عبارة عن software لنمذجة ومحاكاة مختلف عمليات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي في المحطات الحديثة أو الموجودة أصلاً، حيث أظهرت الدراسة محاكاة البرنامج لعمليات المعالجة البيولوجية وعمليات الترسيب التي تتوضع في الجزء العلوي من وحدة التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية UV باعتبار أن هذه العمليات تتحكم بالبارامترات كالتوزيع الحجمي للجزيئات وتركيز المتعضيات والمواد الصلبة وتركيز المواد المنحلة ومعدل التدفق الداخل والتي تؤثر بدورها في وحدة UV حيث يستخدم البرنامج معادلات Monod المحددة تجريبياً، وتم وضع المعادلات الخاصة بـ substrate والكتلة الحيوية الفعالة والميتة في المفاعل البيولوجي، وبالنسبة إلى المرسب تم استخدام نموذج أحادي البعد (استخدام بعد واحد ضمن ارتفاع طبقة المرسب) ووضع المعادلات الخاصة، وأيضاً وضع المعادلات الخاصة بنمذجة وحدة UV، وتم استخدام قيم افتراضية لكل البارامترات الخاصة بالمعالجة بما فيها معدل التدفق وتركيز BOD ومعدلات التحلل وثوابت Monod وسرعة ترسيب الجزيئات وغيرها، وأظهرت المحاكاة في حالة steady-state أن المرسب أزال وبنجاح كل الكتلة الحيوية الفعالة والميتة في ظروف الطقس الجاف، أما في حالة الطقس الرطب انخفضت فعالية الترسيب إلى 65% للكتلة الفعالة و 63.1% للكتلة الميتة والذي سيؤثر لاحقاً في وحدة UV وبالتالي يؤثر في تكاليف التشغيل وفعالية المعالجة[27].

■ في عام 2005 قام Alper Nuhoglu في جامعة Ataturk في تركيا ، كلية الهندسة ، قسم الهندسة البيئية بوضع نتائج المحاكاة لعمل محطة معالجة مدينة Erzincan التي تقع في شمال تركيا وتخدم 124000 شخص مكافئ حيث تتألف المحطة من مصيدة رمال ، ثلاثة أحواض

تهوية ومرسبين بالإضافة إلى مكثف للحماة ويتم في المحطة إزالة للكربون والنتروجين وتمت النمذجة باستخدام الموديل ASM1 والمحاكاة باستخدام GPS-X حيث اعتبرت القيم اليومية للـ COD ، TN ، SS ، $\text{NO}_3\text{-N}$ ، $\text{NH}_4\text{-N}$ هي مدخلات للبرنامج وتمت مقارنة قيم البارامترات في التدفق الخارج المحسوبة من البرنامج والقيم المقاسة حيث تم التحقق من النموذج المستخدم وأثبتت إمكانية استخدامه للتنبؤ بعمل المحطة في المستقبل [28].

■ في عام 2005 قام Karl-Heinz Rosenwinkel من جامعة Hanover في ألمانيا بدراسة المحاكاة طويلة الأمد لعمليات الحمأة المنشطة من خلال بناء نموذج رائد لمحطة معالجة Gummerwald تقع في مدينة Hanover في ألمانيا وذلك للتنبؤ بعمل المحطة وفعالية المعالجة عند زيادة التدفقات في العواصف المطرية حيث استخدم نموذج ASM3 و EAWA-Gbio-P الذي يمكن استخدامه كأداة لتقدير الحمولات الأعظمية المسموحة في العواصف المطرية واستخدم برنامج الـ GPS-X لمحاكاة وفحص النموذج وتحليل الحساسية وتقدير البارامترات المسموحة وتم استخدام البارامترات COD ، N-NH_4 ، P-PO_4^{3-} والدراسة أثبتت فعالية النموذج في التنبؤ بالسلوك طويل الأمد لنظام الحمأة المنشطة والقيم المحسوبة من النموذج كانت قريبة جداً من القيم المرافقة [29].

■ في العام 2005 قام Meta Levstek بدراسة نمذجة عملية nitrification-denitrification تتم في محطة مخبرية رائدة، وذلك بسبب اشتراطات EU القياسية لمحطة Kamni لمعالجة مياه الصرف الصحي في سلوفينيا التي تخدم 200000 ، وذلك بهدف تحسين عملية المعالجة فيها بالنسبة إلى إزالة المغذيات، ولهذا الغرض تم بناء محطة رائدة تتم تغذيتها بـ 15 لتراً من مياه الصرف الصناعية ذات تركيب كيميائي متنوع (مشتقات خمائر، كلوريد الأمونيوم وبعض المكونات اللاعضوية وأكثر من 20% من مياه الصرف المرسبة وغيرها) وذلك بسبب تنوع تركيب مياه الصرف في المحطة الحقيقية، وتعمل المحطة الرائدة بنظام الحمأة المنشطة المعلقة (ثلاث مراحل تتضمن anoxic و aerobic و sedimentation) وتتم في المحطة إزالة النتروجين وتم تشغيل النظام بمرحلة واحدة للحماة تحت شروط تشغيل محددة (التدفق ، الأوكسجين المنحل ، نسبة الإعادة، درجة الحرارة) وتألفت التجربة الرائدة من دراسة لحالة steady-state لمدة خمسة أيام وأيضاً حالة dynamic-state (تدفق داخل مضطرب) لمدة خمسة أيام أيضاً، وتم توصيف التدفق الداخل والخارج وكذلك المياه في مفاعلات anoxic و aerobic بما فيها COD وأجزائه وTKN وأجزائه وفق كيلدال، و MLSS والنتائج

التجريبية استخدمت في معايرة النموذج (steady-state) والتحقق من النموذج (dynamic-state)، وتمت كتابة كل معادلات توازن الكتلة لكل مرحلة وحسابات المعايرة استعملت الطرائق الرقمية باستخدام Mathematica 5.0 واستخدمت النماذج ASM1 و ASM1 المعدل (أي بارامترات kinetic, stoichiometric معدلة) و ASM3 والنتائج بينت أن المعايرة لم تنجح باستخدام بارامترات ASM1 أو ASM3 ولكنها نجحت باستخدام ASM1 المعدل واستخدمت قيم هذه البارامترات لاحقاً في إجراءات المحاكاة حيث نتج تقارب جيد بين النتائج التي تم الحصول عليها من هذه المحاكاة مع القيم التجريبية وذلك في حالة steady-state أما في حالة dynamic-state فلم يكن هذا التقارب كافياً بشكل جيد. وتم توضيح ذلك من خلال المخططات البيانية [30].

■ في عام 2006 في لوكسمبورغ تم نشر دراسة عن استخدام برنامج ASIM.4 للمحاكاة الديناميكية ونمذجة محطات معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام ASM3، وعن كيفية استخدامه وقد تم وضع حالة دراسة افتراضية لنمذجة ومحاكاة عملية النترجة في محطة معالجة افتراضية، وتخدم المحطة 10000 شخص مكافئ وتم توصيف بيانات المحطة والتراكيز الداخلة بشكل كامل حيث تمت المحاكاة في حالتها steady-state و dynamic-state وتم وضع نتائج المحاكاة على شكل مخططات بيانية وأظهرت النتائج تناقصاً ملحوظاً في تركيز الأمونيا في المرسب الثانوي، كما تمت دراسة التحكم بالأوكسجين ودراسة حالات مختلفة من الشروط (شروط فصل الصيف، زيادة حمولة التلوث COD زيادة حمولة N) وتم وضع المخططات المرافقة لكل حالة [31].

■ في عام 2006 نشر Michela Mulas دراسة عن نمذجة عمليات الحماية المنشطة والتحكم بها وذلك في محطة TecnoCasic لمعالجة مياه الصرف الصحي (معاشية 30% وصناعية 70%) قرب Gagliari في إيطاليا تتألف من معالجة أولية ومعالجة بيولوجية لإزالة الكربون والنيتروجين ومعالجة للحماة ثم معالجة كيميائية للمياه، حيث تم توصيف المحطة بشكل كامل بما فيها حجم المعالجة البيولوجية (2000 m^3) ومساحة المرسب الثانوي 707 m^3 وعمق 4m وحجم الحماة المعادة 7000 m^3 وإشباع الأوكسجين $8.8 \text{ go}_2/\text{m}^3$ حيث تمت النمذجة باستخدام ASM1 وإجراءات المحاكاة تضمنت كل من steady-state و dynamic-state باستخدام البيانات الحقيقية التي تم الحصول عليها من المحطة (COD وأجزائه، TKN وأجزائه، SVI، Q، ..) والقيام بالمقارنة بين المحاكاة باستخدام GPS-X و MATLAB/SIMULINK حيث أظهرت المحاكاة التطابق بين نتائج هذه البرامج، أما

التطابق مع القيم التجريبية فلم يكن جيداً، حيث إن السبب يعود إلى أن جمع العينات كل 2 أو 3 أيام لم يكن كافياً لمعايرة النموذج (وبخاصة بالنسبة إلى النتروجين) أما التطابق بالنسبة للـCOD فكان مقبولاً، وتم وضع كل مخططات المحاكاة التوضيحية للبيانات التجريبية والبيانات التي تم الحصول عليها من المحاكاة [32].

■ في عام 2006 قام M.Plattes et.al بدراسة النمذجة والمحاكاة الديناميكية لنموذج تجريبي MBBR (Moving Bed Bioreactor) لمعالجة مياه الصرف الصحي لمحطة تقع في Hesperang في لوكسمبورغ لدراسة استبدال الحمأة المنشطة التقليدية بـ MBBR حيث تم إجراء اختبار القياسات خلال خمسة أيام ما بين 1/8/2004 و 6/8/2004 وتم توصيف التدفق الداخل بشكل كامل مع إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية اللازمة وتم إدخالها لبرنامج الـGPS-X لتنفيذ المحاكاة كما تمت نمذجة البارامترات باستخدام ASM1 وأظهرت المحاكاة نتائج جيدة لإزالة الملوثات حيث بينت أن عمر الغشاء البيولوجي المقدر باستخدام MBBR أصغر من عمر الحمأة المطلوب للنتيجة باستخدام عمليات الحماة المنشطة التقليدية [33].

■ في عام 2007 قام M.Plattes.et.al بدراسة استخدام النمذجة والمحاكاة الديناميكية للـMBBR (Moving Bed Bioreactor) للنتج بالبارامترات الحركية باستخدام اختبار قياس التنفس (الغاز الثابت/السائل الثابت) لتوصيف الكتلة الحيوية للـheterotrophic و autotrophic في محطة تجريبية بتدفق $17.05\text{m}^3/\text{d}$ من التدفق الخام لمياه الصرف الصحي من محطة المعالجة في Hesperange في لوكسمبورغ وتتألف المحطة من حجرتين (aerated/anoxic) بحجم 2.8 m^3 و 3.9 m^3 بالإضافة إلى مرسب ثانوي، حيث تمت مراقبة القياسات خلال 4 أيام بين 22/5/2005 و 26/5/2005 حيث تم جمع العينات من التدفق الخام ومن كلتا الحجرتين وتم تحليل العينات الخادم والمفلترة لأجل حساب COD وأجزائه ونتروجين الأمونيا ونتروجين النترات والنتروجين الكلي و TSS كما تم تحديد BS (biofilm solids) وتمت نمذجة جهاز قياس التنفس باستخدام ASM1 وتم استخدام النموذج في برنامج GPS-X وقد تبين أن استجابة معدل استهلاك الأوكسجين الناتجة من إضافة خلاص الصوديوم وكلوريد الأمونيوم يمكن أن يعاد إنتاجها من خلال محاكاة النموذج المعتمد، كما أمكن تقدير البارامترات الحركية المرتبطة بمعدل نمو الكتلة الحيوية للـheterotrophic و autotrophic أي $Y_H, Y_A, \mu_H, \mu_A, X_{B,H}, X_{B,A}, K_S, K_{N,H}$ والبارامترات المقدره كانت ضمن مجال القيم المرجعية لأنظمة الحماة المنشطة كما تم تقدير قيم أجزاء الغشاء

البيولوجي بوساطة ASM1 بـ35% من المواد العضوية بطيئة الهضم بيولوجيا الناتجة من تدفق وتحلل الكتلة الحيوية والجزء الفعال من الكتلة الحيوية للـ heterotrophic و autotrophic وجد بشكل رئيس في الجزء المهورى من MBBR، كما أن تطبيقات النموذج المقترح والمدعوم باختبار قياس التنفس للمحطات الحقيقية للـ MBBR أظهر نتائج مرضية وأيضاً على أنواع أخرى للمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي [34].

■ في عام 2008 قام J.Ferrer et al. في إسبانيا بنشر دراسة عن استخدام برنامج DESASS (Design and Simulation of Activated Sludge System) المستخدم في تصميم محاكاة محطات معالجة مياه الصرف الصحي ونمذجتها والمطور من قبل مجموعة أبحاث CALAGUA حيث استخدم هذا البرنامج في العديد من الجامعات الإسبانية لأغراض تعليمية وبحثية ويستخدم هذا البرنامج نموذج BNRM1 (Biological Nutrient Removal Model NO1) وقد أثبتت الدراسة فعالية هذا البرنامج في اختيار النظام الأمثل لعمل محطات المعالجة الموجودة أصلاً أو المحطات قيد التصميم وإمكانية استخدام هذا البرنامج للتنبؤ المستقبلي (المحاكاة) بعمل المحطات عند تعديل أو تغيير معايير التشغيل وبالاعتماد على نتائج دراسات سابقة لتوصيف مياه الصرف تم إدخال بعض البارامترات إلى البرنامج مثل COD BOD ، NH₄ ، N_{TOT} ، PO₄ ، SS وساعد البرنامج في الحصول على نتائج مثلى فمثلاً الـ BOD الداخل كان 615mg/l والخارج 5.3mg/l و TP الداخل 10.3mg/l والخارج 2.1 mg/l [35].

■ في عام 2008 نشر Dwight Houweling دراسة عن النمذجة الديناميكية لعمليات النترجة في المحطات التي تعمل بنظام بحيرات الأكسدة المهورية الاختيارية (aerated facultative lagoons) في إقليم Drummondville في كندا، حيث تستخدم النماذج كأداة لوصف ظاهرة النترجة الفصلية وتحسين عمليات المعالجة من خلال عدة سيناريوهات، حيث تتألف المحطة المذكورة من أربع برك أكسدة ، وقد تم توصيف كل البارامترات التصميمية لهذه البرك بما فيها مدة البقاء الهيدروليكي ومساحة البرك بالإضافة إلى الحجم الهيدروليكي لهذه البرك وكذلك طاقة التهوية المستخدمة، وقد تمت الدراسة خلال الأعوام 2001 ، 2002 ، 2003 لوصف ظاهرة النترجة الفصلية التي تحدد بحسب تركيز الأوكسجين المنحل ودرجة الحرارة ومدة البقاء، وقد تمت مقارنة عدد من النماذج، منها النموذج الهيدروليكي 2-CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) الذي يفترض أن تكون البركة فيه مكونة من طبقتين هما طبقة عمود الماء وطبقة الرواسب والنموذج الثاني هو 1-CSTR الذي يفترض

تكون البركة من طبقة واحدة هي عمود الماء وفي كلا النموذجين يفترض نظام المزج الكامل للبركة وهناك أيضاً نموذج Biokinetic الذي يستند إلى النموذج ASM2d وقد تم توصيف كل البارامترات الخاصة بهذا النموذج ، وتم جمع العينات وإجراء قياسات تراكيز متغيرات الحالة بما فيها BOD ، COD بكامل أجزائه TSS, VSS , TKN والفوسفور وأيضاً قياس البارامترات في التدفق الخارج من البرك وتمت كل عمليات المحاكاة باستخدام برنامج GPS-X وتم وضع كل المخططات الخاصة لمقارنة نتائج المحاكاة بالنتائج التجريبية لتقدير فترة عملية النترجة، وأيضاً تمت دراسة سيناريوهات مختلفة للتحقق من النموذج، وذلك بزيادة تركيز الأوكسجين المنحل من 2mg/l إلى 10 mg/l وقد بينت النتائج أن نموذج CSTR-2 أفضل من CSTR-1 وكذلك من نموذج biokinetic وقد استخدم لدراسة تحاليل الحساسية لتراكيز DO وكذلك لتركيز الكتلة الحيوية لبكتريا النترجة X_{NIT} حيث تبين أن زيادة تركيز الأوكسجين المنحل يمكن أن تمد فترة عملية النترجة إلى زيادة 3 أسابيع في الربيع والخريف، كما أن زيادة X_{NIT} سيكون لها تأثير أفضل في تقديم بداية عملية النترجة في الربيع وبداية الصيف [36].

■ في عام 2010 نشر F.Fang. et al. دراسة عن بناء نموذج ديناميكي متكامل لمحاكاة عمل محطة معالجة لمياه الصرف الصحي المعاشية بالقياس الكامل في ظل ظروف العمل المتقلبة حيث أجريت الدراسة على محطة تقع في مدينة Hefei في الصين تعالج المياه المتولدة عن المناطق المحيطة بهذه المدينة، وتتألف المحطة من مصافي خشنة ومرسبات أولية ومعالجة بيولوجية (ثمانى وحدات SBR) لها أشكال مستطيلة وتعمل بنظام إملاء-تفريغ وحجم العمل لكل وحدة SBR هو 2000 m^3 ومدة عمل كل وحدة SBR مقسمة لـ 30min للإملاء و 120min للتفاعل و 60min للترسيب و 30min للفصل، وتمت الدراسة لمدة خمسة أشهر تم خلالها إجراء القياسات اليومية وتم حساب البارامترات والمعاملات اللازمة كافة بما فيها (COD وأجزائه TKN وأجزائه PO_4^{-3}) وتم بناء نموذج ديناميكي متكامل من خلال الدمج ما بين النموذج التقني (ASM3 و EAWAG-bio-P) الذي أمن ما يحتاج إليه نموذج NN (Neural Network) مع طريقة (Genetic Algorithm)GA لمحاكاة أداء هذه المحطة حيث تمت محاكاة النموذج التقني باستخدام محاكي AQUASIM أما نموذج NN فتمت محاكاته باستخدام MATLAB 7.0، واستخدم النموذج المتكامل لمحاكاة أداء المحطة خلال خمسة الأشهر. ونتائج المحاكاة أظهرت أن القيم التي تم التنبؤ بها تطابق القيم المقاسة في المحطة في ظل الظروف المضطربة حيث تم وضع المخططات اللازمة للقيم المقاسة والقيم

المقدرة، كما بينت المحاكاة أن هذا النموذج المتكامل أداة فعالة لمحاكاة مثل هذه الأنظمة المعقدة للـ WWTPs [37].

■ في عام 2011 نشر M.S.Nasr.et al دراسة عن نمذجة مفاعل SBR ومحاكاته (Sequencing batch reactor) لمحطة German BIOGEST/EL-AGAMY في مصر وذلك باستخدام محاكي GPS-X للتنبؤ بأداء المحطة من خلال بناء ستة سيناريوهات لفترات مختلفة من إملاء - تفاعل - ترسيب-فصل (اختلاف زمن كل مرحلة واختلاف مراحل وعمليات التهوية (aerobic , anaerobic , anoxic)) وتم استخدام ASM1 لنمذجة المفاعل البيولوجي (SBR)، والدراسة أظهرت دور عملية denitrification في ظروف anoxic لإزالة النترات والنتريت وكذلك دورها في منع تشكل البكتريا الخيطية (المشكلة الأساسية في المحطة المذكورة)، حيث تم توصيف تدفق مياه الصرف الصحي الداخل إلى مفاعل SBR (BOD, TSS, TKN, Q)، وكذلك بارامترات التصميم الفيزيائية للمفاعل (عددتها وحجمها وكذلك مستوى الماء فيها)، واستخدمت جميع البارامترات الافتراضية للـ ASM1 (Kinetic, Stoichiometric)، وتم توصيف مؤشرات التدفق الخارج للمياه المعالجة والمخططات الموافقة والتي توضح أداء المحطة في شروط السيناريوهات الستة [38].

2-1. المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي:

2-1-1. تعريف بأحياء مياه الصرف [39]:

2-1-1-1. بكتريا محيرة: قدرة على العيش في بيئتين مختلفتين: **Facultative Bacteria**:

إن معظم أنواع البكتريا التي تمتص المادة العضوية الموجودة في نظام معالجة مياه الصرف الصحي هي بكتريا محيرة بطبيعتها. هذا يعني أنها تتكيف لتعيش في الظروف الهوائية أو اللاهوائية. إن البكتريا المحيرة تكون لاهوائية عادة إلا إذا وجدت أنواع من العمليات البيوكيميائية أو الميكانيكية التي تقدم الأوكسجين إلى مياه الصرف.

2-1-1-2. البكتريا اللاهوائية: **Anaerobic Bacteria** :

وإن ميزة استخدام العمليات اللاهوائية هي في عدم الحاجة إلى استخدام معدات الكتروميكانيكية. تحرر البكتريا اللاهوائية كبريت الهيدروجين بالإضافة إلى غاز الميثان وكلاهما غاز خطر وحتى في بداية الفعل اللاهوائي في خطوط شبكة مجاري الصرف يوجد احتمال تراكم لغاز كبريت الهيدروجين القاتل أو لغاز الميثان القابل للانفجار.

2-1-1-3. البكتريا الهوائية: **Aerobic Bacteria** :

تعيش البكتريا الهوائية بوجود الأوكسجين الحر، إن البكتريا المحيرة تصل دائماً إلى الحالة الهوائية عند توفر الأوكسجين، بينما تعني كلمة هوائي تنفس الهواء، فللأوكسجين المنحل هو المصدر الأساسي للطاقة من أجل البكتريا الهوائية، كما أن وناتج البكتريا الهوائية هو ثاني أكسيد الكربون والماء.

تعيش البكتريا الهوائية على شكل مستعمرات تدعى ندفة floc وتبقى معلقة بوساطة التحريك الميكانيكي المستخدم من أجل تقديم الأوكسجين إلى مياه الصرف، يتبع عملية الهضم الهوائي فصل للندف في أحواض الترسيب . بسبب الطبيعة الميكانيكية لعملية الهضم الهوائي فإنه تجب مراقبة لعملية المعالجة وصيانة للمعدات الميكانيكية.

2-1-1-4. الحمأة المنشطة: **Activated Sludge** :

يقال عن الحمأة الهوائية التي هي بحالة جيدة إنها حمأة منشطة، بينما يكون للندفة الهوائية عشرة أضعاف النشاط الخلوي من الحمأة اللاهوائية، يمكن زيادتها أكثر من ذلك بتعريض البكتريا لوفرة من الأوكسجين. مقارنة بللهضم الذي يحدث خلال عدة أيام لإرجاع المادة العضوية، فإن الحمأة المنشطة

يمكنها إرجاع الكمية نفسها من المادة العضوية ما يقارب 4-6 ساعات، وهذا يسمح بكفاءة معالجة أكبر بكثير. في معظم الحالات تتحسن كفاءة المعالجة بحيث تقل مكونات المعالجة اللاحقة بشكل كبير.

2-1-1-5. الكائنات الخيطية: Filamentous Organisms :

إن معظم الأحياء الخيطية هي بكتريا، على الرغم من أن بعضها تصنف ضمن الأشنيات أو الفطور أو أشكال حياة أخرى . توجد عدة أنواع من البكتريا الخيطية تتكاثر بالتبرعم proliferate في عمليات الحمأة المنشطة، إن الأحياء الخيطية تؤدي عدداً من الأدوار المختلفة في عملية المعالجة، بعض هذه الأدوار مفيد وبعضها ضار ، أو قد تشكل بساطاً خيطياً بحجم كبير، إن الزيادة الكبيرة في سطح الندف دون زيادة مقابلة في الكتلة يسبب إعاقة لترسيب السائل الناتج عن الحمأة المنشطة.

بالإضافة إلى ذلك فإن فقاعات الهواء تحجز في البساط الحيوي المتشكل لتسبب صعوده على شكل مادة طافية (صعود الحمأة) وبسبب المساحة السطحية الكبيرة للبكتريا الخيطية فإنها في حال تشكلها بتركيز كبير تجتذب نسبة كبيرة من المادة العضوية لتعيق نمو أحياء أخرى مرغوب بها.

عندما يكون تركيز الأحياء الخيطية منخفضاً في عملية المعالجة فإنها تساعد في تقوية بنية الندف الحيوية، هذه التقوية تقلل من تأثير قوى القص الميكانيكية في حوض التهوية وتسمح بزيادة حجم الندف ليسهل التخلص منها في حوض الترسيب النهائي، فالندف الأكبر تكتل الجزيئات الصغيرة (بفعل الامتزاز السطحي) لتسحبها معها إلى قاع حوض الترسيب م ما يحسن في نوعية التدفق الخارج، وبالعكس، إذا وصل تركيز الأحياء الخيطية إلى قيم عالية فإن الخيوط تمتد من الندف إلى ندف أخرى لتوجد ترابطاً قوياً بين الندف (interfloc bridging) .

2-1-1-6. وحيدات الخلية وكثيرة الخلايا: Protozoans and Metazoans :

لوحظ في نظام معالجة مياه الصرف أن شكل الحياة الأعلى من البكتريا هي وحيدات الخلية، هذا الحيوان وحيد الخلية يؤدي ثلاثة أدوار رئيسة في عمليات الحماة المنشطة وهي:

- تشكيل الندف.
- استهلاك البكتريا.
- إزالة المادة الصلبة.

كما أن وحيدات الخلية تعتبر مؤشراً إلى الحالة الصحية للكتلة الحية وللتدفق الخارج، لأن وحيدات الخلية أكبر حجماً بكثير من البكتريا، لذلك يسهل تعريفها وتوصيفها بسهولة . إن كثيرات الخلايا مشابهة لوحيدات الخلية غير أنها حيوانات متعددة الخلايا.

2-1-1-7-النمو المشتت : Dispersed Growth :

إن النمو المشتت هو مادة معلقة ضمن عملية الحمأة المنشطة التي لم يتم امتزازها إلى جزيئة الندف الحيوية، هذه المادة تتألف من كمية ضئيلة جداً من مادة غروائية (أصغر من أن تزال بالترسيب) وبعض من جزيئات عضوية ولا عضوية.

إذا كان النمو المشتت بكميات صغيرة محجوزة ضمن الندف الحية يع تبر أمراً طبيعياً، فإن الكميات الفائضة منها تعبر حوض الترسيب النهائي دون ترسيب، وهذا ينتج عنه زيادة المواد الصلبة في التدفق الخارج.

2-1-2. الاستقلاب الميكروبي:

إن معالجة مياه الصرف الصحي ضمن أحواض التهوية تهدف إلى إزالة المواد العضوية من المزيج بوساطة هضمها من قبل البكتريا وحالما تدخل مياه الفضلات إلى حوض التهوية تتم عدة عمليات تهدف إلى استقلاب مركبات الكربون . وبشكل عام، فليق الاستقلاب يشمل آلاف التفاعلات الكيميائية المتزامنة داخل البكتريا و كل تفاعل من التفاعلات يُ حدث عملية تحويل المادة العضوية إلى مركب أو منتج بوجود الأنزيمات.

Product منتج (أنزيم وسيط) substrate مادة عضوية أو غيرها

وبدوره فإن المنتج يصبح مادة أساسية في الغذاء للمرحلة التالية من السلسلة الغذائية و بحيث يتحول بوجود أنزيمات أخرى غير التي وُجدت بالمرحلة الأولى إلى منتج آخر مختلف . حتى تتم هذه العمليات لا بد من أن يتم توفير الطاقة للبكتريا وهذا ما يطلق عليه بالتفاعلات المستهلكة للطاقة . و أما التفاعلات الأخرى المنتجة للطاقة فان المادة الخام تحول إلى منتج بوساطة العمل الأنزيمي و بعامة فليق الاستقلاب يقسم إلى مراحل أساسية و هي :

أ - عملية الهدم (Catabolism) أو استقلاب الطاقة : و فيها يتم تحطيم مركبات الكربون عبر سلسلة من التفاعلات و بالتالي الحصول على الطاقة الخلوية. و هذه العملية عبارة عن أكسدة بيولوجية و تمثل أساس عملية التنفس "Respiration".

ب - عملية تمثيل المواد الغذائية (Anabolism) : تشمل سلسلة من التفاعلات التي تهدف إلى التركيب الخلوي البيولوجي للجزيئات الكبيرة من الجزيئات الصغيرة . وهي عملية تحتاج إلى الطاقة التي يتم تأمينها من الطاقة الناتجة عن عملية الهدم السابقة . و تمثل هذه العملية أساس عملية النمو "Growth".

إن فهم النشاطات البيوكيميائية للكائنات الدقيقة ذات التأثير الهام في المعالجة البيولوجية يعتبر عاملاً أساسياً لاختيار وتصميم الطريقة الملائمة للمعالجة البيولوجية للمياه الملوثة . تحتاج الكائنات الدقيقة (microorganisms) حتى تتكاثر وتؤدي عملها بشكل مناسب إلى كربون وطاقة ومغذيات.

• مصدر الكربون:

إن الكربون ضروري لتصنيع المادة الخلوية وتركيبها ، وتعتبر المواد العضوية وثاني أكسيد الكربون من أغلب المصادر الشائعة للكربون . إن المتعضيات التي تستخدم الكربون العضوي لتشكيل النسيج الخلوي تدعى الهيتيروتروفلو (heterotrophs) وأما التي تشتق الكربون من ثاني أكسيد الكربون فتدعى أوتوتروفلو (autotrophs).

• مصدر الطاقة:

إن المتعضيات التي تستمد الطاقة من ضوء الشمس تدعى الفوتوتروفلو (phototrophs) التي ربما تكون من نوع heterotrophs مثل بكتريا الكبريت أو من نوع autotrophs مثل الطحليبات، وأما المتعضيات التي تستمد الطاقة من التفاعلات الكيميائية فتسمى الكيموتروفز (chemotrophs) وهي يمكن أن تكون autotrophs مثل بكتريا النتريجة أو heterotrophs مثل الفطور والبروتوزوا ومعظم البكتريا.

إن متعضيات chemo-autotrophs تستمد الطاقة من التفاعلات الكيمائية (أكسدة أو إرجاع المركبات العضوية مثل الأمونيا والنترت والسلفايد) وتشتق الكربون من ثاني أكسيد الكربون، أما متعضيات chemo-heterotrophs فهي عادة ما تشتق طاقتها من أكسدة المركبات العضوية وتعتمد على الكربون العضوي في تركيب النسيج الخلوي. وبما أن الهدف الأساسي لمعظم طرق المعالجة البيولوجية هو تخفيض المواد العضوية فإن المتعضيات الرئيسية لإتمام هذا الأمر هي chemo-heterotrophs أما عندما يراد تحويل الأمونيا إلى نترات فإن بكتريا النتريجة chemo-autotrophs هي التي تكون مهمة.

• المغذيات (عناصر لاعضوية):

مثل النروجين والفوسفور والكبريت وغيرها، إن مصادر الطاقة والكربون تدعى عادة substrate وإن وجود المغذيات في مياه الصرف الصحي يعتبر عاملاً داعماً للمعالجة البيولوجية لإزالة المواد العضوية الكربونية (القابلة للأكسدة البيولوجية).

2-1-3. طرق المعالجة البيولوجية:

❖ الطرق الهوائية واللاهوائية:

يمكن لمياه الصرف أن تعالج بالطريقتين الهوائية واللاهوائية لكون عمليات الهضم تتم فيها غالباً من دون روائح وبسرعة كبيرة، بسبب الطاقة العالية الناتجة عن عمليات التحول الهوائي للمادة . ولكن سلبيتها تتعلق بحاجتها إلى تقنية عالية تقوم على استهلاك كبير للطاقة من خلال عمليات التهوية بالأوكسجين كما أنها تتطلب خطأً كافياً للمياه الملوثة. في الوقت نفسه يجب أن نأخذ بعين الاعتبار تشكل كميات كبيرة من الرواسب (الحمأة). بالمقابل تتصف الطريقة اللاهوائية بتشكيل كمية قليلة من الحمأة واستهلاك أقل من الطاقة وإنتاج غاز بيولوجي يمكن استثماره (غاز الميثان) بالإضافة إلى غاز الكربون (CO_2) لكن سلبيتها تتعلق ببطئها مقارنة بالعمليات السابقة . لذلك فإن العمليات اللاهوائية لمعالجة مياه الصرف تتطلب أحواضاً كبيرة الحجم ومزديداً من العناية في عمليات المعالجة واستثمار الأحواض. استناداً إلى ما سبق تعتبر الطريقة الهوائية الطريقة العملية المفضلة لمعالجة مياه الصرف الصحي بيولوجياً وبشكل خاص عندما تكون تراكيز الملوثات العضوية في مياه الصرف منخفضة نسبياً (مياه الصرف المعاشية وبعض مياه الصرف الصناعية)، أما في معالجة الحمأة ومياه الصرف الصناعية ذات التركيز العالي فتفضل طريقة المعالجة اللاهوائية.

مبدأ طريقة المعالجة البيولوجية الهوائية:

يستند هذا المبدأ إلى مساعدة الكائنات الحية الدقيقة في إزالة المواد العالقة غير القابلة للترسيب والملوثات العضوية الذائبة في مياه الصرف الصحي المعالجة مسبقاً بالطريقة الميكانيكية. تتمو حماة الكائنات الحية الدقيقة في مياه الصرف الصحي التي تشكل الوسط الغذائي لهذه الكائنات ثم تساق إلى حوض المعالجة البيولوجية مع مياه الصرف الصحي ليتم التماس بين الحمأة ومياه الصرف الصحي حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة بامتزاز المواد الملوثة ومن ثم بهضمها وتحويلها إلى مادة لازمة لبناء الجسم، وإلى منتجات تابعة لتحول المادة (عملية هدم لتحرير طاقة وإنتاج فضلات مثل CO_2 و NO_3 وغيرها) وذلك لصالح باقي العمليات الحيوية، كذلك يجب أن تكون حمأة مياه الكائنات الحية الدقيقة قابلة للفصل عن مياه الصرف الصحي بسهولة وذلك حتى لا تصل إلى المياه المعالجة الخارجة من نهاية وحدات المعالجة (الميكانيكية-البيولوجية) وتتحقق عملية الفصل المطلوبة هذه من خلال حوض ترسيب نهائي يلي حوض المعالجة البيولوجية مباشرة . ولكي نضمن وسطاً هوائياً لحمأة الكائنات الحية الدقيقة يجب أن يكون حوض المعالجة البيولوجية مزوداً بالأوكسجين الكافي باستمرار . ويمكن أن يتم ذلك بالتهوية الطبيعية أو الاصطناعية، تستند طرق المعالجة التي تعتمد أسلوب التهوية الطبيعية أو شبه الطبيعية - على سبيل المثال طريقة المعالجة بوساطة بحيرات الأكسدة- إلى عمليات التنقية الذاتية

الطبيعية في المصدر المائي أو في أحواض الأكسدة المحفورة في التراب على شكل بحيرات، أو مباشرة فوق التربة الطبيعية، بهدف معالجة مياه الصرف الصحي ومعدنة ملوثاتها (تحويلها من ملوثات عضوية ضارة إلى مواد معدنية غير ضارة).

أما في حالة طرق المعالجة الهوائية الاصطناعية فيتم التمييز بين طرق المعالجة التي تعتمد أسرة حاضنة للبكتريا أو نظام الحمأة المنشطة، ففي الحالة الأولى تستوطن حماة الكائنات الحية بين طبقات الأسرة الثابتة و عليها ومن ثم يتم إيصال مياه الصرف المطلوب معالجتها إليها، ويمكن لنا أن نضرب مثالين على هذا النظام هما المرشحات الحجرية والأقراص البيولوجية الدوارة نصف المغمورة أو المغمورة بشكل كامل.

2-1-3-1. نظام المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة:

مبدأ النظام:

في هذا النظام تخطط مياه الصرف الصحي في الحمأة المنشطة ويتم تهويتها، حيث يتم تأمين الأوكسجين اللازم لهذه العملية البيولوجية بواسطة تجهيزات التهوية التي تهدف أيضاً إلى تحريك محتوى الحوض، ويمكن أن تتم عمليات الفصل ما بين التزويد بالأوكسجين والخلط

يساق خليط (المياه+الحمأة) الخارج من حوض الحمأة المنشطة إلى حوض الترسيب النهائي الذي يتم فيه فصل المياه المنقاة عن الحمأة المنشطة، والحمأة المنشطة المترسبة في حوض الترسيب النهائي تعاد إلى حوض الحمأة المنشطة كحمأة معادة، في حين تخرج مياه الصرف المعالجة من حوض الترسيب النهائي إلى المصدر المائي أو إلى الجهة المستفيدة منها.

إن عملية التنقية البيولوجية في نظام الحمأة المنشطة تشبه عملية التنقية الذاتية والطبيعية للمياه في مصدر مائي ما، هنا تتحول المواد العالقة غير القابلة للترسيب المذابة والمسوقة إلى مرحلة التنقية البيولوجية من خلال العمليات الحيوية التي تقوم بها البكتريا إلى مواد قابلة للترسيب ويتم التخلص منها كحمأة زائدة.

تعتبر طريقة الحمأة المنشطة من أكثر طرق المعالجة شيوعاً في الوقت الحاضر وذلك بسبب فعاليتها العالية في المعالجة وسميت بهذا الاسم ، لأنه يتم إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوي بشكل مستمر إلى حوض التهوية، حيث تساعد هذه العملية على تسريع العملية البيولوجية وزيادة كفاءتها بسبب زيادة كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية وبالتالي زيادة معدل أكسدة المواد العضوية على مكوناتها الأساسية وتفكيكها.

محاسن طريقة الحمأة المنشطة:

- لا تحتاج إلى مساحات واسعة من الأراضي مقارنة بطرق المعالجة الأخرى.
- كفاءة عالية في المعالجة.
- لا تحتاج إلى أيِّ عاملة كثيرة.
- يمكن إنشاؤها بالقرب من المدن.
- لا تؤدي إلى انتشار الروائح وتجمع الحشرات الضارة بتوفر ظروف التشغيل المثالي.

مساوئ طريقة الحمأة المنشطة:

- احتواء الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الرطوبة الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كبيرة في حجم الحمأة وبالتالي تصعب عملية تجفيفها.
- تحتاج إلى تجهيزات ميكانيكية وكهربائية ذات تكلفة عالية.
- تحتاج إلى كوادر فنية للتشغيل.

العوامل المؤثرة في عملية التنقية البيولوجية:

تتكون البقع المتشكلة عن الحمأة المساعدة على التنقية البيولوجية لمياه الصرف الصحي من مواد أساسية من أصل هلامي تعيش فيها البكتريا والبروتوزوات، وهذه الكائنات الحية تحول المواد العضوية جزئياً إلى منتجات نهائية لاعضوية مثل (مياه+CO₂) أو تخدم كمادة بناء ذاتي لتركيب جسمها.

شروط عملية التحويل:

- أ - تماس مياه الصرف الصحي مع بقع الحمأة.
- ب توفر الأوكسجين الكافي.
- ت توفر الغذاء الكافي لكل الكائنات الحية.
- ث كفاية مدة البقاء.
- ج وجود كمية كافية من بقع الحمأة المنشطة.

2-3-1-2. نظام المعالجة بطريقة المرشحات الحجرية البيولوجية:

مبدأ النظام:

يعتمد هذا النظام على مفهوم الترشيح الأرضي للمياه وينظر إليه على انه نظام يعمل كوحدة تنقية بيولوجية بوجود الأوكسجين.

تشبه المرشحات الحجرية خزاناً مملوءاً بالحصى أو ببقايا المقالع الحجرية أو أية مادة ملء أخرى تحقق وجود فراغات بينية كبيرة وتخفض أقطارها أو حجو مها من الأسفل أو الأعلى تدريجياً ، حيث أن هذه الفراغات الأرضية والبيئية بين المادة المألئة للحوض تمكن من تأمين الأوكسجين الداخل إلى المرشح من الأسفل والصاعد باتجاه الأعلى، تتطور الكائنات الحية الدقيقة على سطح مادة الملء وتشكل النسيج البيولوجي الهلامي الذي ي قوم بالمعالجة البيولوجية وبادمصاص مكونات مياه الصرف الصحي غير المذابة.

تعتبر المرشحات البيولوجية من أقدم طرق المعالجة البيولوجية ويقل استعمالها في الوقت الحالي ومن مساوئ هذه الطريقة: انتشار الذباب والبعوض في الموقع وعدم ثبات مردود المعالجة.

2-3-1-3. طريقة المعالجة بنظام الأقراص البيولوجية الدوارة-نصف المغمورة عادة-

:(Rotating Biological Contactors - RBC-)

مبدأ النظام:

الأقراص البيولوجية الدوارة هي مفاعلات ملائمة جداً لعملية النمو البيولوجي للكائنات الحية عليها حيث تكون هذه الأقراص كبيرة ، مسطحة وعريضة محمولة على محور فولاذي يدور ضمن حوض حيث تدور ببطء داخل حوض تعبره مياه الصرف باستمرار وهذه الأقراص يمكن أن تتكون من شبك معدني من مادة خاصة (ستيروير)، وخلال دوران القرص يغمر في المياه ليعود إلى الظهور حاملاً فوق السطح حاملاً معه الكتل البيولوجية التي تشكل مع الزمن فوق الشبك المعدني داخلاً وخارجاً نسيجاً عضوياً (أشبه بالحمة المنشطة) يقوم بالمعالجة البيولوجية ويجب الانتباه دائماً إلى أن يكون نصف القرص مغموراً في الماء ونصفه الآخر في الهواء وذلك بشكل متناوب ، عندما يخرج النصف المغمور من المياه يتعرض للهواء (على كامل نصف القرص الآخر) مشكلاً مرحلة التهوية الطبيعية الخاصة بهذا النظام ويجب أن تكون كمية الأوكسجين المكتسبة كافية لعمليات الهضم الهوائية عندما تغوص الكتلة البيولوجية مجدداً في مياه المجاري(مرحلة الغطس).

تستعمل هذه الطريقة في محطات المعالجة الصغيرة وتمتاز هذه الطريقة باستهلاكها القليل للطاقة وبقلة الحمأة الناتجة عنها ويبلغ معدل التنقية فيها ما يقارب 85%.

2-1-3-4. طريقة المعالجة بنظام بحيرات مياه الصرف الصحي (بحيرات أكسدة + بحيرات مهواة):

يستخدم هذا النظام في مجالات المناطق السكنية الصغيرة وتعتبر بحيرات مياه الصرف أحواضاً أرضية تنشأ قبل كل شيء في المناطق الريفية بغرض معالجة مياه الصرف الصحي ميكانيكياً وبيولوجياً ومنها من يعمل من دون تهوية صناعية (كبحيرات الأكسدة غير المهواة) - تتم فيها عمليات التنقية بشكل مشابه لعمليات التنقية الذاتية في المصادر المائية الراكدة-) وتدعى هذه البحيرات Pond وهناك البحيرات التي لا بد من التهوية الاصطناعية لعملها (كبحيرات التهوية- تتم تهويتها من خلال إنشاء تجهيزات التهوية الاصطناعية وبخاصة في حالة الحمولات العالية-) وتدعى هذه البحيرات Lagoon ومن الأسماء المعروفة لبرك الأكسدة Stabilization Pond و Oxidation Pond و Sewage Lagoon

تتألف هذه البرك من حوض ترابي ضحل نسبياً ويحتفظ بمياه المجاري لفترة طويلة كافية لتأمين التنقية الطبيعية وتحقيق درجة المعالجة المطلوبة.

أنواع بحيرات مياه الصرف تبعاً لاستخدامها:

أ - بحيرات الترسيب.

تخدم بحيرات الترسيب في فصل المواد القابلة للترسيب الموجودة في مياه الصرف الخام وفيها تتم عملية الهضم اللاهوائي للمواد المترسبة، وهذه البحيرات يمكن أن تكون منشآت مستقلة كحل انقالي مؤقت أو تكون مرحلة أولية لمعالجات لاحقة، وفي هذه البحيرات يمكن أن نتوقع انبعاث الروائح الكريهة وذلك لأن جسم المياه يكون غالباً في وضع تخمر لاهوائي.

ب بحيرات (برك) الأكسدة غير المهواة اصطناعياً (بحيرات هوائية-بحيرات لاهوائية).

مبدأ النظام:

البرك الضحلة التي تكون فيها تهوية بكامل أجزائها فتسمى برك أكسدة مهواة تهوية طبيعية وغالباً ما تستخدم هذه الأنظمة كعمليات معالجة إضافية (معالجة ثالثية) وتسمى أحياناً برك أكسدة إنضاجية، وفي البرك العميقة (2-3 m) التي ينعدم فيها الأوكسجين باستثناء الطبقة السطحية الرقيقة تسمى برك أكسدة لا هوائية anaerobic ponds (لا يوجد هواء يصل إلى الملوثات) وتستخدم هذه البرك في معالجة المياه شديدة التلوث العضوي ولكن يجب أن تتبع لاحقاً برك أكسدة مهواة طبيعياً من أجل إنتاج مواد نهائية مقبولة.

تخدم بحيرات الأكسدة غير المهواة اصطناعي أ في البيولوجية ويسبقها غالباً بحيرات ترسيب للتخلص من الرواسب الموجودة في مياه الصرف، ويتم وصول الأوكسجين إلى بحيرات الأكسدة غير المهواة اصطناعياً من خلال سطح المياه (سطح التماس بين الماء والهواء) ومن خلال عملية التمثيل الضوئي (التهوية البيولوجية)، ويتحدد الوسط الهوائي في الطبقة العليا من البحيرات بالنسبة إلى التزويد بالأوكسجين واستهلاكه في حين تسود غالباً في الطبقات الأعمق - تبعاً للتحميل - ظروف التخمر اللاهوائية.

ضمن الظروف الملائمة يمكن استخدام Facultative Ponds (برك هوائية-لاهوائية) تجمع النظامين الهوائي واللاهوائي وهو أفضل أنواع أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي.

ت البحيرات المهواة اصطناعياً:

مبدأ النظام:

لرفع مردود تنقية مياه الصرف أو لتجنب الطلب على المساحات الكبيرة يمكننا تكثيف عمليات هضم الملوثات من خلال التهوية الاصطناعية والخط القسري فنرفع مردود المعالجة وبمساحات أقل للبحيرات. ونظام التهوية المستخدم والمألوف في البحيرات يعتمد على أجهزة التهوية الموزعة على السطح، حيث يتحدد نزع جهاز التهوية وإنشائه بالدرجة الأولى تبعاً للتحميل بالملوثات ولأبعاد البحيرة.

ث بحيرات الإنضاج أو البحيرات السمكية:

مبدأ النظام:

لا تستخدم بحيرات الإنضاج من أجل مياه صرف صحي خام وإنما لمياه معالجة بيولوجياً بشكل مسبق، وبذلك فهي تخدم كتقنية متقدمة لمياه الصرف الصحي (مثلاً عندما يطلب تحقيق درجة جودة عالية لمياه المصدر المائي الذي تصب فيه مياه الصرف الصحي بهدف استخدام هذا المصدر للشرب).

2-1-3-5. طريقة المعالجة بنظام التهوية المطولة: (Extended Aeration):

مبدأ النظام:

هي إحدى طرق الحمأة المنشطة التي تستخدم في التجمعات السكانية الصغيرة حيث تستخدم طرق معالجة لا تحتاج إلى مهارة فنية، وأبسط الطرق هو المحافظة على تركيز شبه ثابت للمواد العالقة في أحواض التهوية وتصريف الزائد من الحمأة، وتعطي هذه الطريقة كفاءة عالية في المعالجة بشرط عدم تغير تركيز المواد العضوية بدرجة كبيرة، ونستغني في هذه الطريقة عن مرحلة الترسيب الأولي ومن مزايا هذا النظام تثبيت المواد العضوية والاستغناء عن معالجة الرواسب قبل تجفيفها أو استعمالها ولكنها تحتاج إلى تحاليل مخبرية يومية.

2-1-3-6. طريقة المعالجة بنظام خنادق الأكسدة: (Oxidation Ditch):

مبدأ النظام:

تتكون من واحدة أو أكثر من القنوات التي يتم فيها تهوية وتقليب مياه الصرف الصحي ميكانيكياً ومن ميزات الأساسية أن كمية الرواسب الزائدة المصروفة من أحواض الترسيب النهائية صغيرة نسبياً ومؤكسدة، ويمكن استخدام هذه القنوات للترسيب مرة إلى ثلاث مرات يومياً بوقف التهوية للسماح بحدوث عملية الترسيب وبعد ذلك يتم صرف المياه المصفاة ويعاد تشغيل العملية . وفي أثناء فترة الترسيب يتم حجز مياه الصرف الصحي في خطوط التجميع أو باستخدام وحدتين من قنوات الأكسدة أو بتقسيم القناة إلى جزأين ويستخدم هذا التشغيل في التدفقات الصغيرة نسبياً، أما في التشغيل العادي فيجب إنشاء حوض ترسيب نهائي بعد قنوات الأكسدة.

2-1-4. العمليات الأساسية في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي:

تصنف العمليات الأساسية في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وفقاً للوظيفة الاستقلابية إلى:

1 العمليات الهوائية (aerobic (oxic) process) : وهي عمليات المعالجة البيولوجية التي تحدث بوجود الأوكسجين المنحل.

2 العمليات اللاهوائية (Anaerobic Process): وهي عمليات المعالجة البيولوجية التي تحدث بغياب الأوكسجين المنحل.

3 -العمليات منقوصة الأوكسجين (Anoxic Process): وهي العملية التي يتم بوساطتها تحويل نتروجين النترات بيولوجيا إلى غاز النتروجين بغياب الأوكسجين وتعرف هذه العملية باسم إزالة النترات.

4 -العمليات الطوعية (المخيرة) (Facultative process): وهي عمليات المعالجة البيولوجية التي يمكن فيها للأحياء الدقيقة أن تعمل بوجود أو بغياب الأوكسجين.

5 -العمليات المشتركة الهوائية واللاهوائية والمنقوصة الأوكسجين : وهي اتحاد واشتراك مختلف العمليات الهوائية واللاهوائية ومنقوصة الأوكسجين للوصول إلى هدف المعالجة المحدد.

2-1-5. بعض التعابير الشائعة الاستخدام في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي:

1 -إزالة البيولوجية للمغذيات: Biological Nutrient Removal:

يطلق هذا التعبير على العمليات البيولوجية لإزالة النتروجين والفسفور.

2 -إزالة البيولوجية للفسفور: Biological Phosphorus Removal:

وهي عمليات الإزالة البيولوجية للفسفور بالتراكم في الكتلة الحيوية وعلى عملية فصل الطور الصلب اللاحقة.

3 -إزالة BOD الكربوني Carbonaceous BOD Removal:

التحويل البيولوجي للمواد العضوية الكربونية في مياه الصرف إلى نسج خلوية وغازات مختلفة وهذا يتضمن تحويل النتروجين الموجود في المركبات المختلفة إلى أمونيا.

4 -النترجة: Nitrification:

العملية البيولوجية ثنائية المرحلة التي يتم بوساطتها تحويل الأمونيا أولاً إلى نتريت وبعدها إلى نترات.

5 -إزالة النترات: Denitrification:

العملية البيولوجية التي يتم فيها إرجاع النترات إلى نتروجين ومنتجات غازية نهائية.

6 -التثبيت: Stabilization:

العملية البيولوجية التي يتم فيها تثبيت المواد العضوية في الحمأة الناتجة من الترسيب الأولي والمعالجة البيولوجية لمياه الصرف، حيث يتم تحويلها إلى غازات ونسج خلوية بالاعتماد على كون تثبيتها قد تمّ بشروط هوائية أو لاهوائية، وهذه العملية معروفة أيضاً بالهضم الهوائي أو اللاهوائي.

7- الركيزة: Substrate:

يستخدم هذا التعبير للإشارة إلى المواد العضوية أو المغذيات التي تتحول في أثناء المعالجة البيولوجية مثل المواد العضوية الكربونية في مياه الصرف التي يشار إليها كركيزة أو أساس (طبقة تحتية أو سفلية) التي تتحول في أثناء المعالجة البيولوجية.

2-2. نمذجة عمليات الحمأة المنشطة ومحاكاتها: Activated sludge Modelling and Simulation

لمحة تاريخية [40]:

تم اختراع عمليات الحمأة المنشطة في انكلترا عام 1912 من قبل Arden و Lockett وتمت تسميتها بهذا الاسم ، لأنها تضمنت إنتاج كتلة منشطة من الكائنات الدقيقة قادرة على تثبيت النفايات هوائياً. إن الحمأة المنشطة حالياً هي الأوسع استخداماً في عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف المعاشية والصناعية.

تستخدم أكثر من 9000 US و 600 France 501UK محطة معالجة أنظمة الحمأة المنشطة. تُستخدم اليوم أنماط عديدة من أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية (plug flow) وأنظمة المزج الكامل والتهوية المديدة وخنادق الأكسدة وغيرها الكثير.

هناك العديد من المشاكل المرتبطة بعمليات الحمأة المنشطة وما زالت غير محلولة على الرغم من أنها من أوسع أنظمة المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وما زالت موضوع الكثير من الباحثين منذ 1910s .

على سبيل المثال ، إن السلوك الديناميكي لعمليات الحمأة المنشطة في ظل الشروط المتغيرة ما زال غير مفهوم بشكل واضح ، وإن المعرفة غير الكاملة للسلوك الديناميكي للحمأة المنشطة أرشدت المهندسين

التصميمي لتضخيم عملية المعالجة لتلائم الغموض الموجود وهذا ما سبب زيادة في تكاليف الاستثمار وشكل عبئاً على المجتمع.

تتعقد عمليات الحمأة المنشطة وذلك بسبب وجود مزيج متعدد للكائنات الدقيقة والموصفات الفيزيائية والكيميائية المتغيرة للحمل العضوي والزمن المتغير لتدفق مياه الصرف وتركيز المغذيات . إن تعقيد عمليات الحمأة المنشطة شكل تحدياً رئيساً للتشغيل والتحكم بأنظمة المعالجة.

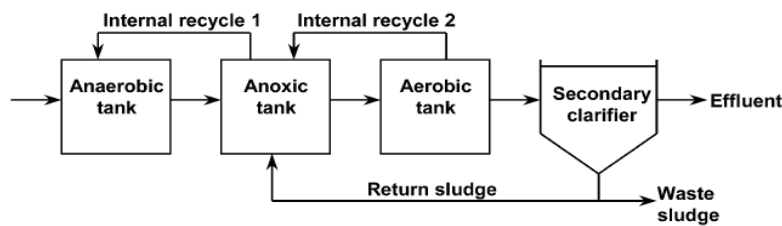
بحسب المسح المدار من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية عام 1979 فإن ما يقارب 30 إلى 50% من محطات المعالجة فشلت في تحقيق حدود المواصفات الخارجة و تبين أن أربعة من الأسباب الخمسة الرئيسة نسبت إلى تطبيقات التشغيل .

2-1-2 White-box WWTP modelling [41]:

يطلق على نماذج white-box (الصندوق الأبيض) أيضاً النماذج المحددة (deterministic models) وتعتمد على المبادئ الهندسية أي أن معادلات النموذج تطورت من معادلات التوازن الكلية للكتلة والكميات المصونة ونتجت في مجموعة من المعادلات المختلفة ، ويجب الانتباه إلى وجود اختلاف بين نموذج الحمأة المنشطة ونموذج WWTP.

إن WWTP تتألف من مجموعة من أحواض الحمأة المنشطة بالإضافة إلى أحواض الترسيب مع مجال من شروط الإلكترونيات المستقبلية (الأوكسجين والنترات) التي تحدث في الأحواض. فبالاعتماد على تركيز الأوكسجين المنحل والنترات الموجودة في الأحواض فإنه يمكن تمييز أحواض هوائية (وجود الأوكسجين) ، anoxic (من دون أوكسجين مع نترات) أو لا هوائية (من دون أوكسجين و من دون نترات).

الشكل 8 يظهر نموذجاً مثالياً لـ WWTP بالحمأة المنشطة لجامعة Cape Town من دون مراعاة خطوات المعالجة المسبقة المختلفة التي تسبق عادة أحواض الحمأة المنشطة . إن مصطلح نموذج WWTP يستخدم للإشارة إلى مجموعة موحدة من نماذج الحمأة المنشطة، النموذج الهيدروليكي، نموذج انتقال الأوكسجين ونموذج حوض الترسيب نحتاجها إلى الوصف الحقيقي للـ WWTP.



الشكل (8) - نموذج المعالجة البيولوجية في محطة معالجة بالحمأة المنشطة لجامعة Cape Town

يستخدم نموذج الحمأة المنشطة للإشارة إلى مجموعة المعادلات المختلفة التي تمثل التفاعلات البيولوجية والكيميائية التي تحدث في حوض حمأة منشطة واحد، لذلك فإن نموذج الحمأة المنشطة يشير فقط إلى نماذج White-box أي النماذج التي تعتمد على مبادئ الهندسة الأولية ، أما النموذج الهيدروليكي فإنه يصف أحجام الحوض، السلوك الهيدروليكي للأحواض (أي أحواض مزج كامل مقابل plug flow) (تغيير نوع التدفق) ، حجم متغير مقابل حجم ثابت) ومعدلات تدفق السائل بين الأحواض مثلاً معدل تدفق الحمأة المعادة ومعدل تدفق الحمأة المعادة الداخلية.

إن نماذج أحواض الترسيب متوفرة في درجات مختلفة من التعقيد والنماذج الأكثر شيوعاً هي مرسبات نقطية مثالية بسيطة من دون مدة بقاء أو نماذج مرسبات طبقية وحيدة البعد ل Takacs .

إن المحاكيات المخصصة للـ WWTP تسمح ببناء نماذج WWTP التي تعتمد على مكتبة نماذج الحمأة المنشطة ونماذج المرسبات.

هناك عدد من العوامل التي يجب أن تراعى في نمذجة عمليات الحمأة المنشطة وتطبيقات النموذج . وهناك أيضاً مجموعة من الخطوات التي يجب اتباعها للانتقال من مرحلة تحديد هدف النموذج إلى النقطة التي تتوفر فيها عملية المحاكاة للـ WWTP وهي :

- تحديد هدف نموذج WWTP أو أهداف تطبيقات النموذج (التحكم ، التصميم ، المحاكاة).
- اختيار النموذج: اختيار النماذج التي نحتاج إليها لوصف وحدات WWTP المختلفة التي سيتم اعتبارها في عملية المحاكاة، أي اختيار نموذج الحمأة المنشطة واختيار نموذج الترسيب.
- Hydraulics : أي تحديد النماذج الهيدروليكية للـ WWTP أو أحواض WWTP .
- توصيف مياه الصرف والكتلة الحيوية بما فيها توصيف ترسيب الكتلة الحيوية.
- تصحيح البيانات لنموذج steady-state .
- معايرة بارامترات نموذج الحمأة المنشطة.
- تصحيح النموذج: في هذه المهمة يتم تحديد إن كان النموذج دقيقاً بشكل كافٍ للغرض المراد منه وفي هذه الحالة يقال إن النموذج unfalsified بالنسبة إلى البيانات المتوفرة، وإذا لم يكن هذا محققاً يتم إعادة بعض خطوات التعديل حتى يصبح النموذج unfalsified.
- تقييم السيناريو .

Activated Sludge Model Development: تطور نموذج الحمأة المنشطة: 2-2-2

سيئون التركيز على التطور الحالي لنماذج الحمأة المنشطة و بخاصة عائلة نماذج الحمأة المنشطة المطورة من قبل الاتحاد العالمي لجودة المياه (IWA) ونموذج metabolic المطور في جامعة Delft للتكنولوجيا (نموذج TUDP).

الجدول (1) - المزايا الأساسية لنماذج الحمأة المنشطة

Table 1

Overview of activated sludge models included in this review. Den. PAO, denitrifying PAO activity included in the model; DR, death regeneration concept; EA, electron acceptor depending; ER, endogenous respiration concept; Cst, not electron acceptor depending

Model	Nitrification	Denitrification	Heterotrophic/ autotrophic decay	Hydrolysis	Bio-P	Den. PAOs	Lysis of PAO/PHA	Fermentation	Chemical P removal	Reactions	State variables	Reference
ASM1	X	X	DR, Cst	EA						8	13	Henze et al. (1987)
ASM3	X	X	ER, EA	Cst						12	13	Gujer et al. (1999)
ASM2	X	X	DR, Cst	EA	X		Cst.	X	X	19	19	Henze et al. (1995)
ASM2d	X	X	DR, Cst	EA	X	X	Cst.	X	X	21	19	Henze et al. (1999)
B&D	X	X	DR, Cst	EA	X	X	EA	X		36	19	Barker and Dold (1997)
TUDP	X	X	DR, Cst	EA	X	X	EA	X		21	17	Brđjanovic et al. (2000)
ASM3-bio-P	X	X	ER, EA	Cst	X	X	EA			23	17	Rieger et al. (2001)

يمكن اعتبار نموذج الحمأة المنشطة ASM1 نموذجاً مرجعياً لكونه حفز قبول نمذجة محطات المعالجة وحتى في مجال الصناعة، وتطور ذلك بمساعدة عدد من برامج الكمبيوتر المتاحة، وحتى اليوم يعتبر الأحدث في نمذجة أنظمة الحمأة المنشطة، وأصبح مرجعاً لكثير من المشاريع العلمية والتطبيقية وطُبق (في بعض الحالات مع بعض التعديلات) في كثير من البرمجيات التجارية (commercial software) المتوفرة لنمذجة ومحاكاة محطات معالجة مياه الصرف الصحي لإزالة النترجين.

تطور ASM1 بشكل رئيس لنمذجة WWTP المعاشية بالحمأة المنشطة لوصف إزالة مركبات الكربون العضوي والنترجين بالتزامن مع استهلاك الأوكسجين والنترات ك electron acceptor كما يهدف أيضاً إلى وصف إنتاج الحمأة، ويستخدم الاحتياج الكيميائي للأوكسجين COD كقياس لتركيز المادة العضوية، وفي هذا النموذج تقسم مركبات الكربون العضوي ومركبات النترجين إلى عدد محدود من الأجزاء بالاعتماد على قابليتها للهضم البيولوجي وانحلاليتها [42].

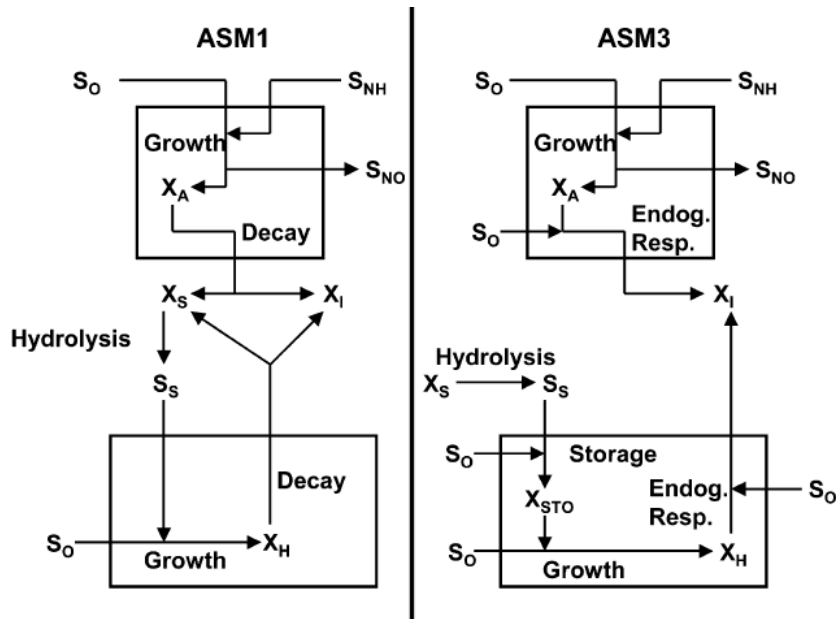
تطور نموذج ASM3 [43] أيضاً للإزالة البيولوجية للنترجين في WWTP وبشكل رئيس للأهداف نفسها من ASM1، ويتقدم ASM3 ليكون النموذج المعياري الجديد وليصحح عدد أ من العيوب التي ظهرت في أثناء استخدام ASM1.

إن الاختلاف الأساسي بين ASM3 و ASM1 هو أن الأول يميز أهمية تخزين البوليمرات في تحويل الحمأة المنشطة للـheterotrophic.

في ASM3 يفترض أن كل المواد العضوية سريعة الهضم بيولوجياً S_S يتم امتزازها وتخزينها في جزء الخلية الداخلي X_{STO} قبل النمو.

تتم نمذجة الكتلة الحيوية للـheterotrophic مع بنية خلوية داخلية بشكل مشابه لتراكم PAO_S متعضيات الفوسفور في نماذج الإزالة البيولوجية للفوسفور bio-P، وبالتالي فإن المكون الداخلي X_{STO} يستخدم لنمو الكتلة الحيوية في نموذج ASM3، حيث إن نمو الكتلة الحيوية بشكل مباشر على المغذيات الخارجية الموصوف في ASM1 لا يتم اعتباره في ASM3. أما الاختلاف الثاني بين هذين النموذجين فهو أنه من المفترض أن تكون معايرة ASM3 أسهل من معايرة ASM1 وهذا يتم تحقيقه من خلال تحويل دورة نموذج growth-decay-growth وعادة ما تعرف بفرضية death-regeneration إلى نموذج growth endogenous –respiration.

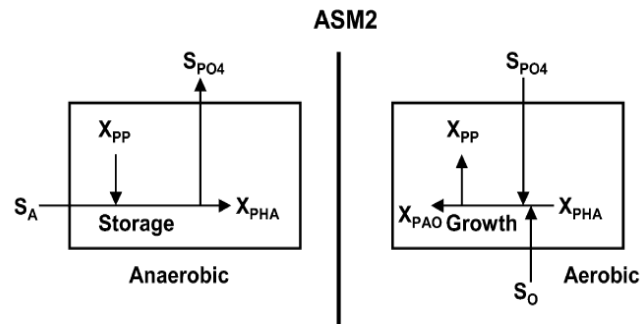
في ASM1 تتأثر كل متغيرات الحالة بشكل فعال ومباشر بالتغيرات في قيم البارامترات أما في ASM3 فإن التأثير المباشر يكون أقل وهذا يضمن تطابق أفضل للبارامترات. إن نماذج ASM1 و ASM3 قادرة على وصف السلوك الديناميكي للـWWTPs المعاشية بينما أداء ASM3 يكون أفضل في الحالات التي يكون فيها تخزين S_S هاماً (مياه الصرف الصناعي) أو لأجل محطات المعالجة ذات مناطق كبيرة غير مهواة كما يمكن توسيع ASM3 لوصف الإزالة البيولوجية للفوسفور [44].



الشكل (9) - نموذج الكتلة الحيوية للـautotrophs والـheterotrophs في كل من ASM3 و ASM1

يبدأ عرض النماذج التي تصف الإزالة البيولوجية للفوسفور مع ASM2 الذي يوسع قدرات وصف هذه العملية، وتصف أيضاً الإزالة الكيميائية للفوسفور بوساطة الترسيب، ولكن هذا النموذج لا يتضمن كل الظواهر المراقبة. فعلى سبيل المثال فإن نموذج ASM2d [45] بني على أساس ASM2 مع إضافة عملية denitrification لـ PAOs الذي يجب أن يسمح بوصف أفضل لديناميكية النتراة والفوسفات.

إن نمذجة الإزالة البيولوجية للفوسفور موضحة في الشكل 10.



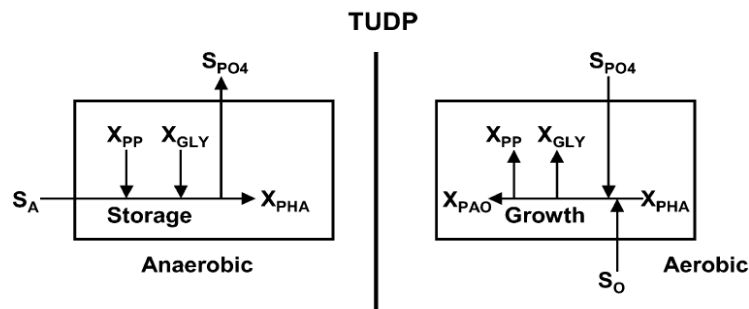
الشكل (10)-نمذجة الإزالة البيولوجية للفوسفور في ASM2

تتم نمذجة PAOs مع بنية خلوية داخلية حيث إن كل منتجات التخزين العضوية تدمج في مكون واحد للنموذج X_{PHA} ، حيث إن PAOs يمكن أن تنمو فقط على مادة التخزين العضوية الخلوية الداخلية وإن التخزين لا يعتمد على شروط electron acceptor ولكنه ممكن فقط في حال توفر منتجات التخمر مثل ملح حمض الخل (acetate).

إن نموذج TUDP يجمع ما بين نموذج metabolic denitrifying و non-denitrifying bio-P لـ Murnleitner et al (1997) مع نموذج ASM1 (تفاعلات heterotrophic, autotrophic).

على عكس ASM2/ASM2d فإن TUDP يراعي عمليات الاستقلاب لـ PAOs وينمذج كل

مكونات التخزين العضوية بشكل واضح (X_{GLY}, X_{PHA}) كما هو مبين في الشكل رقم 11.



الشكل (11)-نموذج التخزين والنمو الهوائي لمركبات الفوسفور في نموذج TUDP

تم التحقق من نموذج TUDP من خلال تخصيص SBR (sequencing batch reactor) بـ bio-P في نظام مخبري ضمن مجال لقيم SRT (Sludge Retention Time) لمدد زمنية مختلفة لحالات هوائية ولا هوائية وبحسب توفر الأوكسجين أو النترات ك-electron acceptor .

2-2-3. فرضيات نموذج الحمأة المنشطة وقوده:

:Activated Sludge model assumptions and limitations

2-2-3-1. تأثير الشروط البيئية:

- درجة الحرارة: إن بارامترات النموذج kinetic تابعة لدرجات الحرارة ، وبالتالي يجب تقدير بارامترات النموذج عند معايرة النموذج لدرجات الحرارة المحددة، أو تطوير عوامل تصحيح مناسبة لدرجات الحرارة ليتم تضمين تابعة درجة الحرارة في التفاعلات kinetic في المحاكاة.
- Henze et al (1995) زود بمجموعتين من البارامترات النموذجية لدرجات الحرارة $10-20^{\circ}\text{C}$ والنماذج اللاحقة استخدموا توابع Arrhenius لدرجة الحرارة، حيث إن التفاعلات المختلفة لها توابع درجات حرارة مختلفة عندما تكون النتجة هي الأكثر حساسية بعامّة، وحذر Henze من أن معاملات درجة الحرارة في ASM2 تكون صحيحة فقط بين $10-20^{\circ}\text{C}$ [46].
- تأثير pH: في ASM1 يفترض أن قيمة pH ثابتة وقريبة من المعتدلة ، وتضمنين القلوية كأحد متغيرات الحالة في النموذج يسمح باكتشاف المشاكل الممكنة للـpH، ولبعض التفاعلات يمكن إضافة توابع محددة إلى النموذج لوصف تأثيرات pH المعرّقة.
- تأثير المكونات السامة: إن عملية النتجة حساسة بخاصة لوجود المكونات السامة، في ASM1 يفترض أن تكون بارامترات النموذج ثابتة وهذا يعني أن أي تأثير معيق لمياه الصرف في حركية النتجة يفترض أن يتم تضمينه في بلوامترات النموذج المعيارية.
- تركيب مياه الصرف: إن النماذج الموضحة في الجدول 1 مخصصة لمحاكاة WWTP المعاشية حيث يجب إدخال تعديلات على هذه النماذج عندما تدمج مياه الصرف الصناعي في المياه المعاشية، إن مانع النتجة الدقيق بسبب المكونات السامة والمرتبطة بالنشاط الصناعي هو أحد تعديلات النموذج الضرورية.

:Biodegradation kinetics.2-3-2-2

- إن حدود نمو الخلية بسبب تركيز المغذيات المنخفض (أي N,P) لا يتم اعتباره في ASM1 والنماذج اللاحقة تضمنت هذه الحدود مثل ASM3 الذي يتضمن حدود القلوية و N [43]، كما أن نماذج bio-P تتضمن عادة حدود P .

- تتم نمذجة تحلل الكتلة الحيوية في ASM1 بحسب فرضية death-regeneration [47]، وفي ASM3 بحسب فرضية endogenous-respiration أو فرضية البقاء (maintenance) وبالنتيجة فإن تفاعلات التحويل للautotrophs تم فصلها بشكل واضح في ASM3 ، بينما دورة التحلل وإعادة إنتاج المنتجات للheterotrophs و autotrophs مترابطة بشكل قوي في ASM1 (الشكل 9) علاوة على ذلك فإن استخدام فرضية endogenous-respiration في ASM3 يجب أن تسمح بمقارنة أفضل بين نتائج بارامترات kinetics المشتقة من تجارب respiration batch بالحماة المنشطة التي تتم نمذجتها ونموذج الحماة المنشطة المستخدم لوصف الظاهرة في محطة بالقياس الكامل(full-scale)[48]، ويجب أن نلاحظ أن نموذج TUDP يستخدم فرضية death-regeneration لتفاعلات heterotrophic و autotrophic من دون PAOs بينما فرضية maintenance تستخدم PAOs .
- عملية الحماة لنتروجين العضوي والمادة العضوية مقترنة بعضها ببعض وتحدث بشكل متزامن وبمعدلات متساوية، وفي نماذج bio-P تم توسيع ذلك ليشمل الفوسفات العضوي.
- إن ASM1 لا يمكنه التعامل مع تراكيز النترات العالية، أي أن نمذجة النترجة تتم كعملية بمرحلة واحدة، ولذلك يتجاهل الظهور الممكن للنترجة والنترجة المباشرة في محطات المعالجة بالقياس الكامل. بشكل نمذجي: إن فرضية المرحلة الواحدة للنترجة مقبولة، ومع ذلك عند نمذجة محطات المعالجة و حدوث تراكيز معتبرة للنترجة أو عندما تكون درجة الحرارة فوق 20°C فإن نموذج للنترجة بمرحلتين مع النترجة يمكن أن يكون مفيداً.
- غاز النتروجين : إن نواتج عملية denitrification لا يتم تضمينها في ASM1 وبالنتيجة فإن النموذج لا يسمح بفحص توازن N ، أما النماذج اللاحقة أدخلت غاز النتروجين كأحد مكونات النموذج وبشكل واضح يمكن للنموذج إدخال غاز النتروجين كمكون خارجي في ال نموذج، أما توازن الفوسفور في نماذج bio-P دائماً محجوبة.
- في ASM1 لا يؤثر نوع electron acceptor في معدل تحلل الكتلة الحيوية، وعلى العكس في ASM3 يسمح بالتمييز بين الكتلة الحيوية للheterotrophic في ظروف لاهوائية أو anoxic وبين منتجات التخزين X_{STO} ومعدل تحلل الكتلة الحيوية للautotrophic .
- في ASM1 فإن نوع electron acceptor لا يؤثر في معامل إنتاج الكتلة الحيوية للheterotrophic بينما في ASM3 فقد لوحظ أن الإنتاج في ظروف anoxic أقل منه في ظروف aerobic واختلاف متشابه بين ظروف aerobic و anoxic .
- في ASM1 فإن معدل تفاعل الحماة يعتمد على نوع electron acceptor بينما في ASM3 فإن المعدل مستقل عن هذه الشروط، وفي ASM2 ربما يعتمد المعدل على electron acceptor وأيضاً على شروط anaerobic .

- إن نماذج bio-P لا يمكن أن تعالج في حالتين:
 - الاستنزاف الكامل لوحدة منتجات التخزين العضوية X_{PHA} في PAOS .
 - الوجود المتزامن ل volatile fatty acids (المغذيات لتفاعلات التخزين) و electron acceptor
- ويجب توسيع النموذج للتعامل مع هذه الحالات.
- إن تخزين المغذيات من قبل non-PAOs لا يؤخذ بعين الحسبان لأجل ASM2-ASM2d – TUDP .
- النماذج غير قادرة على وصف نمو الكتلة الحيوية للبكتريا الخيطية.

:Activated sludge model selection for model specific application purpose

إن تحديد هدف نموذج WWTP أو أهداف تطبيق النموذج سيؤثر في اختيار نموذج الحماية المنشطة وسيتم توضيح ذلك من خلال مثال.

بافتراض دراسة نمذجة حيث إن تأثير تعديلات العملية مثل تكبير أحجام الحوض أو تطبيق تحكم متطور للعملية في المحطة الموجودة للإزالة البيولوجية للنيتروجين بالجمع مع الترسيب الكيميائي للفسفور يجب أن يتحقق ويهدف إلى تشغيل متطور للعملية، ولذلك ليس من الضروري اعتبار bio-P نظراً إلى ضعف النموذج.

إن تفاعلات الترسيب الكيميائي للفسفور تساهم بشكل أساسي بإنتاج حمأة الصرف، وفي تلك الحالة فإن الجمع بين نموذج تفاعلات الإزالة البيولوجية للنيتروجين مع نموذج الترسيب الكيميائي للفسفور كتلك الموجودة في ASM2 يمكن أن يكون مفيداً، ولكنه في الواقع يمكن أن يؤدي إلى معاملات إنتاج الكتلة الحيوية أكثر واقعية في النموذج المعايير لأن إنتاج الحمأة الكيميائية لن يجمع مع إنتاج الحمأة البيولوجية.

4-2-2. بيئة المحاكيات: Simulators environment:

إن بيئة محاكي WWTP يمكن وصفه كمحاكي يسمح للنموذج بمحاكاة ترتيب WWTP حيث إن بيئة المحاكيات متعددة الاستعمالات لديه مرونة عالية ويتطلب مستخدماً ماهراً، ولكن على النموذج التزويد بالنماذج المستخدمة لنمذجة ترتيب محدد لل WWTP .

إن المهمة الأخيرة مستهلكة بشكل كبير للوقت ومن الأفضل صرف الوقت على تطبيق النموذج وتصحيحه لتجنب تشغيل الكثير من المحاكاة مع النموذج الذي يتحول بعد ذلك ليكون خاطئاً لأجل مهمة التطبيق المحددة. كمثال شائع عن المحاكيات متعددة الاستعمالات هو Matlab/Simulink

يحتوي محاكي WWTP المحدد عادة مكتبة واسعة من نماذج وحدات العملية المسبقة التعريف وعلى سبيل المثال نماذج مفاعل المزج الكامل ASM1 ونموذج المرسب ذي 10 طبقات، وكأمثلة عن محاكيات WWTP المحددة [24]:

- SIMBA (SIMulation programmes für die Biologische Abwasserreinigung): تطور في ألمانيا ويعتمد على لغة البرمجة Matlab.
- BIOWIN: تطور في كندا وغير موجود حالياً في أوروبا. وهو سهل الاستخدام ولكن ميزاته أقل من غيره.
- WEST (Wastewater treatment plant Engines for Simulation and Training): تطور في بلجيكا. ميزاته جيدة ولكن ليس فيه وظيفة المحاكاة المستمرة.
- GPS-X: تطور في كندا وله ميزات شاملة، أسلوب ديناميكي مستمر، تحاليل للحساسية، تحاليل نمذجة ولغات البرمجة المستخدمة فيه هي Fortran وإحدى مشتقاتها ACSL.
- وهناك أيضاً SASSPro، AQUASIM، EFOR، STOAT.

إن المحاكى المحدد يسمح للنموذج بسهولة التصور ال مرغوب للـ WWTP من خلال ربط النماذج المحددة سابقاً.

5-2-2. تطبيق النموذج: Model Application

يمكن أن يطبق النموذج بالأدوار التالية [49]:

- دور الفائدة: حيث إن النموذج وعندما يتم حله ، يؤمن القيم الرقمية التي نحتاج إليها للتحليل الأبعد.
- دور النصيحة: حيث إن النموذج يؤمن فهم أ عميقاً يساعد على فهم المشاكل الجزيئية المرتبطة وحلها لتساهم في حل المشاكل الكلية.
- دور التحليل: إن المحاكاة بالنموذج تدل على كيفية استخدام النماذج لحل المهمات المحددة.

إن الهدف من دراسة نماذج WWTP [50]:

- التعلم: أي استخدام المحاكاة لزيادة فهم العمليات ولتطوير معارف الناس للنظام.
- التصميم: تقييم بدائل التصميم المتعددة لمنشآت WWTP بوساطة المحاكاة.
- التحكم ونمذجة العملية أي تقييم السيناريوهات المتعددة التي يمكن أن تؤدي إلى تشغيل للمحطات الموجودة.

إن الهدفين الثاني والثالث هما تطبيقات النموذج في دور الخدمة.

2-2-5-1-محكاة نماذج محطات المعالجة للتعلم:

WWTP model simulations for learning

إن المحكاة مع نماذج WWTP يمكن أن تطبق بطرق مختلفة لزيادة فهم العملية للمستخدم . من أجل مشغل WWTP، فإن المحكاة يمكن أن تكون مفيدة مثلاً للدلالة على نتائج تعديلات تشغيل العملية على مواصفات الحمأة المنشطة وجودة التدفق الخارج من المحطة.

بشكل مشابه فإن المحكاة مثلاً باستخدام ASM1 على محطة قياسية من أجل سيناريوهات مختلفة للطقس المضطرب تكون غنية بالمعلومات المفيدة لحصول على فكرة عن سلوك المحطة الحقيقية في ظروف الطقس المتغير.

من وجهة نظر بحثية فإن (Brdjanovic et al. (2000 استخدموا نموذج TUDP لزيادة فهم العملية الشاملة للـ bio-P [51].

(Siegrist et. al. (1999 لاحظوا في أعمال تجاربهم أن معدل تحلل بكتريا autotrophic يكون أخفض في ظروف anaerobic, anoxic مقارنة بالظروف aerobic، إن المحكاة مع نموذج WWTP لم تتضمن هذه الفرضية وأظهرت أن تجنب التهوية الفائضة في أحواض الحمأة المنشطة على سبيل المثال باستخدام التهوية المتقطعة لا يحفظ طاقة التهوية فحسب ، وإنما يحسن عملية النتجة في المحطة [52].

2-2-5-2.محكاة محطات المعالجة للتصميم: WWTP simulation for design

في مرحلة التصميم يمكن تقييم بدائل العملية من خلال المحكاة ، وكدراسة لمثل هذا النموذج كانت من قبل (Salem et. al (2002 حيث تم تقييم بدائل عديدة لرفع مستوى محطة معالجة لإزالة البيولوجية للنتروجين بالتركيز على المعالجة المناسبة للحمأة المنزوعة المياه [53].

إن محكاة نموذج WWTP يؤمن قاعدة معلومات نحتاج إليها للتطبيق الشامل لواحد من البدائل المقترحة، وفي هذا الإطار فإن النمذجة تستطيع بشكل أساسي تخفيض scale-up time لأن خيارات مختلفة يمكن تقييمها قبل بناء المحطة التجريبية، لذلك فإن النموذج يساهم بشكل ملحوظ في تخفيف الفجوة بين التطبيق المخبري والتطبيق الشامل (full-scale)، وبذلك فإن نموذج WWTP يحول البيانات التي تم الحصول عليها من التجارب المخبرية إلى معرفة كمية تساهم في عملية صنع القرار.

(Yuan et al. (1998 في مفهوم تخزين الحمأة بوساطة المحكاة بنموذج ASM1 بالاعتماد على التحلل المنخفض لبكتريا autotrophic في ظروف anaerobic، حيث إن هذا المفهوم يؤمن

إمكانية نترجة احتياطية من أجل حالات لتراكيز النتروجين المفاجئة من خلال تخزين حمأة الصرف المنشطة بشكل مؤقت في الحوض غي ر المهوى مع مدة بقاء لأيام قليلة بينما مدة بقاء الحمأة (SRT) في محطة الحمأة المنشطة تخفض إلى حد كبير، وبهذا الشكل في المحطة تنتج حمأة أقل ولكن بإمكانية نترجة مشابهة لمقارنة بتصميم المفاعل التقليدي الذي تمّ تقييمه بنجاح في دراسات محطة نموذجية (2000) Yuan et al. [55,54].

3-5-2-2: محاكاة نموذج محطة المعالجة لنمذجة العملية:

WWTP model simulation for process optimization

إن نمذجة العملية يمكن أن تستخدم في سياقات مختلفة، فمثلاً نمذجة عملية off-line يمكن أن تعود إلى تطبيقات محاكاة off-line مع النموذج المعايير حيث تستخدم لتحديد كيفية تشغيل العملية بشكل نموذجي بينما النتيجة تطبق لاحقاً على محطة بالقياس الكامل (full-scale)، أما محاكاة نمذجة العملية on-line مع النموذج المعايير تطبق في مخطط نمذجة on-line على سبيل المثال في إطار نظام التحكم الإشرافي ل-wide-plant أو خوارزمية نمذجة التحكم بتنبؤات النموذج.

غالباً ما نحتاج إلى نمذجة عملية off-line بسبب فرض احتياجات دقيقة وجديدة للمحطات الموجودة أو أن تغيرات كبيرة تحدث في حمولة المحطة أو ظهور نقائص خلال تشغيل المحطة. مثلاً جودة التدفقات الخارجة الأولية لا يمكن الحصول عليها أبداً، وفي هذا الإطار تستخدم المحاكاة غالباً لتقييم فيما إذا كانت فعالية إزالة الملوثات إن كان بإمكانها أن تحسن من خلال نموذج المحطة الموجودة بواسطة التحكم بالعملية المطورة.

إن تقييمات السيناريو مع ASM1/ASM3 تهدف عادة إلى رفع مستوى محطة المعالجة للإزالة البيولوجية للنتروجين، وإمكانية تحسين هذه العملية من خلال ترتيبات أجزاء المحطات الموجودة أو التنبؤ بتأثير تغير الحمولة على أداء المحطة.

في أثناء تقييم السيناريو مع نماذج bio-P وتقييم بدائل العمليات المختلفة غالباً ما ينتج مبادلة بين إمكانية الإزالة البيولوجية للفوسفور أو النتروجين، حيث إن تركيز الأوكسجين المنحل العالي سيطور عملية النترجة ولكنه سيؤثر عكسياً في عمليات الإزالة البيولوجية للفوسفور بسبب زيادة التحلل الهوائي لمنتجات تخزين PAO.

2-2-6. معايرة النموذج. Model Calibration :

إن مفهوم معايرة النموذج هو تقدير بارامترات النموذج لتتناسب مجموعة معينة من البيانات التي تم الحصول عليها من Full-Scale WWTP قيد الدراسة. إن الحاجة إلى معايرة النموذج تعتمد على هدف النموذج.

في حال استخدام النموذج لأغراض تعليمية (لزيادة الفهم الأساسي للعمليات) ومقارنة بدائل التصميم لمحطات المعالجة المعاشية غير الموجودة، أو في حالات أخرى عندما تكون المقارنة النوعية كافية يتم اعتماد القيم المطلقة للبارامترات وتطبيقها [56]، ومع ذلك إذا كان النموذج يستخدم لتقييم أداء العملية فإنه يمكن أن يكون من الضروري الوصف الدقيق للعمليات الحقيقية قيد الدراسة ولذلك فإن جمع البيانات ومعايرة النموذج تكون ضرورية.

يمكن تمييز مستويات مختلفة للمعايرة، ونقطة البدء في معايرة النموذج عادة هي مجموعة البارامترات الافتراضية (الأصلية) التي تم تأمينها من وصف نموذج الحمأة المنشطة . ويمكن تمييز طريقتين لمعايرة النموذج:

- طريقة النمذجة الرياضية .
- طريقة الهندسة العملية التي تعتمد على فهم العملية وبناء النموذج.

أولاً: طريقة النمذجة الرياضية:

إن النمذجة الرياضية التامة للـ WWTP سيكون صعبة نتيجة تعقيد العمليات وس يؤدي إلى طبيعة غير مميزة لنماذج الحمأة المنشطة غير الخطية إلى حد كبير.

إن المشكلة الأساسية التي تعترضنا في معايرة نماذج WWTP في الواقع هي ضعف تمييز بارامترات النموذج أكثر من جمع واحد لمواصفات التدفق الداخل بارامترات النموذج يمكن أن تعطي وصف للبيانات المتوفرة لنوعية متشابهة، لذلك يكون من المهم الحصول على البيانات الغنية بالمعلومات المفيدة التي تسمح بتوثيق بارامترات النموذج ضمن الحدود الواقعية، ولكن الحصول على البيانات الغنية بالمعلومات الدقيقة لمحطة full-scale صعب غالباً في التطبيق لأن العديد من محطات المعالجة منتهية التصميم ، ولذلك تعرض القليل من ديناميكية التدفقات الخارجة التي يمكن استخدامها في أثناء المعايرة.

إن النمذجة الرياضية وبلا شك تكون مفيدة في معايرة النموذج وبخاصة عندما يتم دعمها بمعرفة عملية خبيرة كافية، وإن خوارزمية النمذجة لا يمكنها التمييز بين قيم بارامترات النموذج الواضحة

كثيراً (مثل بارامترات النموذج stoichiometric) وبين الأقل وضوحاً وغالباً ما تنتهي معطية تعديلات صغيرة نوعاً ما إلى عدد كبير من البارامترات.

تم تقييم طريقة النمذجة الرياضية بالاعتماد على حساسية نموذج WWTP لبارامترات النموذج (Kinetic, Stoichiometric) للتغيرات في تركيب التدفق الداخل وجهاز إدارة التحكم (معدل التدفق،.....)، و الخلاصة كانت أن بارامترات كثيرة يجب تعديلها عند اتباع طريقة النمذجة الرياضية مقارنة بطريقة الهندسة العملية.

إن معايرة النموذج بالاعتماد على معرفة العملية مقبول أكثر، ولكنها تتطلب مستوى عالي من المعرفة العملية الخبيرة. في دراسات نماذج WWTP فإن طريقة الهندسة العملية في المعايرة تجمع مع الطريقة الرياضية من خلال تطبيق تحاليل الحساسية للتحقق من أن النموذج كان حساساً بالفعل للتغيرات في البارامترات التي عدلت في أثناء إجراء المعايرة.

ثانياً: طريقة الهندسة العملية:

في هذه الطريقة يتم تعديل بارامترات النموذج الواحد تلو الآخر بشكل رئيس بالاعتماد على التجارب وفهم العملية للنموذج حتى يناسب النموذج البيانات المتوفرة لمحطة المعالجة إلى أكبر حد معقول. النتيجة لم تكن مجموعة مميزة من البارامترات ولكن مجموعة بارامترات تؤدي إلى تنبؤ مقبول لتراكيز بارامترات التدفقات الخارجة، إنتاج الحمأة، ديناميكية التراكيز الداخلية (إذا توفرت البيانات) لمحطة المعالجة قيد الدراسة.

غالباً ما تكون الحساسيات في نموذج المحطة لا تعابير بشكل مناسب في هذه الطريقة في حال عدم توفر بيانات عن ديناميكية التراكيز الداخلية. يوجد تفاعل تكراري بين معايرة بارامترات نموذج محطة المعالجة ومواصفات مياه الصرف الصحي أي أن تعديل أحد بارامترات النموذج مثلاً يمكن أن يؤدي إلى تعديل على تجزئة مياه الصرف الصحي الذي سيؤدي لاحقاً إلى تغيير في بارامترات نموذج الحمأة المنشطة وهذا بشكل رئيس بسبب تأثير مواصفات مياه الصرف الصحي في بارامترات نموذج محطة المعالجة.

إن النماذج حساسة جداً للتعديلات في تركيب التدفق الداخل و خاصة القسم الجزيئي الخامل (X_I) الذي سيؤثر في إنتاج الحمأة وأيضاً S_S التي تؤثر في عملية إزالة النترجة و/أو إمكانية الإزالة البيولوجية للفوسفور [51،57].

بعمامة تتم معايرة بارامترات نموذج الحمأة المنشطة وفق الترتيب التالي:

- إنتاج الحمأة.
- توازن الحمأة.
- النتجة.
- Denitrification
- Bio-P

القاعدة الأساسية في معايرة نماذج الحمأة المنشطة هي الحاجة إلى القليل من بارامترات النموذج ليتم تغييرها بهدف معايرة النموذج للبيانات التجريبية . إن بارامترات النموذج المعايرة المنحرفة بشكل كبير عن القيم الافتراضية للبارامترات تشير إلى أخطاء في النموذج الهيدروليكي للـ WWTP (أي لم يتم توصيف أجزاء WWTP بشكل صحيح) أو بسبب أخطاء في بيانات معدل التدفق والتراكيز المتوفرة.

أغلب عمليات المعايرة تكون بسبب البيانات الرئيسية (مدة بقاء الحمأة أو معدل التدفق المعاد) وهناك تأثير كبير للبيانات التشغيلية مثل معدل التدفق الداخلي في مخرجات النموذج أكثر من بارامترات النموذج kinetic للحمأة المنشطة.

2-2-7. جمع البيانات لمعايرة النموذج: Data Collection for model calibration:

إن الهدف من تطبيق النموذج يحدد كيف تطبق معايرة النموذج، مثلاً ما هي البيانات التي نحتاج إليها والمستوى التفصيلي للنموذج المعايير . إذا أردنا وصف سرعة وديناميكية العملية فنحن نحتاج إلى التدفق الداخلي الديناميكي (مثلاً تركيز COD في التدفق الممزوج للمياه المعاشية والمياه الصناعية) وكذلك التراكيز الخارجة.

إن جمع البيانات هو من أهم خطوات معايرة النموذج حيث إن المعلومات اللازمة لمعايرة النموذج هي بحسب (Petersen et.al (2002):[57]:

1. بيانات التصميم (أحجام المفاعلات ، معدل تدفق الضخ الأعظمي ، استطاعة التهوية)
2. البيانات التشغيلية (معدل التدفق ، pH ، التهوية، درجة الحرارة)
3. اختبارات الأثر لتوصيف النموذج الهيدروليكي.
4. اختبارات الترسيب لتحديد بارامترات نموذج الترسيب.
5. البيانات لتوصيف: - التراكيز الداخلة والخارجة لـ COD,SS,TKN .
-تركيب الحمأة مثلاً ، VSS, SS, ومحتوى N,P.

عوامل kinetic مثلاً معدل التحلل والنمو.

عوامل stoichiometric مثلاً الإنتاج.

- Process gains أي حساسية متغيرات العملية للتغيرات في بارامترات النموذج، تركيب التدفق الداخلى.

8-2-2. المنهجيات البديلة للنمذجة: Alternatives Modelling Methodologies:

يكون استخدام المنهجيات البديلة في عمليات النمذجة مفيداً، وبخاصة في الحالات التي تكون فيها فرضيات نموذج المحطة white-box غير صالحة ومثل هذه الحالات:

- في العديد من التطبيقات تكون البيانات المتوفرة لمعايرة هذا النموذج غير كافية.
- إن نموذج white-box لا يصف بدقة البنية الطبقيّة الغروية للحمأة المنشطة التي تؤدي إلى تزامن عمليات النتجة و denitrification.
- نماذج white-box لا تصف بشكل كاف عملية ترسيب الحمأة المنشطة.
- نماذج white-box تتم معايرتها لأجل الطقس الجاف وربما يؤدي هذا إلى تنبؤات أقل دقة لأجل الطقس الماطر مثلاً.
- إن التنبؤ بمشاكل ترسيب الحمأة مثل تكتل الحمأة مثال واضح على ما سبق.
- إن نماذج white-box لمحطات المعالجة لم تتطور لتأمين معلومات عن التغيرات في خصائص ترسيب الحمأة على الرغم من أن تدهور خصائص ترسيب الحمأة من أهم الأسباب الرئيسة المزعجة في عمل WWTP، لذلك فإن نماذج black-box المحددة كلياً على أساس البيانات input-output من دون أن تعكس العمليات الفيزيائية، البيولوجية أو الكيميائية في بنية النموذج يمكن أن تطبق لتأمين دليل على حدوث مشاكل ترسيب الحمأة في محطة بالقياس الكامل وهذا يؤدي إلى تحكم مناسب في وقت جيد.

أهم الأمثلة على نماذج black-box هي:

- Autoregressive AR .
- Autoregressive Moving Average ARMA .
- AR و External Input Model ARX .
- ARMA و ARX .
- نماذج Box-Jenkins (transfer function).
- Artificial Intelligence AI (Genetic Algorithm GA , Fuzzy Logic, Artificial Neural Network ANN).

إن نماذج ANN فعالة جداً للحصول على العلاقات غير الخطية الموجودة بين المتغيرات في الأنظمة المعقدة ويمكن أن تطبق في الحالات التي تكون فيها معرفة العملية غير كافية لبناء نموذج white-box للنظام وكمثال على استخدام نماذج ANN في تقدير حمولة COD الداخلة وفي إطار هذا التطبيق فإن نموذج ANN يسمح بتمييز الحالات التي تكون فيها حمولة التدفق الداخل منخفضة أو طبيعية أو مرتفعة بالاعتماد على قياسات معدل استهلاك الأوكسجين في أحواض الحمأة المنشطة.

أحد نماذج black-box أيضاً هو (MVS(MultiVariate Statistical Method) الذي يُستخدم لمراقبة أنظمة الحمأة المنشطة والنمذجة الزمنية للتنبؤ.

إن العديد من تطبيقات MVS مثل PCA (Principal Component Analysis) و PLS(Partial Least Squares) تستخدم في مراقبة أنظمة مياه الصرف الصناعي واكتشاف العيوب، كما تستخدم للتنبؤ بجودة بارامترات WWTP الداخلة والخارجة[58].

هناك أيضاً نماذج Stochastic grey-box التي تصف فقط العلاقات المهمة لحتمية النظرية، وتستخدم هذه النماذج في مجال عمل محطات المعالجة لوصف انتقال المواد الصلبة والمعلقة وترسبها في نظام مياه الصرف[59,60].

إن التنبؤ بمعدل التدفق وتركيز الملوثات في التدفق الداخل لمحطة المعالجة يؤمن معلومات قيمة لتعديل استراتيجية التحكم بمحطة المعالجة لتغيرات الحمولة الداخلة، وأيضاً يمكن خلق بيانات مثل معدل التدفق والتنبؤ بالتراكيز التي يمكن استخدامها لاحقاً كمدخلات للمحاكاة مع نماذج white-box.

إن منهجيات النمذجة البديلة مفيدة وبخاصة للتنبؤ بحمولة التدفق الداخل لتقدير نشاط الكتلة الحيوية وبارامترات جودة التدفق الخارج.

3-2. وصف عام لنموذج الحمأة المنشطة ASM1 [61]:

:General Description of the Activated Sludge Model No. 1 (ASM1)

لمحة تاريخية:

في عام 1983 قام الاتحاد العالمي لجودة المياه بتشكيل فريق عمل ليساعد على تطوير وتسهيل تطبيق النماذج العملية في تصميم وتشغيل أنظمة المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، وكان الهدف الأول هو عرض النماذج الموجودة والهدف الثاني هو الوصول إلى الاتفاق المتعلق بالنموذج الرياضي الأبسط الذي لديه القدرة على التنبؤ الحقيقي بأداء أنظمة Single-stage التي تقوم بأكسدة الكربون والنتريجة وإعادة النتريجة، والنتريجة النهائية قدمت في عام 1987 وأطلق على النموذج (ASM1) Activated Sludge Model NO1.

توسع النموذج منذ ذلك الوقت ليشمل مثلاً أجزاء أخرى لـ COD لتتناسب الملاحظات التجريبية لوصف نمو وتعداد ديناميكية تشكل الندف والبكتريا الخيطية، لتشمل عمليات جديدة لوصف الإزالة البيولوجية المتقدمة للفوسفور وأطلق على النموذج المعدل هذا ASM2. وكان النموذج الأصلي ASM1 هو الأوسع انتشاراً لوصف عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي في كل أنحاء العالم. وبسبب تأثيره الرئيس في مجتمعات WWTP فإنه يستحق اهتماماً بالغاً ويمكن اعتباره النموذج الأحدث، وذلك عندما تكون الإزالة البيولوجية للفوسفور غير مطلوبة.

تم تعديل بعض المفاهيم في النموذج الأولي وأطلق عليه University Cape Town Model (UCT) والمفاهيم التي عدلت هي :

- Bisubstrate Hypothesis
- Death-regeneration Hypothesis
- وبالتوافق مع التجارب العملية فقد اقترح أن COD القابل للهضم بيولوجياً في التدفق الداخل لمياه الصرف الصحي يتألف من جزأين:
- Readily biodegradable COD (السهل الهضم بيولوجياً).
- Slowly biodegradable COD (البطيء أو الصعب الهضم بيولوجياً).

وكانت هذه الفرضية الأولى Bisubstrate Hypothesis التي قدمت عام 1980. وقد افترض أن Readily biodegradable COD يتألف من جزئيات بسيطة قادرة على اجتياز جدار الخلية وتستخدم مباشرة في تركيب synthesis بوساطة الكائنات الحية.

Slowly biodegradable COD يتألف من جزئيات أكبر ومعقدة وتستولي عليها كتلة الحمأة حيث

تمتصها ثم يجب استخلاصها عن طريق التحلل الأنزيمي (hydrolysis) قبل أن تنتقل عبر جدار الخلية وتستخدم في عمليات metabolism (عمليات الهدم والبناء داخل الخلية الحية التي تعمل على إمدادها بالطاقة اللازمة للحياة والعمل)، والعمل تطلب تطويراً لتنبؤات النموذج للعمليات في شروط الحمولة الدورية وشروط التدفق.

- إن فرضية Death-regeneration Hypothesis قدمت في محاولة لتمييز التفاعلات المختلفة التي تحدث عندما تموت الكائنات الحية.

- إن فكرة endogenous respiration التقليدية وصفت كيف يختفي جزء من كتلة الكائنات الحية ليؤمن الطاقة لغرض البقاء.

على الرغم من ذلك فإن التجارب العملية مع تغيير الشروط الهوائية واللاهوائية في المفاعل أظهرت أن نموذج endogenous respiration غير مقبول وذلك لأنه لا يسمح بشرح معدل استهلاك الأوكسجين السريع الذي يحدث في المفاعل عند حدوث ظروف هوائية عقب ظرف لاهوائية.

جزء واحد كان غير قابل للهضم بيولوجياً وبقي غير فعال بينما اعتبر الجزء المتبقي بطيء الهضم بيولوجياً ولذلك يمكن أن يعود السبب إلى العملية ويمكن استخدامه من قبل الكائنات المتبقية كمغذيات خلال الحلمأة وبذلك يمكن أن يفسر الملاحظات المذكورة أعلاه كمادة بناء للمادة القابلة للهضم خلال الفترة اللاهوائية.

بشكل مشابه لنموذج UCT فإن علاقات Monod تستخدم لوصف معدل النمو لكل من بكتريا Heterotrophs والـ Autotrophs وتم استخدام الـ COD كبارامتر أساسي لتعريف المادة الكربونية كما تؤمن ارتباطاً بين electrons equivalents في المادة العضوية والكتلة الحيوية واستهلاك الأوكسجين، كما يمكن كتابة معادلة توازن الكتلة بوساطة الـ COD .

أيضاً هناك تعديلات جوهرية تم اقتراحها من قبل مجموعة عمل IAWQ بخصوص نموذج UCT مع مراعاة فرضيات enmeshment-adsorption (storage) و hydrolysis ، كما أن مجموعة العمل رفضت فكرة أن COD الجزئي القابل للهضم بيولوجياً تمتص وتخزن في كتلة الكائنات الحية. وبدلاً من ذلك فقد افترضوا أن مادة enmeshment biodegradable قد تحلت إلى مواد سريعة الهضم بيولوجياً وتحررت إلى سائل بمعظمها بفضل أنزيمات الاستخلاص المرتشحة من كتلة الكائنات الحية.

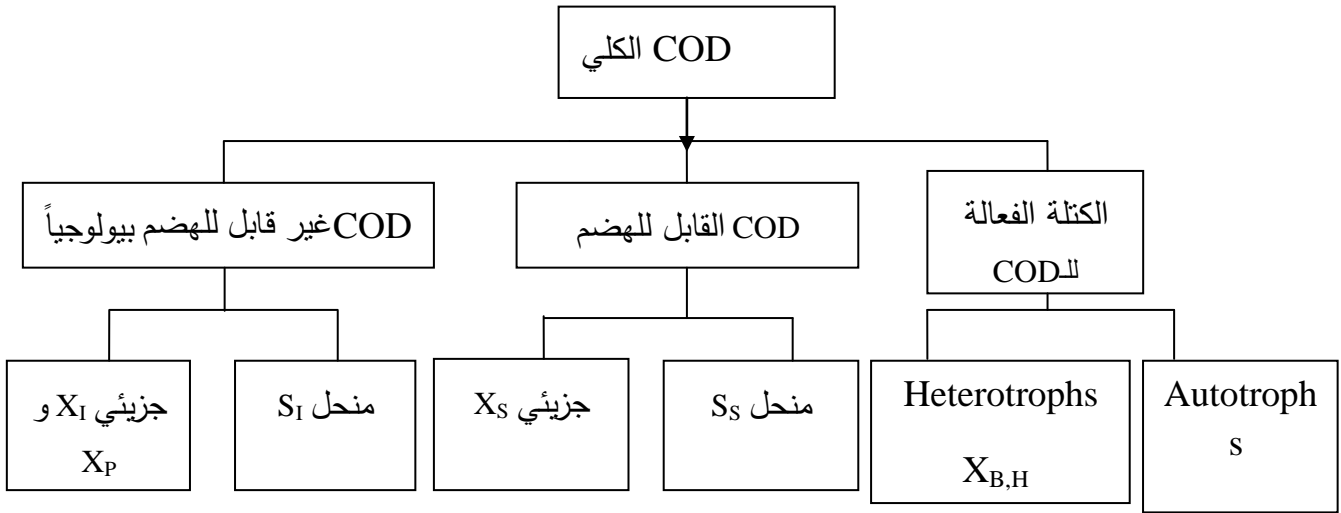
فيما يتعلق بعملية إزالة النترجة ، فإن المجموعة فصلت بين hydrolysis و growth وأخيراً فإن حقيقة النروجين العضوي ومصدر النروجين العضوي اللازم للتركيب تمت معالجتها بشكل

مختلف قليلاً، كما قدمت مجموعة العمل ف رضية إيقاف التتابع لتشغيل العمليات بشكل تدريجي لاعتماد مبدأ on-off بحسب تغير الظروف البيئية وبشكل رئيس بين الظروف anoxic , aerobic وإن switching functions هي Monod-like توابع مستمرة رياضياً ولذلك تقلل مشاكل التغيرات الرقمية خلال المحاكاة، كما أن عمل المجر موعة يسهل العروض التكوينية لنماذج البيوكينيتيك biokinetic بوساطة شكل المصفوفات سهلة الفهم والقراءة وشملت الكثير من المعارف حول الحمأة منشطة (ASP).

بالمقارنة فإن معادلات العمليات الـ 14 في نموذج UCT تم تخفيضها إلى 8 في ASM1 بينما عدد متغيرات الحالة خفض فقط بمقدار 1 (من 14 متغيراً إلى 13 متغيراً) إن تقييم كلا النموذجين بين زيادة أو نقصان التنبؤات المتشابهة في ظل ظروف التشغيل تمت عند معايرة النماذج بالشكل المناسب.

2-3-1. متغيرات الحالة ومكونات COD في ASM1 : State Variables -COD : Component in ASM1

$$COD_{Total} = S_I + S_S + X_S + X_I + X_{B,H} + X_{B,A} + X_P$$



الشكل (12) - مكونات COD في ASM1

- 1 للمواد العضوية القابلة للهضم بيولوجياً تقسم إلى قسمين بحسب سرعة الهضم للبكتريا:
 - الجزء سريع الهضم بيولوجياً ويرمز له بالرمز S_S ويتكون من جزيئات ذات بنية بسيطة يمكن أن تستخدم مباشرة من قبل بكتريا heterotrophic وتساهم في نمو الكتلة الحيوية وفي عملية النمذجة تعامل كما لو كانت منحلة.
 - الجزء بطيء الهضم بيولوجياً ويرمز له بالرمز X_S ويتكون من جزيئات عضوية معقدة (غروية وجزيئية) يجب تحويلها إلى مواد عضوية سريعة الهضم بيولوجياً وذلك بالتحطيم

الأزيمي لها وامتصاصها والاستفادة منها وهو من الممكن فعلياً أن يكون منحللاً ولكن في النموذج يعالج كمادة جزيئية.

2- المواد العضوية غير القابلة للهضم بيولوجياً وهي مواد غير فعالة بيولوجياً وتعتبر نظام الحمأة المنشطة دون تغيير في تركيزها، و بحسب الشروط الفيزيائية يمكن تمييز شكلين لها وكلاهما لا يتأثران بالعمل البيولوجي ضمن النظام :

- المادة العضوية المنحلة غير الفعالة (الخاملة) ويرمز لها بالرمز S_I وهي تمر عبر نظام الحمأة المنشطة بالتركيز نفسه الذي دخلت به.

- المواد العضوية الجزيئية غير الفعالة (الخاملة) ويرمز لها بالرمز X_I وتحبس في كتلة الحمأة وتختزن على شكل VSS (مواد صلبة معلقة طيارة) حيث تزال من النظام عند إزالة الحمأة الزائدة.

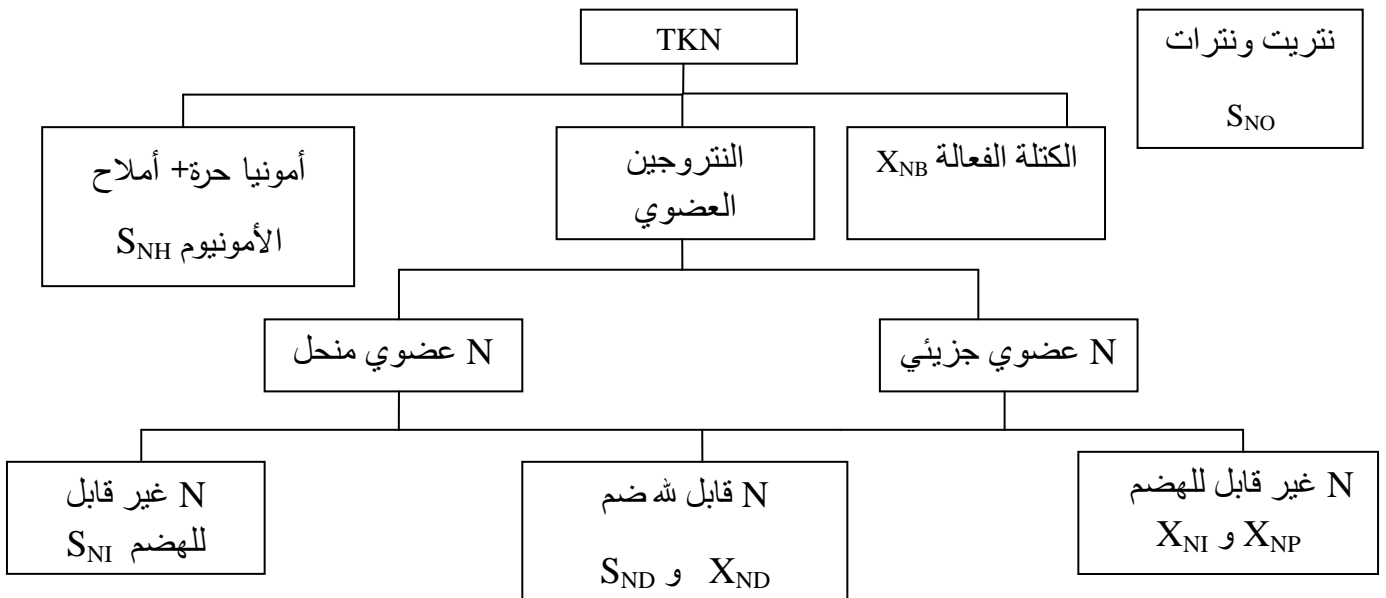
3- الكتلة الحيوية لا COD وتقسم إلى:

- الكتلة الحيوية للـ heterotrophic ويرمز لها بالرمز $X_{B,H}$

- الكتلة الحيوية للـ autotrophic ويرمز لها بالرمز $X_{B,A}$

وأخيراً هناك متغير حالة إضافي X_p لنمذجة المنتجات الجزيئية غير الفعالة الناتجة من تحلل الكتلة الحيوية.

بالنسبة إلى النتروجين فإننا نتبع عملية التقسيم نفسها.



الشكل (13) - مكونات النتروجين في ASM1

ملاحظة:

فقط X_{ND} و S_{ND} تستخدم بشكل واضح في النموذج.

نتروجين الكتلة الفعالة X_{NB} يتم تضمينه في النموذج فقط في حالة أن تحلل الكتلة الحيوية سيؤدي إلى إنتاج X_{ND}

يمكن حساب النتروجين العضوي المرتبط بالمنتجات الجزيئية غير الفعالة X_{NP} والمادة الجزيئية العضوية X_{NI} على الرغم من عدم وصفها في مصفوفة النموذج.

إن نترجة الأمونيا إلى نترات- نتروجين S_{NO} تعتبر كعملية ذات مرحلة واحدة .

آخر مكونين في $ASM1$ هما تركيز الأوكسجين المنحل S_O ويعبر عنه ك COD سلبي والقلوية $SALK$ التي لا تؤثر في أي عملية أخرى في النموذج.

2-3-2. العمليات الديناميكية في النموذج:

يمكن وصف العمليات التي تدخل في $ASM1$ بشكل مختصر كما يلي:

1. النمو الهوائي لبكتريا heterotrophic : Aerobic growth of

heterotrophic biomass $X_{B,H}$

إن جزءاً من S_S يستخدم لنمو الكتلة الحيوية لبكتريا heterotrophic وينتج عن الأوكسدة طاقة

تعطي زيادة في الأوكسجين المرتبط وتتم نمذجة هذه العملية باستخدام ثوابت Monod

يستخدم الأمونيا كمصدر لنتروجين التركيب ويدخل في كتلة الخلية.

إن كلاً من تركيز S_S و S_O يفرضان تحديد عمليات النمو وهذه العملية بعلمة هي المساهم

الأساسي في إنتاج الكتلة الحيوية الجديدة وإزالة الـ COD .

2. النمو في ظروف anoxic لبكتريا heterotrophic : anoxic

growth of heterotrophic biomass(denitrification):

في غياب الأوكسجين فإن بكتريا heterotrophic قادرة على استخدام النترات ك electron

acceptor نهائي مع S_S وتؤدي هذه العملية إلى إنتاج الكتلة الحيوية للـ heterotrophic وغاز

النتروجين(denitrification)، حيث إن غاز النتروجين هو نتيجة اختزال النترات مع تغيرات القلوية

المرتبطة وتستخدم ثوابت Monod المستخدمة في العملية الأولى باستثناء المعدل

الحركي(Kinetic rate expression) يضرب بعامل η_g أصغر من الواحد.

وهذه النسبة المنخفضة يمكن أن تحدث إما بسبب معدل النمو الأعظمي المنخفض بسبب ظروف

anoxic وإما فقط بسبب بكتريا heterotrophic القادرة على العمل مع النترات ك electron acceptor ويستخدم جزء من الأمونيا كمصدر النتروجين لصنع الخلية.

3. النمو الهوائي لبكتريا autotrophic $X_{B,A}$; Aerobic growth autotrophic biomass :
4. تتم أكسدة الأمونيا إلى نترات بوساطة عملية ذات مرحلة واحدة (nitrification) تسبب إنتاج بكتريا autotrophic وتزيد من الأوكسجين اللازم والضروري.

يستخدم النتروجين أيضاً كمصدر لنتروجين التركيب وتدخل في كتلة الخلية ولهذه العملية تأثير واضح في القلوية (من كل من تحويل الأمونيا إلى كتلة حيوية وأيضاً من أكسدة الأمونيا إلى نترات) وأيضاً على احتياج الأوكسجين الكلي.

إن التأثير في كمية الكتلة الحيوية المشكلة صغير ، لأن بكتريا النتريجة منخفضة وتتم نمذجة معدل النمو باستخدام Monod Kinetic .

5. تحلل الكتلة الحيوية للheterotrophic : Decay of heterotrophic biomass :

تتم نمذجة العملية بحسب فرضية death-regeneration. تموت الكائنات عند معدل محدد وجزء من الكتلة الحيوية يكون غير قابل للهضم بيولوجياً والمتبقي يضاف إلى مخزون X_S .
إن النتروجين العضوي المرتبط بـ X_S يوجد على شكل نتروجين عضوي جزئي .

لا يوجد ضياع للCOD ولا ينفج من أي electron acceptor وتستمر العملية بالمعدل نفسه تحت شروط aerobic , anaerobic , anoxic .

6. تحلل الكتلة الحيوية للautotrophic : Decay of heterotrophic biomass :

تتم نمذجة هذه العملية بالطريقة نفسها التي تتم بها نمذجة العملية السابقة.

7. Ammonification of soluble organic nitrogen :

النتروجين العضوي المنحل القابل للهضم بيولوجياً يتحول إلى أمونيا بعملية First-order من خلال heterotrophic الفعالة.

8. Hydrolysis of entrapped organic :

X_S التي تحتبس في كتلة الحمأة تتحلل بالاستخلاص وتنتج S_S الضرورية لنمو الكائنات الدقيقة وتتم نمذجة هذه العملية على أساس عوامل التفاعلات السطحية surface reaction kinetics وتحديث فقط في ظل ظروف aerobic, anoxic.

ينخفض معدل التحلل في ظل ظروف anoxic مقارنة بالشروط الـ aerobic بعامل η_h أصغر من الواحد.

9. إن المعدل أيضاً First-order بالنسبة إلى بكتريا الـ heterotrophic ولكن كمية المغذيات الموجودة كمواـد entrapped تصبح كبيرة بالنسبة إلى الكتلة الحيوية .
10:Hydrolysis of entrapped organic nitrogen.

يتحلل النتروجين العضوي الجزئي القابل للهضم بيولوجياً إلى نتروجين عضوي منحل عند المعدل المحدد في العملية السابقة.

الجدول-2-العمليات الأساسية في ASM1 Basic Processes

Process	Basic Reaction
Aerobic growth of heterotrophs	$S_S + S_O + S_{NH} \rightarrow X_{B,H}$
Anoxic growth of heterotrophs	$S_S + S_{NO} + S_{NH} \rightarrow X_{B,H}$
Aerobic growth of autotrophs	$S_O + S_{NH} \rightarrow X_{B,A} + S_O$
Decay of heterotrophs	$X_{BH} \rightarrow X_P + X_S + X_{ND}$
Decay of autotrophs	$X_{BA} \rightarrow X_P + X_S + X_{ND}$
Ammonification of soluble organic N	$S_{ND} \rightarrow S_{NH}$
Hydrolysis of entrapped organics	$X_S \rightarrow S_S$
Hydrolysis of entrapped organic N	$X_{ND} \rightarrow S_{ND}$

2-3-3. بارامترات النموذج:

إن اختيار قيم معاملات النموذج (kinetic , Stoichiometric) للنموذج الرياضي تسمى معايرة النموذج. في حالة نموذج الحمأة المنشطة تتم المعايرة بشكل تقليدي من خلال تجارب محددة ومتحكم بها بشكل جيد في pilot plant و bench scale حيث تفترض شروط تشغيل ثابتة. ومع ذلك فإن القيم التي نحصل عليها بهذه الطريقة ليست جديرة بالثقة كلياً لسببين رئيسيين:

- صعوبة تصور وتشغيل small-scale-plant بالطريقة نفسها تماماً كـ full-scale plant وذلك بسبب وجود خطر في تغير سلوك الكائنات الحية التي تؤثر في قيم البارامترات المحددة.

- إن التجارب والحسابات تعتمد على حقيقة أن المعاملات ثابتة وبما أن التجارب يمكن أن تستغرق عدة أيام أو حتى عدة أسابيع ليتم إنجازها لا تنفذ في أغلب الأحيان.

العديد من البارامترات متغيرة مع الزمن وبعضها يتغير خلال فترة زمنية محددة إن ع وامل مثل تغير ترتيب أجزاء المحطة، شروط التشغيل، ديناميكية وتعداد الكائنات الحية، درجة وجود المكونات السامة التي تحد من العمليات ، تركيب مياه الصرف الصحي الداخلة، درجة الحرارة والـ pH وكلها تؤثر في قيم بارامترات العملية.

الأنواع نفسها من المشاكل يمكن أن تبرز عند توصيف مياه الصرف الصحي الداخلة .بما أن هناك بعض من البارامترات السابقة يمكن أن تتغير قيمها المعتبرة خلال فترة أيام قليلة، فإن مواصفات مياه الصرف الصحي الداخلة يمكن أن تتغير بشدة خلال ساعات.

إن حقيقة تأثير تركيب مياه الصرف الصحي على سلوك النموذج كبير عادة، يساهم في زيادة الصعوبات من خلال الحساسية، تغير ترتيب النموذج، البارامترات دليل يعطى أكثر أهمية لتحديد الدقة ومثل هذا الاستقصاء تم إنجازه في ASM1. لقد وضح أنه في المحطات التي تجري فيها nitrification و denitrification فإن حساسية النموذج للـ COD تكون صغيرة بسبب مدة البقاء الطويلة.

البارامترات الأكثر اعتباراً في هذه العمليات هي:

1. معدل تحلل الـ heterotrophic .
2. معدل نمو heterotrophic في ظروف anoxic .
3. معدل الحلمأة الأعظمي
4. ثابت الإشباع النصفى للحلمأة.
5. معامل التصحيح للحلمأة في ظروف anoxic .
6. معدل النمو الأعظمي الخاص للـ autotrophic .

لوحظ أن مجموعة مختلفة لقيم البارامترات يمكن أن تؤدي تقريباً إلى سلوك النموذج نفسه ويعود سبب هذا إلى حقيقة أن العديد من معاملات النموذج يتم تصميمها، ويشمل هذا البارامترات التي لا يمكن تصحيحها واحداً تلو الآخر وإنما مجموعة كاملة يجب أن ترتب بشكل متزامن وبعض الأمثلة مبينة كالتالي:

1. معدل النمو ومعدل التحلل:

إن زيادة معدل ي التحلل والنمو تعطي معدل نمو صافياً متشابهاً ولكنه سيزيد احتياج

الأوكسجين ويسرع دورة المغذيات .

2. معدل الإنتاج والنمو:

إن زيادة معدل الإنتاج والنمو يرجح عملية على أخرى مع الأخذ بعين الحسبان معدل تحلل المواد العضوية ولكنه سيزيد استهلاك الأوكسجين.

3. Yield و heterotrophic في التدفق الداخل لمياه الصرف الصحي:

إن زيادة Yield وانخفاض تركيز heterotrophic في مياه الصرف الداخلة مساوٍ لـ yield منخفض وزيادة تركيز heterotrophic في المياه الداخلة.

إن ما شرح أعلاه هو مؤشر إلى أنه يجب أخذ المعلومات جميعها من الشبكة ومن قياسات المخبر.

بارامترات النموذج:

قيم بارامترات النموذج المقترحة من قبل مجموعة العمل مبينة في الجدول التالي، حيث نلاحظ أن هناك العديد من البارامترات تتأثر بقوة بالظروف البيئية، وأيضاً هناك بعض البارامترات المستخدمة في حساب بعض المعاملات.

الجدول 3- بارامترات ASM1

literature	10 °C	20 °C	Unit	symbol	IAWQ model parameters
					Stoichiometric parameters
0.38-0.75	0.67	0.67	g cell COD formed (g COD oxidized)-1	Y_H	معدل إنتاج heterotrophic
0.07-0.28	0.24	0.24	g cell COD formed (g N oxidized)-1	Y_A	معدل إنتاج autotrophic
-	0.08	0.08	-	f_p	جزء الكتلة الحيوية الذي ينتج المنتجات الجزيئية
-	0.086	0.086	g N (g COD)-1 in biomass	I_{X-B}	كتلة N/كتلة COD في الكتلة الحيوية

-	0.06	0.06	g N (gCOD)-1 in endogenous mass	I_{X-P}	كتلة N/كتلة COD في منتجات الكتلة الحيوية
					Kinetic parameters
0.6-13.2	3	6	day-1	μ_H	معدل النمو المحدد للheterotrophic
0.05-1.6	0.2	0.62	day-1	b_H	معدل تحلل heterotrophic
5-225	20	20	g COD m-3	K_S	ثابت الإشباع النصفي للheterotrophic
0.01-0.2	0.2	0.2	g O2 m-3	$K_{O,H}$	ثابت الإشباع النصفي للأوكسجين للheterotrophic
0.1-0.5	0.5	0.5	g NO3-N m- 3	$K_{N,O}$	ثابت الإشباع النصفي للنترات لأجل إعادة نترجة للheterotrophic
0.2-1	0.3	0.8	day-1	μ_A	معدل النمو الأعظمي المحدد للautotrophic
0.05-0.2	0.1	0.2	day-1	b_A	معدل تحلل autotrophic
0.4-2	0.4	0.4	g O2 m-3	$K_{O,A}$	ثابت الإشباع النصفي للأوكسجين للautotrophic
-	1	1	g NH3-N m- 3	$K_{N,H}$	ثابت الإشباع النصفي للأمونيا للautotrophic
0.6-1	0.8	0.8	-	η_g	معامل التصحيح للنمو في ظروف للheterotrophic anoxic
-	0.04	0.08	m3 (g COD day)-1	K_a	معدل ammonification
-	1	3	g slowly biodeg. COD (g cell COD day)-1	K_h	معدل الحلمأة الأعظمي المحدد
-	0.01	0.03	g slowly biodeg. COD (g cell COD)-1	K_x	ثابت الإشباع النصفي للمواد بطيئة الهضم بيولوجياً
-	0.4	0.4	-	η_h	معامل التصحيح للحلمأة في anoxic ظروف

2-3-4. معادلات النموذج:

بالاعتماد على الوصف السابق يمكن صياغة المجموعة الكاملة لمعادلات النموذج (من دون أخذ مدة التدفق بعين الحسبان)

كل معادلة للنموذج تكتب بشكل واضح بهدف توضيح الدقة الكاملة التي من الممكن أن تكون غير موضحة عند استخدام صيغة المصفوفة.

إن السلوك الديناميكي لتركيز الكتلة الحيوية للـ heterotrophic يتأثر بثلاث عمليات:

- Aerobic growth
- Anoxic growth
- Decay

من العمود الخامس في الجدول 4 نجد أن معدل تغير $X_{B,H}$ يعطى وفق المعادلة التالية:

$$\frac{dx_{B,H}}{dt} = \mu_H \frac{S_S}{K_S + S_S} \cdot \frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} X_{B,H} + \eta_g \cdot \mu_H \cdot \frac{S_S}{K_S + S_S} \cdot \frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \cdot \frac{S_{N,O}}{K_{N,O} + S_{N,O}} X_{B,H} - b_H \cdot X_{B,H}$$

إن هذه الحالة لتركيز الكتلة الحيوية للـ autotrophic تكون أبسط عندما لا تنمو الـ autotrophic في ظروف anoxic ومن العمود السادس في الجدول 4 نجد:

$$\frac{dX_{B,A}}{dt} = \mu_A \cdot \frac{S_{N,H}}{K_{N,H} + S_{N,H}} \cdot \frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \cdot X_{B,A} - b_A \cdot X_{B,A}$$

إن تركيز المواد العضوية سريعة الهضم بيولوجياً ينخفض عند نمو بكتريا الـ heterotrophic (في ظروف aerobic و anoxic) ويزيد من حمأة المواد العضوية بطيئة الهضم بيولوجياً والمعادلات التي تصف هذه العملية هي :

$$\frac{dS_S}{dt} = \left[-\frac{\mu_H}{Y_H} \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_{\varepsilon} \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \cdot \left(\frac{S_{N,O}}{K_{N,O} + S_{N,O}} \right) \right\} \right. \\ \left. + K_H \frac{X_S/X_{B,H}}{K_S + \left(X_S/X_{B,H} \right)} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_H \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \cdot \left(\frac{S_{N,O}}{K_{N,O} + S_{N,O}} \right) \right\} \right] \\ \cdot X_{B,H}$$

إن تركيز المواد العضوية بطيئة الهضم بيولوجياً يزداد عن طريق تدوير dead bacteria بحسب فرضية death-regeneration ويتناقص مع عملية الحلمأة بحسب العمود الرابع في الجدول 4:

$$\frac{dX_S}{dt} = (1 - f_p) \cdot (b_H \cdot X_{B,H} + b_A \cdot X_{B,A}) - K_H \frac{X_S/X_{B,H}}{K_S + \left(X_S/X_{B,H} \right)} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \right. \\ \left. \eta_H \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \cdot \left(\frac{S_{N,O}}{K_{N,O} + S_{N,O}} \right) \right\} \cdot X_{B,H}$$

معادلات النموذج الأقصر هي التي تصف تركيز المنتجات الجزيئية الخاملة الناتجة من تحلل الكتلة الحيوية والتي يمكن الحصول عليها من العمود السابع في الجدول 4:

$$\frac{dX_P}{dt} = f_p (b_H \cdot X_{B,H} + b_A \cdot X_{B,A})$$

إن تركيز النتروجين العضوي الجزيئي يزداد بتحلل الكتلة الحيوية وينقص بعملية الحلمأة بحسب العمود 12 في الجدول 4 :

$$\frac{dX_{N,D}}{dt} = (i_{X,B} - f_P \cdot i_{X,P})(b_H \cdot X_{B,H} + b_A \cdot X_{B,A})$$

$$- K_H \frac{X_{N,D}/X_{B,H}}{K_X + (X_S/X_{B,H})} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_H \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \right.$$

$$\left. \cdot \left(\frac{S_{N,O}}{K_{N,O} + S_{N,O}} \right) \right\} \cdot X_{B,H}$$

إن تركيز النتروجين العضوي المنحل يتأثر بعملية ammonification والحلمأة بحسب العمود 11 في الجدول 4:

$$\frac{dS_{ND}}{dt} = \left[-K_a \cdot S_{ND} + K_H \frac{X_{N,D}/X_{B,H}}{K_X + (X_S/X_{B,H})} \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_H \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \cdot \left(\frac{S_{N,O}}{K_{N,O} + S_{N,O}} \right) \right\} \right] \cdot X_{B,H}$$

إن تركيز الأمونيا يتأثر بنمو كل الكائنات الدقيقة عندما يستخدم الأمونيا كمصدر للنتروجين لإدخالها إلى كتلة الخلية ، في العمود 10 في الجدول 4 نجد أن التركيز يتناقص أيضاً بعملية النتجة ويزداد نتيجة ammonification للنتروجين العضوي المنحل وهذا يقود إلى معادلة مختلفة وأكثر تعقيداً:

$$\frac{dS_{NH}}{dt} = \left[-i_{X,B} \cdot \mu_H \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left\{ \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) + \eta_g \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \cdot \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \right\} + K_a \cdot S_{ND} \right] X_{B,H} - \mu_A \left(i_{X,B} + \frac{1}{Y_A} \right) \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \right) X_{B,A}$$

إن تركيز النترات يدخل فقط في عمليتين بحسب العمود 9 حيث يزداد بالنتجة ويتناقص بإعادة النتجة:

$$\frac{dS_{NO}}{dt} = \mu_H \cdot \eta_g \left(\frac{1 - Y_H}{2.86 Y_H} \right) \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left(\frac{K_{O,H}}{K_{OH} + S_O} \right) \cdot \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) X_{B,H} \\ + \frac{\mu_A}{Y_A} \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{OA} + S_O} \right) X_{B,A}$$

وأخيراً فإن تركيز الأوكسجين في مياه الصرف يتناقص بعملية النمو الهوائي heterotrophic للـ autotrophic بحسب العمود 8 في الجدول 4:

$$\frac{dS_O}{dt} = -\mu_H \left(\frac{1 - Y_H}{Y_H} \right) \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left(\frac{S_O}{K_{OH} + S_O} \right) X_{B,H} \\ - \mu_A \left(\frac{4.57 - Y_A}{Y_A} \right) \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{OA} + S_O} \right) X_{B,A}$$

إن العامل 2.86 هو الأوكسجين المكافئ لتحول النترات إلى غاز النتروجين وتم تضمينه في المعادلات ليحافظ على تجانس الواحدات بالنسبة إلى COD [61].

إن القيمة نظرية وتعني انه إذا أُضيفت كل المادة العضوية إلى مفاعل denitrification تتحول فقط إلى H_2O و CO_2 وستتطلب $1/2.86=0.35$ g NO_3 for each g COD removed

وبشكل مشابه فإن القيمة 4.57 للنمو الهوائي للـ autotrophic في العمود الثامن والسطر الثالث هو احتياج الأوكسجين النظري المتعلق بأكسدة نتروجين الأمونيا إلى نترات أي يستهلك 4.57 g O_2 / g NH_3-N [61].

بحسب فرضية death- regeneration المستخدمة في النموذج فإن معدل تحلل heterotrophic هو ليس بارامتر التحلل التقليدي المستخدم لوصف تحلل endogenous بدل القيمة الأكبر بشكل كاف.

إن b_A في ASM1 مكافئ لثابت معدل التحلل التقليدي، وهذا من حقيقة أن إعادة تدوير المادة العضوية الناتجة من التحلل تحدث خلال نشاط بكتريا heterotrophic وليس بوساطة بكتريا autotrophic، كما أن f_p تمثل الجزء من الكتلة الحيوية الذي ينتهي كمنتجات جزئية غير فعالة بعد التحلل ويتأثر بوصف death- regeneration.

إذا تمت نمذجة التحلل كتحلل endogenous من المفترض أن تكون هذه القيمة 0.2 أي 20% بينما إعادة تدوير الكتلة الحيوية كنتيجة death-regeneration كقيمة منخفضة بشكل كاف وينتهي بكمية الكتلة الجزئية غير الفعالة نفسها.

2-3-5. نطاق النموذج:

هناك عدد من الفرضيات والتبسيطات التي يجب أن توضع ليكون النموذج الذي يمثل WWTP مفيداً عملياً، وبعضها يرتبط بفيزيائية النظام بحد ذاته، ويتعلق بعضها الآخر بالنموذج الرياضي.

- 1 يعمل النظام تحت درجة حرارة ثابتة، ويهدف إلى السماح بمراعاة تغيير درجة الحرارة يمكن استخدام معادلة Arrhenius لتوافق بارامترات النموذج في منطقة محددة.
- 2 pH ثابت ومعتدل تقريباً، إن تضمين القلوية في النموذج تسمح للمستخدم باكتشاف المشاكل المختلفة بالتحكم بالـpH.
- 3 إن المعاملات في rate expression يفترض أن تأخذ قيماً ثابتةً، وهذا يعني أنه في حال تغيير مواصفات مياه الصرف الصحي لا يمكن التحكم بها في النموذج إذا لم تعتبر rate expression متغيرة تابعة للزمن.
- 4 إن تأثير احتجاز النتروجين والفوسفور وغيرها من المواد المغذية غير العضوية على إزالة المواد العضوية وعلى نمو الخلية لا تعتبر في النموذج، لذا يجب الانتباه إلى وجود كميات كافية من المغذيات غير العضوية للسماح بالنمو المتوازن .
- 5 معاملات التصحيح للـdenitrification ثابتة من أجل مياه صرف صحي معينة.
- 6 معاملات النتريجة يفترض أن تكون ثابتة، لتدخل أي تأثيرات قاهرة يمكن أن يمتلكها مكروبيات من مياه الصرف عليها.
- 7 إن الكتلة الحيوية للـheterotrophic متجانسة ولا تحتل أي تغييرات في تعدد الأنواع مع الزمن وهذا يعني أن تأثير تدرج تركيز المواد العضوية وتصور المفاعل على قابلية الحمأة للتسيب لا يؤخذ بعين الحسبان.
- 8 إن احتجاز المواد العضوية في الكتلة الحيوية يفترض أن يكون أني.
- 9 إن حلمأة المادة العضوية والنتروجين العضوي مرتبطان ببعضها ببعض ويحدث بشكل متزامن وبمعدلات متساوية.
- 10 - إن نوع electron acceptor الموجود لا يؤثر في فقدان الكتلة الفعالة بمعاملات تحلل أو إنتاج الـheterotrophic .

الجدول 4- مصفوفة ASMI [61]

Component →		<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>j</i>	Process ↓		<i>S_I</i>	<i>S_S</i>	<i>X_I</i>	<i>X_S</i>	<i>X_{B,H}</i>	<i>X_{B,A}</i>	<i>X_P</i>	<i>S_O</i>	<i>S_{NO}</i>	
1	Aerobic growth of heterotrophs			$\frac{1}{Y_H}$			1			$\frac{1 - Y_H}{Y_H}$		
2	Anoxic growth of heterotrophs			$\frac{1}{Y_H}$			1				$\frac{1 - Y_H}{2.86 Y_H}$	
3	Aerobic growth of autotrophs							1		$-\frac{4.57}{Y_A} + 1$	$\frac{1}{Y_A}$	
4	'Decay' of heterotrophs					$1 - f_P$	-1		f_P			
5	'Decay' of autotrophs					$1 - f_P$		-1	f_P			
6	Ammonification of soluble organic nitrogen											
7	'Hydrolysis' of entrapped organics			1		-1						
8	'Hydrolysis' of entrapped organic nitrogen											
Observed Conversion Rates [ML ⁻³ T ⁻¹]		$r_i = \sum_j v_{ij} \rho_j$										
Stoichiometric Parameters: Heterotrophic yield: Y_H Autotrophic yield: Y_A Fraction of biomass yielding particulate products: f_P Mass N/Mass COD in biomass: i_{XB} Mass N/Mass COD in products from biomass: i_{XP}		Soluble inert organic matter [M(COD)L ⁻³]	Readily biodegradable substrate [M(COD)L ⁻³]	Particulate inert organic matter [M(COD)L ⁻³]	Slowly biodegradable substrate [M(COD)L ⁻³]	Active heterotrophic biomass [M(COD)L ⁻³]	Active autotrophic biomass [M(COD)L ⁻³]	Particulate products arising from biomass decay [M(COD)L ⁻³]	Oxygen (negative COD) [M(-COD)L ⁻³]	Nitrate and nitrite nitrogen [M(N)L ⁻³]		

تابع لمصفوفة النموذج:

10	11	12	13	Process Rate, ρ_j [ML ⁻³ T ⁻¹]
S_{NH}	S_{ND}	X_{ND}	S_{ALK}	
$-i_{XB}$			$-\frac{i_{XB}}{14}$	$\hat{\mu}_H \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) X_{B,H}$
$-i_{XB}$			$\frac{1 - Y_H}{14 \cdot 2.86 Y_H}$ $-\frac{i_{XB}}{14}$	$\hat{\mu}_H \left(\frac{S_S}{K_S + S_S} \right) \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right)$ $\left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) \eta_g X_{B,H}$
$-i_{XB} - \frac{1}{Y_A}$			$-\frac{i_{XB}}{14} - \frac{1}{7Y_A}$	$\hat{\mu}_A \left(\frac{S_{NH}}{K_{NH} + S_{NH}} \right) \left(\frac{S_O}{K_{O,A} + S_O} \right) X_{B,A}$
		$i_{XB} - f_P i_{XP}$		$b_H X_{B,H}$
		$i_{XB} - f_P i_{XP}$		$b_A X_{B,A}$
1	-1		$\frac{1}{14}$	$k_a S_{ND} X_{B,H}$
				$k_b \frac{X_S / X_{B,H}}{K_X + (X_S / X_{B,H})} \left[\left(\frac{S_O}{K_{O,H} + S_O} \right) \right]$ $+ \eta_b \left(\frac{K_{O,H}}{K_{O,H} + S_O} \right) \left(\frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \right) X_{B,H}$
	1	-1		$\rho_7 (X_{ND} / X_S)$
$r_i = \sum_j v_{ij} \rho_j$				
$NH_4^+ + NH_3$ nitrogen [M(N)L ⁻³]	Soluble biodegradable organic nitrogen [M(N)L ⁻³]	Particulate biodegradable organic nitrogen [M(N)L ⁻³]	Alkalinity - Molar units	<p>Kinetic Parameters:</p> <p>Heterotrophic growth and decay: $\hat{\mu}_H, K_S, K_{O,H}, K_{NO}, b_H$</p> <p>Autotrophic growth and decay: $\hat{\mu}_A, K_{NH}, K_{O,A}, b_A$</p> <p>Correction factor for anoxic growth of heterotrophs: η_g</p> <p>Ammonification: k_a</p> <p>Hydrolysis: k_b, K_X</p> <p>Correction factor for anoxic hydrolysis: η_b</p>

4-2. نموذج Tacaks لنمذجة حوض الترسيب [24]:

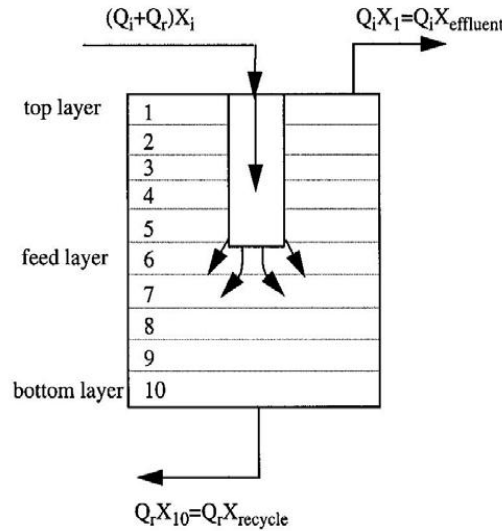
كما تتم نمذجة المفاعل البيولوجي يمكن أن تتم نمذجة حوض الترسيب الثانوي.

من بين الاختيارات الممكنة الأخذ بالحسبان التفاعلات البيولوجية أولاً ، النمذجة في بعد واحد أو بعدين الاختيار فقط يكون للتركيز على بعض الظاهر الفيزيائية .

في النمذجة الفيزيائية للمرسب تستخدم النموذج الأحادي البعد لـ Tacaks .

2-4-1- عرض النموذج:

في هذا النموذج يقسم المرسب إلى عدة طبقات (10 كقيمة افتراضية) بثخانة ثابتة كما نلاحظ في الصورة الموضحة أدناه.



الشكل (14)- نموذج Tacaks: تقسيم حوض الترسيب إلى طبقات

يستند النموذج إلى مفهوم تدفق المادة و توازن الكتلة يحسب في كل طبقة من الطبقات.

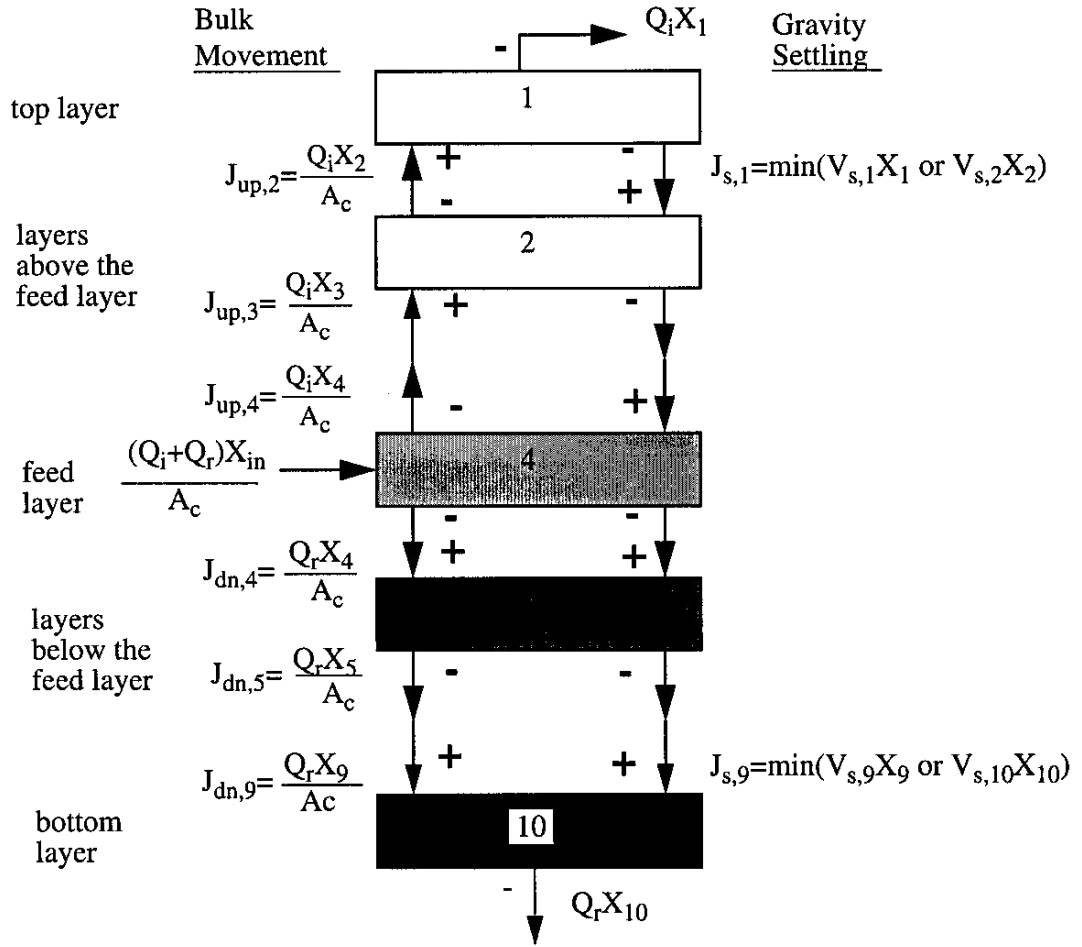
Top layer: الطبقة العليا

Bottom layer: الطبقة السفلية

Feed layer: طبقة التغذية

خمس مجموعات مختلفة من الطبقات تعتمد على موضعه بالنسبة إلى نقطة وصول التدفق إلى المرسب (نقطة التغذية)، لها مساهمة خاصة في توازن المادة.

إن تدفق المادة الحاصل بسبب تحرك حجم السائل يمكن أن يكون باتجاه الأعلى أو الأسفل بحسب موقعه بالنسبة إلى طبقة التغذية وهذا موضح بالصورة أدناه.



الشكل (15) - نموذج Tacaks: معدل التدفق في طبقات حوض الترسيب [24]

إن معدل الترسيب في كل طبقة يوصف كتابع أسّي مزدوج لكل كحالتى الترسيب (أسفل المرسب) وتسوية مرحلة الفصل (أعلى المرسب)

هذه السرعة توصف من قبل Tacaks وتعطى بالعلاقة التالية:

$$V_{SI} = V_{max} (e^{-r_{hin}(x_i - x_{min})} - e^{-r_{floc}(x_i - x_{min})})$$

حيث إن:

V_{SI} : سرعة الترسيب في الطبقة i m/day .

V_{max} : سرعة الترسيب الأعظمية المحددة من قبل Vesilind m/day .

r_{hin} : معامل متعلق بترسيب المواد الصلبة الكلية المعلقة m^3/g .

r_{floc} : معامل مرحلة الفصل للمواد الصلبة الكلية المعلقة m^3/g .

x_i : تركيز المواد الصلبة المعلقة الكلية في الطبقة i .

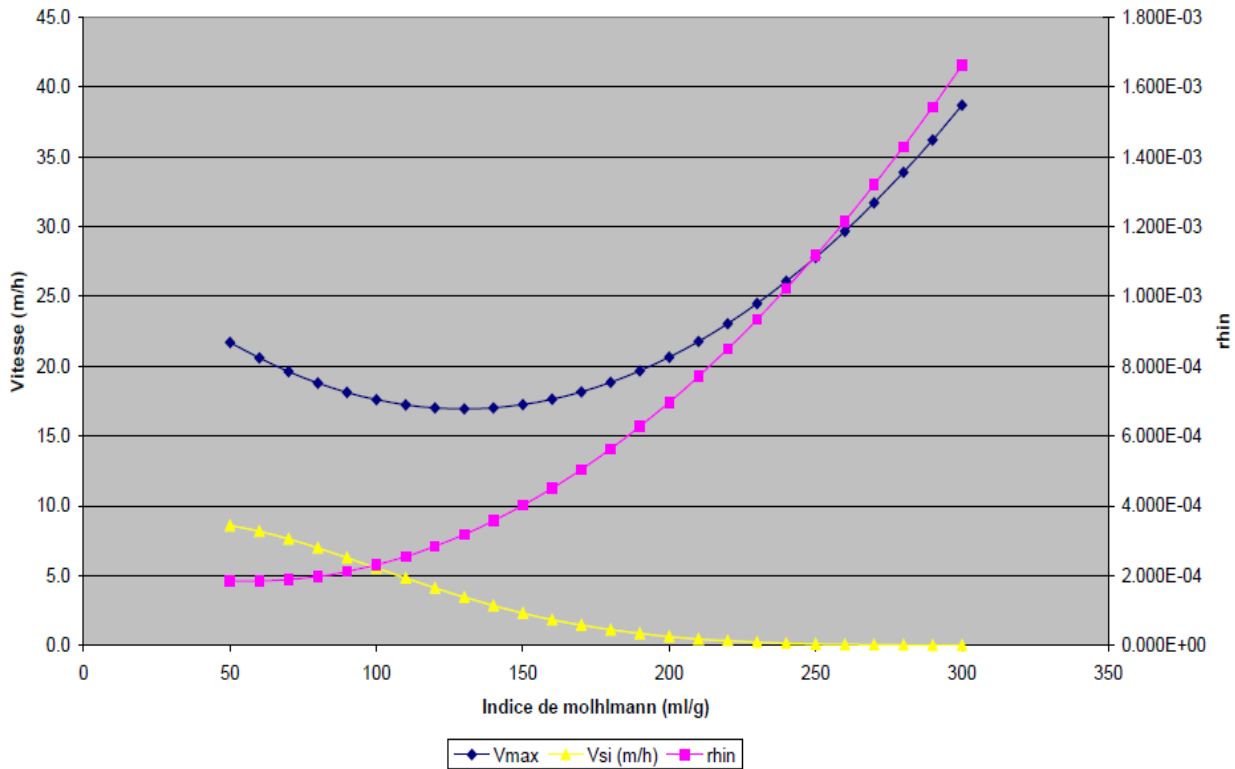
x_{min} : التركيز الأصغري للمواد الصلبة الكلية المعلقة عندما لا توجد أي إمكانية للترسيب.

يتم اعتبار فرضيتين في النموذج:

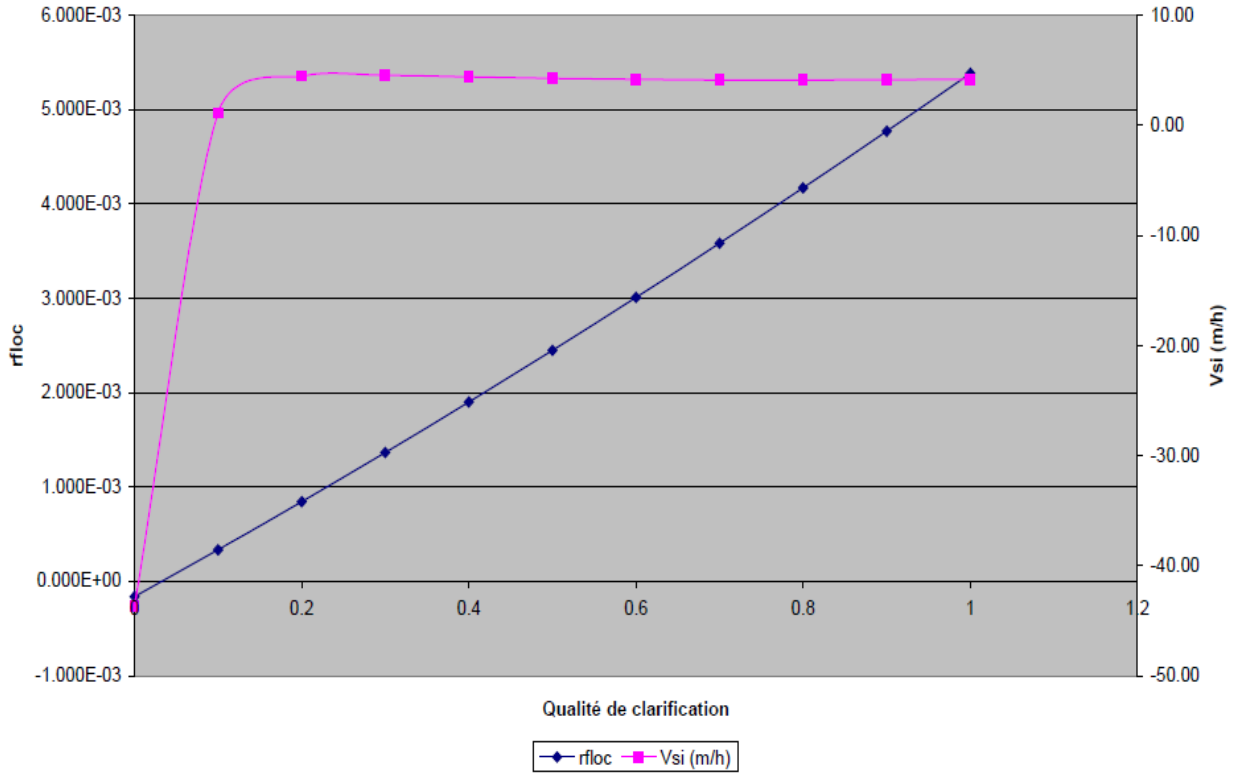
- المواد الصلبة الواردة تتوزع فوراً وبشكل عشوائي في مدخل مقطع طبقة التغذية.
- يؤخذ التدفق الشاقولي فقط بعين الحساب.

إن الصعوبة في استخدام هذا النموذج هو استخدام المعاملات r_{hin} و r_{floc} فهي في الواقع ليست مقوية.

تم تشكيل علاقة متبادلة بين هذه المعاملات ودليل حجم الحمأة (Molhmann Index) وأيضاً العلاقات مع سرعات الترسيب السابقة وتوضح هذه العلاقة من خلال المخططات التالية:



الشكل (16) - العلاقة بين V_{SI} و V_{max} و r_{hin} بحسب قيمة دليل حجم الحمأة [24]



الشكل (17) - العلاقة بين V_{SI} و r_{floc} بحسب قيمة دليل حجم الحمأة لحساب جودة الترسيب [24]

لا تؤخذ بعين الحسبان التفاعلات البيولوجية في هذا النموذج، حيث يصف هذا النموذج فقط الترسيب في الطبقات المختلفة للمرسب.

3-1. مكان الدراسة (محطة معالجة خربة المعزة):

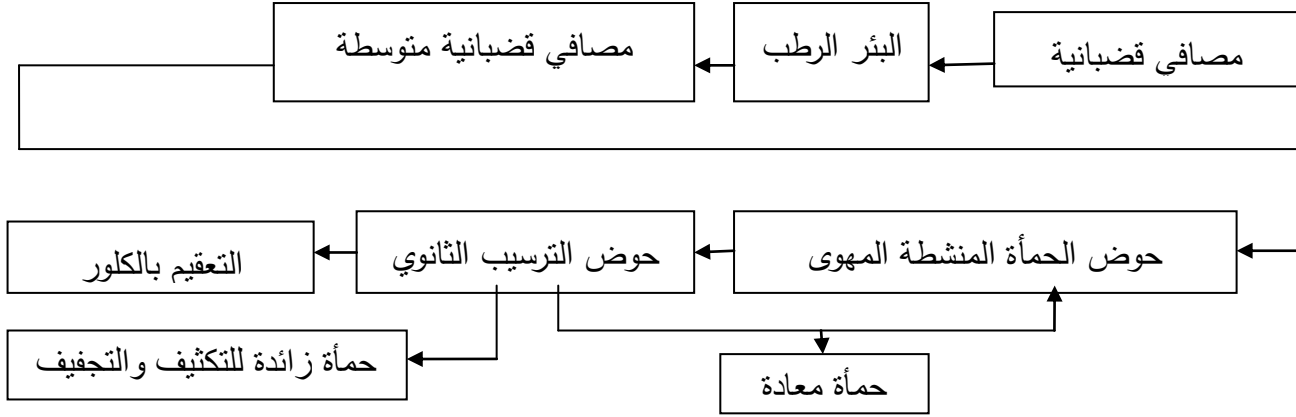
تقع محطة معالجة خربة المعزة في محافظة طرطوس على بعد 200 م شرق الأوتستراد الدولي حمص - طرطوس وقد بدأت بالعمل عام 2009.



الشكل رقم (21)-يبين صورة جوية للمنطقة المدروسة

3-1-1-الأجزاء العامة للمحطة:

طريقة المعالجة: تعمل المحطة بنظام الحمأة المنشطة (AS) بتقنية التهوية المديدة (EA) حيث تمر المياه بالمراحل التالية:



المعطيات المتعلقة بالتصميم:

الجدول (5) المعطيات المتعلقة بتصميم محطة المعالجة

الرقم	المؤشر	القيمة
1	معدل تصريف الفرد	115 l/d
2	عدد السكان التصميمي	10000 نسمة
3	الحمولة العضوية الناتجة عن الفرد	50 g/d

المعطيات المتعلقة بتشغيل المحطة:

الجدول (6) المعطيات المتعلقة بتشغيل محطة المعالجة

الرقم	المؤشر	القيمة
1	نسبة BOD المزالة	90-95%
2	تركيز BOD ₅ في المياه الخارجة من المحطة	20mg/l
3	المادة الكيميائية المستخدمة في التطهير	الكلور
4	زمن التشغيل	24 ساعة

3-1-2. أسس التصميم:

التدفق التصميمي = عدد السكان المخدمين * تصريف الفرد * نسبة المياه الواصلة إلى المحطة

عدد السكان المخدمين : إن عدد السكان الحالي لبلدة خربة المعزة هو 5000 نسمة والتصميم يتم على أساس عدد السكان المستقبلي وهو 10000 نسمة

معدل تصريف الفرد من المياه هو ما يقارب 115 l/day

نسبة المياه الواصلة إلى المحطة هي 80% حيث يضيع قسم من المياه في ري النباتات و عمليات التنظيف. وبالتالي:

$$\text{التدفق التصميمي} = 0.8 * 115 * 10000 = 920000 \text{ l/day} = 920 \text{ m}^3/\text{day}$$

ملاحظة: إن المياه الواصلة إلى المحطة والناجمة عن نشاطات سكان البلدة يضاف إليها المياه الراشحة إلى شبكة الصرف من الهطول المطري ومن التسرب من المياه الجوفية المرتفعة، وتبعاً لطبيعة مناخ المنطقة تقدر هذه الكمية الراشحة إلى المحطة بحدود 80 m³/day حسب المعلومات التي تم الحصول عليها من أرشيف المحطة.

فيكون:

التدفق التصميمي = التدفق المحسوب + التدفق الراشح

$$\text{التدفق التصميمي} = 80 + 920 = 1000 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\text{التدفق التصميمي} = 42 \text{ m}^3/\text{h}$$

ملاحظة 1:

يوجد بوابة تحكم في التدفق الداخل إلى المحطة لضبطه وفق التدفق التصميمي، أما المياه الفائضة فتصرف من المفيض.

ملاحظة 2 :

جميع القيم التصميمية والمرجعية في المحطة مأخوذة من المرجع [62].

3-1-1-1-1-المصفاة القضبانية الخشنة:

عرض القضبان = 1 cm

عمق القضبان = 3 cm

التباعد بين القضبان = 4 cm

3-1-1-2- البئر الرطب:

أبعاد البئر الرطب : 2.5 - 2.2-3 m

حجم البئر الرطب = $2.5 * 2.2 * 3 = 16.5 \text{ m}^3$

زمن المكوث في البئر الرطب = حجم البئر الرطب / التدفق

زمن المكوث = $16.5 / 42 = 0.392$ ساعة = 23.6 دقيقة.

3-1-1-3-المصفاة القضبانية المتوسطة النعومة الثابتة المائلة:

عرض القضبان = 0.8 cm

عمق القضبان = 4 cm

التباعد بين القضبان = 1.6 cm

3-1-1-4-حوض إزالة الرمال:

الارتفاع الفعال للحجرة العلوية المخصصة لترسيب الرمال (الحجرة السفلية مخصصة لتجميع الرمال) هو 0.75 m حيث إن الارتفاع الفعال هو المسافة الشاقولية بين قاع أرضية القناة الداخلة إلى الحجرة العلوية وبين قاع الحجرة العلوية، ونصف قطر الحجرة العلوية هو 0.6 m فيكون حجم الحجرة العلوية المخصصة لترسيب الرمال :

حجم حجرة ترسيب الرمال = $0.75 * 3.14 * (0.6)^2 = 0.85 \text{ m}^3$

زمن المكوث = $42 / 0.85 = 0.02$ ساعة = $3600 * 0.02 = 72$ ثانية

3-1-1-5- حوض التهوية:

يعطى حجم حوض التهوية بالعلاقة التالية:

$$V_r = \theta_c * Q * Y(S_0 - S) / X(1 + K_d * \theta_c)$$

V_r : حجم حوض التهوية m^3 .

θ_c : مدة بقاء الحمأة في حوض التهوية وتؤخذ 28 day

Q : التدفق الوسيط اليومي الداخل ($1000 m^3/d$).

S_0 : تركيز BOD في التدفق الداخل وهو $500 mg/l$

S : تركيز BOD في التدفق الخارج وهو $20 mg/l$

X : تركيز المواد الصلبة الطيارة في حوض التهوية ونختار القيمة $3400 mg/l$

K_d : معامل التحلل ونختار القيمة 0.4

Y : معامل إنتاج الكتلة الحيوية ونختار القيمة 0.6 ولكن بعد الأخذ بعين الحسبان كل المواد الطيارة وغير الطيارة تكون قيمة هذا المعامل :

$$Y = 0.6 / 0.8 = 0.75$$

حيث إن القيمة 0.6 هي قيمة معامل الإنتاج من أجل MLSS ولكن القيمة التي يجب أن تدخل في العلاقة السابقة تكون من أجل MLVSS التي تساوي 80% من MLSS .

وبالتالي يكون حجم حوض التهوية:

$$V_r = 28 * 1000 * 0.75 * (500 - 20) / 3400(1 + 0.4 * 28) = 1400 m^3$$

الحجم اللازم لحوض التهوية: $V_r = 1400 m^3$

3-1-1-6- حوض الترسيب الثانوي:

المساحة السطحية لحوض الترسيب = $64 m^2$

ارتفاع حوض الترسيب = $3.5 m$

فيكون حجم حوض الترسيب = المساحة السطحية * الارتفاع = $3.5 * 64 = 224 m^3$

زمن المكوث في حوض الترسيب = الحجم / التدفق = $42 / 224 = 5.3$ ساعة

التحقق من نسبة التحميل الهيدروليكي:

نسبة التحميل الهيدروليكي=التدفق اليومي/ مساحة سطح الحوض

$$15.62 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d} = 64 / 1000 = \text{نسبة التحميل الهيدروليكي}$$

نسبة التحميل الهيدروليكي محققة وواقعة ضمن القيم المرجعية (16.28- 8.14 m³/m².d)

التحقق من نسبة التحميل بالمواد الصلبة:

نسبة التحميل بالمواد الصلبة = كمية المواد الصلبة المعلقة الداخلة يومياً إلى الحوض / مساحة سطح الحوض

إنتاج الفرد من المواد الصلبة يومياً ما يقارب 75 gr / الفرد

$$32 \text{ Kg/h} = 750 \text{ Kg/d} = 10000 * 0.075 = \text{كمية المواد الصلبة المعلقة الداخلة يومياً إلى الحوض}$$

$$0.5 \text{ Kg/m}^2.\text{h} = 64 / 32 = \text{نسبة التحميل بالمواد الصلبة}$$

معدل التحميل بالمواد الصلبة SLR=التدفق * MLSS / مساحة سطح الحوض

$$\text{MLSS} = \text{MLVSS} / 0.8 = 3500 / 0.8 = 4375 \text{ mg/l} = 4.375 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{SLR} = 42 * 4.375 / 64 = 2.9 \text{ kg/m}^2.\text{h}$$

بحسب المرجع المذكور [62] فإن قيمة SLR يجب أن تكون ضمن المجال (0.97-4.88 kg/m².h)

إن الحمولة من المواد الصلبة على الحوض خفيفة وبالتالي هناك عامل أمان في حال ارتفاع نسبة المواد الصلبة في حالات الطوارئ.

التحقق من تحميل الهدار:

إن نصف قطر حوض الترسيب هو 4.5 متر وبالتالي يكون طول الهدار هو:

$$28.26 \text{ m} = 3.14 * 4.5 * 2$$

تحميل الهدار=التدفق اليومي/ طول الهدار

$$36 \text{ m}^3 / \text{المتر الطولي} \cdot \text{d} = 28 / 1000 = \text{تحميل الهدار}$$

نسبة التحميل محققة بحسب المرجع المذكور (يمكن أن تصل إلى d المتر الطولي/ 125 m^3)

حساب تدفق الحمأة الفائضة Q_w :

إن إنتاج الفرد اليومي من المواد العضوية بحسب المرجع المذكور هي 41 ولكن في التصميم نعتبر أن هذا الإنتاج يصل إلى 50 غرام/الفرد. اليوم وذلك من أجل عامل الأمان، وبالتالي تكون الحمولة العضوية (BOD) الناتجة عن البلدة يومياً هي:

الحمولة العضوية (BOD) الناتجة عن البلدة يومياً = عدد السكان * إنتاج الفرد اليومي من المواد العضوية
الحمولة العضوية (BOD) الناتجة عن البلدة يومياً = $0.05 * 10000 = 500 \text{ kg} = 0.5$ طن.

وبما أن التدفق اليومي الناتج عن السكان هو 1000 m^3

يكون تركيز BOD = $1000 / 500000 = 500 \text{ mg/l}$

بما أن تركيز BOD في التدفق الخارج هو 20 mg/l فيكون تركيز BOD المزلة هي:

$500 - 20 = 480 \text{ mg/l}$ وبالتالي :

كمية BOD المزلة = $0.480 * 1000 = 480 \text{ kg} = 0.48$ طن

نسبة الحمأة التي يتم سحبها من المفاعل للمحافظة على التوازن الحيوي فيه تحسب من المعادلة:

$$Y_{\text{obs}} = Y / (1 + K_d * \theta) = 0.7 / (1 + 0.04 * 28) = 0.33$$

كمية الكتلة الحيوية الطيارة التي يجري إنتاجها في المفاعل تحسب من العلاقة:

$$P_X = Y_{\text{obs}} * Q * (S_0 - S) / 1000 = 0.33 * 1000 * (500 - 20) / 1000 = 158 \text{ kg VSS/day}$$

كمية الكتلة الحيوية الإجمالية التي يجري إنتاجها في المفاعل (الكتلة الحيوية الطيارة نسبتها 0.8 من الإجمالية)

$$P_{X(\text{SS})} = 158 / 0.8 = 198 \text{ kg/day}$$

وزن الكتلة الحيوية (الحمأة) التي يتم سحبها من حوض الترسيب يومياً هي :

كمية الكتلة الحيوية الناتجة عن المفاعل - كمية المواد الصلبة المعلقة الهاربة مع التدفق الخارج

$$\text{وزن الحمأة} = 198 - 1000 / 30 * 1000 = 168 \text{ kg/day}$$

وذلك باعتبار المواد الصلبة المعلقة الهاربة مع التدفق الخارج = 30 mg/l

حساب تركيز المواد الصلبة الطيارة في الحمأة الفائضة:

إن كمية BOD المزلة يومياً هي 480kg وهذه الكمية تكون مركزة ضمن حجم الحمأة اليومي وبالتالي فإن تركيز المواد الصلبة في الحمأة الفائضة هو 10000 mg/l

بما أن التركيز = 10000 mg/l أي 10 kg/m^3 فيكون تدفق الحمأة المسحوبة من المفاعل يومياً يساوي $16.8 \text{ m}^3/\text{day} = 10/168$

تدفق الحمأة المسحوبة من حوض الترسيب = $16.8 \text{ m}^3/\text{day}$

نسبة تدوير الحمأة = $0.52 = 3400 - 10000 / 3400$

زمن المكث الهيدروليكي في حوض التهوية = $42/1400 = 33.3 \text{ h} = 1.39 \text{ d}$

التحقق من نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة: F/M :

$$F/M = S_0/\theta * X = 500/1.39 * 3500 = 0.103$$

حساب التحميل الحجمي:

يعطى التحميل الحجمي بالعلاقة:

$$V_L = Q * S_0 / V = 1000 * 500 / 1400 * 1000 = 0.4 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{day}$$

وهو ضمن المجال $0.4 - 0.16 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{day}$ بحسب المرجع.

3-1-1-7- حسابات أحواض الحمأة :

حوض التكتيف والهضم الهوائي للحمأة:

مساحة سطح الحوض = 52 m^2

ارتفاع الحوض = 4.2 m

فيكون حجم الحوض = $4.2 * 52 = 218.4 \text{ m}^3$

زمن البقاء في حوض الحمأة = $16.8/218.4 = 13 \text{ day}$

وهو محقق بحسب المرجع المذكور (10-15 day).

حوض تجفيف الحمأة:

المساحة اللازمة للأحواض = كمية الحمأة الناتجة سنوياً / معدل تحميل الحمأة

معدل تحميل الحمأة محسوب سابقاً وهو $98 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{year}$

نحسب كمية الحمأة الناتجة سنوياً كما يلي:

إن كمية الحمأة المزالة يومياً محسوبة سابقاً على أنها 16.8 m^3 وهي بنسبة 99% رطوبة أي أن المواد الصلبة موجودة بنسبة 1%، أما بعد التكتيف والهضم فتكون النسبة 2.5% أي ينقص الحجم مرتين ونصف، أي أن حجم الحمأة الواصلة إلى أحواض التجفيف يومياً هو 6.72 m^3 ، وبالتالي فإن وزن الحمأة فيها قبل الهضم هو 168 kg ، ولكن في حوض هضم الحمأة يجري هضم ما يقارب 50% ويتحول إلى بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون، ويبقى 50% يتم نقله إلى أحواض التجفيف وبالتالي فإن وزن المواد الصلبة في الحمأة الواصلة إلى أحواض التجفيف هي 84 kg/day ، وبالتالي:

كمية الحمأة الواصلة سنوياً إلى أحواض التجفيف = $365 * 84 = 30765$ طناً

المساحة اللازمة للتجفيف = $98 / 30765 = 0.318 \text{ m}^2$

لهذا أربعة أحواض طول كل واحد 11.5 m وعرضه 6.5 m

مساحة الأحواض = $4 * 6.5 * 11.5 = 300 \text{ m}^2$

3-1-1-8- حسابات حوض التطهير:

بحسب المرجع فإن زمن البقاء في أحواض التطهير هو بين 20-30 دقيقة للتدفق الوسطي.

طول حوض التطهير = 11.5 m وعرضه 1.5 m

تكون المساحة بعد حسم مساحة الجدران القاطعة هي 10 m^2 والارتفاع 1.75 m

فيكون الحجم = 17.5 m^3

زمن البقاء = $17.5 / 42 = 0.42$ ساعة = 25 دقيقة

3-1-1-9- حسابات احتياجات التهوية:

احتياج حوض التهوية:

يبين المرجع [62] أن كل 1 كغ من BOD المزالة تحتاج إلى 1-1.2 كغ من الأوكسجين.

كمية BOD المزالة يومياً هي 480 كغ فتكون كمية الأوكسجين اللازمة هي :

$$480 \text{ kg } o_2/\text{day} = 480 * 1$$

نضرب بعامل أمان قدره 2 وذلك لتغطية الاحتياج الأعظمي واحتياج النترجة إذا لزم ذلك وبذلك تكون كمية الأوكسجين:

$$960 \text{ kg } o_2/\text{day} = 480 * 2 = \text{كمية الأوكسجين اللازمة}$$

الوزن النوعي للأوكسجين هو 1.2 كغ/متر مكعب وبالتالي حجم الأوكسجين اللازم هو

$$800 \text{ m}^3/\text{d} = 1.2/960$$

نسبة الأوكسجين في الهواء هي 21%

حجم الهواء اللازم = $0.21/800 = 3810$ أمثو مكعب من الهواء في اليوم.

فعالية ناشرات الهواء هي 12.5%

كمية الهواء الفعلية اللازمة هي $8 * 3810 = 30480$ متراً مكعباً من الهواء في اليوم.

كمية الهواء اللازمة لحوض التهوية = $24/30480 = 1270$ متراً مكعباً من الهواء/ساعة

احتياج حوض هضم الحمأة:

إن كل 1 متر مكعب من حجم حوض هضم الحمأة يحتاج إلى 0.04 من الهواء في الدقيقة.

حجم حوض هضم الحمأة 256 m^3 .

كمية الهواء اللازمة في الدقيقة = $0.04 * 256 = 10.24 \text{ m}^3 = 614$ متراً مكعباً/الساعة.

احتياج مضخات الرفع الهوائية:

1 كمية الهواء اللازمة لمضخة الرفع الهوائية للحمأة المعادة:

$$1500 \text{ m}^3/\text{d} = 1000 * 1.5 \text{ (متر مكعب/اليوم)}$$

إن هذا التدفق مع نسبة غمر 85% للمضخة يحتاج إلى 30 m³ من الهواء في الساعة

2- كمية الهواء اللازمة لمضخة الرفع الهوائية للحمأة الفائضة:

إن الحمأة الفائضة تصرف بمعدل 19 m³/d

كمية الهواء اللازمة هي 10 متر مكعب من الهواء في الساعة. (بنسبة غمر للمضخة 85%).

3- كمية الهواء الإجمالية اللازمة لمضخات الرفع الهوائية:

كمية الهواء الإجمالية اللازمة لمضخات الرفع الهوائية = 10 + 30 = 40 m³/hour

التحقق من كفاية الهواء المزود:

1 كمية الهواء الإجمالية اللازمة:

الاحتياج الكلي للتهوية = 1270 + 614 + 40 = 1924 m³/hour

2 كمية الهواء المزودة:

لدينا 4 نافخات هواء استطاعة كل منها عند الضغط المطلوب هي 500 متر مكعب في الساعة فتكون

الاستطاعة الكلية = 4 * 500 = 2000 m³/hour

3 كفاية كمية الهواء المزودة:

نلاحظ أنه يبقى لدينا فائض = 1924 - 2000 = 76 m³ في الساعة وهو يشكل نسبة أمان قدرها:

1924/76 = %4

ملاحظة 3 :

يوجد حساسات أوكسجين منحل في حوض التهوية ووفقاً لمستوى الأوكسجين المنحل الذي تقيسه هذه الحساسات في الحوض يتم إرسال تعليمات لتشغيل العدد المناسب من نافخات الهواء (واحد أو اثنان أو أكثر).

ملاحظة 4:

إن هذه النافخات الأربع جاهزة للعمل ، ولكنها لا تعمل معاً (تعمل بالتناوب من أجل العمر المديد لها) وفق برنامج محدد وهي يمكن أن تعمل معاً فقط عندما يحدث في الوقت نفسه أن تبلغ قيمة BOD قيمة

أعظمية وهي 500 mg/l، وفي حال كان الاحتياج أعظمية في حوض التهوية وحوض الحمأة والمضخات الهوائية فقط عندما تحدث هذه الأمور نحتاج إلى تلك الناfoxات الأربع كي تعمل معاً مع بقاء نسبة أمان (4%).

4-1. منهجية العمل:

كانت منهجية العمل وفق المخطط التالي:



4-1-1. منهجية تحديد أجزاء BOD و COD و SS :

بالنسبة إلى طريقة تحديد أجزاء BOD [68]:

$$\text{Soluble BOD} = 60\% \text{ of } \text{BOD}_5 \text{ (المنحل)}$$

$$\text{Particulate BOD} = 40\% \text{ of } \text{BOD}_5 \text{ (الجزئي)}$$

بالنسبة إلى طريقة تحديد أجزاء COD:

إن التركيب الجزئي للـ COD يحدد على أساس النموذج ASM1 [63]:

بشكل عام فإن أجزاء COD تحدد كالتالي [63,64]:

$$\text{COD}_{\text{Total}} = S_I + S_S + X_S + X_I$$

إن مدلول التقسيم الجزئي والمنهجية الموحدة المستخدمة لتحديد أجزاء COD مبينة لأجل الطقس الجاف والطقس الرطب موضحة في الجدول التالي :

الجدول (7) يبين تعريف بأجزاء الـ COD ومنهجية تحديدها

Fractions of COD	Methodology of determination
S _s - soluble easily degradable	$S_s = \text{COD}_{\text{mf}} - S_i$
S _i - inert soluble	$0.9 \cdot \text{COD}_{\text{eff}}$
X _s - particulate slowly degradable	$\text{COD}_{\text{BD}} - S_s$
X _i - inert particulate	$X_{\text{COD}} - X_s$

COD: الاحتياج الكيميائي للأوكسجين.

COD_{eff}: COD الخارج من المرسب الثانوي والمفلتر بوساطة غشاء 0.45 من الميكرون.

COD:COD_{mf} المنحل لمياه الصرف الخام والمفلتر بغشاء 0.45 ميكرون وذلك بعد التخثير بوساطة كبريتات الزنك.

يتم حساب X_{COD} كما يلي:

$$X_{\text{COD}} = \text{COD}_{\text{tot}} - \text{COD}_{\text{mf}}$$

كما يتم حساب COD_{BD} كما يلي:

حيث إن:

BOD_{TOT} : الاحتياج البيوكيميائي الكلي للأوكسجين المنحل للمركبات الكربونية العضوية.

$BOD_{TOT}=1.47 BOD_5$ حيث تحدد BOD_5 بإضافة مانع نترجة.

قيمة عامل التصحيح $f_{BOD}=0.15$ بحسب [65]

إن المشاكل المرتبطة بتحديد أجزاء COD تبرز في غياب تحديد الملوثات المنحلة والمعلقة، وهنا يشار إلى الجزء الغروي من الملوثات بالمواد الصلبة المعلقة (وذلك بالتوافق مع المنهجية المستخدمة) [67،66].

إن S_s يتم هضمه بشكل كامل تقريباً من قبل الكائنات الدقيقة في الحمأة المنشطة (بكتريا Heterotrophs) بينما X_I ترتبط بالمواد المعلقة في الحمأة المنشطة ولذلك تتم إزالتها إما مع الحمأة الفائضة أو مع التدفق الخارج من حوض الترسيب الثانوي.

للتحقق من صحة القيم التي تم الحصول عليها لـ S_i يتم مقارنة قيمتين للـ COD_{eff} :

COD_{eff} : من التدفق الخارج المفلتر أي المعالج بيولوجياً.

COD_{eff} : من التدفق الداخل الخام بعد تهوية طويلة لمدة 30 يوم

الاختلاف الأعظمي بين القيمتين المذكورتين أعلاه يجب ألا يتجاوز 5%، وبذلك تكون منهجية فترة COD سريعة ودقيقة بشكل كاف.

تجربة تحديد COD المنحل:

- يتم جمع عينات مياه الصرف الصحي من مياه الصرف الخام قبل دخولها إلى مصائد الرمال (إن وجدت) أي قبل الترسيب الأولي وقبل المعالجة البيولوجية.
- يتم جمع ثلاث عينات ضمن زجاجات من البولي إيثيلين المغسولة و المطهرة بالماء المنزوع الشوارد.
- عند الوصول إلى المخبر تترك العينات لتترسب لمدة 30 min ويستخدم القسم العائم من العينات للاختبارات اللاحقة.

خطوات التخثير بوساطة كبريتات الزنك ($ZnSO_4$):

- نضيف 1 ml من محلول 0.6 M ZnSo₄ إلى كل 100 ml من العينات الثلاث ضمن 200 beakers ويتم تعديل Ph تقريباً إلى 10.5±0.3 بإضافة 6 M NaOH
- يتم مزج العينات بوساطة محرك مغناطيسي لمدة 1min عند سرعة عالية (تقريباً 200 rpm) ولمدة 5 min عند سرعة بطيئة (30rpm) ويتبع ذلك ترسيب لمدة 1 h .
- يسحب من الجزء الكلي العائم (تقريباً 30 ml) مقدار 5 ml بوساطة ماصة بلاستيكية ويمرر عبر فلتر ترشيح 0.45µm معقم مسبقاً ومدمج مع غشاء استر سيللوزي.
- يستخدم الجزء الكلي المفلتر لإجراء حسابات COD المنحل.

يُبين الجدول التالي نتائج تحاليل BOD و COD بالإضافة إلى بارامترات أخرى من مدخل المحطة ومخرجها.

الجدول (8)-تحاليل عينة مياه الصرف الصحي بتاريخ 2011/9/26

النتيجة		البارامتر
بعد المعالجة	قبل المعالجة	
7.5	7.5	PH
27.4	27.6	T
511	595	TDS(mg/L)
13.9	230	COD(mg/L)
6	115	BOD(mg/L)
3.4	38.5	NH ₄ (mg/L)
37	16	NO ₃ (mg/L)
13	85	SS(mg/L)

تحديد أجزاء BOD:

$$\text{Soluble BOD} = 0.6 * 115 = 69 \text{ mg/l}$$

$$\text{Particulate BOD} = 115 - 69 = 46 \text{ mg/l}$$

تحديد أجزاء COD :

بعد إجراء التحاليل وفق المنهجية المحددة سابقاً تبين أن:

$$S_s = 11.73 \text{ mg/l} = 5.1\% \text{ of COD}_{\text{tot}}$$

$$S_I = 18.124 \text{ mg/l} = 7.88\% \text{ of COD}_{\text{tot}}$$

$$X_s = 184.46 \text{ mg/l} = 80.2\% \text{ of COD}_{\text{tot}}$$

$$X_f = 15.732 \text{ mg/l} = 6.84\% \text{ of COD}_{\text{tot}}$$

بالنسبة إلى أجزاء المواد الصلبة الكلية بحسب [68]:

$$\text{Volatile solids} = 75\% \text{ of TSS} = 0.75 * 85 = 63.75 \text{ mg/l}$$

$$\text{non-volatile solids} = 85 - 63.75 = 21.25 \text{ mg/l}$$

البرنامج المستخدم في عملية النمذجة والمحاكاة هو برنامج STOAT لنمذجة محطات معالجة مياه الصرف الصحي ومحاكاتها:

مميزات برنامج الـ STOAT تكمن بما يلي [68]:

1. بناء نماذج واقعية لمحطة معالجة مياه الصرف (المراد إنشاؤها أو الموجودة على أرض الواقع) بشكل سريع، وذلك إما باستعمال مخططات مبنية مسبقاً وإما بسحب الوحدات المكونة للمحطة وإفلاتها.
2. تسهيل إجراء دراسات المحاكاة.
3. سهولة الدخول للمكتبة الشاملة لنماذج المحاكاة حيث تحتوي مكتبة البرنامج مجموعة واسعة من النماذج الخاصة بكل نوع من أنواع معالجة مياه الصرف الصحي سواء تعلق الأمر بالمعالجة الأولية أم بالمعالجة الثانوية وحتى المعالجة الثالثية فعلى سبيل المثال هناك مجموعة نماذج الحمأة المنشطة التي تم وضعها من قبل مخابو أبحاث تلوث المياه (Water Pollution Research Laboratories) والتي أصبحت تعرف لاحقاً بـ WRc وهذه النماذج هي: ASAL1, ASAL2, ASAL3, ASAL5 بالإضافة إلى مجموعة نماذج IAWQ.
4. تطوير تصاميم متينة وتحسين كفاءة التشغيل للوسائل الجديدة والحالية.
5. حساب مؤشرات الأداء الرئيسة آلياً وتقييم مستويات المعالجة الجارية ضمن المحطة وبالتالي اتخاذ أفضل القرارات.
6. محاكاة ترتيبات مختلفة لاختبار قوة تصميم المنشأة.
7. التعرف إلى أداء المخطط المفترض قبل البدء بالاستثمار، وإنفاق الأموال أو الموارد.

سيتم استخدام نموذجين للمحطة المذكورة (ASM1, ASAL1) حيث توجد نماذج عديدة في مكتبة البرنامج ولكن هذين النموذجين مختصان بنمذجة محطات المعالجة التي تعمل بالحمأة المنشطة لإزالة الكربون ويتم استخدام نماذج متوافقة لحوض الترسيب الثانوي كما تم ذكره في الملف الخاص بالبرنامج وستتم مقارنة النتائج بلقيم المقيمية لاعتماد الأفضل واستخدامه في دراسات المحاكاة اللاحقة بالإضافة إلى بناء سيناريوهات مختلفة .

في حال استخدام النموذج ASAL1 لنمذجة حوض التهوية يتم استخدام نموذج SSED1 لنمذجة حوض الترسيب ويتم اعتماد البيانات الرئيسة التالية[68]:

- التدفق.
- درجة الحرارة.
- PH .
- BOD بأجزائه (منحل وجزيئي).
- المواد الصلبة الكلية بأجزائها (volatile , non- volatile).
- الأمونيا.

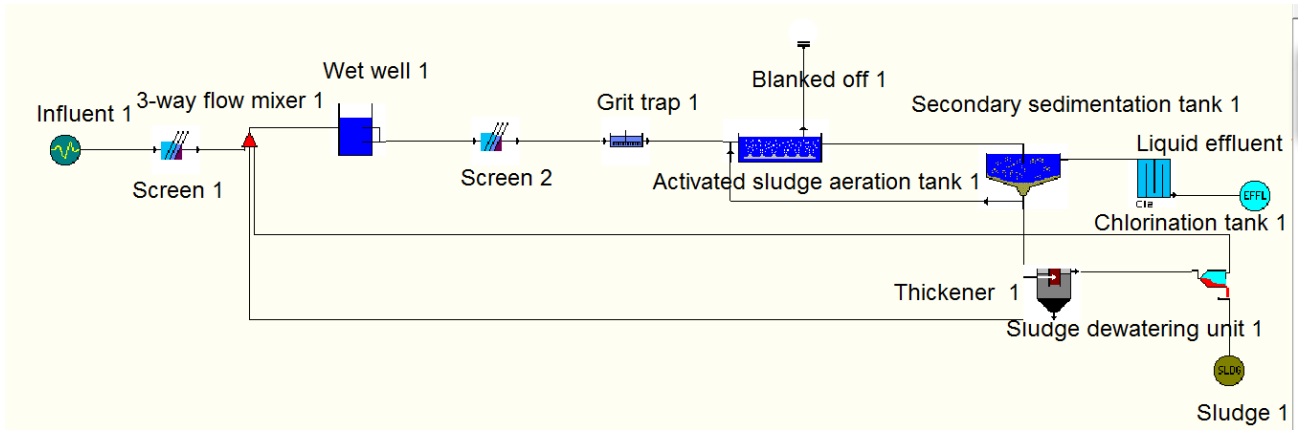
أما في حال استخدام ASM1 يتم استخدام نموذج Generic لنمذجة حوض الترسيب ويتم اعتماد البيانات الرئيسة التالية[68]:

- التدفق.
- درجة الحرارة.
- PH .
- COD بأجزائه (منحل، منحل خامل، جزيئي، جزيئي خامل).
- المواد الصلبة الكلية بأجزائها (volatile , non- volatile).
- الأمونيا.

4-1-2. بناء نموذج المحطة المدروسة وفق المعطيات السابقة بحسب الحالة الأولى (ASAL1,SSED1):

خطوات بناء نموذج محطة معالجة مياه الصرف الصحي لقرية خربة المعزة بناء على معطيات BOD :

1- بناء نموذج المحطة من خلال سحب وإفلات لعمليات المعالجة الموجودة في المحطة من خلال Process Toolbox الخاص بالبرنامج كما يلي:



شكل (22): عناصر المحطة المدروسة في بيئة الـ STOAT

2- إدخال الأبعاد التصميمية والنماذج الخاصة بكل مرحلة من مراحل المعالجة ، وذلك بضغط بالزر اليميني على العملية ثم `input data/name and dimension` وذلك بعد التحقق من `connectivity` بين كل العمليات كما يلي:

Edit screen : Page 1 of 1

Name:

Bar spacing (m):

البيانات الخاصة بالمصافي القضبانية الخشنة

Edit wet well : Page 1 of 1

Name:

Model:

البيانات الخاصة بالبنر الرطب

Edit screen : Page 1 of 1

Name:

Bar spacing (m):

البيانات الخاصة بالمصافي القضبانبة المتوسطة النوعمة

Edit Grit trap : Page 1 of 1

Name:

Volume (m3):

البيانات الخاصة بمصائد الرمال

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name:

Process model:

Volume (m³):

Number of stages:

Number of MLSS recycles:

Wastage method

None

Continuous rate

Variable rate

Variable time

Stage from which MLSS is wasted:

Stage in which MLSS is measured:

البيانات الخاصة بحوض الحمأة المنشطة المهوى

Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2

Name:

Model:

Number of vertical layers:

Surface area (m²):

Depth of tank (m):

Depth of feed (m):

RAS flow

Rate

Ratio

Edit secondary sedimentation tank : Page 2 of 2

Wastage method:

Control aeration tank:

Control aeration stage:

البيانات الخاصة بحوض الترسيب الثانوي

Edit Thickener : Page 1 of 1

Name:

البيانات الخاصة بحوض تكثيف الحمأة

Edit sludge dewatering unit : Page 1 of 1

Name:

البيانات الخاصة بحوض تجفيف الحمأة

Edit Chlorination tank : Page 1 of 1

Name:

Volume (m³):

البيانات الخاصة بحوض التعقيم

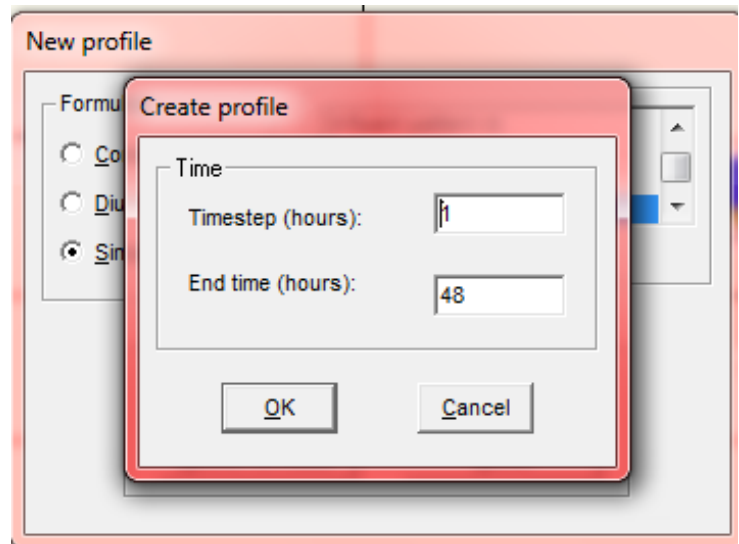
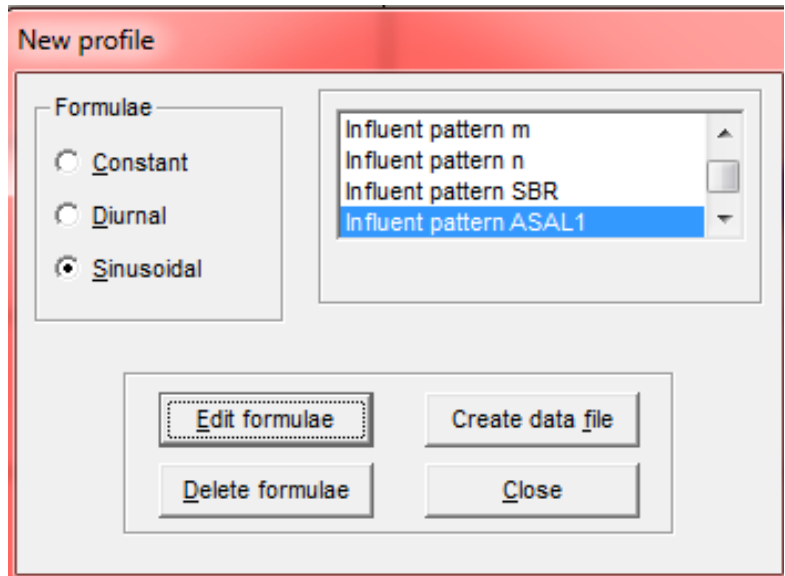
- 3 - نقوم بحفظ الإجراءات السابقة من خلال file/save work .
- 4 - نقوم بعملية run (تشغيل) للنموذج من خلال file/new run .

New run (cold start) : Page 1 of 1

Name of run:	Run 1
Start date and time (dd/mm/yy hh:mm):	21/07/2013 00:00
End date and time (dd/mm/yy hh:mm):	23/07/2013 00:00
Input timestep (h):	0.25
Output timestep (h):	1
Average sewage temperature (°C):	27.6
BOD removed per unit non-biomass VS removed:	0.5
BOD removed per unit biomass removed:	0.5

OK Cancel Reset More Help

- 5 - نبدأ بإدخال profile الخاص بالتدفق الداخل وفق الخطوات التالية:
- الضغط على أيقونة التدفق الداخل واختيار generate profile/advance .
 - نختار edit formula – sinusoidal – ASALI pattern مثلاً .
 - Create data file .
- influent



Influent pattern [Influent pattern ASAL1]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)
Mean:	42.000000	27.600000	7.500000	5.000000	69.000000	18.124000	46.000000	15.732000	63.750000	21.250000	38.500000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Close Save Save As Reset Help

me for profile

Computer > Local Disk (C:) > Program Files > WRc > STOAT > Database

Size > New folder

avorites	Name	Date modified	Type	Size
Downloads	ASAL1	٢٠١٣/٠٧/١٧ م ٠١:٤٧	Setup Information	9 KB
Recent Places	asm indu	٢٠١٣/٠٧/١٩ م ٠٧:١١	Setup Information	9 KB
Desktop	ASM1 4S	٢٠١٣/٠٧/١٩ م ٠٤:٠٩	Setup Information	9 KB
	ASM1 INDUSTRY	٢٠١٣/٠٧/١٩ م ٠٧:٢٧	Setup Information	14 KB
ibraries	ASM1	٢٠١٣/٠٧/١٨ م ١٢:٤٠	Setup Information	9 KB
Pictures	ASM1grapes	٢٠١٣/٠٧/١٩ م ٠٧:٢٨	Setup Information	14 KB
Videos	ASM1HIG2	٢٠١٣/٠٧/٢٠ م ٠١:٠١	Setup Information	14 KB
Documents	ASM1HIGH LOAD	٢٠١٣/٠٧/١٩ م ١١:٣٥	Setup Information	9 KB
Music	asm2aer		Setup Information	9 KB
	GRAPES		Setup Information	9 KB
omputer	OLIVES	٢٠١٣/٠٧/١٧ م ٠١:١٤	Setup Information	5 KB
Local Disk (C:)	SBR	٢٠١٣/٠٧/١٧ ص ١١:٣٢	Setup Information	9 KB
Local Disk (D:)	tut	٢٠١٣/٠٧/١٠ م ٠٢:٢٦	Setup Information	14 KB
Local Disk (E:)	tut1	٢٠١٣/٠٧/١٠ م ٠٩:٠٤	Setup Information	14 KB
Local Disk (F:)	tut3	٢٠١٣/٠٧/١٠ م ٠٩:٣٩	Setup Information	14 KB
	tut4	٢٠١٣/٠٧/١٠ م ١٠:٠٠	Setup Information	14 KB
etwork	tut4stages	٢٠١٣/٠٧/١٧ م ١١:٥٥	Setup Information	4 KB
	tut5	٢٠١٣/٠٧/١٠ م ١١:١١	Setup Information	14 KB
	tut6	٢٠١٣/٠٧/١٠ م ١١:٣١	Setup Information	14 KB
	tut8	٢٠١٣/٠٧/١١ م ١١:٢٧	Setup Information	1 KB
	tut10	٢٠١٣/٠٧/١١ م ٠٥:٥٤	Setup Information	14 KB
	tut11	٢٠١٣/٠٧/١٤ ص ٠١:١٥	Setup Information	10 KB
	tut12	٢٠١٣/٠٧/١٣ م ١١:٢٧	Setup Information	4 KB

النوع: Setup Information
الحجم: ٨.١٦ كيلوبايت
٢٠١٣/٠٧/١٩ م تاريخ التعديل: ١١:٣٥

File name: .inf

Save as type: *.inf

- من خلال الخطوة السابقة يمكن تعديل البيانات الخاصة بـ profile التدفق الداخل في أية لحظة وذلك بالضغط على أيقونة التدفق الداخل واختيار edit profile .

Influent profile [C:\Program Files\WRc\STOAT\Database\ASAL1.inf]

	Elapsed time (h)	Flow (m ³ /h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)
1	0.000000	42.000000	27.600000	7.500000	5.000000	69.000000	18.124000	46.000000	15.732000	63.750000	21.250000
2	24.000000	42.182240	27.600000	7.500000	5.021696	69.299400	18.202640	46.199600	15.800260	64.026620	21.342210
3	48.000000	42.364480	27.600000	7.500000	5.043390	69.598780	18.281280	46.399190	15.868520	64.303220	21.434410
4	72.000000	42.546680	27.600000	7.500000	5.065081	69.898110	18.359900	46.598740	15.936770	64.579770	21.526590
5	96.000000	42.728840	27.600000	7.500000	5.086766	70.197370	18.438510	46.798250	16.005000	64.856270	21.618760
6	120.000000	42.910940	27.600000	7.500000	5.108446	70.496550	18.517090	46.997700	16.073210	65.132680	21.710890
7	144.000000	43.092980	27.600000	7.500000	5.130117	70.795610	18.595650	47.197070	16.141400	65.408990	21.803000
8	168.000000	43.274940	27.600000	7.500000	5.151778	71.094540	18.674170	47.396360	16.209550	65.685170	21.895060
9	192.000000	43.456790	27.600000	7.500000	5.173428	71.393310	18.752640	47.595540	16.277670	65.961200	21.987070
10	216.000000	43.638550	27.600000	7.500000	5.195065	71.691890	18.831070	47.794600	16.345750	66.237080	22.079030
11	240.000000	43.820170	27.600000	7.500000	5.216687	71.990280	18.909450	47.993520	16.413780	66.512760	22.170920
12	264.000000	44.001660	27.600000	7.500000	5.238293	72.288440	18.987760	48.192300	16.481770	66.788240	22.262740
13	288.000000	44.183000	27.600000	7.500000	5.259881	72.586360	19.066020	48.390900	16.549690	67.063480	22.354490
14	312.000000	44.364170	27.600000	7.500000	5.281449	72.884000	19.144200	48.589330	16.617550	67.338480	22.446160
15	336.000000	44.545170	27.600000	7.500000	5.302996	73.181350	19.222300	48.787570	16.685350	67.613200	22.537730
16	360.000000	44.725980	27.600000	7.500000	5.324521	73.478390	19.300320	48.985590	16.753070	67.887630	22.629210
17	384.000000	44.906570	27.600000	7.500000	5.346021	73.775090	19.378260	49.183390	16.820720	68.161760	22.720590
18	408.000000	45.086950	27.600000	7.500000	5.367494	74.071420	19.456090	49.380950	16.888280	68.435550	22.811850
19	432.000000	45.267100	27.600000	7.500000	5.388940	74.367380	19.533830	49.578250	16.955760	68.708990	22.903000
20	456.000000	45.447000	27.600000	7.500000	5.410357	74.662930	19.611460	49.775290	17.023150	68.982060	22.994020
21	480.000000	45.626640	27.600000	7.500000	5.431743	74.958050	19.688980	49.972040	17.090440	69.254720	23.084910
22	504.000000	45.806100	27.600000	7.500000	5.453097	75.252730	19.766390	50.168490	17.157620	69.526990	23.175660
23	528.000000	45.985090	27.600000	7.500000	5.474416	75.546940	19.843660	50.364630	17.224700	69.798810	23.266270
24	552.000000	46.163880	27.600000	7.500000	5.495699	75.840650	19.920810	50.560440	17.291670	70.070170	23.356720
25	576.000000	46.342350	27.600000	7.500000	5.516946	76.133850	19.997830	50.755900	17.358520	70.341060	23.447020
26	600.000000	46.520480	27.600000	7.500000	5.538153	76.426510	20.074700	50.951010	17.425250	70.611450	23.537150

Close Save Reset Help

6- نقوم بإدخال بيانات المعايرة (calibration data) والشروط الابتدائية (initial conditions) الخاصة بكل مرحلة من عمليات المعالجة على الشكل التالي:

Sewage calibration data : Page 1 of 1

Screenings production: Average

OK Cancel Reset More Help

بيانات المعايرة الخاصة بالمصافي الخشنة

Operation data							
		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	First pump rate (m ³ /h):	42.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Volume to start pump 1 (m ³):	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Volume to stop pump 1 (m ³):	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Second pump rate (m ³ /h):	42.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Volume to start pump 2 (m ³):	9.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Volume to stop pump 2 (m ³):	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Initial data : Page 1 of 3

Pump 1 status:

Pump 2 status:

Volume (m³):

Temperature (°C):

BOD of volatile fatty acids (mg/l):

Soluble BOD (mg/l):

Soluble inert COD (mg/l):

Ammonia (mg/l):

Nitrate (mg/l):

Initial data : Page 2 of 3

Soluble organic nitrogen (mg/l):

Phosphate (mg/l):

Dissolved oxygen (mg/l):

Particulate BOD (mg/l):

Particulate inert COD (mg/l):

Volatile solids (mg/l):

Non-volatile solids (mg/l):

Particulate organic N (mg/l):

Viable heterotrophs (mg/l):

بيانات التشغيل والشروط الابتدائية الخاصة بالبئر الرطب

Operation data									
		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7
1	Change at (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Grit remove (g/l):	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

بيانات التشغيل الخاصة بمصائد الرمال

Flow distribution data

	Stage 1
1 Volume distribution:	1.000
2 Feed distribution:	1.000
3 Return activated sludge distribution:	1.000
4 Minimum K _{la} (1/h):	2.000
5 Maximum K _{la} (1/h):	10.000
6 Dissolved oxygen set point (mg/l):	2.000
7 Stage where DO is to be measured:	1

OK Cancel Reset Help

Initial data

	Stage1
1 Soluble BOD (mg/l):	4.00
2 Ammonia (mg/l):	38.50
3 Nitrate (mg/l):	16.00
4 Soluble phosphate (mg/l):	10.00
5 Dissolved oxygen (mg/l):	2.00
6 MLSS (mg/l):	3000.00
7 Viable autotrophs (mg/l):	100.00
8 Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00
9 Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00
10 Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00
11 Particulate BOD (mg/l):	0.00
12 Biomass P (mg/l):	0.00

OK Cancel Reset Help

بيانات التشغيل والشروط الابتدائية الخاصة بحوض التهوية وذلك بافتراض أن فعالية إزالة BOD تساوي .95%

Sewage calibration data : Page 1 of 1

Screenings production:

OK Cancel Reset More Help

بيانات المعايرة الخاصة بالمصافي المتوسطة النعومة

Process calibration data : Page 1 of 1

Saturation dissolved oxygen

Calculated automatically

Specified by user

Saturation dissolved oxygen (mg/l):

Sludge wastage control gain:

Wastage integral time (h):

Sewage calibration data : Page 1 of 1

Nitrification rate:

Particulate BOD hydrolysis rate:

Particulate BOD half-rate constant:

Phosphate in heterotrophic biomass (%):

بيانات المعايرة الخاصة بحوض التهوية

Operation data

		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	RAS flow (m ³ /h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	RAS ratio:	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Sludge wastage flow (m ³ /h):	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Wastage pump run time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Wastage cycle time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	MLSS set-point (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

بيانات التشغيل الخاصة بحوض الترسيب الثانوي

Initial data

		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l):	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
2	Ammonia (mg/l):	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50
3	Nitrate (mg/l):	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	Particulate BOD (mg/l):	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
7	Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00	300.00	300.00	6000.00
9	Non-settleable (volatile) solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	2000.00
11	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	200.00
13	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

شروط التشغيل الابتدائية الخاصة بحوض الترسيب الثانوي

Process calibration data : Page 1 of 1

Gain:

Integral time:

OK Cancel Reset More Help

Sewage calibration data : Page 1 of 1

Correlation

No correlation

WRc correlation

Extended aeration correlation

BNR correlation

SSVI @ 3.5 g/l:

Vesilind velocity (m/h):

Maximum velocity (m/h):

Hindered settling parameter (Vmg):

Discrete parameter (l/mg):

Onset of flocculation (mg/l):

Non-settleable fraction:

OK Cancel Reset More Help

بيانات المعايرة الخاصة بحوض الترسيب الثانوي

Operation data								
		Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Chlorine dosage (mg/l):	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Sewage calibration data : Page 1 of 1

Kill rate (m³/g-min):

بيانات التشغيل والمعايرة الخاصة بحوض الكلورة

Process calibration data : Page 1 of 1

% TS in cake:

% Recovery of solids:

Ferric chloride (kg/t DS):

Ferrous chloride (kg/t DS):

Lime (kg/t DS):

Alum (kg/t DS):

Polyelectrolyte (kg/t DS):

بيانات المعايرة الخاصة بحوض تجفيف الحمأة

Process calibration data : Page 1 of 1

% TS in cake:

% Recovery of solids:

OK Cancel Reset More Help

بيانات المعايرة الخاصة بحوض تكثيف الحمأة

7- بعد كل الإدخالات السابقة نقوم بعملية run من خلال زر run الموجود في أعلى الشاشة، وتبدأ العملية الحسابية ليعطي في النهاية رسالة تشير إلى نهاية العملية (This run has been completed).

بالضغط على stream (خط الصرف) للتدفق الخارج أو على أية عملية تظهر شاشة فيها مجموعة من البارامترات التي نريد عرض نتائجها على الشكل التالي:

Select determinands to report : Page 1 of 7

Flow (m³/h)

Temperature (°C)

pH

Total SS (mg/l)

Total BOD (mg/l)

Total COD (mg/l)

Ammonia (mg/l)

Nitrate (mg/l)

OK Cancel Reset More Help

Select determinands to report : Page 2 of 7

Phosphate (mg/l)

Total P (mg/l)

Total N (mg/l)

BOD of volatile fatty acids (mg/l)

Soluble BOD (mg/l)

Soluble inert COD (mg/l)

Particulate BOD (mg/l)

Particulate inert COD (mg/l)

OK Cancel Reset More Help

Select determinands to report : Page 3 of 7

- Volatile solids (mg/l)
- Nonvolatile solids (mg/l)
- Soluble organic N (mg/l)
- Particulate organic N (mg/l)
- Dissolved oxygen (mg/l)
- PHB in viable P removers (mg/l)
- PHB in nonviable P removers (mg/l)
- PolyP in viable P removers (mg/l)

Select determinands to report : Page 4 of 7

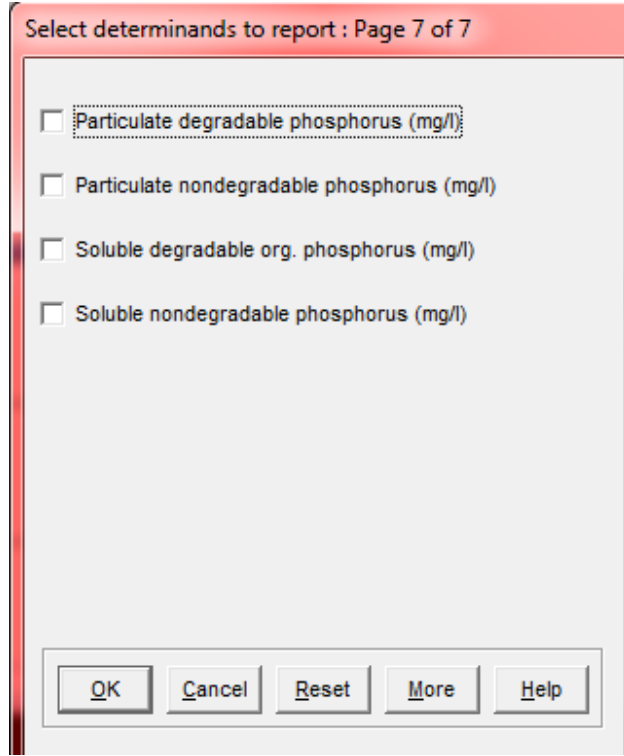
- PolyP in nonviable P removers (mg/l)
- Viable autotrophs (mg/l)
- Nonviable autotrophs (mg/l)
- Viable heterotrophs (mg/l)
- Nonviable heterotrophs (mg/l)
- Viable P removers (mg/l)
- Nonviable P removers (mg/l)
- Metal hydroxide (mg/l)

Select determinands to report : Page 5 of 7

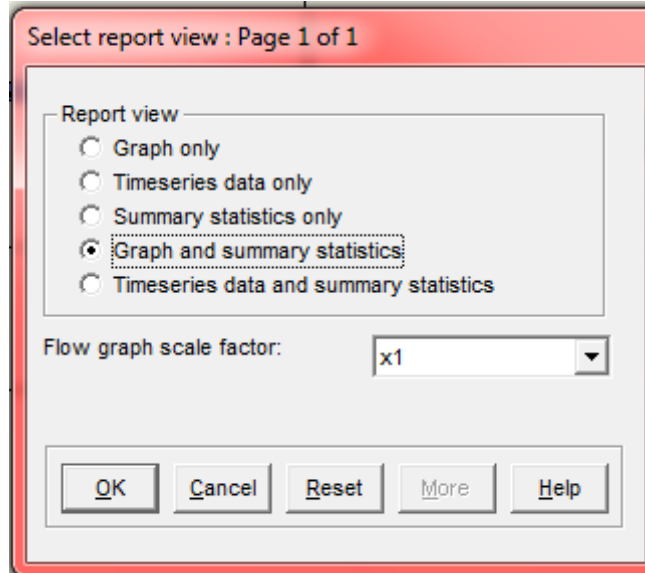
- Metal phosphate (mg/l)
- Alkalinity (mmol/l)
- Total dissolved solids (mg/l)
- Nitrite (mg/l)
- Soluble metal (mg/l)
- Glycogen in viable PAO (mg/l)
- Glycogen in nonviable PAO (mg/l)
- Glycogen in viable G-bacteria (mg/l)

Select determinands to report : Page 6 of 7

- Glycogen in nonviable G-bacteria (mg/l)
- Viable G-bacteria (mg/l)
- Nonviable G-bacteria (mg/l)
- PHA in viable G-bacteria (mg/l)
- PHA in nonviable G-bacteria (mg/l)
- Dissolved organic carbon (mg/l)
- Soluble nondegradable organic nitrogen (mg/l)
- Particulate nondegradable organic nitrogen (mg/l)



8 - بعد تحديد مؤشرات الأداء المطلوبة والضغط على زر OK تظهر رسالة تطلب تحديد الطريقة التي نريد عرض النتائج بها أي على شكل مخططات أو جداول بيانية على الشكل التالي:



بتحديد الطريقة تظهر النتائج المطلوبة وبالشكل المطلوب.

ملاحظة: نتبع الخطوات السابقة نفسها في كل حالة ونغير فقط البيانات المدخلة .

4-1-2-1. السيناريو الأول:

سنقوم بتغيير عدد مراحل التهوية في حوض التهوية من 1 إلى 4 مثلاً (أي تحويل نموذج التدفق من completely mixed إلى plug flow كما يلي لنرى كيف ستتأثر فعالية المعالجة:

Initial data

		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4
1	Soluble BOD (mg/l):	4.00	4.00	4.00	4.00
2	Ammonia (mg/l):	38.50	38.50	38.50	38.50
3	Nitrate (mg/l):	16.00	16.00	16.00	16.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	10.00	10.00	10.00	10.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00	3000.00	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	100.00	100.00	100.00	100.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
1	Volume distribution:	0.250	0.250	0.250	0.250
2	Feed distribution:	1.000	0.000	0.000	0.000
3	Return activated sludge distribution:	1.000	0.000	0.000	0.000
4	Minimum K_{la} (1/h):	2.000	2.000	2.000	2.000
5	Maximum K_{la} (1/h):	10.000	10.000	10.000	10.000
6	Dissolved oxygen set point (mg/l):	2.000	2.000	2.000	2.000
7	Stage where DO is to be measured:	1	2	3	4

OK Cancel Reset Help

4-1-2-2. السيناريو الثاني:

سنقوم بتغيير طريقة التحكم بالأكسجين المنحل في حوض التهوية كما يلي:

Process calibration data : Page 1 of 1

Saturation dissolved oxygen

Calculated automatically

Specified by user

Saturation dissolved oxygen (mg/l):

Sludge wastage control gain:

Wastage integral time (h):

4-1-3. بناء عمليات الحماة المنشطة وفق ASM1 (IAWQ#1) الخاص بحوض التهوية ونموذج Generic الخاص بحوض الترسيب الثانوي:

نتبع المرحلة الأولى نفسها من إدخال البيانات و فقط مع تغيير النماذج المعتمدة ثم نقوم بعملية new run بالنسبة إلى profile الخاص بالتدفق الداخل، فإننا نعتمد على قيم COD وأجزائه وكذلك الأمونيا والمواد الصلبة المعلقة (volatile solids ,non-volatile solids) كما يلي:

Influent pattern [Influent pattern ASM1]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble biodegradable COD	Soluble nondegradable COD	Particulate biodegradable COD	Particulate nondegradable COD	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)
Mean:	42.000000	27.600000	7.500000	5.000000	11.730000	18.124000	184.460000	15.732000	63.750000	21.250000	38.500000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

بالنسبة إلى حوض التهوية يكون على الشكل التالي:

Flow distribution data		Stage 1
1	Volume fraction:	1.000
2	Feed distribution:	1.000
3	RAS distribution:	1.000
4	DO Control:	PI
5	Minimum KLa (1/h):	2.00
6	KLa setting 1 (1/h):	7.00
7	KLa setting 2 (1/h):	4.00
8	Maximum KLa (1/h):	10.00
9	DO Setpoint (mg/l):	2.00
10	Nitrate on (mg/l):	5.00
11	Nitrate off (mg/l):	20.00
12	DO on (mg/l):	1.00
13	DO off (mg/l):	3.00
14	DO on 1 (mg/l):	1.00
15	DO on 2 (mg/l):	2.00
16	DO on 3 (mg/l):	3.00
17	Aeration on time (h):	0.80
18	Aeration cycle time (h):	1.00
19	DO Control stage:	1
20	Gain:	1.30
21	Integral time:	0.50

OK Cancel Reset Help

Initial data		Stage1
1	Inert soluble COD (mg/l):	1.80
2	Degradable soluble COD (mg/l):	1.20
3	Inert particulate COD (mg/l):	1.60
4	Degradable particulate COD (mg/l):	18.50
5	Heterotrophs (mg COD/l):	50.00
6	Autotrophs (mg COD/l):	1.00
7	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00
8	Nitrate (mg N/l):	0.00
9	Ammonia (mg N/l):	38.50
10	Soluble degradable organic N (mg N/l):	16.00
11	Particulate degradable organic N (mg N/l):	0.00
12	Soluble P (mg P/l):	0.00
13	Nonvolatile solids (mg/l):	21.25
14	Temperature (°C):	27.60

OK Cancel Reset Help

هناك تعديل لقيم بارامترات معايرة النموذج بحسب درجة الحرارة الافتراضية 15 الموجودة افتراضياً في البرنامج إلى درجة الحرارة الحقيقية وهي 27.6 وذلك بحسب المعادلة التالي [68]:

$$\mu = \mu_{\max} \exp(\theta [T_{\text{ref}} - T])$$

μ : Maximum specific growth rate

μ_{\max} : Maximum specific growth rate at the reference temperature

θ : Temperature coefficient

T_{ref} : Reference temperature

T: Sewage temperature

تطبق هذه المعادلة على قيم المعاملات والبارامترات كافة.

بالنسبة إلى معدل النمو المحدد للheterotrophic:

$$\text{heterotrophic} = 0.1768 * \exp(0.0963(27.6-15)) = 0.4249 \text{ 1/h}$$

Sewage calibration data : Page 2 of 3

Ammonification temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.069314"/>
Hydrolysis rate @ 15°C (1/h):	<input type="text" value="0.095832"/>
Hydrolysis temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.109861"/>
COD half-saturation coefficient (mg COD/l):	<input type="text" value="20"/>
O2 half-saturation coefficient (heterotrophs) (mg O2/l):	<input type="text" value="0.2"/>
NO3 half-saturation coefficient (mg N/l):	<input type="text" value="0.5"/>
NH3 half-saturation coefficient (mg N/l):	<input type="text" value="1"/>
O2 half-saturation coefficient (autotrophs) (mg O2/l):	<input type="text" value="0.4"/>
Hydrolysis half-saturation coefficient (-):	<input type="text" value="0.017304"/>

Sewage calibration data : Page 1 of 3

Heterotroph growth rate @ 15°C (1/h):	<input type="text" value="0.4249"/>
Heterotroph temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.069314"/>
Autotroph growth rate @ 15°C (1/h):	<input type="text" value="0.0739"/>
Autotroph temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.100552"/>
Heterotroph death rate @ 15°C (1/h):	<input type="text" value="0.0615"/>
Heterotroph temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.11314"/>
Autotroph death rate @ 15°C (1/h):	<input type="text" value="0.014488"/>
Autotroph temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.109861"/>
Ammonification rate @ 15°C (1/h):	<input type="text" value="0.005666"/>

Sewage calibration data : Page 3 of 3

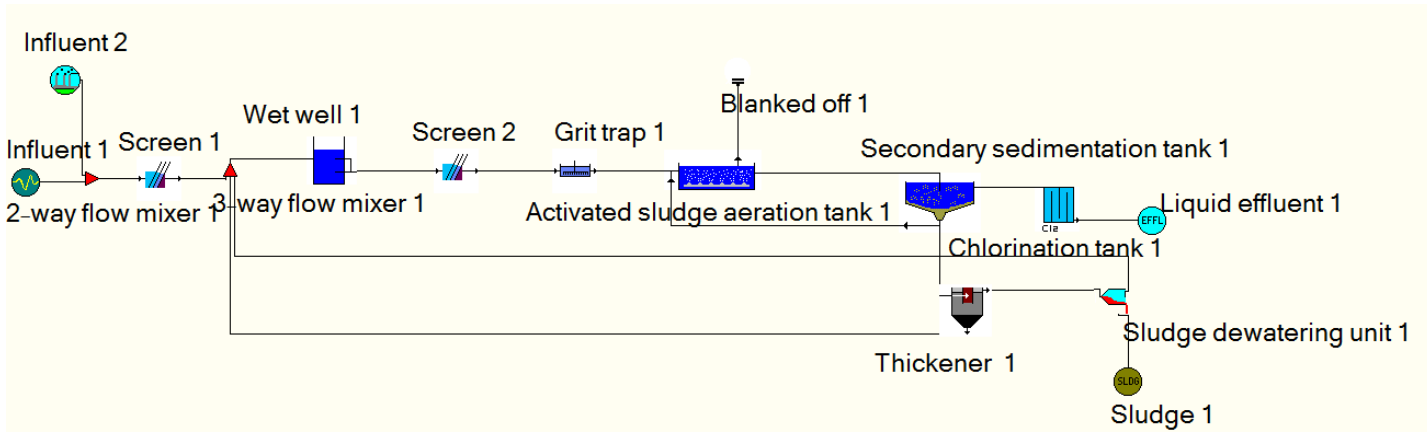
Hydrolysis temperature coefficient (1/°C):	<input type="text" value="0.109861"/>
Heterotroph yield (mg COD/mg COD):	<input type="text" value="0.67"/>
Autotroph yield (mg COD/mg N):	<input type="text" value="0.24"/>
Anoxic growth factor (-):	<input type="text" value="0.8"/>
Anoxic hydrolysis factor (-):	<input type="text" value="0.4"/>
Nitrogen content of biomass (g N/g COD):	<input type="text" value="0.086"/>
Nitrogen content of endogenous biomass (g N/g COD):	<input type="text" value="0.06"/>
Endogenous fraction of biomass (g COD/g COD):	<input type="text" value="0.08"/>

بالنسبة إلى حوض الترسيب الثانوي:

Initial data		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Temperature:	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60
2	BOD of volatile fatty acids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Soluble BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Soluble inert COD (mg/l):	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
5	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Particulate inert COD (mg/l):	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
7	Volatile solids (mg/l):	63.75	63.75	63.75	63.75	63.75	63.75	63.75	63.75
8	Non-volatile solids (mg/l):	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25	21.25
9	Ammonia (mg/l):	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50
10	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	Soluble organic nitrogen (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Particulate organic N (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
15	PolyP in viable P removers (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	PolyP in non-viable P removers (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	PHB in viable P removers (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	PHB in non-viable P removers (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00
20	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	Viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	50.00	50.00	50.00	50.00	60.00
22	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Viable P removers (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	Non-viable P removers (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4-1-4. بافتراض وجود صرف صناعي قادم إلى المحطة من مصنع لعصير العنب :

- بناء نموذج المحطة وفق ما يلي:



شكل (20) - عناصر المحطة المدروسة في بيئة الـ STOAT في حالة وجود صرف صناعي

سنقوم باستخدام الحالة الثانية للنمذجة (ASM1,GENERIC):

نتبع الخطوات السابقة نفس تماماً مع تغيير قيم مدخلات البارامترات السابقة وذلك بعد حساب القيم الجديدة لهذه البارامترات الناتجة عن مزج المياه الصناعية بمياه الصرف الصحي كما يلي:

مواصفات المياه الصناعية [24]				
التدفق (m ³ /h)	COD Total (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	TSS(mg/l)	NH ₄ (mg/l)
87.5	1190	524	333	90

بالنسبة إلى أجزاء المواد الصلبة الكلية:

$$\text{Volatile solids} = 75\% \text{ of TSS} = 0.75 * 333 = 249.75 \text{ mg/l}$$

$$\text{non-volatile solids} = 83.25 \text{ mg/l}$$

بالنسبة إلى أجزاء COD التي يتم إدخال قيمها في profile الخاص بالتدفق الصناعي الداخل فهي تشكل النسب التالية [24]:

$$S_S = 1011.5 \text{ mg/l} = 85\% \text{ of COD}_{\text{TOT}}$$

$$S_I = 11.9 \text{ mg/l} = 1\% \text{ of COD}_{\text{TOT}}$$

$$X_S = 107.1 \text{ mg/l} = 9\% \text{ of COD}_{\text{TOT}}$$

$$X_I = 59.5 \text{ mg/l} = 5\% \text{ of COD}_{\text{TOT}}$$

Influent pattern [Influent pattern GRAPES]											
	Flow (m ³ /h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble biodegradable COD	Soluble nondegradable COD	Particulate biodegradable COD	Particulate nondegradable COD	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)
Mean:	87.500000	27.000000	7.000000	5.000000	1011.500000	11.900000	107.100000	59.500000	249.750000	83.250000	90.000000
Phase (h):	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	0.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000	50.000000
Frequency:	0.262161	0.000718	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

أما قيم أجزاء COD التي يتم إدخالها في مراحل المعالجة فهي القيم الناتجة عن مزج المياه الصناعية بالمياه المعاشية حيث يحسب تركيز أي ملوث بعد المزج من خلال العلاقة التالية:

بتطبيق العلاقة السابقة على جميع البارامترات ينتج لدينا:

$$\text{COD}=(87.5*1190+42*230)/87.5+42=878.65 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD}_5=391.35 \text{ mg/l}$$

$$\text{SS}=252.57 \text{ mg/l}$$

$$\text{NH}_4=73.3 \text{ mg/l}$$

وبالتالي فإن أجزاء COD التي تكون بعد المزج على الشكل التالي:

$$S_5=687.25 \text{ mg/l}$$

$$S_I=13.92 \text{ mg/l}$$

$$X_5= 132.19\text{mg/l}$$

$$X_I= 45.3\text{mg/l}$$

بالنسبة إلى أجزاء المواد الصلبة الكلية:

$$\text{Volatile solids} = 75\% \text{ of TSS} = 0.75*252.57=189.43 \text{ mg/l}$$

$$\text{non-volatile solids} =63.14 \text{ mg/l}$$

قيم أجزاء COD التي يتم استخدامها في بيانات التشغيل الابتدائية لحوض التهوية بافتراض أن فعالية إزالة COD في الحوض هي 90% تكون على الشكل التالي:

$$S_5=68.725 \text{ mg/l}$$

$$X_5= 13.22\text{mg/l}$$

$$X_I= 4.53\text{mg/l}$$

$$S_I=1.392\text{mg/l}$$

4-1-5 . بتاريخ 2012/5/26 تم أخذ عينات للتدفق الداخل وإجراء التحاليل حيث تبين وصول حمولة تلوث عالية إلى المحطة سببت قيماً عالية للـ COD (قد يكون بسبب وصول مياه صرف صناعي) بالقيم التالية واعتمدنا على البرنامج لنرى إمكانية التنبؤ بقيم البارامترات في التدفق الخارج حيث لم تمكنا الظروف من إجراء القياسات الخاصة بالتدفق الخارج وسنعمد حالة (ASM1-Generic):

$$T=20.4 \text{ ، Total COD}=489 \text{ mg/l}$$

$$PH=7.5 \text{ ، BOD}_5=195 \text{ mg/l}$$

$$TSS=182 \text{ mg/l}$$

بالنسبة إلى أجزاء المواد الصلبة الكلية:

$$\text{Volatile solids} = 75\% \text{ of TSS} = 0.75*182=136.5 \text{ mg/l}$$

$$\text{non-volatile solids} =45.5 \text{ mg/l}$$

أجزاء COD على الشكل التالي:

$$S_S=24.94 \text{ mg/l}$$

$$S_I=38.53 \text{ mg/l}$$

$$X_S= 392.18\text{mg/l}$$

$$X_I= 33.45\text{mg/l}$$

تحديد أجزاء BOD:

$$\text{Soluble BOD}=0.6*195=117 \text{ mg/l}$$

$$\text{Particulate BOD}=115-69=78 \text{ mg/l}$$

بافتراض أن فعالية إزالة COD هي 80% تكون قيم هذه الأجزاء في الشروط الابتدائية للتشغيل:

$$S_S=5 \text{ mg/l}$$

$$S_I=10 \text{ mg/l}$$

$$X_S= 78\text{mg/l}$$

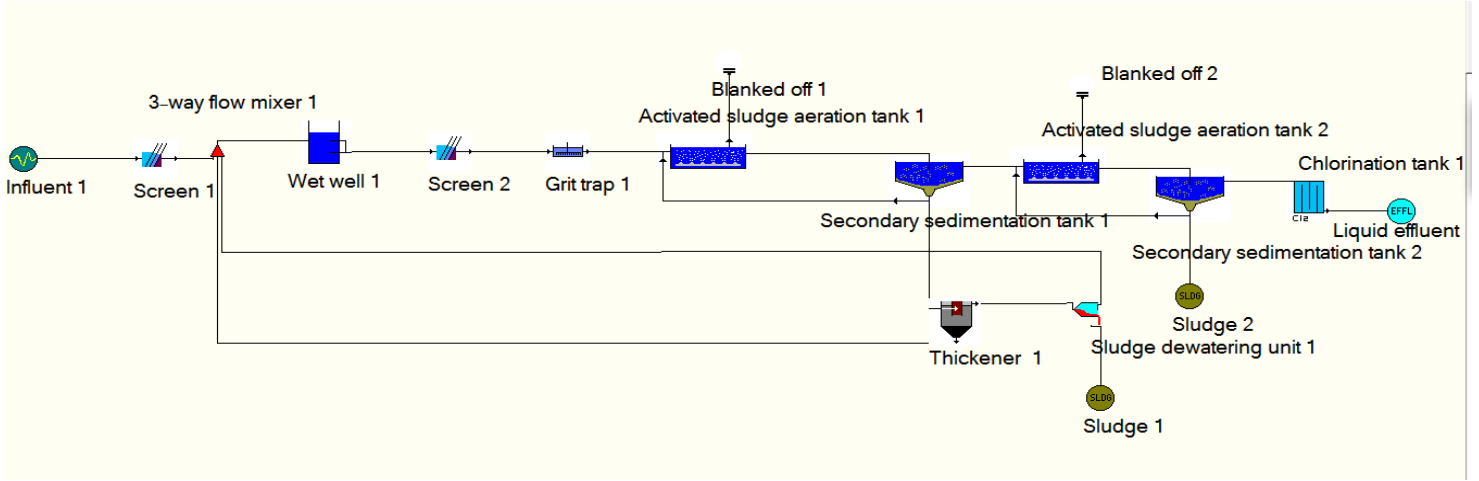
$$X_I= 7\text{mg/l}$$

وبافتراض أن فعالية إزالة BOD هي 95% يكون:

$$\text{Soluble BOD} = 6 \text{ mg/l}$$

$$\text{Particulate BOD} = 4 \text{ mg/l}$$

سنرى ماذا ستكون النتيجة بإضافة مرحلة ثانية للتهوية والترسيب الثانوي بالأبعاد التالية وعلى الشكل التالي:



شكل (21) - عناصر المحطة المدروسة في بيئة الـ STOAT في حالة مرحلتي تهوية وترسيب ثانوي

في المرحلة الثانية للتهوية إذا كانت الفعالية 80% تكون قيم أجزاء COD على الشكل التالي:

$$S_s = 1 \text{ mg/l}$$

$$S_I = 2 \text{ mg/l}$$

$$X_s = 15.6 \text{ mg/l}$$

$$X_I = 1.4 \text{ mg/l}$$

وبافتراض أن فعالية إزالة SS هي 85% أي SS جديدة تساوي 27.3

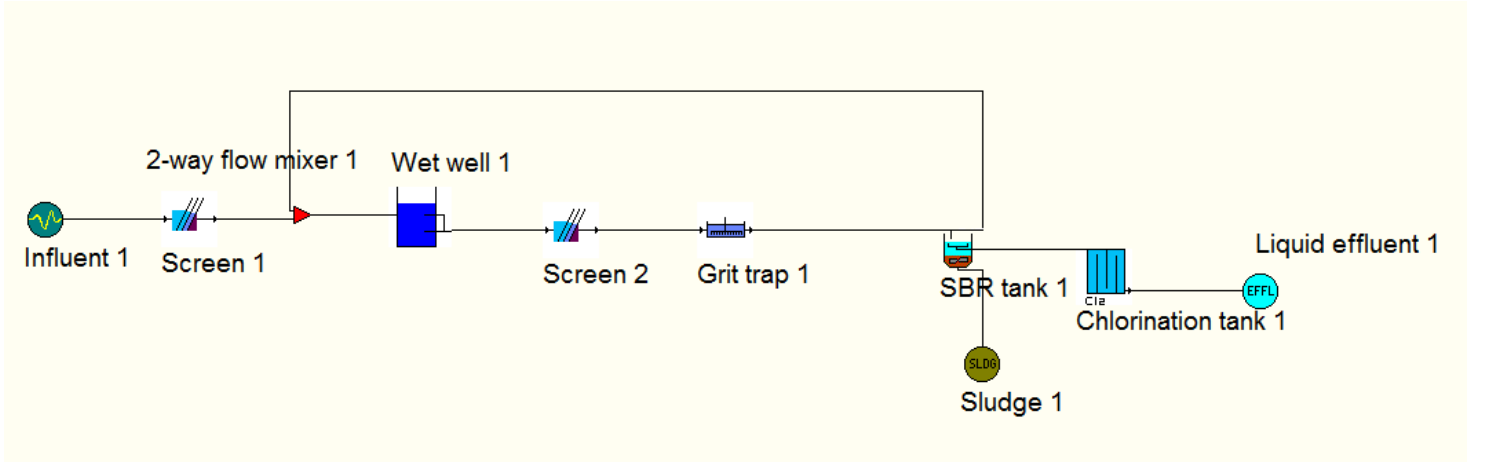
يكون:

$$\text{Volatile solids} = 20 \text{ mg/l}$$

$$\text{non-volatile solids} = 7 \text{ mg/l}$$

ونعدل بارامترات النموذج بحسب درجة الحرارة 20°C .

4-1-6. بناء نموذج SBR (Sequence Batch Reactor):



شكل (22) - عناصر المحطة المدروسة في بيئة الـ STOAT في حالة SBR

نقوم بوضع الأبعاد التصميمية لوحدة SBR مع المحافظة على الأبعاد التصميمية كافة والنماذج المعتمدة في المراحل السابقة للمعالجة على الشكل التالي:

Edit SBR tank : Page 1 of 1

Name:	<input type="text" value="SBR tank 1"/>
Model:	<input type="text" value="WRc BOD"/>
Number of layers:	<input type="text" value="8"/>
Maximum volume (m ³):	<input type="text" value="1000"/>
Minimum volume (m ³):	<input type="text" value="400"/>
Area (m ²):	<input type="text" value="200"/>
Wastage layer:	<input type="text" value="8"/>

ثم نبدأ بعملية RUN.

Operation data

	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	Change 8	
1	Elapsed time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Maximum KLa (1/h):	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	KLa setting 1:	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	KLa setting 2:	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Minimum KLa (1/h):	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	'Anoxic fill' KLa (1/h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	'Aerobic fill' KLa (1/h):	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	DO Setpoint (mg/l):	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Nitrate on:	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Nitrate off:	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	DO on:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	DO off:	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	DO on 1:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	DO on 2:	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	DO on 3:	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	Decant flow 1 (m ³ /h):	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	Wastage flow 1 (m ³ /h):	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	Decant flow 2 (m ³ /h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Wastage flow 2 (m ³ /h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	Metal salt concentration (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	Metal salt flowrate (m ³ /h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	Start of salt addition (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Cessation of salt addition (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Initial data

	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l):	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
2	Particulate BOD (mg/l):	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
3	Ammonia (mg/l):	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50
4	Nitrate (mg/l):	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
5	Phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	MLSS (mg/l):	4400.00	4400.00	4400.00	4400.00	4400.00	4400.00	4400.00
8	Viable autotrophs (mg/l):	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Nonviable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l):	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
11	Nonviable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Temperature (°C):	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60
13	Volume (m ³):	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00

OK Cancel Reset Help

ملاحظة:

تكون دورة SBR على الشكل التالي:

- ملء/تهوية لمدة 1 ساعة.
- تفاعل (أي تهوية فقط) لمدة 2.5 ساعة.
- ترسيب لمدة 1.5 ساعة.
- فصل لمدة 1 ساعة (عملية فصل الحمأة تحدث في هذا الجزء من دورة SBR).

7-1-4. إجراء تحاليل الحساسية (sensitivity analysis) للنموذج:

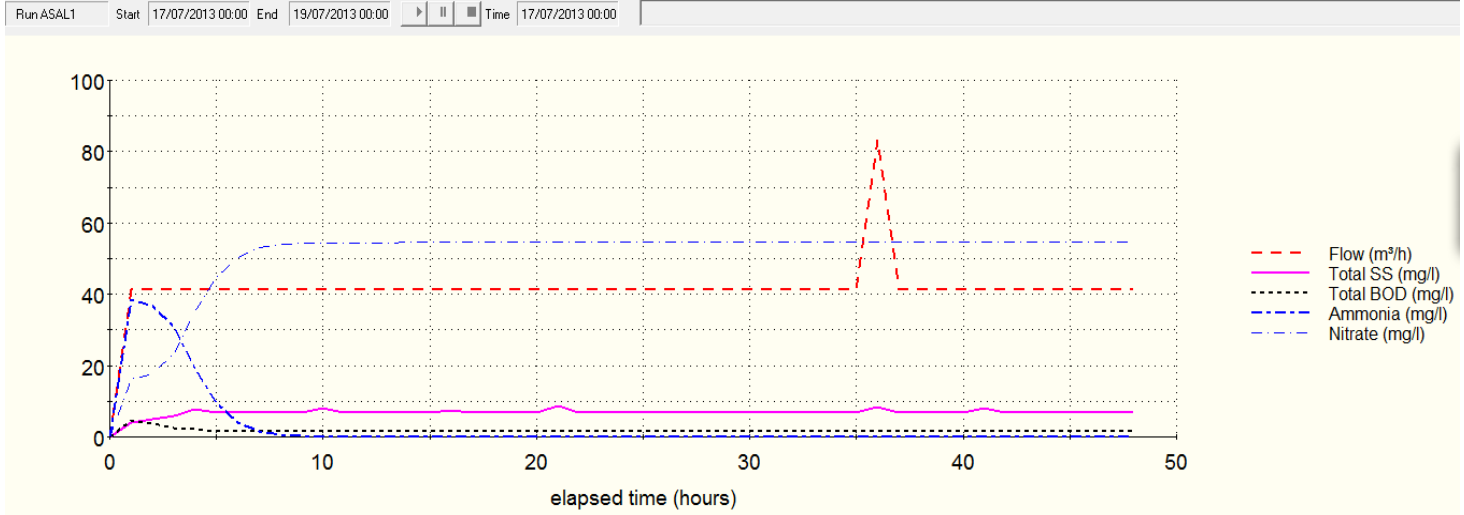
sensitivity analysis: تعني دراسة تأثير واحد أو أكثر من بارامترات معايرة نموذج العملية في واحد أو أكثر من البارامترات الخاصة بـ streams أو process وعلى سبيل المثال:

سنقوم بدراسة تأثير vesilind velocity (سرعة الترسيب) (وذلك بقيم 10-9-8-7 m/h) الخاصة ببارامترات معايرة نموذج حوض الترسيب الثانوي في قيمة Total COD و Total SS في التدفق الخارج على الشكل التالي:

The screenshot shows the 'Sensitivity Analysis' dialog box. The 'Input' section has 'Parameter' set to 1, 'Type' set to Process, 'Element Name' set to Secondary sedimentation tank 1, 'Stage' is empty, 'Parameter' is Vesilind velocity, and 'Values' are Start: 7, Step: 1, Stop: 10. The 'Output' section has 'Variable' set to Stream, 'Name' set to stream 10, 'Stage' is empty, 'Determinand' set to Total suspended solids (mg/l), and 'Display' set to Time series. There are 'Add' and 'Remove' buttons below the 'Determinand' dropdown. A list box on the right shows 'stream 10, Total COD (mg/l)' and 'stream 10, Total suspended solids (mg/l)'. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

5-1. بالنسبة إلى النموذج الأول الخاص بالحماة المنشطة ASAL1 ونموذج حوض الترسيب الموافق SSED1 تكون النتائج على الشكل التالي:

يعتمد النموذج ASAL1 على قيم أجزاء BOD المتوفرة حيث سنقارن بين القيم التجريبية والقيم المقعية ونركز على قيم BOD وليس COD (كما هو الحال في النموذج ASM1) بالإضافة إلى بارامترات أخرى كما هو موضح في الجدولين 9 و 10 .



الشكل (23) - مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج ASAL1-SSED1

الجدول (9) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال اعتماد نماذج (ASAL1-SSED1)

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	41.23	6.72	1.61	2.90	50.56
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	8.63	4.55	38.41	54.68
Standard deviation	8.49	1.19	0.60	8.96	11.61
Total mass (kg)		13.913	3.335	5.849	104.388
Peak load (g/s)		0.192	0.052	0.440	1.262

الجدول (10) قيم البارامترات التي تم قياسها في المخبر

التدفق (m³/h)	(mg/l)TSS	(mg/l)BOD ₅	(mg/l)NH ₄	(mg/l)NO ₃	COD (mg/l)
42	13	6	3.4	37	13.9

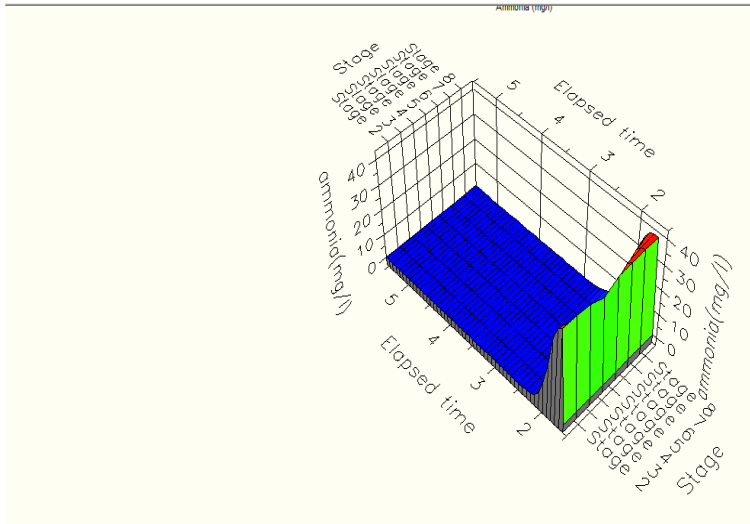
من خلال المقارنة بين قيم الجدولين 9 و 10 نجد أن هناك تقارباً بين بعض قيم البارامترات التي تم الحصول عليها من البرنامج وبين القيم الموقَّعة من مخرج المحطة ما يعني ملائمة النموذج ASAL1 للمحطة المدروسة.

نلاحظ من خلال المخطط البياني تناقص تركيز الأمونيا مع مرور الزمن ما يعني حصول عملية النتجة في أثناء المعالجة، وأيضاً تناقص BOD مع الزمن، كما يمكننا أن نلاحظ أنه وبعد ما يقارب 35 ساعة من بدء عملية المحاكاة يبدأ التدفق بالازدياد ليصل إلى التدفق الأعظمي (ضعف التدفق التصميمي) ثم يعود إلى الانخفاض والاستقرار عند قيمة التدفق التصميمي ($42\text{m}^3/\text{h}$) وهذا يدل على وجود مضختين تكونان في وضع التشغيل في البئر الرطب وربما يعود سبب ذلك إلى وصول تدفقات زائدة إلى المحطة إما مياه صرف صناعي أو مياه أمطار.

تغير تركيز الأمونيا في الطبقات الثماني لحوض الترسيب الثانوي:

إن نموذج حوض الترسيب الثانوي SSED1 يقسم المرسب إلى 8 طبقات بثخانة ثابتة وسنرى كيف سيكون تركيز الأمونيا ضمن هذه الطبقات الثمانية:

الجدول (11) تغير تركيز الأمونيا في الطبقات الثمانية للمرسيب الثانوي

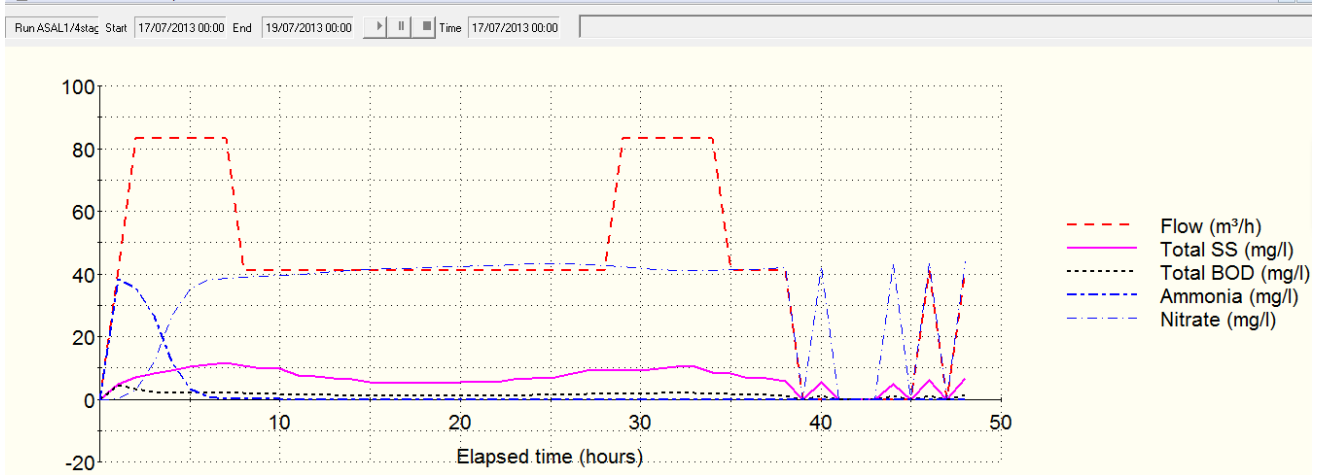


الشكل (24) - تركيز الأمونيا في الطبقات الثماني للمرسيب الثانوي

Run ASAL1		Start	17/07/2013 00:00	End	19/07/2013 00:00
	Stage	Ammonia (mg/l)			
Mean	1	2.9			
	2	2.4			
	3	1.9			
	4	1.4			
	5	2.3			
	6	3.2			
	7	4.2			
	8	5.1			
Minimum	1	0.0			
	2	0.0			
	3	0.0			
	4	0.0			
	5	0.0			
	6	0.0			
	7	0.0			
	8	0.0			
Maximum	1	38.4			
	2	38.1			
	3	37.2			
	4	34.6			
	5	37.7			
	6	38.4			
	7	38.5			
	8	38.5			

نلاحظ تناقص تركيز الأمونيا خلال عملية المعالجة ابتداء من 38.5 mg/l إلى 3 mg/l تقريباً ما يعني حصول عملية النتجة في أثناء عملية المعالجة.

5-1-1. السيناريو الأول: إذا قمنا بتغيير عدد مراحل التهوية في حوض التهوية من 1 إلى 4 مثلاً (أي تحويل نوع التدفق من completely mixed إلى plug flow) فسنرى كيف ستتأثر فعالية المعالجة :



الشكل (25) - مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج ASAL1-SSSED1 وفق السيناريو الأول (عدد مراحل التهوية في حوض التهوية = 4)

الجدول (9) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج

الجدول (12) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج

في حال اعتماد نماذج (ASAL1-SSSED1) وعدد مراحل التهوية

في حال اعتماد نماذج (ASAL1-SSSED1) وعدد مراحل التهوية

في حوض التهوية يساوي 1

في حوض التهوية يساوي 4

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	41.23	6.72	1.61	2.90	50.56
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	8.63	4.55	38.41	54.68
Standard deviation	8.49	1.19	0.60	8.96	11.61
Total mass (kg)		13.913	3.335	5.849	104.388
Peak load (g/s)		0.192	0.052	0.440	1.262

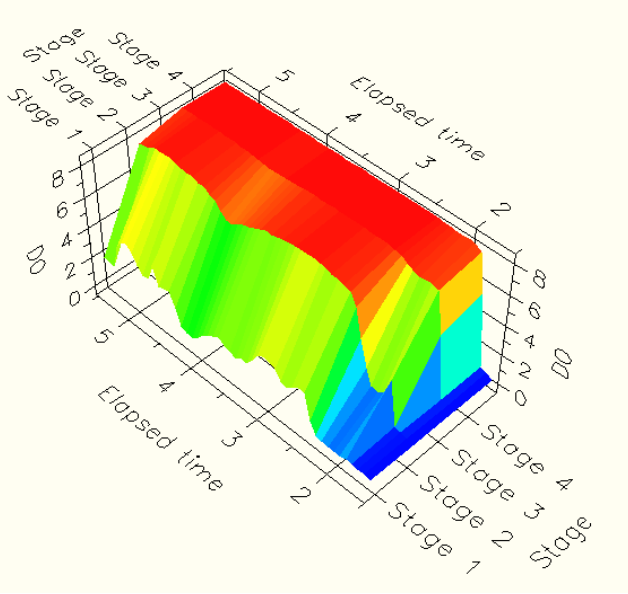
	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	43.93	6.47	1.36	2.38	32.98
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	11.76	4.46	38.34	43.81
Standard deviation	27.42	3.26	0.83	8.32	16.40
Total mass (kg)		17.484	3.709	8.103	79.953
Peak load (g/s)		0.272	0.076	0.824	0.977

إن تغيير نظام التدفق من completely mixed إلى plug flow لا يؤثر كثيراً في فعالية المعالجة ونلاحظ ذلك من الفارق القليل بين النتائج التي حصلنا عليها (الجدولين 9 و 12) حيث يمكن أن نلاحظ الفرق في تركيز النترات في التدفق الخارج حيث تتناقص من 50 إلى 32mg/l، كما يمكن أن نلاحظ التغير في نمط التدفق حيث يصل إلى القيمة الأعظمية مرتين ويثبت لمدة 6 ساعات تقريباً ثم يعود ليتناقص مرة أخرى خلال عملية المحاكاة (ما يعني وجود مضختين عاملتين في هذه الفترة ووصول دفقات مفاجئة لمياه الصرف (مجهولة المصدر)).

نموذج الأوكسجين المنحل في حوض التهوية بوجود أربع مراحل للتهوية في حوض التهوية:

نستطيع من خلال البرنامج أن نراقب تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية في أي حالة من الحالات فمثلاً بوجود 4 مراحل للتهوية في حوض التهوية يكون نموذج الأوكسجين المنحل على الشكل التالي:

الجدول (13) - تغير تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية



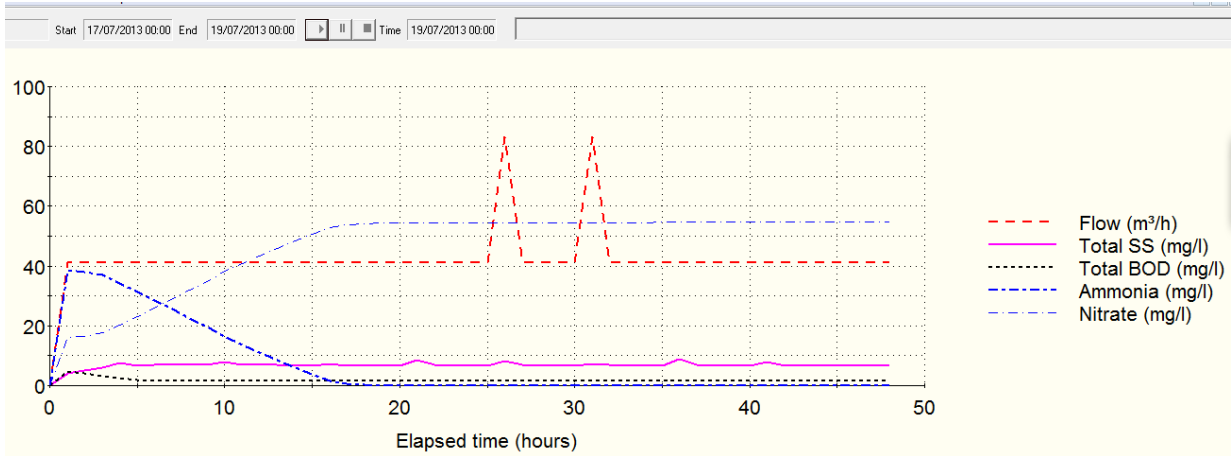
Run ASAL1/4stag Start 17/07/2013 00:00 End 19/07/2013 00:00			
	Stage	DO (mg/l)	
Mean	1	1.7	
	2	6.1	
	3	7.2	
	4	7.3	
Minimum	1	0.0	
	2	0.0	
	3	0.0	
	4	0.0	
Maximum	1	3.7	
	2	7.7	
	3	7.9	
	4	7.9	

الشكل (26) - تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية

نلاحظ تزايد تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية مع مرور الزمن بدءاً من المرحلة الأولى للتهوية وصولاً إلى المرحلة الرابعة للتهوية.

5-1-2. السيناريو الثاني: تغيير طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية :

سنقوم بتغيير طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية ضمن أحد الخيارات في البرنامج وذلك من خيار أن تكون طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل (calculated automatically) إلى خيار أن نحدد طريقة التحكم بـ DO (specified by user DO=2mg/l) ونرى كيف ستتأثر فعالية المعالجة:



الشكل (27) - مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج ASAL1-SSED1 وفق السيناريو الثاني (تغيير طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل (specified by user DO=2mg/l))

الجدول (9) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال اعتماد نماذج (ASAL1-SSED1) وطريقة التحكم بالأوكسجين المنحل (DO=2mg/l)

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	41.23	6.72	1.61	2.90	50.56
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	8.63	4.55	38.41	54.68
Standard deviation	8.49	1.19	0.60	8.96	11.61
Total mass (kg)		13.913	3.335	5.849	104.388
Peak load (g/s)		0.192	0.052	0.440	1.262

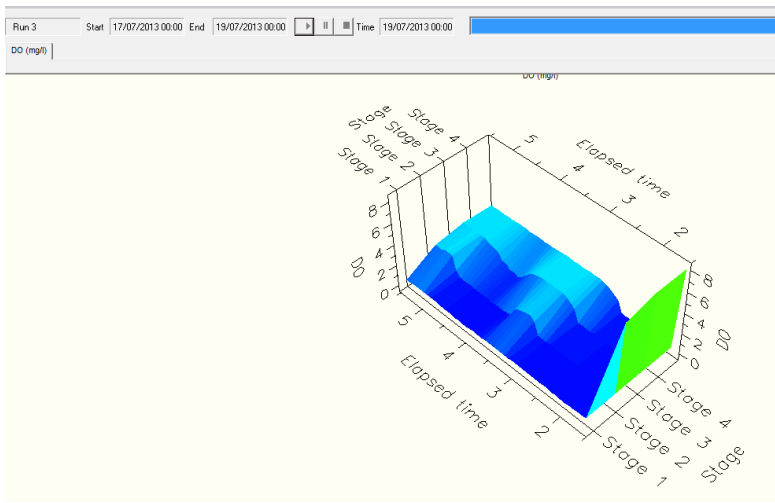
الجدول (14) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال اعتماد نماذج (ASAL1-SSED1) وطريقة التحكم بالأوكسجين المنحل (calculated automatically)

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	42.08	6.75	1.71	6.91	46.55
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	8.74	4.64	38.47	54.67
Standard deviation	10.40	1.21	0.65	12.24	13.99
Total mass (kg)		14.271	3.600	13.947	98.580
Peak load (g/s)		0.190	0.053	0.440	1.261

إن تغيير طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية لا يؤثر في النتيجة النهائية للمعالجة ولكن يمكن أن نلاحظ الفارق فقط على شكل المخطط البياني الخاص بالتدفق، حيث يمكن أن نلاحظ أنه في حالة تحديد تركيز الأوكسجين المنحل بـ 2mg/l في حوض التهوية يمكن أن يصل التدفق إلى قيمة التدفق الأعظمي مرتين وذلك بفواصل زمني لا يتجاوز 6hours (يمكن ملاحظة ذلك على المخطط البياني (الشكل 27)).

نموذج الأوكسجين المنحل في حوض التهوية بعدد مراحل للتهوية يساوي 4 وعند تحديد طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية (DO=2mg/l):

الجدول (15)- تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية بعدد مراحل للتهوية يساوي 4 وعند تحديد طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية (DO=2mg/l)



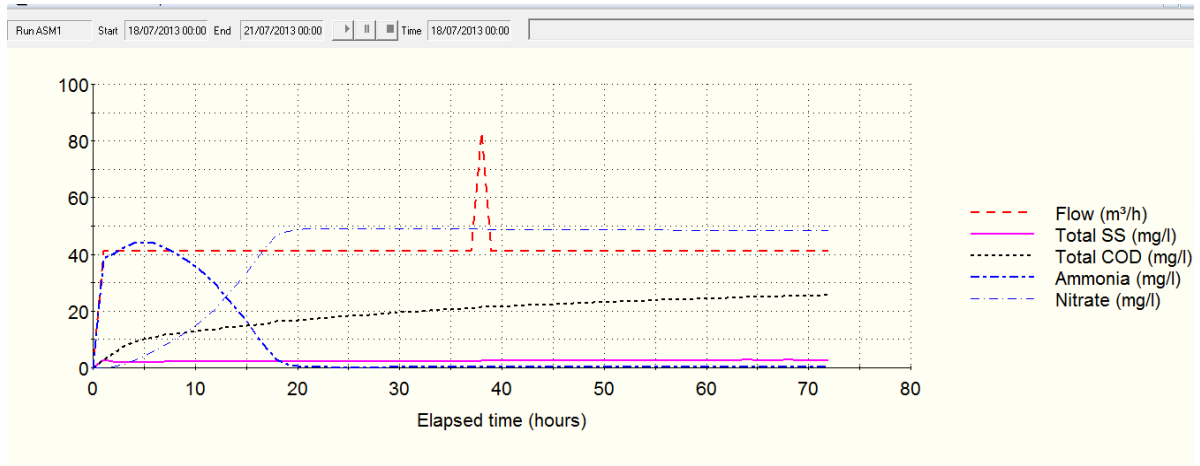
Run 2	Start	17/07/2013 00:00	End	19/07/2013
	Stage	DO (mg/l)		
Mean	1	0.1		
	2	0.6		
	3	1.2		
	4	1.6		
Minimum	1	-0.1		
	2	0.0		
	3	0.0		
	4	0.0		
Maximum	1	1.5		
	2	7.3		
	3	7.8		
	4	7.9		

الشكل رقم (28) تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية بعدد مراحل للتهوية يساوي 4 وعند تحديد طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية (DO=2mg/l)

نلاحظ تناقص تركيز الأوكسجين المنحل في حوض التهوية مع مرور الزمن بدءاً من المرحلة الرابعة للتهوية وصولاً إلى المرحلة الأولى للتهوية.

2-5. بناء عمليات الحمأة المنشطة وفق ASM1 الخاص بحوض التهوية ونموذج Generic الخاص بحوض الترسيب الثانوي مع زمن محاكاة 3 أيام:

بما أن النموذج ASM1 هو النموذج الأكثر استعمالاً في نمذجة عمليات الحمأة المنشطة ويعتمد على استخدام بيانات أجزاء COD فسرى مدى ملاءمة هذا النموذج للمحطة المدروسة من خلال المقارنة بين القيم التي تم الحصول عليها من البرنامج و بين القيم الموقعية وإمكانية استخدامه لإجراء دراسات المحاكاة اللاحقة:



الشكل (29)- مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج - ASM1- GENERIC

الجدول (16) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال اعتماد نماذج (ASM1-GENERIC)

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Biodegradable COD	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	41.22	2.38	8.00	19.20	7.80	40.38
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	3.03	9.11	25.86	44.42	49.20
Standard deviation	6.93	0.37	1.55	5.76	14.88	16.19
Total mass (kg)		7.274	24.421	58.660	23.476	123.519
Peak load (g/s)		0.062	0.200	0.497	0.509	1.131

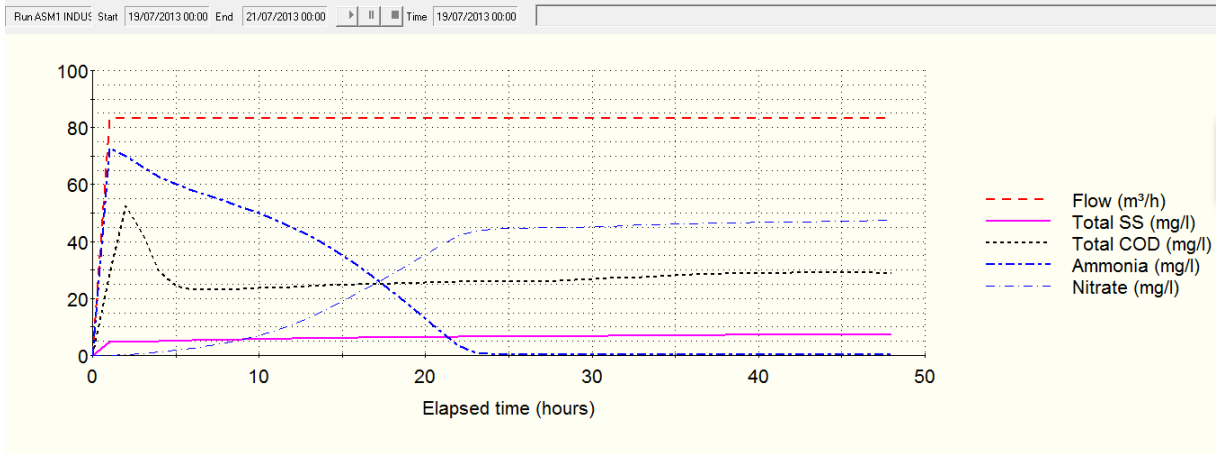
الجدول (10) قيم البارامترات التي تم قياسها في المخبر

التدفق (m³/h)	(mg/l)TSS	(mg/l)BOD ₅	(mg/l)NH ₄	(mg/l)NO ₃	COD (mg/l)
42	13	6	3.4	37	13.9

نلاحظ التقارب الجيد بين قيم البارامترات التي تم الحصول عليها من البرنامج وبين القيم المقاسة ما يعني ملاءمة هذه النماذج للمحطة المدروسة.

5-3: بافتراض وجود صرف صناعي قادم إلى المحطة من مصنع لعصير العنب:

سنفترض وجود مصنع لعصير العنب بالقرب من المحطة المدروسة وسيتم صرف المياه الصناعية الخاصة به إلى المحطة المدروسة : سنرى إمكانية استخدام النموذج السابق (ASM1) للتنبؤ بأداء هذه المحطة من خلال قيم البارامترات التي سنحصل عليها حيث استخدمت بيانات هذه الصناعة من المرجع [24]:



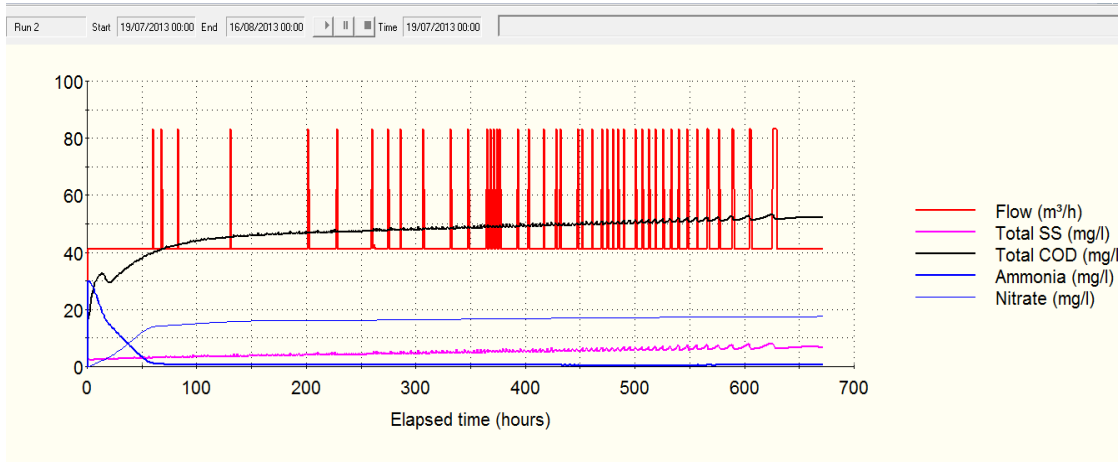
الشكل (30) مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج - ASM1- GENERIC وافترض صرف صناعي قادم إلى المحطة من مصنع لعصير العنب

الجدول (17) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال اعتماد نماذج (ASM1-GENERIC) وافترض صرف صناعي قادم إلى المحطة من مصنع لعصير العنب

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Biodegradable COD	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	81.51	6.30	14.07	26.85	19.27	30.92
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	7.45	50.30	52.58	72.82	47.41
Standard deviation	11.89	1.20	7.55	6.15	25.05	18.69
Total mass (kg)		25.698	57.351	109.484	78.584	126.071
Peak load (g/s)		0.172	1.163	1.215	1.683	1.096

نلاحظ قيم البارامترات (COD=25 mg/l و SS=6mg/l) وهي قيم منطقية لمثل هذه الصناعة، ما يدل على فعالية أداء هذه المحطة في مثل هذه الظروف الافتراضية.

4-5: عند وصول حمولة تلوث عالية إلى المحطة المسببة للقيم العالية للـ COD واعتماد نماذج (ASM1-Generic) مع اختيار زمن المحاكاة مساوياً عمر الحمأة (28 يوماً) [9]:



الشكل (31) - مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج - ASM1- GENERIC ووصول حمولة تلوث عالية إلى المحطة

الجدول (18) - ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال اعتماد نماذج (ASM1-Generic) ووصول حمولة تلوث عالية إلى المحطة

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	44.27	4.98	47.19	1.56	15.67
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	8.03	53.19	29.98	17.58
Standard deviation	11.15	1.35	5.63	4.21	3.31
Total mass (kg)		150.280	1413.121	44.457	469.808
Peak load (g/s)		0.181	1.226	0.343	0.403

نلاحظ القيم العالية لـ COD في التدفق الخارج من المحطة ما يعني إما وجود خلل فني في أداء المحطة وإما وصول ملوثات معينة أثرت في أداء هذه المحطة وسببت هذه القيم العالية للبارامترات في التدفق الخارج.

إذا قمنا بإضافة مرحلة ثانية للتهوية والترسيب الثانوي فسنرى كيف ستكون فعالية المعالجة:

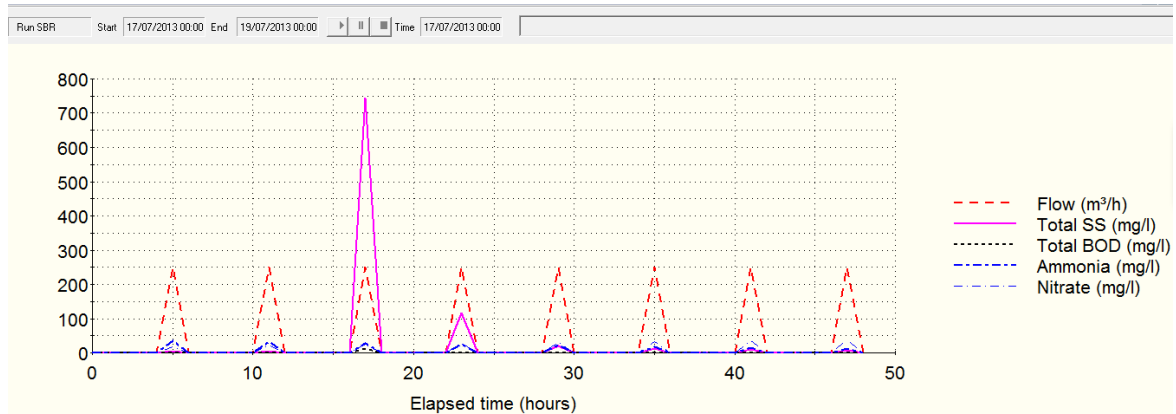
الجدول (19) - ملخص النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حال وصول حمولة تلوث عالية إلى المحطة ووجود مرحلتين للتهوية والترسيب

	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	42.69	1.71	12.30	18.31	3.04
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	82.74	2.85	23.33	27.54	9.63
Standard deviation	26.68	0.88	6.69	8.84	2.80
Total mass (kg)		4.500	29.281	45.735	6.656
Peak load (g/s)		0.066	0.454	0.633	0.140

نلاحظ أن إضافة مرحلة ثانية للتهوية والترسيب حسنت من فعالية المعالجة حيث انخفضت قيمة الـ COD من 47mg/l إلى 12mg/l وهو أحد الحلول التي تساعد على حل مثل هذه المشكلة .

5-5. المقارنة بين استخدام نموذج SBR (Sequence Batch Reactor) وبين نموذج الحمأة المنشطة :

إذا قمنا بالمقارنة بين نظام المعالجة بالحمأة المنشطة وبين نظام SBR كأحد الخيارات كبديل لعملية المعالجة حيث يعتبر نظام SBR أحد الخيارات الاقتصادية والفعالة في عملية المعالجة و خاصة في التجمعات السكانية الصغيرة:



الشكل (32) -مخطط يوضح النتائج التي تم الحصول عليها من البرنامج في حالة النماذج - ASM1- GENERIC واستخدام نظام SBR

الجدول (16) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها

في حال استخدام نظام الحمأة المنشطة

الجدول (20) ملخص النتائج التي تم الحصول عليها

في حال استخدام نظام SBR

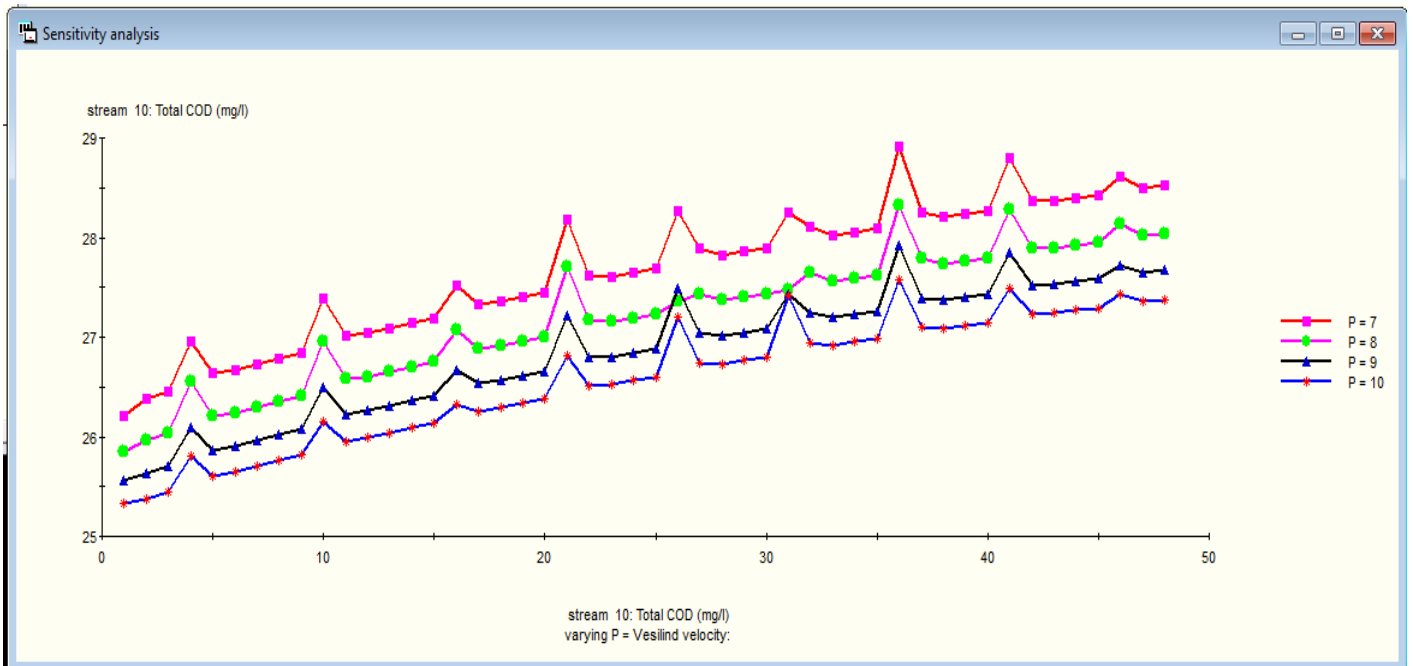
	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Biodegradable COD	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)		Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Total COD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Mean	41.22	2.38	8.00	19.20	7.80	40.38	Mean	40.82	18.77	0.37	0.37	3.90	4.80
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	83.21	3.03	9.11	25.86	44.42	49.20	Maximum	250.00	743.58	13.23	13.23	36.30	38.21
Standard deviation	6.93	0.37	1.55	5.76	14.88	16.19	Standard deviation	93.36	107.04	1.91	1.91	9.41	11.28
Total mass (kg)		7.274	24.421	58.660	23.476	123.519	Total mass (kg)		229.958	4.524	4.524	47.739	58.746
Peak load (g/s)		0.062	0.200	0.497	0.509	1.131	Peak load (g/s)		51.638	0.919	0.919	2.521	2.654

نلاحظ انخفاض قيمة BOD وكذلك الأمونيا والمواد الصلبة المعلقة إلى حدود مقبولة جداً مقارنة بالتقييم التي حصلنا عليها في نظام الحمأة المنشطة وكذلك مع القيم الموقعية ما يعني أن نظام SBR هو أحد البدائل المهمة في عملية المعالجة.

5-6. إجراء تحاليل الحساسية (sensitivity analysis) للنموذج:

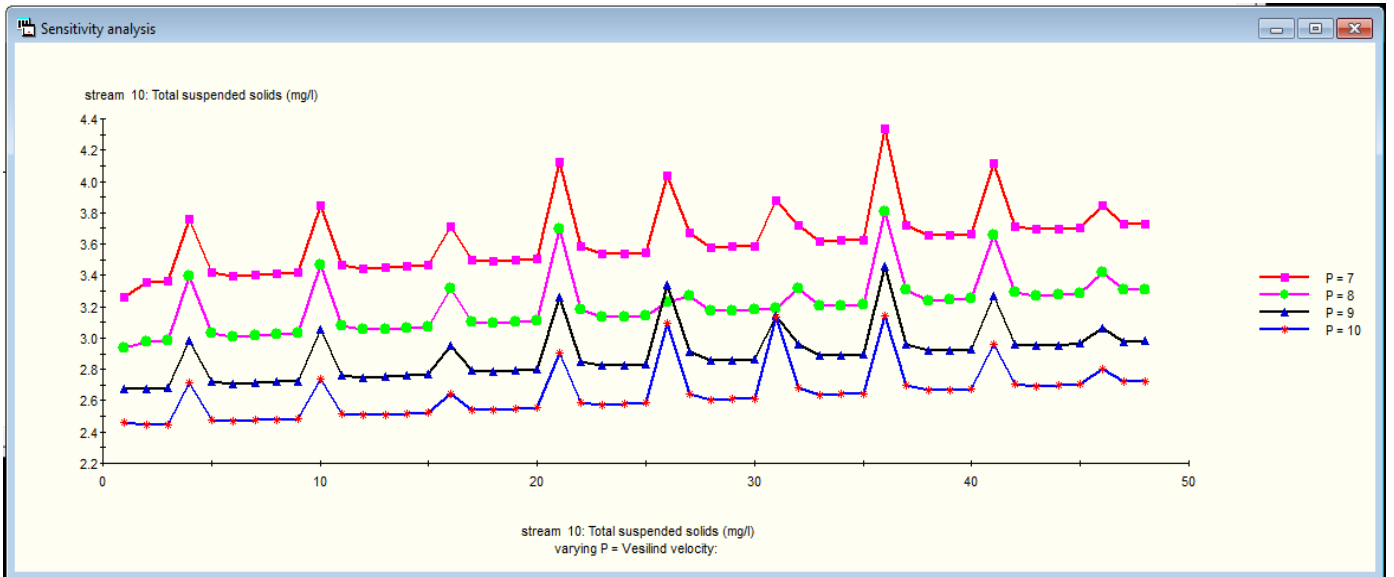
sensitivity analysis [10]: تعني دراسة تأثير واحد أو أكثر من بارامترات معايرة نموذج العملية في واحد أو أكثر من البارامترات الخاصة بـ streams أو process وعلى سبيل المثال:

سنقوم بدراسة تأثير vesilind velocity (سرعة الترسيب) (وذلك بقيم 10-9-8-7 m/h) الخاصة ببارامترات معايرة نموذج حوض الترسيب الثانوي في قيمة Total COD و Total SS في التدفق الخارج على الشكل التالي:



الشكل (33) - مخطط يوضح حساسية النموذج لـ vesilind velocity المؤثرة في قيمة Total COD في التدفق الخارج من المحطة

نلاحظ أن زيادة قيمة vesilind velocity من 7m/h إلى 10m/h أنقصت قيمة Total COD في التدفق الخارج من 29mg/l إلى 27mg/l وبالتالي تحسين فعالية المعالجة .



الشكل (34) - مخطط يوضح حساسية النموذج لـ vesilind velocity المؤثرة في قيمة Total SS في التدفق الخارج من المحطة

نلاحظ أن زيادة قيمة vesilind velocity من 7m/h إلى 10 m/h أنقصت قيمة TSS من 4.4 إلى 3 mg/l وبالتالي تحسين فعالية المعالجة.

الاستنتاجات:

- بالنسبة إلى النموذج الأول الخاص بالحماة المنشطة ASAL1:
 - ❖ نلاحظ التقارب الجيد بين قيم البارامترات التي تم الحصول عليها من البرنامج وبين القيم التجريبية ما يدل على إمكانية استخدام هذا النموذج لإجراء دراسات المحاكاة اللاحقة للتنبؤ بقيم هذه البارامترات مع مرور الزمن.
 - ❖ من خلال مشاهدة نتائج المحاكاة، يمكن ملاحظة أن تركيز الأمونيا قد انخفض من 40mg/l تقريباً إلى 3mg/l ما يعني حصول عملية النترجة، وقد انخفض تركيز BOD إلى 2mg/l تقريباً و SS إلى 7mg/l.
 - ❖ إن زيادة عدد مراحل التهوية في حوض الحماة المنشطة أعطى تقريباً النتائج نفسها ما يدل على أن تغيير نوع الت دفع من مزج كامل إلى نوع plug flow لا يؤثر في فعالية المعالجة بشكل واضح .
 - ❖ إن تحديد طريقة التحكم بالأوكسجين المنحل في حوض التهوية (DO=2mg/l) لم تؤثر في فعالية المعالجة بشكل واضح ، والفرق الوحيد بين الحالتين (تحديد طريقة التحكم بـ DO وعدم تحديد طريقة التحكم بـ DO) هو أنه في الأولى يبلغ التدفق مرحلة التدفق الأعظمي مرتين الأولى بعد 25 ساعة والثانية بعد 32 ساعة من بدء زمن المحاكاة، وهذا يعني أن المضختين في البئر الرطب تكون ان في وضع التشغيل ، أما في الحالة الثانية فيبلغ التدفق مرحلة التدفق الأعظمي مرة واحدة فقط بعد مرور 35 ساعة من بدء زمن المحاكاة أي تقريباً في نهاية مرحلة التهوية.
- ❖ بالنسبة إلى النموذج الثاني ASM1:
 - ❖ ظهر التقارب الجيد بين القيم التي تم الحصول عليها من البرنامج وبين القيم المقوية، وقد اعتمد هذا النموذج في إجراء دراسات المحاكاة اللاحقة بسبب توفر المعلومات عن قياسات COD.
 - ❖ في حال وصول مياه الصرف الصناعي الناتجة عن صناعة عصر العنب فقد أظهر البرنامج استجابة جيدة للبارامترات (COD=25 mg/l و SS=6mg/l) وهي قيم منطقية لمثل هذه الصناعة، ما يدل على التحقق من فعالية أداء هذه المحطة حتى في ظل هذه الظروف الافتراضية.
 - ❖ إن إجراءات المحاكاة في حال وصول حمولة التلوث العالية (COD=489 mg/l) بينت أن قيمة COD في التدفق الخارج ستصل إلى 50 mg/l والتفكير بمرحلة ثانية للتهوية والترسيب وبالأبعاد نفسها جعلت قيمة COD في التدفق الخارج تصل إلى 12mg/l وهذا

الإجراء يساعد على اختبار أداء هذه المحطة في ظل هذا الترتيب وربما إمكانية مقارنته بحلول أخرى لاتخاذ أفضل القرارات.

- من خلال دراسة تحاليل الحساسية تبين أن زيادة قيمة vesilind velocity (أحد بارامترات معايرة نموذج حوض الترسيب الثانوي) من 7m/h إلى 10m/h من شأنها أن تنقص قيمة Total COD في التدفق الخارج من 29 mg/l إلى 27mg/l ، وكذلك إنقاص قيمة TSS من 4.4 إلى 3 mg/l وبالتالي تحسين فعالية المعالجة.
- إن التفكير باستبدال عمليات الحمأة المنشطة بوحدة SBR من شأنه خفض تكلفة المعالجة وكمية الحمأة الناتجة بالإضافة إلى فعالية إزالة الملوثات، فمثلاً لوحظ انخفاص قيمة BOD وكذلك الأمونيا والمواد الصلبة المعلقة إلى حدود مقبولة جداً، ما يعني توفر المنهجية الملائمة لعملية النمذجة والمحاكاة الديناميكية وتطبيقها مستقبلاً على محطات معالجة أخرى تم إنشاؤها أو ما زالت قيد الإنشاء أو الدراسة.

التوصيات:

- ضرورة توفر عملية المراقبة والتشغيل المبرمجة في أغلب محطات معالجة مياه الصرف الصحي الحالية في سورية لتقدير فعالية هذه المحطات وأدائها وتغير كفاءتها مع الزمن.
- السعي في تصميم البرامج المحلية وصناعتها الملائمة لتشغيل المحطات ومراقبتها وتقدير أدائها حالياً ومستقبلياً.
- السعي إلى توفر هذه البرمجيات في الجامعات لتمكين الباحثين الطلاب والمهتمين من استخدام هذه البرامج وتطبيق دراساتهم على أرض الواقع.
- ضرورة القيام بالدراسة الكاملة والشاملة لجميع نماذج محطات المعالجة الموجودة، أو النماذج قيد الدراسة للتمكن من التعرف إلى أداء المخطط المفترض قبل البدء بالاستثمار، وإنفاق الأموال أو الموارد.

Referencesالمراجع :

- [1]. Olsson , G; Stephenson, J. "*The Propagation of Hydraulic Disturbances and Flow Rate Reconstruction in Activated Sludge Plants.*" Environmental Technology Letters, 6, (1985), pp. 536-545.
- [2]. Andrews, J.F. "*A Mathematical Model for the Continuous Culture of Microorganisms Utilizing Inhibitory Substrates.*" Biotechnology and Bioengineering, 10, (1968), pp. 707-723.
- [3] .Andrews, J.F. "*A Dynamic Model of the Anaerobic Digestion Process.*" Journal Sanitary Engineering Division, American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol. 95, (1969), pp. 95-116.
- [4]. Andrews, J.F; Graef, S.P. "*Dynamic Modeling and Simulation of the Anaerobic Digestion Process.*" Anaerobic Biological Treatment Processes, Advances in Chemistry Series, American Chemical Society, Vol. 105, (1971), pp. 126-162.
- [5]. Franks, R.G.E. "*Mathematical Modeling in Chemical Engineering.*" John Wiley & Sons, New York,(1967).
- [6]. Society for Computer Simulation. Directory of Simulation Software. Society of Computer Simulation, Vol. 2, San Diego, CA, (1991).
- [7]. Elmqvist, H; Astrom, K.J; Schonthal, T. ; Wittenmark, B." *Simnon: User's Guide for M.S.-Dos Computers.*" V 3.2 SSPA Systems, Box 24001, S-400 Goteborg, Sweden, (1993).
- [8]. Andrews, J.F. "*Dynamics and Control of the Activated Sludge Process.*" Technomics Publishing Co., Lancaster, PA, (1992).
- [9]. Patry, G.G; Takacs, I. "*Dynamic Modeling and Simulation of Large Scale Wastewater Treatment Plants Using the General Purpose Simulator.*" Dynamics and Control of the Activated Sludge Process (ed. Andrews, J.F.), Technomics Publishing Co., Lancaster, PA, (1992).
- [10]. Hiraoka, M; Fujiwara, T. "*The Use of Time Series Analysis in Hierarchical Control Systems.*" Dynamics and Control of the Activated Sludge Process (ed. Andrews, J.F.), Technomics Publishing Co., Lancaster, PA, (1992).
- [11]. Hiraoka, M; Tsumura, K. "*Computer Assisted Operation of the Kawamata Treatment Plant, Osaka Prefecture, Japan.*" Dynamics and Control of the Activated Sludge Process (ed. Andrews, J.F.), Technomics Publishing Co., Lancaster, PA,(1992).

- [12]. Narnoli, K.S; Mehrotra, I. "*Sludge Blanket of UASB Reactor: Mathematical Simulation*". J. of Water Research, Vol. 31, N°. 4, (1997), pp. 715-726.
- [13]. Julian, F.M. "*Process Modeling on Spreadsheets*." Chemical Engineering Progress, (1989),pp. 33-40.
- [14]. El-Shayal, I. "*Solving Differential Equations on a Spreadsheet: Part I: The Euler Method*." Chemical Engineering, (1990), pp. 149-150.
- [15]. El-Shayal, I. "*Solving Differential Equations on a Spreadsheet: Part II: The Runge-Kutta Method*." Chemical Engineering, (1990), pp. 153-154.
- [16]. Awad, R.A. "*Simulation of Stormwater Run-off Quality in Sewered Urban Areas-Lattakia As a Case Study*." J. of Association for the Advancement of Modeling and Simulation Techniques in Enterprises (AMSE), Paris, Vol. 23, N°. 4, (1991), pp. 17-58
- [17]. Seok, J; Kromisar, S. J. "*Integrated Modeling of Anaerobic Fluidized Bed Bioreactor for Deicing Waste Treatment. II: Simulation and Experimental Studies*." J. Environmental Eng., ASCE, Vol. 129, No. 20,(2003), pp. 110 - 122.
- [18]. Colby, J. "*Simulation of a Costa Rica Watershed. Resolution on Effects and Fractals*." Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 127, No. 4, (2001), pp. 261 - 270.
- [19]. Constans, S; Bremond, B; Morel, P. "*Simulation and Control of Chlorine Levels in Water Distribution Network*." J. Water Resources Planning and Management, ASCE, Vol. 129, No. 2, (2003),pp. 135 - 145.
- [20]. Molnar, I. "*Simulation and Optimization, Proceeding of the Simulation in Industry and Services*." Brussels, Belgium, (2003), 1-14.
- [21]. Thomann, R. V. "*Verification of Water Quality Models*." Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, V. 108, No. EE5, (1982), 923-940.
- [22]. Schmidt, B. "*The Art of Modelling and Simulation (Introduction to the Simulation System SIMPLEX3*." SCS, ISBN: 1-56555-228-8, (2001).
- [23]. Sarkar, U; Dasgupta, D; Bhattacharya,T; Pal, S; Chakroborty, T. "*Dynamic Simulation of activated sludge based wastewater treatment process*." Journal of Desalination, 252, (2010), 120-126.
- [24]. "*Optimisation d'une installation de traitement par boues activées lors de surcharges de pollution en période de vendanges*."(2003),1-70.

- [25]. Butler, D; Schutze, M. *"Integrating simulation models with a view to optimal control of urban wastewater systems."*Journal of Environmental Modelling & software, 20, (2005),415-426.
- [26]. Erbe, V; Risholt, L.P; Londog, J.*"Integrated modelling for analysis and optimization of wastewater systems."*Journal of Urban Water, 4, .(2002), 63-71.
- [27]. Zeidan, A; Rohani, S; Bassi, A; Whiting, P. *"BioSys: software for wastewater treatment simulation."* Advances in Engineering Software, 34, (2003) ,539–549.
- [28]. Nuhoglu, A; Keskinler, B; Yildez, E. *"Mathematical modelling of the activated sludge process."*Journal of Process Biochemistry, 40, (2005),2467-2473.
- [29]. Makinia, J; Rosenwinkle, K.H ; Spring, V.*"Long-term simulation of the activated sludge process at the Hanover-Gummerwald pilot."*Journal of Water Research,39, (2005),1489-1502.
- [30]. Levstek, M; Koloini, T. *" Modeling of a Pilot Wastewater Treatment Plant Operated With Variable Inflows."*(2005).
- [31]. Tutorial_Asim. *"Dynamic Simulation Software For biological wastewater treatment modelling."* Berne,(2006).
- [32]. Mulas, M.*" Modelling and Control of Activated Sludge Processes."* Cagliari, (2006).
- [33]. Plattes, M; Henry, E; Schosseler, P.M; Weidenhaupt, A. *" Modelling and dynamic simulation of a moving bed bioreactor for the treatment of municipal wastewater."* Journal of Biochemical Engineering, 32, (2006), 61–68.
- [34]. Plattes , M; Fiorelli, D; Gill'e, S; Girard, C; Henry, E. Minette, F; O'Nagy, O; Schosseler, P.M. *" Modelling and dynamic simulation of a moving bed bioreactor using respirometry for the estimation of kinetic parameters."* Biochemical Engineering Journal ,33,(2007), 253–259.
- [35]. Ferrer, J; Seco, A; Serralta, J; Ribes, J; Manga, J; Asensi, E; .Morenilla, J.J; Llavador, F. *"DESASS:A software tool for designing, simulating and optimizing WWTPs."* Journal of Environmental Modelling & software, 23, (2008) ,19-26.

- [36]. Houweling, D; Kharoune, L; Escalas, A; Comeau, Y. " *Dynamic modelling of nitrification in an aerated facultative lagoon.*" journal of Water Research, 42, (2008), 424 – 432.
- [37]. Fang, F." *An integrated dynamic model for simulating a full-scale municipal wastewater treatment plant under fluctuating conditions.*" Chemical Engineering Journal ,160, (2010) ,522–529
- [38]. Nasr, S.M; Moustafa, A.E. M; Seif, A.E. H; El Kobrosy, G." *Modelling and simulation of German BIOGEST/EL-AGAMY wastewater treatment plants – Egypt using GPS-X simulator.*" Journal Of Alexandria Engineering, (2012), doi:10.1016/j.aej.2011.05.003
- [39] عوض، عادل. "معالجة مياه الصرف الصحي". مطبعة دار الكتاب، دمشق، 1991-1992، 5.
- [40]. MAKINIA , J ." *Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems.* "IWA publishing , London & UK,(2010).
- [41]. Gernaey, V. K; Van Loosdrecht, M. C.M; Henze, M; Lind, M; Jørgensen, B.S. " *Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art.*" Environmental Modelling & Software ,19 ,(2004) 763–783.
- [42]. Henze, M; Grady, C.P.L ; Jr; Gujer, W; Marais, G.V.R; Matsuo, T. " *Activated Sludge Model No. 1*". IAWQ Scientific and Technical Report No. 1, London, UK,(1987).
- [43]. Gujer, W; Henze, M; Mino, T; Van Loosdrecht, M.C.M." *Activated Sludge Model No. 3.*" Water Sci. Technol. 39 (1), (1999),183–193.
- [44]. Koch, G; Kuhni, M; Gujer, W; Siegrist, H." *Calibration and validation of activated sludge model no. 3 for Swiss municipal wastewater.*" Water Res. 34, (2000), 3580–3590.
- [45]. Henze, M; Gujer, W; Mino, T; Matsuo, T; Wentzel, M.C; Marais, G.V.R; Van Loosdrecht, M.C.M. " *Activated Sludge Model No. 2d, ASM2D.*" Water Sci. Technol. 39 (1), (1999), 165–182.
- [46]. Henze, M; Gujer, W; Mino, T; Matsuo, T; Wentzel, M.C.M; Marais, G.V.R." *Activated Sludge Model No. 2.*" IWA Scientific and Technical Report No. 3, London, UK, (1995).

- [47]. Dold, P; Ekama, G.A; Marais, G.V.R." *A general model for the activated sludge process. Prog.*" Water Tech. 12 (6),(1980),47–77.
- [48] . Vanrolleghem, P.A; Spanjers, H; Petersen, B; Ginestet, P; Takacs, I. "*Estimating (combinations of) activated sludge model no.1 parameters and components by respirometry.*" Water Sci. Technol.39 (1),(1999),195–214.
- [49]. Russel, B.M; Henriksen, J.P; Jørgensen, S.B; Gani, R." *Integration of design and control through model analysis.*" Comput. Chem. Eng. 26, (2002),213–225.
- [50]. Hulsbeek, J.J.W; Kruit, J; Roeleveld, P.J; Van Loosdrecht, M.C.M." *A practical protocol for dynamic modelling of activated sludge systems.*" Water Sci. Technol. 45 (6), (2002),127–136.
- [51]. Brdjanovic, D; Van Loosdrecht, M.C.M; Versteeg, P; Hooijmans, C.M; Alaerts, G.J; Heijnen, J.J." *Modelling COD, N and P removal in a full-scale WWTP Haarlem Waarderpolder.*" Water Res. 34,(2000),846–858.
- [52]. Siegrist, H; Brunner, I; Koch, G; Linh, C.P; Van Chieu, L." *Reduction of biomass decay rate under anoxic and anaerobic conditions.*" Water Sci. Technol. 39 (1), (1999), 129–137.
- [53] . Salem, S; Berends, D; Heijnen, J.J; Van Loosdrecht, M.C.M." *Model-based evaluation of a new upgrading concept for N-removal.*" Water Sci. Technol. 45 (6),(2002),169–176.
- [54]. Yuan, Z; Bogaert, H; Vansteenkiste, G; Verstraete, W." *Sludge storage for countering nitrogen shock loads and toxicity incidents.*" Water Sci. Technol. 37 (12), (1998),173–180
- [55]. Yuan, Z; Bogaert, H; Leten, J; Verstraete, W." *Reducing the size of a nitrogen removal activated sludge plant by shortening the retention time of inert solids via sludge storage.*" Water Res. 34, (2000),539–549.
- [56]. Petersen, B. "*Calibration, identifiability and optimal experimental design of activated sludge models.*" Ph.D. Thesis, Ghent University, Belgium, (2000).
- [57]. Petersen, B; Gernaey, K; Henze, M; Vanrolleghem, P.A. "*Evaluation of an ASM1 model calibration procedure on a municipal– industrial wastewater treatment plant*". J. Hydroinformatics 4, (2002),15–38.

- [58]. Gregersen, L; Jørgensen, S.B. "*Supervision of fed-batch fermentations.*" Chem. Eng. J. 75, (1999),69–76.
- [59]. Bechmann, H; Nielsen, M.K; Madsen, H; Poulsen, N.K. "*Control of sewer systems and wastewater treatment plants using pollutant concentration profiles.*" Water Sci. Technol. 37 (12),(1998),87–93.
- [60]. Bechmann, H; Nielsen, M.K; Madsen, H; Poulsen, N.K." *Greybox modelling of pollutant loads from a sewer system.*" Urban Water 1,(1999), 71–78.
- [61]. PhD thesis U. Jeppsson." *Modelling aspects of wastewater treatment processes.*" Lund Institute of Technology, ISBN 91-88934-00-4,(1996).
- [62]. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse: METCALF & EDDY, INC.
- [63]. Henze M; Gujer, W; Mino, T; Vanloosdrecht,M." *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3.*" IWA Scientific and Technical Reports. No. 9. IWA London, (2000).
- [64]. ATV A131P. "*Dimensioning of biological activated treatment plant.*" Wyd. Seidel-Przywecki,Warszawa,(2001).
- [65]. Roeleveld, P. J; Vanloosdrecht M.C.M." *Experience with guidelines for wastewater characterization in The Netherlands.*" Wat. Sci. Tech. 45(6), (2002),77.
- [66]. Szetela, R.W." *Dynamic model of activated sludge wastewater treatment plant.*" Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. 64, 32, Wrocław,(1990).
- [67]. Mamais, D; Jenkins, D; Pitt, P. "*A rapid physical-chemical method for the determination of readily biodegradable soluble COD in municipal wastewater.*" Wat. Sci. Tech. 27,(1993),195.
- [68] Tutorial of STOAT (4.3).<http://www.wrcplc.co.uk/software/> .

ABSTRACT

As the result of increased environmental awareness and interest in the effective protection of the environment from pollution, the restrictions has increased on the disposal of wastewater , and the need to the treatment plants has arisen to treat the wastewater prior to disposal in water bodies , whether water from either large or small communities. As a result of the importance of these facilities and cost of material massive construction , operation and maintenance. In order to facilitate the design process and calculate the initial cost it was issued some software that helps engineer in the design of the various parts of the station, and in order to choose the equipments and comparison between several alternatives in objective ways to choose the most appropriate. Some of these programs are dynamics, it has the ability to simulate the work of the treatment plant along the time and predict its efficiency and performance. STOAT is a software aims to model and simulate wastewater and industrial wastewater treatment plant, and it is one of the newest technology that uses the latest developments in process modelling, simulation and a wide range of tools that simplifies the model building and simulation and give the results in graphics and tables , allowing us to examine the complex interactions between the various units within the station by interactive and dynamic methods and this is important for the effective design, operation and management of wastewater treatment plants . Hence we take the coastal area as a case study where there are number of modern wastewater treatment plants of small agglomeration and is being work , as Kherbet Almaaze wastewater treatment plant in Tartous. The study shows by using STOAT, a good efficiency and performance of Kherbet Almaaze WWTP using (ASM1,ASAL1) models, and we could to build several scenarios like arrival of high pollution load to the station in order to evaluate and predict its performance.

Keywords: Wastewater Treatment Plant (WWTP), Modelling, Simulation ASM1,ASAL1

Tishreen University

Faculty of Civil Engineering

Environmental engineering Department



Modelling and Simulation of Wastewater Treatment Plants (WWTP_s) in Small Agglomeration in Coastal Zone

Thesis for the Degree of Master of Sciences in Environmental Engineering at the Faculty of civil Engineering

Candidate

Mais Abd Alkader

Supervisors

Dr.Raed Jafar

Dr.Husam Sabboh

Academic Year

2013- 2014