شركة الصرف الصحى
للقاهرة الكبرى

شركة المقاولون العرب لتشغيل
وصيانة المرافق والخدمات

# مشروع التدريب على أعمال التشغيل والصيانة بمحطتى معالجة مياه الصرف الصحى والرى بحلوان - عقد ٥

## الدورة التدريبية عن

## التحكم في عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية

إعداد
كيمونكس مصر للاستشارات

HWWTP8-09(A)

نوفمبر ٢٠١٠

# تقديـــــم

تعتبر مرحلة المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية من أكثر العمليات انتشارا في المدن والتجمعات السكنية الكبيرة، وهى تتكون من عنصرين أساسين، أولهما أحواض التهويـــة، وثانيهمـــا أحـــواض الترســـيب الثانوية.

وتتميز هذه الطريقة بقدرتها العالية على معالجة مياه الصرف الصحي دون ظهور رائحـــة كريهـــة أو منتجات متعفنة أخرى، كما أنها لا تحتاج إلى مساحة كبيرة من الأرض. وعمليـــة الحمـــأة المنـــشطة التقليدية هي عملية بيولوجية بالأساس، تبدأ باستقبال مياه الصرف الصحي المنـــصرفة مـــن أحـــواض الترسيب الابتدائي إلى أحواض تهوية ذات أحجام مناسبة، ويتم تزويد الحوض بالأكـــسجين إمـــا عـــن طريق مواسير الهواء المضغوط المتصلة بقاع الحوض، حيث ينطلق الهواء في فقاعات دقيقة من قـــاع الحوض إلى أعلى أو عن طريق تزويد مياه الحوض بالأكسجين الموجود في الجو وتعتمد هذه الطريقة على تقليب سطح الماء ميكانيكيا للسماح للهواء الجوي بالامتزاج مع المياه.

وكنتيجة طبيعية لتوفر المواد المغذية والأكسجين الذائب في المياه تنـــشط البكتيريـــا الهوائيـــة وتنمـــو وتتكاثر وتقوم بعملية أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل، وباستمرار تلك الظروف لمدد تتراوح بـــين ٤ إلى ٨ ساعات تكون البكتريا قد استهلكت معظم المواد العضوية المتاحـــة، ويطلـــق علـــى الميـــاه الموجودة بأحواض التهوية إسم السائل المخلوط.

ويتم التخلص من الكائنات الحية (المواد الصلبة أو الحمأة) فى أحواض الترسيب الثانوي، حيث تترسب الحمأة في القاع، بينما تنساب المياه المعالجة عبر هدارات المخرج، وتُعرف الحمأة المترســـبة بالحمـــأة المنشطة لاحتوائها على أعداد هائلة من البكتريا المنشطة، ونظراً لشراهة البكتريا واحتياجها إلى الغذاء يتم إعادة كمية من الحمأة المنشطة لتخلط مع المياه الداخلة إلى أحواض التهوية لتبدأ دورة جديدة مـــن دورات النشاط والنمو والتكاثر، أما الكمية الزائدة من الحمأة المنشطة فيتم التخلص منها.

وتتأثر كفاءة المعالجة، بدرجة كبيرة، بتغير كمية الأكسجين المذاب في حوض التهوية، لذلك يتم ضبطه داخل حدود معينة لضمان الحصول على كفاءة مرتفعة للمعالجة وجودة عاليه للمياه الخارجة، ولـــضبط كمية الأكسجين الذائب في حوض التهوية يتم تعديل كمية الهواء المضغوط الداخل إلـــى الحـــوض؛ أو

تغيير درجة غمر ريش مراوح التهوية الميكانيكية لسطح المياه؛ أو تعديل عدد وحدات التهوية العاملة، أو التحكم في زمن بقاء السائل المخلوط في حوض التهوية بضبط منسوب هدارات المخرج.

كما أن كفاءة المعالجة تتأثر أيضا بمتغيرات التشغيل الأساسية الثلاثة، التالية:

١. تركيز المواد الصلبة العالقة في حوض التهوية.
٢. نسبة الغذاء (الملوثات العضوية) إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M).
٣. متوسط زمن بقاء الكائنات الحية الدقيقة في عمليات المعالجة، وهو ما نعبر عنه أيضا بعمر الحمأة.

ويمكن التحكم في عملية المعالجة عن طريق ضبط هذه المتغيرات عند القيم التي تعطي أعلى كفاءة معالجة، وبالتالي أقصى جودة للمياه الخارجة من المحطة، ويتم ضبط متغيرات التشغيل بواسطة تغيير معدل إعادة الحمأة المنشطة إلى حوض التهوية، أو تغيير معدل التخلص من الحمأة الزائدة.

وبالإضافة إلى ما سبق، فإن هناك مؤشرات تدل على مدى كفاءة المعالجة، ودرجة جودة المياه الخارجة، وأهم هذه المؤشرات ثلاثة هي:

١. نوع الكائنات الحية الدقيقة.
٢. القابلية للترسيب ومؤشر حجم الحمأة.
٣. معدل استهلاك الأكسجين.

وعن طريق فحص وقياس هذه المؤشرات يمكن الحكم على كفاءة عملية المعالجة، ومن ثم إجراء عمليات الضبط والتحكم اللازمة طبقاً لما سبق.

الهدف من هذا الكتيب

ويهدف هذا الكتيب إلى تزويد الدارسين ببرنامج تدريبي واف عن تشغيل والتحكم في محطات معالجة مياه الصرف الصحي التي تستخدم نظام الحمأة المنشطة، وقد روعي في إعداد الكتيب الشمول،

والتدرج في عرض الموضوع، هذا إلى جانب البساطة وسهولة اللغة، فضلا عن احتوائه على الكثير من الأسئلة المحلولة والأمثلة التوضيحية.

**محتويات هذا الكتيب**:

يتناول هذا الكتيب موضوع تشغيل والتحكم في محطات المعالجة التي تستخدم نظام الحمأة المنشطة بدءاً من المفاهيم الأساسية للتحكم، ثم كيفية التحكم بضبط متغيرات التشغيل الأساسية، وكذلك المؤشرات الدالة على كفاءة المعالجة، ثم ينتقل بعد ذلك إلى الحديث عن الحمأة المعادة ومعدل إعادتها، والحمأة الزائدة ومعدل التخلص منها، وانتهاء بالأكسجين الذائب وهو عنصر أساسي لا يمكن بدونه أن تتم عملية المعالجة بنظام الحمأة المنشطة.

ولزيادة الفائدة فقد تم إضافة عدة ملاحق بالكتيب تشمل: ملحقاً عن معدل إجراء الاختبارات المعملية للتحكم في عملية الحمأة المنشطة، وملحقاً عن معدلات تحميل أحواض الترسيب الثانوية وغيرها من متغيرات التشغيل، هذا إلى جانب ملحق خاص عن أهم مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة ووسائل مواجهتها، وقد تضمن الملحق الرابع بيانات واقعية لمتغيرات تشغيل محطتين من محطات المعالجة بنظام الحمأة المنشطة.

ونأمل أن نكون قد وفقنا في إعداد هذا الكتيب وفي إثارة حماس الدارسين المسئولين عن تشغيل المحطات بعد تبسيطه وتوضيحه بهذه الصورة، والله الموفق.

# أمانة

**عزيزى الدارس يجب أن يكون معلوماً للجميع أن إتخاذ قرارات التحكم فى عمليات المعالجة بأى محطة يجب أن تكون مسئولية فرد واحد فقط ذو خبرة سابقة ومعروفاً بالاسم، وأنه من الأمانة من المشغلين تنفيذ توجيهاته بالمقدار والمواعيد التي يحددها. إنها ليست عملية دكتاتورية ولكنها طريقة قيادة نحو الهدف فالمركب لايقودها إلا شخص واحد.**

# المحتويـــــات


| | |
|---|---|
| الفصل الأول: مفاهيم أساسية للتحكم في عملية الحمأة المنشطة | ١-١ |
| الأكسجين الحيوي الممتص | ١-١ |
| الأكسجين الكيميائي الممتص | ١-٢ |
| المواد الصلبة العالقة | ١-٥ |
| اختبار الفصل الأول | ١-١١ |
| | |
| الفصل الثاني: التحكم بضبط متغيرات التشغيل | ٢-١ |
| متغيرات التشغيل في عملية الحمأة المنشطة | ٢-١ |
| تركيز المواد الصلبة العالقة بالسائل الممزوج | ٢-٢ |
| نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة | ٢-٣ |
| متوسط زمن بقاء الكائنات الحية | ٢-٥ |
| مؤشرات كفاءة المعالجة | ٢-١١ |
| نوعية الكائنات الحية الدقيقة | ٢-١١ |
| القابلية للترسيب ومؤشر حجم الحمأة | ٢-١٦ |
| اختبار الفصل الثاني | ٢-٣١ |
| | |
| الفصل الثالث: إعادة الحمأة وصرف الحمأة الزائدة | ٣-١ |
| معدل إعادة الحمأة | ٣-٢ |
| تقدير معدل إعادة الحمأة | ٣-٤ |
| معدل صرف الحمأة الزائدة | ٣-١١ |
| اختبار الفصل الثالث | ٣-١٩ |
| | |
| الفصل الرابع: الأكسجين الذائب | ٤-١ |
| التركيز المناسب للأكسجين الذائب | ٤-١ |
| قياس تركز الأكسجين الذائب | ٤-٣ |

اختبار الفصل الرابع ٤ - ٥

الملاحق

الملحق الأول: معدل إجراء الاختبارات المعملية للتحكم في عملية الحمأة المنشطة
الملحق الثاني: تحديد معدلات تحميل المروقات الثانوية، وبعض متغيرات التشغيل الأخرى
الملحق الثالث: إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحماة المنشطة
الملحق الرابع: بيانات عن دراسة حالة

# مفاهيم اساسية للتحكم في عملية الحمأة المنشطة

**الفصل الأول**

# مفاهيم أساسية للتحكم في عملية الحمأة المنشطة

يتناول هذا البرنامج التدريبي مختلف وسائل التحكم في عملية الحمأة المنشطة لمعالجة مياه الصرف الصحي، وقبل البدء في التعرض لتلك الوسائل فمن الضروري الإلمام بالمفاهيم التالية:

١. الأكسجين المطلوب.
٢. كمية المواد الصلبة العالقة.

وسوف يتناول هذا الفصل بالتفصيل تلك المفاهيم الأساسية، بدءاً باستهلاك الأكسجين وانتهاء بمستوى المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي.

هناك طريقتان لقياس استهلاك الأكسجين: إحداهما تسمى الأكسجين الحيوي المطلوب (Bilogical Oxygen Demand BOD)، والطريقة الأخرى تسمى الأكسجين الكيميائي المطلوب (Chemical Oxygen Demand, COD).

**الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD)**

يعرف الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) بكمية الأكسجين التي تستخدمها البكتريا لتحليل المواد العضوية في مياه الصرف الصحي، وبديهي أنه كلما زادت تركيزات المواد العضوية في مياه الصرف الصحي زادت قيمة الاكسجين الحيوي المطلوب أيضا.

وبكلمات أخرى، كلما زاد تركيز المواد العضوية زادت قيمة الـ BOD، لذلك فإن هذا المعيار الأساسي يستخدم في تحديد كفاءة محطات معالجة مياه

الصرف الصحي، وعند قياس الـ BOD قبل بداية أعمال المعالجة وبعدها يمكن حساب كفاءة المحطة في معالجة المياه.

**سؤال:**
ماذا نتوقع حدوثه لقيم الـ BOD بعد المعالجة إذا كانت المحطة تعمل بكفاءة؟

**الإجابة:**
يلاحظ انخفاض في قيمة الـ BOD (ويمكن التعبير عن هذا الانخفاض كنسبة مئوية).

وتعتبر قيمة الـ BOD معيارا أساسيا في تحديد الحمل العضوي وكفاءة المحطة، ويرجع ذلك إلى أنها تدل على كمية المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي في مياه الصرف الصحي.

ومن ناحية أخرى، فإن إجراء اختبار الـ BOD يستغرق خمسة أيام، لذا فإنه من هذه الزاوية لا يصلح أن يكون وسيلة مباشرة للتحكم في تشغيل المحطة.

**الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD)**

الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD) هو عبارة عن مقياس لكمية الأكسجين التي تلزم لأكسدة المواد العضوية وبعض المواد غير العضوية في مياه الصرف الصحي، وذلك بطريقة كيميائية.

وهذا يعني أن قيمة الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD) تزيد دائما عن قيمة الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD)، فمعروف أن الـ BOD هو مقياس لكمية الأكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بواسطة البكتريا، بينما الـ COD تشمل أكسدة جميع المواد العضوية القابلة لتحلل وغير العضوية (غير القابلة للتحلل بواسطة البكتريا).

لذلك فمن المتوقع عند اختبار عينة من مياه الصرف الصحي أن تزيد قيمة الـ COD عن قيمة الـ BOD، والميزة الأساسية لاختبار الـ COD هي سرعة إجرائه بالمقارنة مع اختبار الـ BOD، حيث يستغرق فقط ما بين ثلاث وأربع ساعات تقريباً.

ويعرض الجدول رقم (١-١) التالي بعض قيم الأكسجين المطلوب لعينات مختلفة من مياه الصرف الصحي:

جدول رقم (١-١) الأكسجين المطلوب لعينات مختلفة من مياه الصرف الصحي

| مصدر العينة | BOD (مجم/ لتر) | COD (مجم/ لتر) |
|---|---|---|
| مياه الصرف الصحي الخام | ١٠٠ -٣٠٠ | ٢٠٠ -٥٠٠ |
| مياه الصرف الصحي الناتجة من المرحلة الابتدائية | ٥٠ -١٥٠ | ١٥٠ -٣٠٠ |
| مياه الصرف الصحي الناتجة من المرجلة الثانوية | ١٥ -٣٠ | ٥٠ -١٠٠ |

هذا لا يعني أن قيمة مثل ١٠٠ للـ BOD تساوي ٢٠٠ للـ COD بل إن الأمر أكثر تعقيدا من هذا، وتعتمد العلاقة بين الـ BOD والـ COD على العديد من الخصائص المتشابكة لمياه الصرف الصحي.

ويمكن تلخيص المناقشة حول الأكسجين المطلوب من خلال الإجابة على الأسئلة التالية:

**أسئلة:**

١. إلى ماذا يرمز معيار الـــ BOD ؟

_____

٢. ما تعريف الـــ BOD ؟

_____

٣. كيف يمكن استخدام الـــ BOD في حساب كفاءة المحطة؟

_____

٤. ما هو العيب الأساسي في تجربة الـــ BOD والذي يعيق اســـتخدامه في التحكم المباشر في عمليات المحطة؟

_____

٥. إلى ماذا يرمز الـــ COD؟

_____

٦. ما تعريف الـــ COD؟

_____

**الإجابات:**

١. الأكسجين الحيوي الممتص.

٢. مقياس كمية الأكسجين التي تلزم الكائنات الحية الدقيقة لتحليل المواد العضوية في مياه المجاري.

٣. بمقارنة الـــ BOD قبل وبعد المعالجة – يمكن تحديد الكفاءة بتعيـــين مقدار النقص في الـــ BOD.

٤. لأنه يستغرق خمسة أيام لإتمام الاختبار.

٥. الأكسجين الكيميائي الممتص.

٦. مقياس لكمية الأكسجين التي تلزم لأكسدة المواد العضوية وبعض المواد غير العضوية في مياه المجاري.

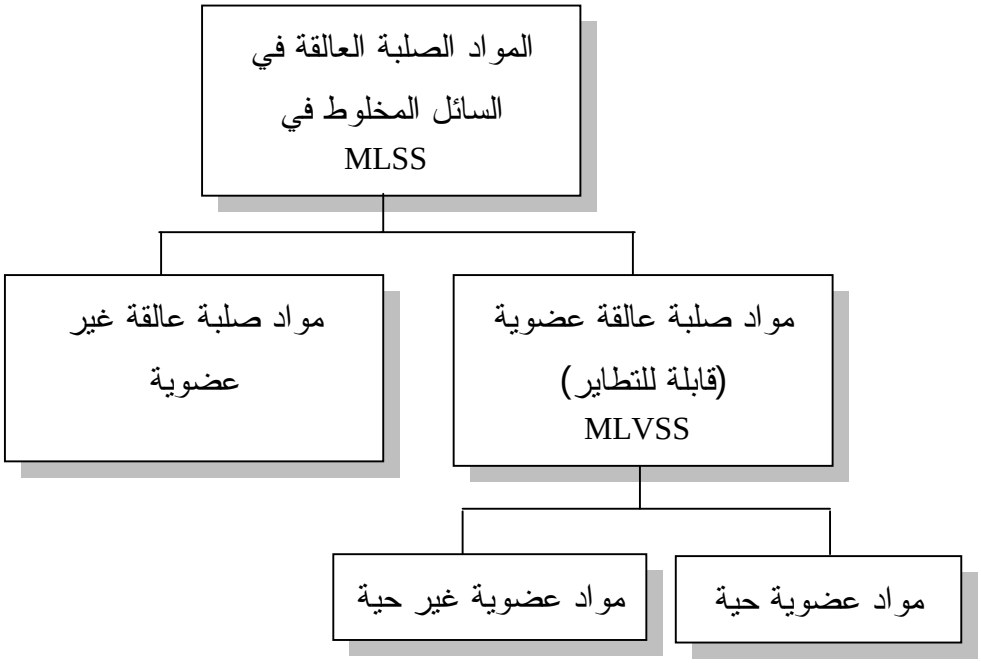
٧. يستغرق إجراء اختبار الـ COD من ثلاث على أربع ساعات فقط.

والآن سوف نحاول التعرف على المكونات الصلبة في مياه الصرف الصحي.

**المواد الصلبة العالقة**

يمكن تقسيم المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط إلى:
مواد صلبة عضوية (أو مواد صلبة متطايرة)، ومواد صلبة غير عضوية، كما يمكن تقسيم المواد الصلبة المتطايرة إلى مواد حية ومواد غير حية.

ويوضح الشكل رقم (١-١) تقسيم المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط في أحواض التهوية:




شكل رقم (١-١) تقسيم المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط

على أية حال فإن قياس كمية الكائنات الحية أمر بالغ الصعوبة، لـذلك فإنـه يمكن اعتبار المواد الصلبة العالقة القابلة لتطاير في السائل المخلـوط ممثلـة للكائنات الحية، إلا أنه يجب أن تكون لدينا الخلفية في أن هذا القياس يـشمل أيضا المواد العضوية غير الحية.

وقياس تركيز المواد الصلبة العالقة في السائل المخلوط (MLSS) يمكـن أن يعطي قيمة تقريبية لكمية الكائنات الحية الدقيقة، إلا أنه من الطبيعي أن قياس المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) يعطي قيمة أكثر دقـة مـن القيمة السابقة لتركيز الكائنات الحية الدقيقة.

لذلك ونظرا لدقة الاعتماد على قياس المواد الصلبة العالقة القابلـة للتطـاير (MLVSS) في تحديد نسبة الكائنات الحية الدقيقة، فيفـضل اسـتخدام هـذا الاختبار لأغراض التحكم في تشغيل أحواض التهوية.

وفي حالة عدم توفر الإمكانيات لقيـاس الـ MLVSS، يمكـن اسـتخدام المعلومات المتوفرة عن تركيز المواد الصلبة العالقة فـي الـسائل المخلـوط (MLSS) لحساب قيمة تقريبية لنسبة الكائنات الحية الدقيقة.

**أسئلة:**

١. أي من اختبارات المواد الصلبة السابقة يمكن الاعتماد عليها في أعمال التحكم في تشغيل المحطة؟

_____

_____

٢. لماذا يكون من الأفضل الاعتماد على اختبار المواد الـصلبة العالقـة القابلة للتطاير (MLVSS)؟

_____

_____

**الإجابات:**

١. لأغراض التحكم، يفضل الاعتماد على اختبار المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS).
٢. تعتبر اختبار المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) أفضل في أعمال التحكم نظرا لأنه لا يتضمن المواد الصلبة العالقة غير العضوية.

لقد أصبح معروفا أن تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) يوفر تقديرا مناسبا لعدد الكائنات الحية، وأيضا لمخزون المواد الصلبة في حوض التهوية (أي كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في حوض التهوية).

وقبل التعرض للحسابات المستخدمة في تحديد مخزون المواد الصلبة، فمن الضروري الانتباه على أن مقدار المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير(MLVSS) يتراوح بين ٧٠، ٨٠ % من إجمالي المواد الصلبة العالقة (MLSS)، لذلك فعند حساب مخزون المواد الصلبة فسوف يتم الحصول على قيم مرتفعة نتيجة استخدام الـ MLSS عنها في حالة استخدام الـ MLVSS، كما أن نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) سوف تنخفض قيمتها في حالة استخدام MLSS.

ولا تظهر أية مشاكل (نتيجة لذلك) طالما ظلت خصائص مياه الصرف الصحي ثابتة، إلا أن هذا بالطبع ما لا يحدث أبدا، فعندما تزيد نسبة الطمي مثلا في مياه الصرف الصحي الداخلة، فإن هذا يقلل من تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) بالنسبة لإجمالي المواد الصلبة العالقة (الطمي مواد صلبة عالقة غير عضوية)، وبالتالي تقل جداً درجة الدقة في حساب مخزون المواد الصلبة باستخدام MLSS.

وتستخدم المعادلة التالية في حساب مخزون المواد الصلبة في حوض التهوية:

$$\text{مخزون المواد الصلبة (كجم)} = \frac{\text{حجم حوض التهوية (م}^3\text{)} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (مجم/ لتر)}}{١٠٠٠}$$

ملحوظة: مجم/ لتر = كجم/ متر$^3$

**مثال**:

احسب مخزون المواد الصلبة في حوض التهوية مستعينا بالمعلومات التالية:

حجم حوض التهوية = ٥٠٠٠ م$^3$

تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS)

= ١٧٦٠ مجم/ لتر

**الحل**:

$$\text{مخزون المواد الصلبة (كجم)} = \frac{٥٠٠٠ \times ١٧٦٠}{١٠٠٠} = ٨٨٠٠ \text{ كجم}$$

ويمكن تلخيص ما سبق بالإجابة على الأسئلة التالية:

**أسئلة:**

١. ماذا يعبر عنه مخزون المواد الصلبة ؟

_____

_____

٢. إذا علمت أنه يمكن استخدام العلاقة التالية في حساب مخـــزون المـــواد الصلبة:

مخزون المواد الصلبة (كجم) =

$$\frac{\text{حجم حوض التهوية} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (مجم/ لتر)}}{١٠٠٠}$$

احسب مخزون المواد الصلبة باستخدام المعلومات التالية:

حجم حوض التهوية = ٤٠٠٠ م$^{٣}$

تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) = ١٦٠٠ مجم/ لتر

**الإجابات:**

١. يعبر مخزون المواد الصلبة عن كمية المواد الـــصلبة العالقـــة القابلـــة للتطاير (MLVSS) في حوض التهوية.

٢. مخزون المواد الصلبة (كجم) = $\frac{٤٠٠٠ \times ١٦٠٠}{١٠٠٠}$ = ٦٤٠٠ كجم

ويعرض الجدول رقم (١-٢) التالي بعض القيم الفعلية التركيز المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي في الوحدات المختلفة لعملية الحمأة المنشطة:

جدول رقم (١-٢) بعض القيم الفعلية لتركيز المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي في الوحدات المختلفة لعملية الحمأة المنشطة التقليدية

| مصدر العينة | تركيز المواد الصلبة العالقة (مجم/ لتر) |
|---|---|
| المياه الداخلة للمحطة | ١٥٠ – ٤٠٠ |
| المياه الخارجة من المعالجة الابتدائية | ٦٠ - ١٦٠ |
| السائل المخلوط في أحواض التهوية | ١٠٠٠ – ٤٥٠٠ |
| الحمأة المعادة | ٢٠٠٠ – ١٠٠٠٠ |
| المياه الخارجة من المروقات الثانوية | ١٠ - ٣٠ |

**اختبار الفصل الأول**

# مفاهيم أساسية للتحكم
# في عميلة الحمأة المنشطة

١. ما المقصود بالأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) ؟

_____

_____

٢. إلى ماذا يشير انخفاض كل من تركيز الأكسجين الحيوي المطلوب والمواد الصلبة العالقة (SS) بين مدخل المحطة ومخرجها ؟

_____

_____

٣. ما المقصود بالأكسجين الكيميائي المطلوب (COD) ؟

_____

_____

٤. ما هي ميزة اختبار الـ COD عن اختبار الـ BOD ؟

_____

_____

٥. لماذا يفضل استخدام اختبار المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) في أحواض التهوية ؟

_____

_____

**إجابات الاختبار**

١. يقيس اختبار الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) كمية الأكسجين التي تلزم الكائنات الحية الدقيقة لتحليل المواد العضوية في مياه الصرف الصحي.

٢. يشير هذا الانخفاض إلى كفاءة عملية من عمليات محطة المعالجة أو الكفاءة الكلية للمحطة.

٣. يقيس اختبار الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD)كمية الاكسجين التي تلزم لأكسدة المواد العضوية وبعض المواد غير العضوية في مياه الصرف الصحي.

٤. يحتاج إجراء اختبار الـ COD إلى ثلاث أو أربع ساعات، بينما يحتاج إجراء الـ BOD إلى خمسة أيام.

٥. اختبار المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) لا يتضمن المواد الصلبة العالقة غير العضوية.

# التحكم بضبط متغيرات التشغيل

**الفصل الثانى**

# التحكم بضبط متغيرات التشغيل

كما ذكرنا سابقاَ، فإن هناك متغيرات أساسية تؤثر فى كفاءة المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية، ويمكن عن طريق ضبطها، عند قيم معينة التحكم فى كفاءة المعالجة، كما أن هناك عدة مؤشرات يمكن بواسطة فحصها وقياسها معرفة مدى كفاءة المعالجة ودرجة جودة المياه الخارجة من المحطة، وسنتحدث فيما يلى عن هذه المتغيرات والمؤشرات:

## متغيرات التشغيل فى عملية الحمأة المنشطة

الواقع أن أهم المتغيرات التى تؤثر بدرجة كبيرة على كفاءة المعالجة فى عملية الحماة المنشطة ثلاثة:

١. تركيز المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط فى حوض التهوية.
٢. نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/ M)
٣. متوسط زمن بقاء الكائنات الحية فى عمليات المعالجة أو ما يطلق عليه عمر الحمأة (Sludge Age)

ومهمة القائم على تشغيل المحطة هى ضبط هذه المتغيرات وتثبيتها عند القيم المثلى التى تعطى أعلى كفاءة للمعالجة، وأقصى جودة للمياه الخارجة من المحطة، وبهذا يتم التحكم فى عملية الحمأة المنشطة.

ويلاحظ أنه يسهل قياس وضبط المتغير الأول، وهو تركيز المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط (MLSS) إلا أن استخدامه لا يؤدى إلى أفضل تحكم فى تشغيل المحطة. ويليه المتغير الثانى، وهو نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M) حيث يتطلب تحديده إجراء بعض العمليات الحسابية بعد اخذ القراءات أما المتغير الثالث وهو عمر الحمأة، فإن تغييره يحتاج إلى عدة

أيام، كما أن تأثيره يمتد إلى فترات طويلة، ولذلك لا يعتبر من الأنشطة اليومية للتشغيل.

وسنناقش فيما يلى كل متغير من هذه المتغيرات الثلاثة على حدة.

**تركيز المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط**

من المعروف أن كل محطة معالجة يمكن ان اعمل بأعلى كفاءة ممكنة عند قيمة محددة لتركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) وتعرف هذه القيمة بالقيمة المثلى للتشغيل. وهذه القيمة المثلى للتركيز (MLVSS) لا تقف عند مستوى ثابت على مدار العام وفى مختلف ظروف التشغيل، بل تتغير تبعاً لخصائص مياه الصرف الصحي التى تتم معالجتها، وأيضاً تبعاً للموسم وعوامل أخرى عديدة.

وعلى فرض أن تلك القيمة المثلى لتركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) والتى تحقق أعلى كفاءة تشغيل هى ١٦٠٠ مجم/ لتر، فلضمان فعالية المعالجة يلزم الوصول بالتركيز إلى هذه القيمة، والمحافظة عليه ثابتاً عندها، ويتم ذلك كما أسلفنا بتغيير معدل التخلص من الحمأة الزائدة او معدل إعادة الحمأة إلى حوض التهوية.

ومن الطبيعى أن يتغير تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) على مدار اليوم نظراً للتغيرات التى تطرأ على معدلات التصرف ومعدل سحب الحمأة الزائدة وغيرها، لذا فإن الأمر يتطلب أخذ العينات يومياً لمتابعة هذه التغيرات. ويفضل أن تؤخذ العينات من نفس المكان وفى نفس الموعد يومياً كما يراعى أخذها من ثلاثة مواقع مختلفة فى حوض التهوية حتى يتم تمثيل السائل المخلوط تمثيلاً تاماً عند إجراء التحليل. وفى حالة الأحواض العريضة، يمكن تقسيم الحوض إلى ثلاثة نطاقات متساوية ومتتابعة وتؤخذ العينات منها، أما فى حالة الأحواض الضيقة فتؤخذ العينات فى البداية والنهاية والمنتصف.

**نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة**

من أجل تحقيق الكفاءة المرجوة فى محطات الحمأة المنشطة فإن نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة لابد وأن تكون ملائمة، فلا تزيد أو تقل بمقادير ملحوظة عن مدى معين محدد سلفا عند تصميم النظام. فمعروف أن زيادة أو نقصان الغذاء يؤدى إلى تغير خصائص ترسيب الحمأة وحدوث العديد من المشاكل فى أحواض الترسيب، هذا فضلاً عن الإخلال بكفاءة المعالجة.

إن مهمة القائم على تشغيل المحطة يمكن إيجازها فى تهيئة الظروف المناسبة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة (التى تقوم بالدور الرئيسى فى عملية المعالجة البيولوجية بإستخدام الحمأة المنشطة) وذلك بالتحكم فى كمية الغذاء لكل كيلوجرام من الحمأة (الكائنات الحية الدقيقة).

ويمكن قياس تركيز الغذاء أو المواد العضوية (F) من خلال قياس الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD) أو الأكسجين الكيميائى المطلوب (COD). ولكن نظراً لان كمية المواد العضوية تتغير من ساعة لأخرى تبعاً لتغير خصائص مياه الصرف الصحى الواردة للمحطة، لذلك فلا يمكن
الإعتماد على قياس الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD) حيث يستغرق قياسه خمسة أيام، لذلك يستخدم الأكسجين الكيميائى المطلوب (COD) كمؤشر لكمية الغذاء أو المواد العضوية (F).

أما كمية الكائنات الحية الدقيقة فيتم تحديدها من خلال قياس تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير بالسائل المخلوط فى حوض التهوية (MLVSS).

وعلى هذا فإن حساب نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M) يحتاج إلى توفر المعلومات التالية:

١. تركيز الأكسجين الكيميائى المطلوب (COD) فى المياه الداخلة إلى حوض التهوية (مجم/ لتر).
٢. معدل تصرف المياه فى أحواض التهوية (متر مكعب/ يوم)

٣. المخزون من المواد الصلبة فى أحواض التهوية (كجم)

وللتعبير عن نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) بالجرام من (COD) لكل جرام من (MLVSS). يمكن استخدام العلاقة التالية:

$$\frac{\text{الغذاء}}{\text{الكائنات الحية الدقيقة}} = \frac{\text{أكسجين كيميائي مطلوب (COD) (مجم/ لتر) × معدل التصرف (م٣/ يوم)}}{\text{١٠٠٠ × مخزون المواد الصلبة (كجم)}}$$

**مثال**

احسب نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة باستخدام المعلومات التالية:

- الأكسجين الكيميائي المطلوب (COD) = ٣٠٠ مجم/ لتر
- معدل التصرف = ٨٠٠٠ م$^3$/ يوم
- مخزون المواد الصلبة = ٦٠٠٠ كجم

**الحل**:

$$\frac{\text{الغذاء}}{\text{الكائنات الحية الدقيقة}} = \frac{\text{٣٠٠ (مجم/ لتر) × ٨٠٠٠ (م}^3\text{/ يوم)}}{\text{١٠٠٠ × ٦٠٠٠ (كجم)}}$$

$$= \frac{٢٤٠٠٠٠٠}{٦٠٠٠٠٠٠} = ٠،٤$$

وتختلف قيم نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة فى محطات الحمأة المنشطة تبعا للتصميم وظروف التشغيل، ويمكن تسجيل الأرقام التالية لبعض النسب الواقعية فى تسغيل المحطات.

من ٠،١٥ - ٠،٧ كجم أكسجين كيميائى مطلوب (COD)/ كجم من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS).

أو

من ٠،١ - ٠،٥ كجم أكسجين كيميائى مطلوب (COD)/ كجم من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS).

وبالنسبة للقائمين على التشغيل فإن تحديد القيمة المثلى، داخل المدى التصميمى، لنسبة الغذاء إلى الكائنات الحية يرجع إلى الخبرة المكتسبة فى تشغيل المحطة، ويخضع للتجربة والملاحظة الدقيقة.

**متوسط زمن بقاء الكائنات الحية**

يعرف متوسط زمن بقاء الكائنات الحية الدقيقة (MCRT) بالمدة الزمنية المتوسطة التى تمكثها الكائنات الحية فى عمليات المعالجة. ويمكن التعبير عنه كذلك بعمر الحمأة.

ومن مهام القائمين على تشغيل المحطة معرفة متوسط الزمن المناسب لبقاء الكائنات الحية الدقيقة، والذى يؤدى للحصول على أفضل أداء للمحطة ثم بعد ذلك محاولة الاحتفاظ بقيمته ثابتة خلال ظروف التشغيل المختلفة.

والمعادلة المستخدمة لتعيين زمن بقاء الكائنات الحية أو عمر الحمأة هي:

$$\text{زمن بقاء الكائنات الحية (يوم)} = \frac{\text{مخزون المواد العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) في حوض التهوية (كجم)}}{\text{أ + ب}}$$

حيث:

أ = كمية المواد العالقة القابلة للتطاير التى تخرج مع المياه المعالجة يومياً (كجم VSS/ يوم)

ب = كمية المواد العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة الزائدة التى يتم التخلص منها يومياً (كجم MLVSS/ يوم)

ولتوخى الدقة يفضل استخدام تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (VSS) فى حساب متوسط زمن بقاء الكائنات الحية، ولا يستخدم تركيز المواد الصلبة العالقة (SS) إلا عند الضرورة.

أما إذا كانت هناك رغبة في الحصول على دقة أعلى عند حساب متوسط زمن بقاء الكائنات الحية فيضاف مخزون المواد الصلبة العالقة فى حوض الترسيب الثانوى إلى مخزون المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية - (أنظر الملحق الثانى من هذا الدليل).

**مثال:**

إحسب متوسط زمن بقاء الكائنات الحية (عمر الحمأة) باستخدام المعلومات التالية:

- مخزون المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى حوض التهوية = ٢٠٠١٦ يوم
- كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة الزائدة التى يتم التخلص منها يوميا = ٣٨٧٨ كجم/ يوم
- كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير التى تخرج يومياً مع مياه الترسيب الثانوى = ٤٠٠ كجم/ يوم

**الحل:**

$$\text{متوسط زمن بقاء الكائنات الحية} = \frac{٢٠٠١٦}{٣٧٧٨ + ٤٠٠} = ٤،٧ \text{ يوم}$$

ويتراوح تغير عمر الحمأة فى محطات الحمأة المنشطة التقليدية من خمسة أيام إلى خمسة عشر يوما، وقد يصل إلى عشرين يوما أو أكثر فى محطات الحمأة المنشطة بنظام التهوية الممتدة.

وبالنسبة للقائمين على التشغيل، فإن إحدى مهامهم الأساسية هى تحديد العمر الأمثل للحمأة فى محطاتهم، والذى يحقق أعلى كفاءة فى التشغيل والاحتفاظ

به ثابتا. ومن الطرق المألوفة لتحديد فاعلية اختيار عمر الحمأة المناسب فى محطة الحمأة المنشطة هو تشغيل المحطة عند أعمار حمأة مختلفة، فمثلا:

يمكن تخفيض عمر الحمأة تدريجيا من ٧ إلى ٦،٥ يوم، مع مراقبة التغير فى مؤشر حجم الحمأة (SVI) ومعدل استهلاك الأكسجين، وأيضا نوعية الكائنات الحية الدقيقة. وإذا لم تظهر مشاكل فى التشغيل فيمكن الاستمرار بالتشغيل لمدة شهر بالقيمة الجديدة لعمر الحمأة. وعن طريق ذلك، ومن خلال تسجيل بيانات المياه الداخلة والخارجة من المحطة، يمكن حساب الكفاءة، وبالتالى مقارنتها بالشهور السابقة (والتى كان عمر الحمأة فيها سبعة أيام). وفى حالة تحسن الكفاءة يمكن الاستمرار فى تخفيض عمر الحمأة إلى ستة أيام مثلا ومتابعة الإجراءات السابقة، أما إذا تدهورت كفاءة المعالجة فيمكن رفع قيمة عمر الحمأة إلى ٧،٥ يوم، وأيضا متابعة الإجراءات السابقة، ومن البديهى أن عدم حدوث تحسن فى الحالتين يعنى أن عمر الحمأة الأمثل هو سبعة أيام.

وفى السطور التالية سوف نتابع أهمية عمر الحمأة أو متوسط زمن بقاء الكائنات الحية، وكذلك نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية في التحكم فى تشغيل المحطة.

إن الحصول على أفضل النتائج فى تشغيل محطات الحمأة المنشطة يقتضى بالضرورة الاحتفاظ بحمأة ذات جودة عالية، لذلك فمن الضرورى التشغيل عند القيم المثلى لنسبة الغذاء إلى الكائنات الحية بالإضافة إلى عمر الحمأة المثالى، حيث أن ضبط هذين المتغيرين عند القيم المثلى يمكن أن يحقق ما يلى:

١. الحصول على درجه النقاوة المطلوبة لمياه الصرف الصحى
٢. القدرة على التحكم فى عملية نمو الكائنات الحية الدقيقة وأكسدة الغذاء المتمثل فى المواد العضوية.

٣. تحديد التركيز الصحيح للمواد الصلبة العالقة والتى تكفى لاستهلاك الغذاء والحصول على نوعية جيدة من الحمأة.
٤. القدرة على التحكم فى تركيز المواد الصلبة وذلك من خلال التخلص من الحمأة الزائدة بالمعدل المناسب، حيث أنه:

- عند زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة، فهذا يؤدى إلى زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، وأيضا يؤدى إلى نقصان متوسط زمن بقاء الكائنات الحية (عمر الحمأة).
- عند خفض معدل صرف الحمأة الزائدة، فهذا يؤدى إلى خفض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، مع زيادة متوسط زمن بقاء الكائنات الحية (عمر الحمأة).

من الواضح أن عمر الحمأة يرتبط ارتباطا وثيقا بنسبة الغذاء إلي الكائنات الحية، ويمكن التحكم فيهما بزيادة أو خفض معدل صرف الحمأة الزائدة

أما الآن، وبعد التعرف على فوائد التشغيل عند القيم المثلى لعمر الحمأة أو متوسط زمن بقاء الكائنات الحية، وأيضا نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، ماذا يحدث لو تغيرت القيم الفعلية للتشغيل عن القيم المثلى؟

سوف نستعرض فيما يلى بعض المؤشرات الدالة على نقص متوسط زمن بقاء الكائنات الحية (أو عمر الحمأة) عن القيمة المثلى، مع زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة:

١. انخفاض تركيز الأكسجين الذائب فى حوض التهوية، وفى هذه الحالة يصعب الاحتفاظ بالقيمة المطلوبة.
٢. يميل لون الحمأة إلى البنى الفاتح مع بطء فى معدل الترسيب إذا رسبت.
٣. معدل استهلاك الحمأة للأكسجين يرتفع كثيراً عن المعدل القياسى.
٤. ظهور رغاوى بيضاء كثيرة فى أحواض التهوية.

**سؤال:**

أكمل العبارات التالية لتوضيح المؤشرات التى تشير إلى نقص واضح فى عمر الحمأة، والذى يعنى ارتفاعا فى نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة:

١. الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية ------- عن أقل تركيز مسموح به.
٢. لون الحمأة ---------- ومعدل الترسيب ----------.
٣. معدل استهلاك الحمأة للأكسجين ----------
٤. تظهر ---------- بوضوح فى أحواض التهوية.

**الإجابة:**

١. الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية منخفض عن أقل تركيز مسموح به.
٢. لون الحمأة بنى فاتح ومعدل الترسيب بطيء.
٣. معدل استهلاك الحمأة للأكسجين أكثر من الطبيعى (فوق العادة).
٤. تظهر موجات من الرغاوى البيضاء بوضوح فى أحواض التهوية.

والآن سوف نتعرض للموقف العكسى، عندما يكون عمر الحمأة أو متوسط زمن بقاء الكائنات الحية كبيراً. مع انخفاض واضح فى نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، فى هذه الحالة يمكن ملاحظة ما يلى:

١. يسهل الاحتفاظ بتركيز جيد للأكسجين الذائب.
٢. سرعة فى ترسيب الحمأة مع قابلية للاندماج، وظهور عكارة من جزيئات عالقة دقيقة فى المياه الخارجة من حوض الترسيب.
٣. معدل استهلاك الحمأة للأكسجين أقل من الطبيعى بكثير.
٤. تركيز المواد الصلبة العالقة فى المياه الناتجة يرتفع عن المعتاد.
٥. تكون طبقات كثيفة من الخبث الطافى (ذو الرغاوى البنية اللون) على سطح مياه حوض التهوية.

**سؤال:**

أكتب العبارة الصحيحة فى المكان الخالى لتوضيح المؤشرات الدالة على زيادة عمر الحمأة ، وانخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية:

١. يمكن الإحتفاظ بـ --- للأكسجين الذائب فى أحواض التهوية بسهولة.
٢. تَرَسُّب الحمأة ----- مع -------للأندماج وظهور -------- فى المياه المعالجة.
٣. معدل استهلاك الحمأة للأكسجين ----------
٤. المواد الصلبة العالقة -------- فى المياه المعالجة.
٥. --------- تغطى سطح الأحواض.

**الإجابة:**

١. يمكن الإحتفاظ بحد أدنى للأكسجين الذائب فى أحواض التهوية بسهولة.
٢. ترسب الحمأة سريع مع قابلية للاندماج وظهور عكارة فى المياه المعالجة.
٣. معدل استهلاك الحمأة للأكسجين أقل من المعتاد.
٤. المواد الصلبة العالقة يزيد تركيزها عن المعتاد فى المياه المعالجة.
٥. طبقات كثيفة من الخبث الطافى ذى الرغاوى البنية تغطى سطح أحواض التهوية.

الآن تمت مناقشة المتغيرات الثلاثة الأساسية التى عن طريق ضبطها يتم التحكم فى تشغيل عمليات الحمأة المنشطة، وهى تركيز المواد الصلبة العالقة بالسائل المخلوط، ونسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M)، ومتوسط زمن بقاء الكائنات الحية أو عمر الحمأة (MCRT).

**مؤشرات كفاءة المعالجة**

سنستعرض فيما يلى ثلاثة مؤشرات هامة تدل على مدى كفاءة المعالجة ودرجة جودة المياه الخارجة من المحطة. وهذه المؤشرات هى:

١. نوعية الكائنات الحية الدقيقة.
٢. قابلية الترسيب ومؤشر حجم الحمأة (SVI).
٣. معدل استهلاك الأكسجين.

**نوعية الكائنات الحية الدقيقة**

يستخدم الفحص الميكروبيولوجى للتعرف على أنواع الكائنات الحية الدقيقة المختلفة التى توجد بالحمأة المنشطة ومعرفة تأثير كل منها على العملية البيولوجية.

ومن أهم الكائنات الحية الدقيقة التى تتكون منها الحمأة المنشطة ما يلى:
١- البكتريا.
٢- البروتوزوا.
٣- الروتيفر (الكائنات الدودية).
٤- الكائنات الخيطية (البكتريا أو الفطريات).

ونظراً لأن كلاً من تلك الكائنات ينتعش وينمو ويتكاثر فى ظروف معينة، فإنه يمكن معرفة كفاءة التشغيل من نوع الكائنات الموجودة.

ومن المعروف أن أهم تلك المجموعات هى البكتريا، وترجع أهميتها إلى كونها تقوم بالدور الاساسى فى أكسدة المواد العضوية فى مياه الصرف الصحى.

وهناك أنواع عديدة من البكتريا يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى، وتبعا لنوع وكمية المواد العضوية المتاحة، تختلف أنواع البكتريا الموجودة.

البكتريا تلعب الدور الأساسى فى أكسدة المواد العضوية واستهلاكها، وتساعد أيضا على تكون ندف الحمأة.

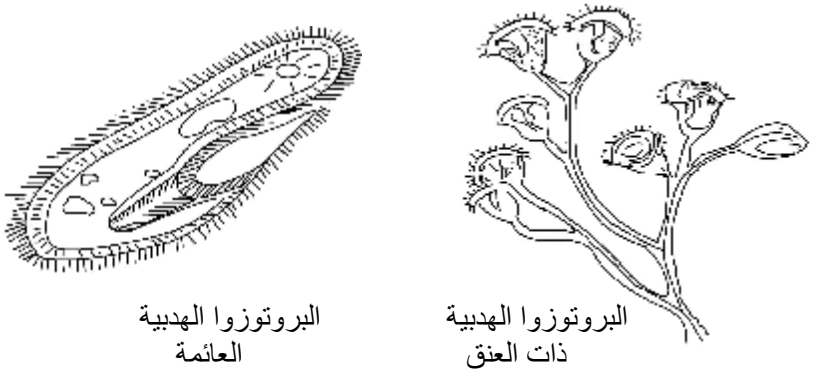
**سؤال:**
ما أهمية وجود البكتيريا فى الحمأة المنشطة؟

**الإجابة:**
البكتريا تلعب الدور الأساسى فى أكسدة المواد العضوية واستهلاكها، وتساعد أيضا على تكون ندف الحمأة.

والبروتوزوا ذات الأهداب (الهدبية) هى إحدى المكونات الحية الهامة فى الحمأة المنشطة وهناك نوعان منها يمكن التمييز بينهما تحت الميكروسكوب، هما:

- البروتوزوا الهدبية العائمة.
- البروتوزوا الهدبية ذات العنق.

ويوضح الشكل رقم (٢-١) أحد أشكال البروتوزوا الهدبية العائمة وأحد أشكال البرتوزوا ذات العنق.



البروتوزوا الهدبية العائمة

البروتوزوا الهدبية ذات العنق

**شكل قم (٢-١)**
**أنواع البروتوزوا الهدبية**

ولا تتغذى البروتوزوا على المواد العضوية المتوفرة فى مياه الصرف الصحى، ولكنها تتغذى على البكتريا.
وبالتالى تساهم فى التخلص من البكتريا وتساعد على ترويق المياه.

**سؤال:**
ماذا يعنى وجود البروتوزوا الهدبية فى عينة من الحمأة المنشطة؟

**الإجابة:**
هذا يعنى أن عملية المعالجة مرضية. (ترتفع نسبة البروتوزوا الهدبية ذات العنق فى حالة انخفاض كميات المواد العضوية فى مياه الصرف الصحى وهذا يعنى جودة المعالجة).

أما الروتيفر فإن وجودها غير شائع فى عمليات الحمأة المنشطة التقليدية لكن إذا وجدت فإن ذلك يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة أو إلى طول عمر الحمأة. ويوضح الشكل رقم (٢-٢) أحد أشكال الروتيفر.

**شكل رقم (٢-٢)**
**أحد أشكال الروتيفر**

**سؤال:**
عند فحص عينة من الحمأة المنشطة، ماذا يعنى وجود الروتيفر؟

**الإجابة:**
إن وجود الروتيفر يشير إلى قدم الحمأة أو انخفاض نسبه الغذاء إلى الكائنات الحية.

أما الكائنات الخيطية فتبدو تحت الميكروسكوب مثل خصل الشعر أو حزم القش. وهى كائنات بطيئة الترسيب، وتواجدها بكثرة يعنى وجود ظروف غير ملائمة فى المعالجة البيولوجية وهذا يؤدى بالتالى إلى فشل عملية الترسيب وزيادة نسبة المواد الصلبة العالقة فى المياه الناتجة بحوض الترسيب الثانوى. والكائنات الخيطية يمكن أن تكون أنواعاً من البكتريا أو الفطريات مرتبطة ببعضها على هيئة شبكات. ويرتفع تركيز الكائنات الخيطية نتيجة للأسباب الآتية:

- انخفاض الرقم الهيدروجينى.
- انخفاض تركيز الأكسجين الذائب
- ارتفاع تركيز المواد التى تصلح كغذاء للبكتريا

**سؤال:**
ماذا يعنى وجود تركيزات مرتفعة من الكائنات الخيطية فى الحمأة المنشطة؟

**الإجابة:**
يعنى باختصار: أن عملية المعالجة لا تتم على الوجه الصحيح، فكفاءة عملية الترسيب تنخفض بشكل ملحوظ، وتخرج المياه محتوية على تركيزات مرتفعة من المواد الصلبة العالقة.

مما سبق يمكن التعرف على أهم أنواع الكائنات الحية الدقيقة المكونة للحمأة، والتى تلعب دورا أساسيا فى عملية التحكم وضبط تشغيل المحطة.

ومن خلال الفحص الميكروسكوبى اليومى للحمأة، يمكن اتخاذ قرارات سليمة بشأن مستوى المواد الصلبة فى الأحواض. فبملاحظة وجود أى تغيير فى أعداد البروتوزوا الهدبية العائمة أو ذات العنق، أوالتغيرات التى تطرأ على كمياتها فى الحمأة يمكن اتخاذ القرار المناسب. فانخفاض أعداد البروتوزوا الهدبية العائمة بالنسبة للبروتوزوا الهدبية ذات العنق يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) أو زيادة متوسط عمر الحمأة. وعند التأكد من هذا الوضع اعتمادا على بعض الاختبارات الأخرى مثل اختبار معدل القابلية للترسيب وقياس الـ F/M، ومتوسط عمر الحمأة (MCRT) فإن هذا يتطلب خفض تركيز المواد الصلبة العالقة.

وعلى عكس ذلك فعندما تزيد كميات البروتوزوا الهدبية العائمة فإن هذا يشير إلى ارتفاع نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) (وانخفاض متوسط عمر الحمأة)، وبالتالى يحتاج الأمر إلى رفع مستوى المواد الصلبة العالقة.

وعلى وجه العموم فإن البكتريا تقوم بتثبيت المواد العضوية والبروتوزوا تتغذى على البكتريا وتساعد فى الحصول على مياه رائقة. كما أن وجود البروتوزوا ذات العنق هر مؤشر جيد عن استقرار عملية المعالجة.

وننتقل الآن للحديث عن مؤشر آخر، وهو القابلية للترسيب ومؤشر حجم الحمأة.

**القابلية للترسيب ومؤشر حجم الحمأة**

**القابلية للترسيب:**

إن تكون الندف فى أحواض الترسيب الثانوية يلعب دورا أساسيا فى عملية الترسيب، ويبدأ تكون الندف، فى الواقع، فى أحواض التهوية ولكن اضطراب المياه نتيجة عمليات التهوية والتقليب يمنع ترسبها. وبمجرد دخول السائل المخلوط الناتج من أحواض التهوية إلى أحواض الترسيب الثانوية يتوقف اضطراب المياه ويقل نشاط الكائنات الحية الدقيقة، وتتهيأ الظروف للترسيب. وتبدأ الكائنات الحية الدقيقة المنفردة والعالقة بالمياه فى التجمع، مما يكون ندفا بثقل كاف للترسيب. (ويتأثر معدل الترسيب بمجموعة من العوامل مثل: عمر الحمأة، طبيعة المواد المحتجزة فى الندف، وكمية الكائنات الخيطية).

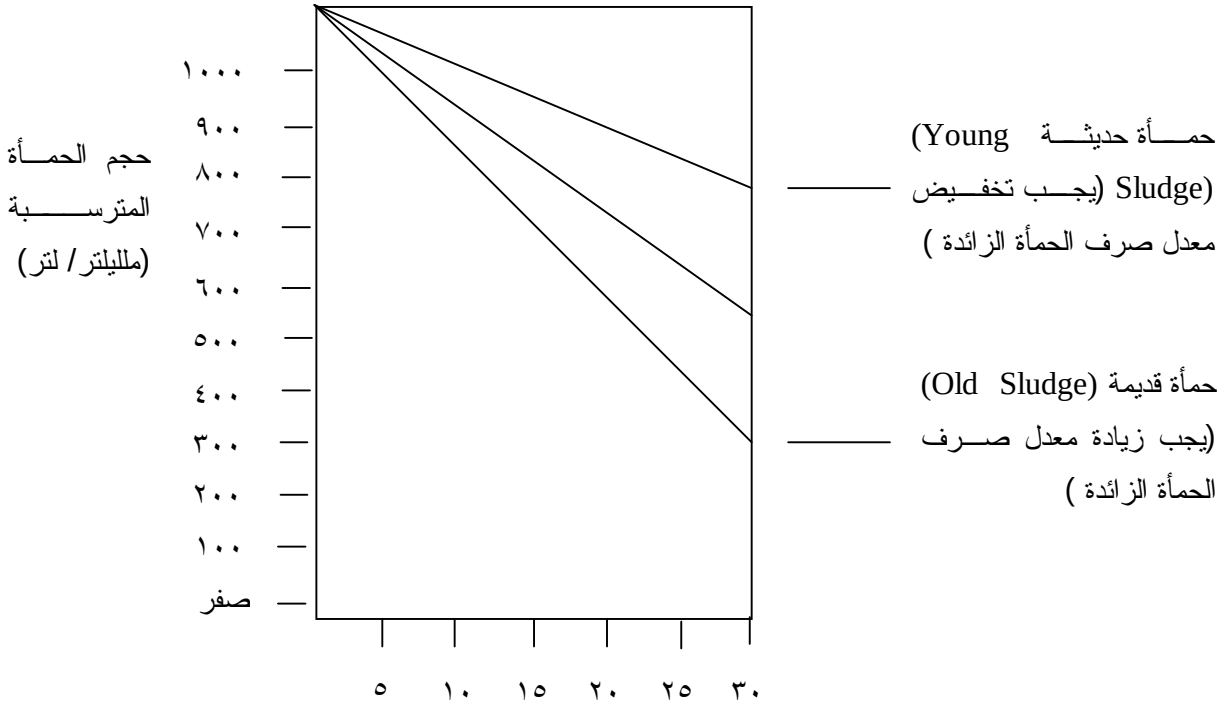
ويجب أن يكون معدل ترسيب الندف بطيئاً بدرجة كافية تسمح بتجميع المواد الصلبة على الندف أثناء هبوطها. ومن المعروف أن لون الندف البنى (مثل الشيكولاتة) يشير إلى ترسيب جيد.

على أية حال، فإن فحص واختبار القابلية للترسيب فى أحواض الترسيب الثانوية يعتبر أفضل الأدوات لتحديد النسبة المثالية للغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) وهذا ما سوف نتعرض له في. السطور التالية.

إن اختبار القابلية للترسيب يعد أهم الاختبارات للحكم على جودة الحمأة، والنتائج التى يتيحها هذا الاختبار تمكن القائمين على التشغيل من اتخاذ القرارات الملائمة وإجراء التعديلات اللازمة لضمان سير العملية بالكفاءة المطلوبة. كما أن تسجيل تلك النتائج على المدى الطويل يوفر للقائمين على التشغيل البيانات الضرورية التى تمكنهم من مواجهة المشكلات المتكررة.

ويجرى اختبار القابلية للترسيب باستخدام مخبار مدرج سعته لتر واحد ويسجل حجم الحمأة المترسبة كل ٥ دقائق خلال النصف ساعة الأول، وكل ١٠ دقائق خلال النصف ساعة التالى.

وتساعد القرارات التى يتم تجميعها بكثافة فى النصف ساعة الأول فى إعطاء معلومات هامة عن تكوين الندف وطبقة الحمأة. ويمكن الحكم على معدل ترسيب الحمأة بعد انقضاء الثلاثين دقيقة الأولى، أما قابلية الحمأة للانضغاط فيمكن الحكم عليها بعد انقضاء ساعة من بدء الاختبار. ومن خلال استخدام الرسم البيانى الذى يبين تغير حجم الحمأة المترسبة مع الزمن يمكن المقارنة والحكم على تكون الندف وعن طبقة الحمأة، وبالتالى تحديد معدل صرف الحمأة الزائدة.




وعند إجراء اختبار القابلية للترسيب ينبغى ملاحظة تكون الندف وطبقة الحمأة، ومن خلال شكل التجمعات الحية (الندف) يمكن إعطاء الحكم المناسب على جودة الحمأة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال رصد ما يلى:

- شكل الندف، وهل هى:
  - حبيبية
  - مدموكة

- منتفشة
- ريشية

- هل تترسب الندف منفردة أم تتجمع على شكل طبقة أولا ثم تترسب؟
- هل يأخذ سطح الطبقة شكلا منتظما أم شكلا متموجا غير منتظم؟
- هل تجتذب ندف الحمأة معظم المواد العالقة لتلتصق بها أثناء الترسيب؟
- هل تصطبغ الحمأة باللون البنى، والمياه الرائقة باللون الذهبى الفاتح؟

ويناقش الملحق الثالث من هذا الدليل، خصائص الحمأة بالتفصيل، وذلك فى معرض الحديث عن مشكلات التشغيل ووسائل مواجهتها.

**مؤشر حجم الحمأة:**

يساعد مؤشر حجم الحمأة (SVI) فى تقييم جودة ترسيب الحمأة، وبالتالى كفاءة العملية ككل. ويمكن استخدام نتيجة اختبار الترسيب فى حساب مؤشر حجم الحمأة (SVI)، باستخدام المعادلة التالية:

مؤشر حجم الحمأة =

$$\frac{\text{حجم الحمأة المترسبة بعد ٣٠ دقيقة فى مخبار الترسيب (ملليلتر)}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة فى السائل المخلوط (MLSS)مجم/لتر}} \times ١٠٠٠$$

**مثال:**

إذا كانت قراءة حجم الحمأة من مخبار الترسيب مساوية لـ ٢٥٠ ملليلتر، وكان تركيز المواد الصلبة العالقة فى السائل المخلوط مساويا لـ ٢٠٠٠ مجم /لتر احسب مؤشر حجم الحمأة.

**الحل:**

$$\text{مؤشر حجم الحمأة} = \frac{٢٥٠ \times ١٠٠٠}{٢٠٠٠} = ١٢٥$$

وبالرغم من أن مؤشر حجم الحمأة عادة ما يتراوح بين ١٠٠، ١٥٠ إلا أنه يمكن التشغيل بكفاءة فى حالة ارتفاع هذه القيم عن ذلك، بشرط أن يكون لون الحمأة بنيا وأن تكون المياه المعالجة رائقة ولا تنبعث منها رائحة.

وإذا كانت المحطة تعمل بكفاءة عند قيمة معينة للمؤشر، فيجب الإحتفاظ به فى هذه الحدود، وتسجل النتائج يوميا للتنبؤ بأى تغيير فى عملية المعالجة.

وينبغى التأكيد على أن قيمة المؤشر فى حد ذاتها لا تفيد كثيراً فى تحديد جودة الحمأة أو كفاءة التشغيل، بل إن الفائدة الأساسية تعود من ملاحظة التغير فى هذا المقياس.

فتغير المؤشر يقدم إشارة لا لبس فيها عن تغير خصائص الحمأة مع احتمالات وجود مشاكل فى التشغيل.

فعند زيادة مؤشر حجم الحمأة (SVI) وهو ما يعنى بطء الترسيب، فإن هذا يشير إلى:

- نقص عمر الحمأة
- وجود الكائنات الخيطية . . أو
- تغير الظروف المناخية.

وفى هذه الحالة، ينبغى زيادة مستوى تركيز المواد الصلبة فى حوض التهوية، وذلك بخفض معدل التخلص من الحمأة الزائدة.

أما إذا انخفضت قيمة مؤشر حجم الحمأة (SVI) إلى أقل من ١٠٠ فإن ذلك يشير إلى:

احتمال وجود مواد عالقة دقيقة أشبه برأس الدبوس منتشرة فى المياه المعالجة بينما تترسب بقية الحمأة بسرعة.

ويمكن التحكم فى ذلك بخفض تركيز المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية، عن طريق زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة.

**أسئلة:**

١. ما الغرض من اجراء اختبار القابلية للترسيب ؟
٢. عند إجراء اختبار القابلية للترسيب، ما هى أهم العناصر التى ينبغى ملاحظتها؟
٣. يتم حساب مؤشر حجم الحمأة من خلال نتائج اختبار القابلية للترسيب، ومعرفة تركيز المواد الصلبة العالقة. ما هى قيم التشغيل المناسبة لمؤشر حجم الحمأة؟

**الإجابة:**

١. يعتبر اختبار القابلية للترسيب المؤشر الأساسى لتحديد جودة الحمأة.
٢. ينبغى مراقبة ما يلى:
- شكل التجمعات الحيوية (حبيبية - مضغوطة (مدموكة) - منتفشة - أشبه بالزغب أو الريش).
- خواص الترسيب (الترسيب بشكل منفرد - أو على شكل طبقة)
- شكل سطح طبقة الحمأة (تماثل السطح - الترسيب المنتظم - التخلص من المواد العالقة الأخرى الموجودة بمياه الصرف الصحى).
- لون الحمأة ولون المياه المعالجة.

٣. ينبغى أن يظل مؤشر حجم الحمأة بين ١٠٠، ١٥٠ وأى تغير ملحوظ فى هذا المعامل يشير إلى احتمال وجود مشكلة ما فى التشغيل.

إن كل الإختبارات والملاحظات الخاصة بنظام الحمأة المنشطة موجهة لمراقبة أى تغيرات تحدث فى محطة تعمل بكفاءة جيدة لإمكان عمل الإجراءات المناسبة للسيطرة على أية مشكلة طارئة فى الوقت المناسب. وعادة يمكن التعرف على وجود مشكلة فى حالة ارتفاع تركيز المواد الصلبة

العالقة فى المياه المعالجة. ولكن يجب أن نأخذ فى الإعتبار أن هـذا النظـام معرض دائما لتغييرات فى الظروف، إلا أنه يتأثر بدرجة كبيرة بـالتغييرات المفاجئة، وخاصة فى الأحمال العضوية، والـرقم الهيـدروجينى، ودرجـة الحرارة، وكذلك بدخول مواد سامة إلى المحطة والتى يمكن مناقـشتها كمـا يلي:

**التغيرات المفاجئة فى الأحمال العضوية:**

الزيادة المفاجئة أو الإنخفاض المفاجئ فى الأحمال لعضوية أى فـى كميـة الغذاء المقدمة إلى الكائنات الحية الدقيقة قد يؤدى إلى حـدوث مـشاكل فـى التشغيل.

**تغير الرقم الهيدروجينى**

إن التغيرات المفاجئة للرقم الهيدروجينى، والتى تخرج به عن المدى الـشائع للتشغيل من لم (٦،٥ إلى ٨،٥)، تؤدى إلى انخفاض فـى مـستوى النـشاط الحيوى، وتؤدى إلى ارتفاع تركيز الكائنات الخيطية، وبالتالى تسبب انخفاضا فى قابلية الحمأة للترسيب. والقراءة المنتظمة للرقم الهيدروجينى عند مـدخل المحطة تكشف عن هذا التغيير (إذا حدث)، وتعطى إنذارا مبكرا قبل حـدوث المشاكل سالفة الذكر، هذا الإنذار قد يسمح بتفادى حدوث هذه المشاكل، وذلك باستخدام أحواض الترسيب الإبتدائية لمعادلة الرقم الهيدروجينى أو بتحويـل مياه الصرف الصحى عن المحطة، لإنقاذ النظام البيولوجى.

**التغيرات المفاجئة فى درجة الحرارة**

يمكن أن يؤثر تغير درجة الحرارة على مجمـل النـشاط الحيـوى وكفـاءة أحواض الترسيب، ويغير من نسب الكائنات الحية المرغوبـة فـى الحمـأة. والواقع أن انخفاض درجة الحرارة الناتج عن التغيرات الموسمية أو سـقوط الأمطار يؤدى إلى انخفاض النشاط الحيوى وبالتالى انخفاض كفاءة المعالجـة البيولوجية، ويؤدى أيضا إلى إعاقة عملية ترسيب الحمأة.

**دخول مواد سامة إلى المحطة**

يؤدى دخول مواد سامة مع التصرف الوارد للمحطة إلى قتل الكائنات الحية الدقيقة، وبالتالى فشل عملية المعالجة البيولوجية. وينبغى فى هذه الحالة تحديد مصدر المواد السامة وعزله عن شبكة الصرف الصحى.

والآن، يمكن الانتقال إلى مؤشر آخر هام فى عملية الحمأة المنشطة، وهو معدل استهلاك الأكسجين.

**معدل استهلاك الأكسجين**:

يمكن تعريف معدل استهلاك الأكسجين بأنه وزن الأكسجين المستهلك لكل وحدة زمنية ويمكن التعبير عنه بوحدات مجم/ لتر كل ساعة.

ومعرفة هذا المعدل تشير بدقة إلى مدى نشاط الكائنات الحية فى الحمأة.

ولتحقيق الاستفادة المثلى من معرفة معدل استهلاك الأكسجين يجب ربطه مع تركيز المواد الصلبة العالقة فى علاقة محددة، تعرف بمعدل التنفس (RR) وهو كمية الأكسجين المستهلك لكل جرام من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط (MLVSS). إن معرفة التغير فى معدل التنفس (RR)، تشير إلى وجود المشاكل قبل وصول السائل المخلوط إلى أحواض الترسيب الثانوية.

**سؤال**:

لماذا يُعطى معدل التنفس (RR) معلومات مفيدة للتحكم فى عملية المعالجة البيولوجية؟

**الإجابة**:

يعطى معدل التنفس صورة فعلية لما يحدث فى السائل المخلوط قبل وقوع أى مشاكل فى أحواض الترسيب.

ويمكن الحصول على نتائج تشغيل جيدة عندما يتراوح معدل التنفس (RR) بين ٨ و ٢٠ مجم أكسجين/ ساعة لكل جرام من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط (MLVSS).

ويمكن تصور المشاكل التى يمكن أن تحدث فى حالة خروج معدل التنفس عن المدى المذكور.

فمثلا، عند زيادة معدل التنفس عن ذلك المدى فإن هذا يعنى زيادة فى نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) ، أو بمعنى أخر - فإن كمية الغذاء تزيد عن حاجة الكائنات الحية الموجودة. ويمكن أن يحدث هذا عند زيادة الحمل العضوى (BOD) أو زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة.

ومن ناحية أخرى، فإن زيادة معدل التنفس تعنى أن السائل المخلوط سوف ينتقل إلى حوض الترسيب الثانوى قبل أن يتم امتصاص الغذاء بواسطة الكائنات الدقيقة. وهذا يحدث بالضرورة مشاكل أخرى عديدة، فالحمأة الخفيفة لن ترسب أو يتم انضغاطها بسهولة، وعند إعادتها إلى أحواض التهوية فإنها تحتاج إلى المزيد من الأكسجين، وبالتالى تختل نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية أكثر.

**سؤال:**

عبر فى كلمة موجزة عن المشاكل التى يمكن أن تحدث عند زيادة معدل التنفس عن مدى التشغيل الجيد.

**الإجابة:**

عند زيادة معدل التنفس، فهذا يعنى زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) إلى المستوى الذى يؤدى إلى تدهور نوعية الحمأة، وبالتالى انخفاض قابليتها للترسيب وضعف انضغاطها، ولهذا فإن مزيدا من إرتفاع نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية يحدث عند إعادة الحمأة إلى الأحواض.

**سؤال:**
ما هى الإجراءات التى يمكن إتباعها لإعادة ضبط معدل التنفس عند المستوى المناسب للتشغيل؟

**الإجابة:**
يتم رفع زمن التهوية فى الحال.

ولتحقيق نتائج طيبة على المدى الطويل، يتم رفع تركيز المواد الصلبة العالقة فى أحواض التهوية، وذلك بخفض معدل صرف الحمأة الزائدة وزيادة معدل الحمأة المعادة .

وعندما تظهر مشكلة زيادة معدل التنفس كثيرا وتكاد تصبح مشكلة مزمنة، يمكن اللجوء إلى إعادة توزيع الأحمال العضوية إن أمكن، كما يمكن استخدام أحواض تهوية أولية لتهوية الحمأة المعادة قبل دخولها أحواض التهوية.

وفى حالة انخفاض معدل التنفس (RR) انخفاضا ملحوظا عن المدى المذكور أى أقل من ٨ مجم أكسجين لكل ساعة/ جرام من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط، فإن هذا يعنى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية أى عدم توفر الغذاء بشكل كاف للكائنات الحية فى حوض التهوية وهذا بدوره يؤدى إلى حدوث مشاكل للحمأة، مثل الترسيب السريع مع استمرار تعلق بعض جزيئات الحمأة الدقيقة (أشبه برأس الدبوس) فى المياه المعالجة، وبالتالى يزداد تركيز المواد الصلبة العالقة فى المياه الناتجة من المحطة، ويحدث هذا بعد أقل من يومين من ظهور المشكلة.

ولمعالجة هذا الوضع يجب زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة.

**ملحوظة**:

قد يحدث انخفاض فى معدل التنفس (RR) دون تغير يذكر فى نسبة الغـــذاء إلى الكائنات الحية (F/M) وذلك لوجود مواد سامة تسربت إلـــى المحطـــة، لذلك يجب التأكد من هذا الأمر أولاً قبل اتخاذ الإجراءات التصحيحية.

**أسئلة**:

١. عرف معدل استهلاك الأكسجين؟

_____

_____

٢. ما معدل التنفس؟

_____

_____

٣. ماذا يحدث عند زيادة معدل التنفس عن مدى التشغيل الشائع؟

_____

_____

٤. ما هى التغيرات التى يجب عملها عندما يكون معدل التنفس عاليا؟

_____

_____

٥. ماذا يحدث عند انخفاض معدل التنفس عن مدى التشغيل الشائع؟

_____

_____

٦. ما هى التغييرات التى يجب عملها عندما يكون معدل التنفس منخفضا؟

_____

_____

**الإجابة:**

١- معدل استهلاك الأكسجين

هو كمية الأكسجين المستهلكة (وزنا) لكل وحدة حجمية فى وحدة الزمن، ويمكن التعبير عنها بوحدات الـ مجم أكسجين/ لتر فى الساعة.

٢- معدل التنفس

هو معدل استهلاك الأكسجين بالنسبة لتركيز المواد الصلبة العالقة.

٣- زيادة معدل التنفس عن المدى الأمثل

هذا يعنى زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية نظرا لوجود كمية غذاء أكبر من تركيز الكائنات الحية وتتأثر نوعية الحمأة بذلك مما يؤدى إلى زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية أكثر عند إعادة الحمأة إلى أحواض التهوية.

٤- ويمكن تصحيح ذلك بزيادة زمن التهوية فى الحال، وإعادة تهوية الحمأة المعادة. ولتحسين النتائج على المدى الطويل يجب رفع تركيز المواد الصلبة العالقة عن طريق خفض معدل صرف الحمأة الزائدة.

٥- انخفاض معدل التنفس عن المدى الأمثل

هذا يعنى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية نظرا لعدم توفر الغذاء الكافى للكائنات الدقيقة الموجودة. وهذا يؤدى إلى سرعة ترسيب الحمأة مع زيادة تركيز المواد الصلبة العالقة. ويمكن أن يكون السبب وجود مواد سامة قد تسربت إلى المحطة.

٦- ولتصحيح هذا الوضع، يتم زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة. وفى حالة وجود مواد سامة، يجب الحفاظ على مستوى المواد الصلبة العالقة، مع محاولة نشر وتوزيع الحمل لإحداث التخفيف.

**كيفية تحديد معدل استهلاك الأكسجين:**

تتبع الخطوات التالية لتحديد معدل استهلاك الأكسجين ثم معدل التنفس.

١- باستخدام جهاز قياس الأكسجين الذائب، يقاس الأكسجين الذائب ودرجة الحرارة عند نقطة الخروج من حوض التهوية ويتم تسجيله.
٢- يوضع لتران من السائل المخلوط فى زجاجة مناسبة.
٣- يوضع دورق وبداخله مغناطيس على سطح الخلاط المغناطيسى.
٤- ترج الزجاجة المليئة بالسائل المخلوط لمدة خمس ثوان بشدة ثم يصب السائل المخلوط فى الدورق، ويملا الدورق حتى العنق.
٥- يوضع مجس جهاز قياس الأكسجين الذائب ويبدأ تشغيل الخلاط.
٦- تسجل قراءة الجهاز (والتى تمثل تركيز الأكسجين الذائب) كل دقيقة لمدة تتراوح بين ١٠، ٢٠ دقيقة ويتوقف زمن القياس على معدل استهلاك الأكسجين.
٧- يُرسم منحنى استهلاك لأكسجين مع الزمن على نموذج الرسم البيانى المخصص لذلك، والمعروف باسم نموذج استهلاك الأكسجين ويتم حساب معدل استهلاك الأكسجين.

ولحساب معدل استهلاك الأكسجين اعتمادا على الخطوات السابقة وباستخدام النموذج البيانى المشار إليه يتبع ما يلى:

١. يتم توقيع قِيم الأكسجين الذائب المقاسه بواسطة الجهاز على نموذج الرسم البيانى .
٢. تأخذ النقط فى البداية شكل خط مستقيم، ومع الوقت، قد يتحول الخط المستقيم إلى منحنى. إذا حدث هذا، ينبغى التوقف عن أخذ القراءات وتسجيلها وسوف يتم الاكتفاء بالنقط التى تشكل الخط المستقيم، ثم يحسب ميل هذا الخط فيكون هو معدل استهلاك الأكسجين.
٣. يحسب ميل الخط كما يلى:

تؤخذ نقطتان على مسافة مناسبة من محور الزمن ويتم تحديد قيم الأكسجين الذائب عندهما ثم بطرح القيمة الصغرى للأكسجين الذائب من القيمة الكبرى

وقسمة الناتج على فرق المدى الزمنى يتم حساب الميل فيكون هو معدل استهلاك الأكسجين بوحدات مجم أكسجين/ لتر/دقيقة.

٤. ونظرا لشيوع التعبير عن معدل استهلاك الأكسجين بالمجم أكسجين/ لتر/ساعة ، فيمكن تحويل الناتج السابق إلى هذه الوحدات بضربه فى ٦٠ (دقيقة/ ساعة).

٥. يمكن بعد ذلك حساب معدل التنفس كما يلى:

معدل التنفس =

$$\frac{\text{معدل استهلاك الأكسجين} \times ١٠٠٠}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط (MLVSS) مجم/ لتر}}$$

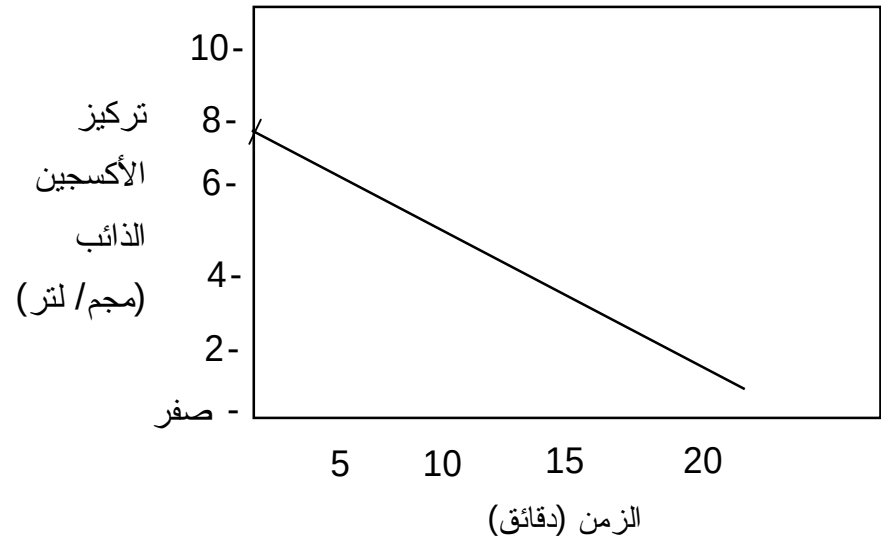
**مثال**:

يبين الجدول التالي القراءات الخاصة بتركيز الأكسجين الذائب المسجلة لمدة ١٢ دقيقة لإحدى العينات، كما يوضح الخط البياني توقيع هذه القراءات على الرسم والمطلوب حساب:

أ- معدل استهلاك الأكسجين بوحدات مجم/ لتر/ ساعة.

ب- معدل التنفس إذا علم أن تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل المخلوط (MLVSS) يساوي ٢٤٠٠ مجم/ لتر.

| الزمن (دقائق) | الأكسجين الذائب (مجم/ لتر) | الزمن (دقائق) | الأكسجين الذائب (مجم/ لتر) |
|---|---|---|---|
| صفر | ٧,٤ | ٧ | ٤,٦ |
| ١ | ٦,٩ | ٨ | ٤,٢ |
| ٢ | ٦,٦ | ٩ | ٣,٨ |
| ٣ | ٦,٢ | ١٠ | ٣,٤ |
| ٤ | ٥,٨ | ١١ | ٣ |
| ٥ | ٥,٤ | ١٢ | ٢ |
| ٦ | ٥ | | |




**الحل**:

أ- معدل استهلاك الأكسجين

لحساب معدل استهلاك الأكسجين نحسب ميل الخط المستقيم فيكون هو المعدل المطلوب، ولهذا الغرض نأخذ نقطتين متباعدتين على محور الزمن: ولتكونا نقطة البداية – أي الصفر – ونقطة ١٠ دقائق، نجد أن قيمتي الأكسجين الذائب عند هاتين النقطتين هما ٧،٤ و ٣،٤ مجم/ لتر على الترتيب، وبطرح القيمة الصغرى للأكسجين الذائب من القيمة الكبرى وقسمة الناتج على فرق المدى الزمني (أي ١٠ – صفر) يمكن حساب الميل، كما يلي:

معدل استهلاك الأكسجين = $\frac{٧،٤ - ٣،٤}{١٠ - \text{صفر}}$ = ٤،٠٠ مجم أكسجين / لتر/ دقيقة

(او ميل الخط المستقيم)

ولتحويل معدل استهلاك الأكسجين إلى وحدة مجم/ لتر/ ساعة نضرب الناتج في ٦٠.

معدل استهلاك الأكسجين = ٠،٤ (محم/ لتر/ دقيقة) × ٦٠ (دقيقة/ ساعة)

= ٢٤ مجم أكسجين/ لتر/ ساعة

ب- معدل التنفس:

طبقاً للمعادة المذكورة سابقاً:

$$\text{معدل التنفس} = \frac{\text{معدل استهلاك الاكسجين}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فـــي الـــسائل الممـــزوج (MLVSS) (مجم/ لتر)}} \times ١٠٠٠$$

$$= \frac{٢٤ \times ١٠٠٠}{٢٤٠٠} = ١٠ \text{ مجم أكسجين/ ساعة/ جم (MLVSS)}$$

**اختبار الفصل الثانى**

**التحكم بضبط متغيرات التشغيل**

١. ما هو مخزون المواد الصلبة العالقة؟

---

٢. أحسب مخزون المواد الصلبة العالقة إذا علم أن:

حجم حوض التهوية = ٤٠٠٠ متر مكعب

تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) = ١٦٠٠ مجم/ لتر

---

٣. لماذا يجب الاحتفاظ بنسبة ملائمة من الغذاء للكائنات الحية (F/M)؟

---

٤. أحسب نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) إذا علم ما يلى:

تركيز الأكسجين الكيميائى المطلوب (COD) = ٢٥٠ مجم/ لتر

معدل التصرف = ١٢٠٠٠ متر مكعب / يوم

مخزون المواد الصلبة = ٩٠٠٠ مجم

يمكن استخدام العلاقة التالية فى الحساب

نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) =

$$\frac{\text{تركيز الأكسجين الكيميائي المطلوب (مجم/ لتر)}}{١٠٠٠} \times \frac{\text{معدل التصرف (م٣/ يوم)}}{\text{مخزون المواد الصلبة (كجم)}}$$

٥. عرف عمر الحمأة (متوسط زمن بقاء الكائنات الحية) (MCRT)

---

٦. إحسب متوسط زمن بقاء الكائنات الحية بمعلومية ما يلى:

كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى حوض التهوية (VSS1) = ٢١٥٠٠ كجم

كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة الزائدة (VSS2) التى يتم صرفها فى اليوم = ٤٥٠٠ كجم/ اليوم

كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير المفقودة يوميا مع المياه المعالجة (VSS3) = ٥٠٠ كجم/ اليوم

ويمكن استخدام المعادلة التالية لحساب عمر الحمأة:

$$\text{متوسط عمر الحمأة (أيام)} = \frac{\text{VSS1 (كجم)}}{\text{VSS2 (كجم/ يوم)} + \text{VSS3 (كجم/ يوم)}}$$

٧. فى عملية الحمأة المنشطة التقليدية، يتراوح متوسط عمر الحمأة بين خمسة أيام وخمسة عشر يوما، ما هو متوسط عمر الحمأة المناسب لتشغيل محطتك؟

_____

٨. لماذا ينبغى الاحتفاظ بنسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) ومتوسط زمن بقاء الكائنات الحية (MCRT) فى مدى التشغيل المثالى؟

_____

٩. حدد ما إذا كانت نسبة (F/M) أو عمر الحمأة (MCRT) مرتفعة او منخفضة تحت ظروف التشغيل التالية:

**المجموعة أ:**

- إنخفاض الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية
- إنخفاض الأكسجين الذائب فى حوض الترسيب النهائى
- انخفاض معدل الترسيب وتلون الحمأة باللون البنى
- ارتفاع معدل التنفس (RR)
- ارتفاع تركيز الـــBOD فى المياه الناتجة من حوض الترسيب النهائى
- انتشار الرغاوى الكثيفة البيضاء على سطح مياه أحواض التهوية.

- الارتفاع السريع فى مستوى المواد الصلبة العالقة

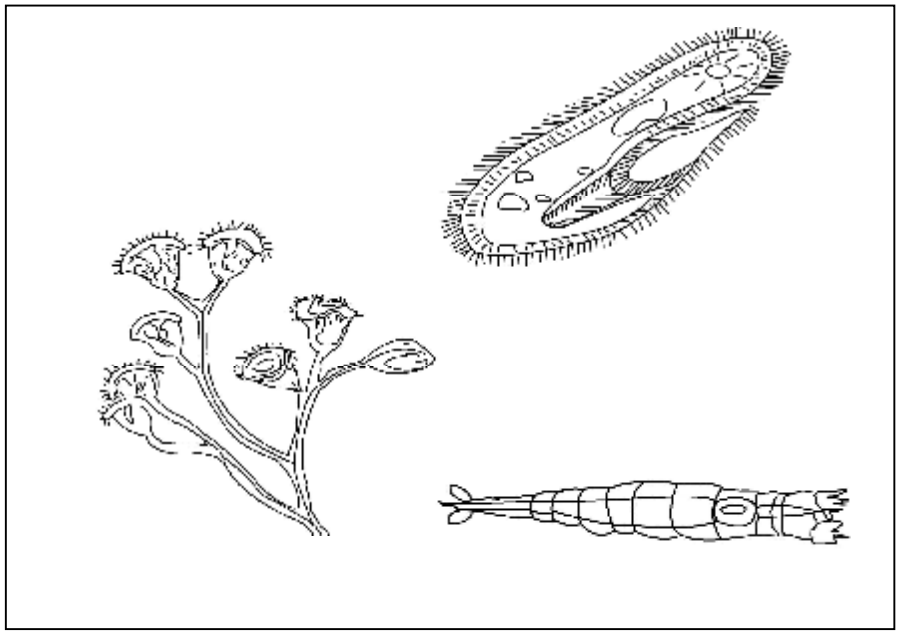
إذن فإن متوسط عمر الحمأة يكون ----- ونسبة F/M تكون - ----------

**المجموعة ب:**

- زيادة الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية
- ارتفاع الأكسجين الذائب فى حوض الترسيب النهائى
- معدل ترسيب سريع للحمأة
- انخفاض معدل التنفس (RR)
- لا يحدث تغير يذكر فى تركيز الـــBOD فى المياه الناتجة
- ظهور طبقة من الخبث والرغاوى البنية على سطح أحواض التهوية
- ارتفاع تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط MLVSS

إذن فإن متوسط عمر الحمأة يكون ----- ونسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة تكون ----------

١٠- أكتب الإسم الصحيح لكل من الكائنات الدقيقة الموضحة بالشكل:



١١- ما الذى يعنيه وجود كل من الكائنات الحية الدقيقة التالية فى الحمأة:

- البكتيريا:

_____

- البروتوزوا ذات الأهداب:

_____

- الروتيفر:

_____

- الكائنات الخيطية:

_____

١٢- أكتب ثلاثة مؤشرات على الأقل للتشغيل الجيد إعتمادا على النسبة الصحيحة للغذاء إلى الكائنات الحية (F/M)

_____

_____

_____

١٣- ما هو الغرض من اختبار القابلية للترسيب؟

_____

_____

١٤- ما الذى ينبغى ملاحظته أثناء متابعة اختبار القابلية للترسيب؟

_____

_____

١٥- بماذا تفيد قراءة مؤشر حجم الحمأة؟

_____

_____

١٦. فى حالة انتظام التشغيل بكفاءة جيدة. أذكر ثلاثة أسباب تؤدى إلى إضطراب التشغيل وإعاقته.

_____

_____

_____

١٧. ما هو معدل استهلاك الأكسجين؟

_____

_____

١٨. ما هو معدل التنفس؟

_____

_____

١٩. عند ارتفاع معدل التنفس بشكل ملحوظ، ما الذى يمكن ملاحظته على نسب الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M)؟

_____

_____

٢٠. ما الذى يمكن عمله إزاء الوضع السابق؟

_____

_____

**إجابات الاختبار**

يمكنك تقدير درجاتك اعتمادا على الحد الأقصى للدرجة المسجل بين الأقواس.

١. (درجة واحدة)

مخزون المواد الصلبة العالقة: هو كمية المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج (MLVSS).

٢. (درجتان)

$$\text{مخزون المواد الصلبة (كجم)} = \frac{٤٠٠٠ \text{ (م٣)} \times ١٦٠٠ \text{ (مجم/ لتر)}}{١٠٠٠}$$

$$= ٦٤٠٠ \text{ كجم}$$

٣. (درجتان)

تعتمد عملية الحمأة المنشطة على الكائنات الحية الدقيقة ولتحقيق نجاح هذه العملية، ينبغى أن تكون كمية الغذاء مناسبة لعدد الكائنات الحية، وزيادة أو نقصان كمية الغذاء التى تؤدى إلى حدوث مشاكل عديدة فى حوض الترسيب.

٤. (درجتان)

نسبة الطعام إلى الكائنات الحية (F/M) =

$$\frac{٢٥٠ \text{ (مجم/لتر)}}{١٠٠٠} \times \frac{١٢٠٠٠ \text{ (متر}^٣\text{/ يوم)}}{٩٠٠٠ \text{ (كجم)}} = ٠,٣٣$$

٥. (درجتان)

متوسط زمن بقاء الكائنات الحية MCRT هو المدة الزمنية المتوسط التى تمكثها الكائنات الحية الدقيقة فى عملية المعالجة.

٦. (درجتان)

متوسط زمن بقاء الكائنات الحية (MCRT) =

$$\frac{٢١٥٠٠ \text{ (كجم)}}{٤٥٠٠ \text{ (كجم/ يوم)} + (٥٠٠ \text{ كجم/ يوم})} = ٤,٣ \text{ يوم}$$

٧. (درجة واحدة)

ينبغى أن تعمل المحطة عند متوسط عمر حمأة يحقق أفضل كفاءة لها.

٨. (درجة واحدة)

النسبة المثالية (F/M) ومتوسط زمن بقاء الحمأة المثالى يحققان خصائص ترسيب جيدة.

٩. (أربع درجات)

**المجموعة أ:**

متوسط زمن بقاء الكائنات الحية يكون منخفضاً جدا

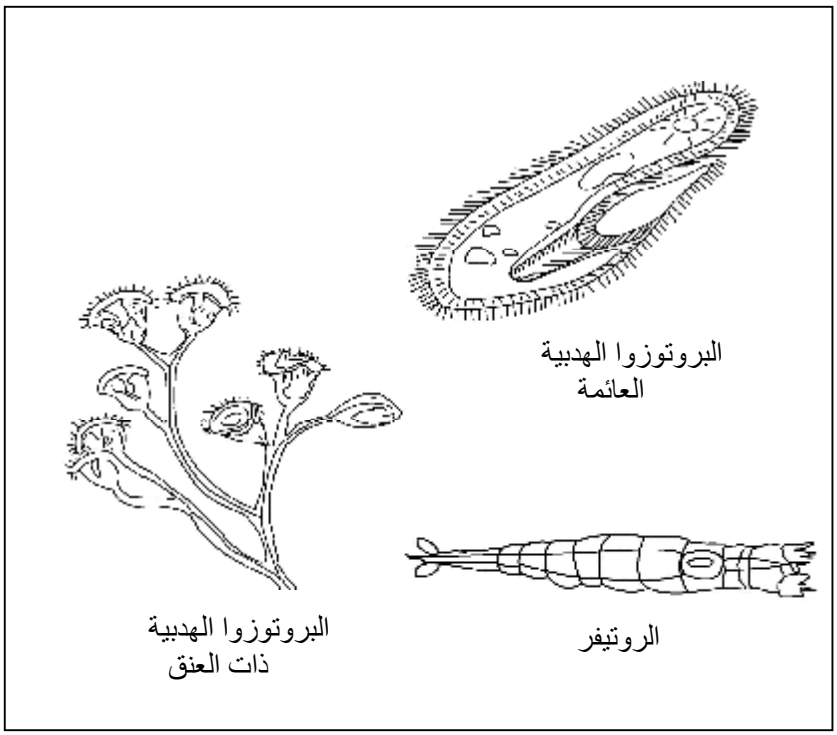
النسبة F/M تكون مرتفعة جدا

**المجموعة ب:**

متوسط زمن بقاء الكائنات الحية يكون مرتفعاً جداً

النسبة F/M تكون منخفضة جدا

١٠. (درجتان)



١١. (ثمانى درجات)

البكتيريا: تقوم بتثبيت المواد العضوية، كما تساعد فى عملية تكوين الندف.

البروتوزوا الهدبية: ترجع أهميتها إلى اعتمادها على البكتيريا فى الغذاء، لذا فهى تساعد فى الحصول على مياه رائقة.

الروتيفر: بالرغم من أن وجودها نادر (موجودة فى التهوية الممتدة) إلا أن وجودها ولو بأعداد بسيطة يشير إلى ارتفاع متوسط عمر الحمأة. وانخفاض النسبة (F/M).

الكائنات الخيطية: وجودها بكثرة يعيق عمليات الترسيب ويدل على أن عملية المعالجة لا تتم بطريقة مرضية.

١٢. ثلاث درجات

مؤشرات التشغيل الكفء اعتمادا على نسبة مثالية للغذاء إلى الكائنات الحية (F/M)

- تثبيت المواد العضوية بكفاءة.
- تكون الندف الحيوية بشكل مرضى.
- صفاء المياه الناتجة من أحواض الترسيب النهائية.

١٣. درجة واحدة:

اختبار القابلية للترسيب هو المؤشر الأساسى على جودة الحمأة.

١٤. درجتان:

ينبغى ملاحظة ما يلى :

- خصائص الندف المتكونة
- لون الحمأة وطبقة الحمأة
- خصائص ترسيب الحمأة

١٥. درجة واحدة:

التغير فى مؤشر حجم الحمأة يشير إلى بداية ظهور مشاكل فى التشغيل.

١٦. ثلاث درجات
- التغير المفاجئ للأحمال العضوية.
- تغير الرقم الهيدروجينى.
- التغير المفاجئ فى درجة الحرارة.
- دخول مواد سامة إلى مياه الصرف الصحى بالمحطة.

١٧. درجة واحدة:

يُعرف معدل استهلاك الأكسجين بأنه كمية الأكسجين (وزنا) التى تُستهلك لكل وحدة حجمية فى وحدة الزمن، ويُعبر عنه بالوحدات التالية: مجم أكسجين/ لتر/ ساعة.

١٨. درجة واحدة:

يُعرف معدل التنفس RR بأنه العلاقة بين معدل استهلاك الأكسجين وتركيز المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف الصحى.

١٩. درجتان:

ارتفاع كبير فى F/M إلى النقطة التى تؤدى إلى اضطراب التشغيل وانخفاض جودة الحمأة. ومن ناحية أخرى فإن إعادة الحمأة تؤدى إلى زيادة سوء ظروف التشغيل وارتفاع آخر فى نسبة F/M

٢٠. درجتان:

يتم رفع زمن التهوية فى الحال، وتعاد تهوية الحمأة المعادة.

وعلى المدى الطويل يتم زيادة مستوى المواد الصلبة فى أحواض التهوية، وذلك بتخفيض معدل صرف الحمأة الزائدة.

الدرجة العظمى : ٤٣

درجة الاختبار : ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ (ينبغي ألا تقل عن ٣٤ درجة)

# إعادة الحمأة وصرف الحمأة الزائدة

**الفصل الثالث**

# إعادة الحمأة وصرف الحمأة الزائدة

**مقدمة**

إن أهم ما يميز عملية الحمأة المنشطة عن غيرها من عمليات المعالجة البيولوجية هو الحمأة المعادة إلى أحواض التهوية، من أحواض الترسيب الثانوية. ومعروف أن أحواض الترسيب الثانوية تستقبل السائل المخلوط الوارد من أحواض التهوية ثم تقوم بوظيفتين أساسيتين، أولهما: ترويق المياه بعد عمليات المعالجة البيولوجية، وثانيهما: ترسيب المواد الصلبة لاستخدام كمية منها كحمأة منشطة معادة، والتخلص من الكمية الباقية كحمأة زائدة.

ولضمان نجاح أحواض الترسيب الثانوية فى أداء مهمتها، فمن الضرورى القيام بما يلى:

١. حساب متوسط عمرالحمأة يوميا، وبناء على نتائج الحساب يتم تحديد معدل صرف الحمأة الزائدة، ويراعى أن يكون التخلص من الحمأة الزائدة تدريجياً.
٢. تحديد عمق طبقة الحمأة فى أحواض الترسيب، ويتم التحكم فيه من خلال ضبط معدل إعادة الحمأة.
٣. مراجعة المؤشر الحجمى للحمأة (SVI) وعند ملاحظة أى تغيير تؤخذ عينة للفحص الميكروسكوبى، وملاحظة أعداد البروتوزوا العائمة وذات الأهداب، وأيضاً أعداد الكائنات الخيطية، وفى حالة تغير المؤشر الحجمى يتم تغيير متوسط عمر الحمأة.
٤. مراجعة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) فمعروف أن نتائج اختبارات الـــ (BOD) والـــ (COD) غير مستقرة، ويحتاج الأمر إلى

أخذ متوسط عدة نتائج مأخوذة خلال عدة أيام. وتتحقق الفائدة بمقارنة النتائج مع مثيلاتها المأخوذة فى الماضى، وملاحظة التغيرات التى تطرأ على الـــ (F/M).

٥. متابعة معدل استهلاك الأكسجين، وفى حالة زيادته أو نقصه يتم تغيير متوسط عمر الحمأة بالتبعية.

وتتلخص البنود السابقة فى إجراءين أساسيين هما: ضبط معدل إعادة الحمأة، ضبط معدل صرف الحمأة الزائدة، وسنتحدث فى ذلك بالتفصيل فى السطور التالية:

ويراعى عند استخدام مضخات الحمأة، أن تكون قادرة على تداول كل تصرف المحطة حتى يمكن تجنب المشاكل التى تطرأ من تصرفات الذروة أو ارتفاع نسبة المواد الصلبة الواردة إلى المحطة.

**معدل إعادة الحمأة**

هناك سببان إعادة الحمأة: أولهما وأبسطهما هو فصل المواد الصلبة من أحواض الترسيب لضمان الحصول على مياه رائقة، والثانى والأساسى هو ضمان الحفاظ على تركيز مناسب للكائنات الدقيقة فى أحواض التهوية وبالتالى الوصول إلى النسبة الملائمة من الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M).

إن أهم شئ يجب ملاحظته فى الحمأة المعادة هو مستوى المواد الصلبة العالقة، فمثلاً فى المحطات التى تعمل عند تركيز من ١٥٠٠ – ٢٠٠٠ مجم/لتر من المواد الصلبة المتطايرة فى السائل المخلوط، يمكن توقع تركيز المواد الصلبة المتطايرة التى تعاد إلى الأحواض بين ٤٥٠٠ و ٦٠٠٠ مجم/لتر، أما تركيز المواد الصلبة العالقة ففيما يلى بعض القراءات القياسية له:

تركيز المواد الصلبة العالقة فى السائل المخلوط (MLSS)

= ٢٠٠٠ – ٢٥٠٠ مجم / لتر

تركيز المواد الصلبة العالقة فى الحمأة المعادة (SSRAS)

= ٦٠٠٠ - ٨٠٠٠ مجم / لتر

**سؤال:**

فى حالة التعامل مع تصرف ثابت وتركيز ثابت للحمأة المعادة – متى تتوقع حدوث تغيرات فى تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط (MLVSS)؟

**الإجابة :**

لا يحدث تغير فى تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير إلا عند تغير تصرف المحطة.

ينخفض تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط خلال الذروة، والعكس.. أى يزداد التركيز عند انخفاض التصرفات باستثناء حالات زيادة معدل الحمأة المعادة إلى أحواض التهوية.

وعند تغير الـ (MLVSS) لأسباب أخرى، فينبغى البحث عنها ومعرفتها حيث أن ذلك يسهم فى الحصول على النتائج المرجوة من عمليات المعالجة، ويوفر الأساس لتعديل معدل إعادة الحمأة إلى الأحواض.

فمثلاً، عندما يراد زيادة تركيز الـ (MLVSS) بغرض تداول زيادة طارئة فى الأحمال العضوية، فيمكن أن يتحقق هذا بزيادة معدل إعادة الحمأة إلى الأحواض حتى يصل التركيز إلى المستوى المطلوب.

ومن المفيد أن نتذكر أن تلك التعديلات على معدل إعادة الحمأة تتم لمدة محدودة (لتجاوز الأحمال الطارئة مثلاً).

**تقدير معـــدل إعادة الحمأة**

هناك ثلاث طرق لتقدير معدل إعادة الحمأة:

١. مراجعة عمق طبقة الحمأة.
٢. موازنة المواد الصلبة (حسابياً).
٣. معرفة قابلية المواد الصلبة للترسيب.

**١. مراجعة عمق طبقة الحمأة:**

من أفضل طرق تحديد معدل إعادة الحمأة هى الاعتماد على المراجعة المنتظمة لعمق طبقة الحمأة، ومن القواعد المعروفة الحفاظ على عمق طبقة الحمأة فى حدود ¼ ارتفاع حوض الترسيب الثانوى. وبالطبع قد يختلف الوضع بعض الشئ من محطة لأخرى، لذلك فإن تحديد العمق المثالى لكل محطة يتم بمعرفة القائمين على تشغيلها.

وبداية، ينبغى قياس عمق طبقة الحمأة فى أحواض الترسيب يومياً وفى نفس الموعد. وأنسب المواعيد لهذا القياس هو وقت الذروة، حيث يعمل حوض الترسيب عند أعلى معدلات للمواد الصلبة، واعتماداً على نتائج القياس يمكن ضبط معدل إعادة الحمأة عند الحاجة، ومن المفيد أن نتذكر أنه فى حالة زيادة عمق طبقة الحمأة يمكن بالطبع زيادة معدل إعادة الحمأة، ولكن هذا الإجراء يؤدى إلى تحسين الأوضاع مؤقتاً.

**سؤال:**

ماذا يحدث عند السماح لعمق طبقة الحمأة بالزيادة عن العمق المثالى ¼ ارتفاع حوض الترسيب تقريباً.

**الإجابة:**

عند زيادة عمق طبقة الحمأة عن العمق المثالى فمن المتوقع زيادة تركيز المواد الصلبة فى المياه الناتجة من حوض الترسيب (أى زيادة عكارة المياه الناتجة).

### ٢. موازنة المواد الصلبة (حسابياً)

الطريقة الثانية والتى يمكن استخدامها فى تقدير معدل إعادة الحمأة تعتمد على موازنة المواد الصلبة حسابياً، وتحتاج طريقة الحساب إلى معرفة كل من:

- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة المعادة (VSS).
- معدل تصرف المحطة.
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط والمستهدف الوصول إليها (MLVSS).

وتستخدم المعادلة التالية لحساب معدل إعادة الحمأة:

$$\text{معدل إعادة الحمأة} = \frac{\text{معدل تصرف المحطة} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة} - \text{تركيز المواد الصلبة العالقة}}$$

**مثال (١):**

إذا كان معلوماً لدينا كل من:

معدل تصرف المحطة ٨٠٠٠ م$^3$/يوم

تركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط = ٢٢٠٠ مجم/لتر

تركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة المعادة = ٧٨٠٠ مجم/لتر

احسب معدل إعادة الحمأة.

**الحل:**

$$\text{معدل إعادة الحمأة} = \frac{\text{معدل تصرف المحطة} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في الحمأة المعادة} - \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج}}$$

$$= \frac{٨٠٠٠ \times ٢٢٠٠}{٧٨٠٠ - ٢٢٠٠} = \frac{٨٠٠٠ \times ٢٢}{٥٦} = ٣١٤٠ \text{ م}^3/\text{ يوم}$$

**مثال (٢):**

إذا كان معلوماً لدينا كل من:

معدل تصرف المحطة ٣٠٠٠٠ م$^3$/يوم

تركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط = ١٨٠٠ مجم/لتر

تركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة المعادة = ٧٢٠٠ مجم/لتر

احسب معدل إعادة الحمأة

**الحل:**

معدل إعادة الحمأة =

$$\frac{\text{معدل تصرف المحطة} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في الحمأة المعادة} - \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج}}$$

$$\frac{٣٠٠٠٠ \times ١٨٠٠}{٧٢٠٠ - ١٨٠٠} = \frac{٣٠٠٠٠ \times ١٨}{٥٤} = ١٠٠٠٠ \text{ م}^3/\text{ يوم}$$

ومن المفيد فى هذه الحالة التعبير عن المعادلة بالرموز المناسبة لسهولة تداولها واستخدامها، فإذا استخدمنا:

الرمز "ت" للتعبير عن معدل تصرف المحطة

الرمز "ح" للتعبير عن معدل إعادة الحمأة

الرمز "ص م" للتعبير عن تركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط

الرمز "ص ح" تركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة المعادة

فيمكن كتابة المعادلة السابقة يلى

$$ح = ت \times \frac{ص\ م}{ص\ ح - ص\ م}$$

**مثال ٣:**

الآن وباستخدام المعادلة الرمزية، احسب معدل إعادة الحمأة إذا علمت أن:

ت = ٢٠٠٠٠ م$^{٣}$/يوم

ص م = ١٦٠٠ مجم / لتر

ص ح = ٦٤٠٠ مجم / لتر

**الحل:**

$$ح = \frac{(١٦٠٠) \times ٢٠٠٠٠}{١٦٠٠ - ٦٤٠٠} = ٦٦٧٠ \text{ م}^{٣}\text{/ يوم}$$

### ٣. قابلية المواد الصلبة للترسيب

الطريقة الثالثة لحساب معدل إعادة الحمأة تعتمد على معرفة قابلية المواد الصلبة للترسيب، وهى أصعب الطرق الثلاث.

وتعرف القابلية للترسيب بنسبة الحجم الذى تشغله المواد الصلبة بعد ترسيبها لمدة ٣٠ دقيقة، معبراً عنها بالملليلتر فى اللتر، وتنشأ الصعوبة فى استخدام هذه الطريقة من اختلاف ظروف حوض الترسيب الثانوى عن المخبار المدرج الذى يتم فيه اختبار القابلية للترسيب، والقائمون على التشغيل فى محاولاتهم لتجاوز تلك الصعوبات، يقومون بالتقليب الهادئ للمخبار أثناء اختبار الترسيب حتى تقترب ظروف الترسيب فى المخبار من حوض الترسيب الثانوى.

والمعلومات التى يحتاجها القائم على التشغيل إجراء حساباته هى:

- معدل تصرف المحطة (م٣/يوم).
- حجم الحمأة المترسبة فى مخبار الترسيب بعد ٣٠ دقيقة (ملليلتر/لتر)

والمعادلة المستخدمة هى:

$$\text{معدل إعادة الحمأة (ح)} = \text{معدل التصرف} \times \frac{\text{حجم الحمأة فى مخبار الترسيب بعد ٣٠ دقيقة}}{١٠٠٠ - \text{حجم الحمأة فى مخبار الترسيب بعد ٣٠ دقيقة}}$$

ويمكن كتابة المعادلة السابقة باستخدام الرموز كما يلى:

$$ح = ت \times \frac{ح\ ح}{١٠٠٠ - ح\ ح}$$

حيث

ح ترمز إلى معدل إعادة الحمأة

ت ترمز إلى تصرف المحطة

ح ح ترمز إلى حجم الحمأة فى مخبار الترسيب بعد ٣٠ دقيقة.

**مثال**:

إذا علمنا أن

ت = ٨٠٠٠ م$^٣$/يوم

ح ح = ٢٧٥ ملليلتر / لتر

احسب معدل إعادة الحمأة.

**الحل**:

$$\text{معدل إعادة الحمأة (ح)} = ت \times \frac{ح\ ح}{١٠٠٠ - ح\ ح}$$

$$= ٨٠٠٠ \times \frac{٢٧٥}{١٠٠٠ - ٢٧٥}$$

$$= ٣٠٣٤ \text{ م}^٣\text{/ يوم}$$

فيما يلي سنتعرض لبعض الأسئلة التي تتناول عملية إعادة الحمأة والعوامل المؤثرة عليها، بالإضافة إلى الطرق الثلاث المستخدمة في تحديد معدل الحمأة، ومن المفيد – قبل استعراض الأسئلة – مراجعة الجزء السابق.

**أسئلة:**

١. اذكر سببين لإعادة الحمأة ؟

٢. هل تتوقع تغيرا في تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج (MLVSS) عند ثبات معدل إعادة الحمأة ؟

٣. عندما يستهدف زيادة تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج (MLVSS) وخفض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M)، فما الذي يمكن عمله ؟

٤. ما هي الطرق الثلاث المستخدمة في تحديد معدل إعادة الحمأة ؟

٥. ما هو العمق المثالي لطبقة الحمأة في المروقات الثانوية ؟ وما الذي يمكن عمله عند زيادة سمك طبقة الحمأة في المروقات؟

٦. ما هي الصعوبة الأساسية في تحديد معدل إعادة الحمأة عند استخدام طريقة القابلية ؟

_____

_____

**الإجابات**:

١. أهم سببين لإعادة الحمأة هما ما يلي:
- ضمان خروج الحمأة من المروقات.
- ضمان مستوى مناسب من الكائنات الدقيقة في أحواض التهوية والحفاظ على النسبة الملائمة من الغذاء للكائنات الحية الدقيقة(F/M)

٢. لا نتوقع تغيرا، إلا في حالة حدوث تغير في خواص المياه الواردة إلى المحطة بمعنى زيادة أو نقص نسبة المواد الصلبة العالقة فيها.

٣. يتم الاحتفاظ بمعدل صرف الحمأة الزائدة ثابتا، مع زيادة معدل إعادة الحمأة.

٤. أ- مراجعة عمق طبقة الحمأة في المروقات
ب- موازنة المواد الصلبة حسابيا
ج- معرفة قابلية المواد الصلبة للترسيب

٥. ينبغي الا يتجاوز سمك طبقة الحمأة الربع السفلي من المروق، وعند زيادة السمك يمكن زيادة معدل إعادة الحمأة أو معدل صرف الحمأة الزائدة.

٦. يرجع هذا إلى عدم تشابه ظروف الترسيب في المخبار المدرج بالمقارنة بالمروق الثانوي ( ويمكن الاقتراب من ظروف المروق بالتقليب الهادئ للمخبار المدرج الثناء عملية الترسيب).

**معدل صـــرف الحمأة الزائدة**

من المعروف أن أحواض الترسيب الثانوية قد تمتلئ تماماً بالحمأة فى حالة عدم صرف الحمأة الزائدة، فالحمأة هى المنتج النهائى لعمليات المعالجة، ويجب سحبها باستمرار أثناء العملية، ومن الطبيعى أن تكون عملية صرف الحمأة الزائدة أداة تحكم أساسية فى عملية المعالجة.

وهناك ثلاث طرق يمكن استخدامها لتحديد معدل صرف الحمأة الزائدة:

١. الاحتفاظ بمستوى ثابت لتركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط (MLVSS).
٢. الاحتفاظ بمستوى ثابت لنسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M).
٣. الاحتفاظ بمستوى ثابت لمتوسط عمر الحمأة (MCRT).

والطريقة الأولى هى أبسط الطرق، وهى تعتمد على خبرة القائم على التشغيل فى تحديد التركيز الأمثل للمواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى محطته.

وفى حالة زيادة تركيز الـــ (MLVSS) عن القيمة المثلى فى أحواض التهوية، يتم صرف المزيد من الحمأة الزائدة، أما فى حالة انخفاضه عن تلك القيمة فيتم خفض معدل صرف الحمأة الزائدة.

ومن مميزات هذه الطريقة، سهولة خطواتها، وبساطة الإجراءات المعملية التى تحتاج إليها، كما أن النتائج تكون جيدة فى حالة ثبات خصائص المياه المستهدف معالجتها.

أما أهم مشاكلها، فهى عدم انتظام تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط على مدار اليوم فى حالة تغيير خصائص المياه الواردة للمحطة.

**مثال:**

كان تركيز المواد الصلبة العالقة في السائل الممزوج والتي تعمل المحطة عليها دائما هو ٣٠٠٠ مجم/ لتر

وعند قياسها في أحد الأيام كانت ٤٠٠٠ مجم/ لتر

احسب حجم الحمأة الزائدة التي يجب التخلص منها، إذا علم أن:

- تركيز المواد الصلبة العالقة في الحمأة الزائدة هو ٨٠٠٠ مجم/ لتر
- حجم أحواض التهوية ٦٧٢ م$^3$
- تصرف الطلمبة ٤٠ م$^3$/ ساعة

**الحل:**

وزن الحمأة الزائدة =

$$\text{حجم أحواض التهوية} \times \frac{(\text{التركيز الجديد للمواد العالقة} - \text{التركيز الثابت})}{١٠٠٠}$$

$$= ٦٧٢ \times \frac{١٠٠٠}{١٠٠٠} = ٦٧٢ \text{ كجم}$$

$$\text{حجم الحمأة الزائدة} = \text{الوزن} \times \frac{١٠٠٠}{\text{التركيز}}$$

$$\text{مدة تشغيل الطلمبة} = \frac{\text{الحجم}}{\text{التصرف}} = \frac{٨٤}{٤٠} = ٢,١ \text{ ساعة/ يوم}$$

أو ٢,١ × ٦٠ = ١٢٦ دقيقة/ يوم

ويتم قياس تركز المواد العالقة في السائل الممزوج والحمأة المنشطة يوميا بجهاز الطرد المركزي، أما حجم الحوض وتصرف الطلمبة فهما ثابتان دائماً.

**سؤال:**
هل ترى عوائق أخرى أمام استخدام الطريقة السابقة غير تغير الـ MLVSS على مدار اليوم ؟

**الإجابة:**
تهمل هذه الطريقة الاحتفاظ بنسبة ثابتة من الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M)، وهذا قد يؤدي إلى حدوث مشاكل في التشغيل.

ولمزيد من الإيضاح، لنتصور حدوث زيادة كبيرة لتركيز الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD) على مدار عدة أيام، فإذا كان التحكم عن طريق مراقبة تغير تركيز المواد الصلبة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط فقط، فقد يقوم مشغل المحطة بصرف المزيد من الحمأة، بالرغم من زيادة الحمل العضوى والمعبر عنها بزيادة تركيز الأكسيجين الحيوى المطلوب (BOD)، وهذا بدوره يؤدى إلى زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M) عن القيمة التى يجب أن تكون عليها مما يؤدى إلى تخفيض كفاءة المعالجة.

ويمكن الاحتفاظ بنسبة ثابتة من الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M) وذلك بزيادة أو خفض تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط تبعاً لزيادة أو نقص تركيز الأكسجين الكيماوى المطلوب (COD) وليس الأكسجين الحيوى الممتص.

ومن المفيد أن نتذكر أن معظم المحطات تعمل تحت ظروف نسبة غذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M) فى حدود من ٠,١٥ إلى ٠,٥ واعتماداً على خبرة القائم على التشغيل يتم تحديد النسبة المثلى التى تؤدى إلى الحصول على أفضل نتائج للمحطة ثم يعقب ذلك الاحتفاظ بهذه النسبة ثابتة.

**سؤال:**
هل يمكنك وصف المشاكل المترتبة على محاولة الاحتفاظ بنسبة ثابتة من الغذاء للكائنات الحية الدقيقة (F/M)؟

**الإجابة**
فى حالة معرفة خصائص المياه الواردة إلى المحطة فليس من المتوقع حدوث مشاكل ولا تنشأ المشاكل إلا مع الجهل بخصائص المياه الواردة وتركيز الملوثات، لذلك يحتاج الأمر إلى المعرفة المستمرة لتركيز الـــ (COD) للمياه الواردة.

وكمثال لما سبق، عندما نعلم أن غدا مثلاً هو اليوم الذى تصل فيه مياه الصرف الصحى وبها أعلى مستوى للأكسجين الكيميائى المطلوب (COD) فهذا يمكننا من اتخاذ القرار التالى:

يتم خفض معدل صرف الحمأة الزائدة ليلاً للاحتفاظ بمستوى ثابت لنسبة الغذاء للكائنات الدقيقة على مدار اليوم التالى (يوم الحمل المرتفع). أما الطريقة الثالثة لتحديد معدل صرف الحمأة الزائدة فتعتمد على الاحتفاظ بقيمة ثابتة لمتوسط عمر الحمأة.

وهناك بعض المعلومات الهامة اللازمة لحساب معدل صرف الحمأة الزائدة على أساس الاحتفاظ بمتوسط عمر الحمأة ثابتاً وهى:

- حجم حوض التهوية (س)
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط (ص م)
- متوسط عمر الحمأة (ز)
- تركيز المواد الصلبة العالقة فى الحمأة الزائدة (ص ح)
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى المياه الناتجة من حوض الترسيب (ص س)
- معدل تصرف المحطة (ت)

ويمكن كتابة المعادلة المستخدمة كما يلى:

معدل صرف الحمأة =

$$\frac{\text{حجم الحوض} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى المياه الخارجة}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة فى الحمأة الزائدة} \times \text{متوسط عمر الحمأة}}$$

ناقصاً

$$\frac{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى المياه الخارجة} \times \text{معدل تصرف المحطة}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة فى الحمأة الزائدة} \times \text{متوسط عمر الحمأة}}$$

أو

$$\text{معدل صرف الحمأة الزائدة} = \frac{\text{س} \times \text{ص م}}{\text{صح} \times \text{ز}} - \frac{\text{ص س} \times \text{ت}}{\text{ص ح}}$$

**مثال**:

إذا كانت لدينا المعطيات التالية، احسب معدل صرف الحمأة الزائدة:

حجم الحوض =٦٠٠٠ م$^3$

تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة في السائل الممزوج =٢١٠٠مجم/ لتر

متوسط عمر الحمأة =٢١ يوم

تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في الحمأة الزائدة =٦٩٠٠ مجم/ لتر

تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في المياه الخارجة =٢٠ مجم/ لتر

معدل تصرف المحطة =١٦٠٠٠ م$^3$/ اليوم

**الحل**:

$$\text{معدل صرف الحمأة الزائدة} = \frac{\text{س} \times \text{ص م}}{\text{ص ح} \times \text{ز}} - \frac{\text{ص س} \times \text{ت}}{\text{ص ح}}$$

$$= \frac{٦٠٠٠ \times ٢١٠٠}{٦٩٠٠ \times ٧} - \frac{٢٠ \times ١٦٠٠٠}{٦٩٠٠}$$

$$= ٨٦,٩ - ٤٦,٣ = ٤٠,٦ \text{ م}^3\text{/ يوم}$$

والآن على المتدرب أن يحاول حل المثال التالي:

**مثال:**

إذا علم أن:

- حجم حوض التهوية = ٣٥٠٠ م$^{٣}$
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج = ١٩٠٠ مجم/ لتر
- متوسط عمر الحمأة = ٩ يوم
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في الحمأة الزائدة = ٥٢٠٠ مجم/ لتر
- تركيز المواد الصلبة العالقة القبلة للتطاير في المياه الخارجة = ٣٠ مجم/ لتر
- معدل تصرف المحطة = ١٢٠٠٠ م$^{٣}$/ يوم

احسب معدل صرف الحمأة الزائدة

**الحل:**

$$\text{معدل صرف الحمأة الزائدة} = \frac{\text{س} \times \text{ص م}}{\text{ص ح} \times \text{ز}} - \frac{\text{ص س} \times \text{ت}}{\text{ص ح}}$$

$$= \frac{١٩٠٠ \times ٣٥٠٠}{٩ \times ٥٢٠٠} - \frac{٣٠ \times ١٢٠٠٠}{٥٢٠٠}$$

$$= ١٤٢ - ٦٩ = ٧٣ \text{ م}^{٣}/\text{ يوم}$$

وعادة يكون تركيز المواد الصلبة العالقة الناتجة من حوض الترسيب ضئيلاً، ومن ثم يمكن إهماله لتبسيط المعالة لتصبح على النحو التالى:

$$\text{معدل صرف الحمأة} = \frac{\text{حجم الحوض} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط}}{\text{تركيز المواد الصلبة العالقة فى الحمأة الزائدة} \times \text{متوسط عمر الحمأة}}$$

أو

$$\text{معدل صرف الحمأة} = \frac{\text{س} \times \text{ص م}}{\text{ص ح} \times \text{ز}}$$

من الملاحظ أن طريقة الحساب السابقة تعتمد على تحديد قيمة مثلى لمتوسط عمر الحمأة، وتحديد تلك القيمة يعتمد على خبرة القائم على تشغيل المحطة. ومن أهم مميزات استخدام تلك الطريقة، احتياجها إلى مجهود معملى محدود، فالمطلوب قياسه هو فقط:

- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة المركزة.
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط.

والمعلومات الإضافية التى تحتاجها طريقة الحساب هى:

- حجم حوض التهوية.
- معدل تصرف المحطة.

والآن، وبعد التعرف على الطرق الثلاث المختلفة لتحديد معدل صرف الحمأة الزائدة، ما هى الإجراءات الفعلية المتبعة لتحديد هذا المعدل؟

نظراً لأننا فى مجال التعامل مع عملية بيولوجية، فمن غير المستحب إجراء تعديلات حادة فى ضوابط التحكم، ويفضل إجراء التعديلات المطلوبة بشكل تدريجى، ولذلك فإن تعديل معدل صرف الحمأة مثلاً ينبغى ألا يتجاوز ١٠% من قيمته الفعلية بالزيادة أو النقص.

وعند إجراء أى تعديل، فمن الضرورى متابعة النتائج للتأكد من تحسنها فى الاتجاه المطلوب، ومن المفيد الانتظار ثلاثة أيام قبل إجراء أى تعديل جديد آخر حتى تستقر النتائج فى الاتجاه المطلوب.

وإذا كان من الضرورى إجراء تعديلات يومية فى معدل صرف الحمأة، فمن الأفضل تجزئة العمل على ورادى التشغيل، بمعنى أن كل وردية تقوم بإجراء تغيير جزئى من المقدار المستهدف تعديله يومياً.

وفى الأجواء المطيرة، والتى تؤدى إلى ارتفاع معدل تصرف المحطة، ترتفع نسبة المواد الصلبة العالقة فى المياه الخارجة، وبذلك يفقد جانب من المواد الصلبة، لهذا فمن المفيد خفض معدل صرف الحمأة الزائدة عند زيادة التصرفات نتيجة سقوط الأمطار أو زيادة مياه الرشح المختلطة مع مياه الصرف الصحى.

## اختبار الفصل الثالث

## إعادة الحمأة وصرف الحمأة الزائدة

١. ما هى أهمية إعادة الحمأة؟

_____

_____

٢. ما الذى يجب عمله لزيادة تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل الممزوج وخفض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة؟

_____

_____

٣. ما هى الملاحظة الجديرة بالاهتمام حول عمق طبقة الحمأة فى المروقات؟

_____

_____

٤. ما هى المعلومات التى يحتاجها حساب موازنة المواد الصلبة؟

_____

_____

٥. ما هى المعلومات التى يحتاجها حساب معدل إعادة الحمأة اعتماداً على اختبار القابلية للترسيب؟

_____

_____

٦. ما هى صعوبة الاعتماد على اختبار قابلية لترسيب؟

_____

_____

٧. ما الذى ينبغى عمله لضمان عدم امتلاء المروق الثانوى بالحمأة؟

٨. كيف يمكن التحكم فى معدل صرف الحمأة الزائدة اعتماداً على تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل الممزوج؟

٩. لماذا يصعب الاحتفاظ بمستوى ثابت لنسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M)؟

١٠. ما هى الطريقة الثالثة لضبط معدل صرف الحمأة الزائدة؟

١١. اذكر أربعة إجراءات أساسية متعلقة بعملية صرف الحمأة الزائدة؟

## إجابات الاختبار

(درجة السؤال العظمى بين الأقواس)

١. [درجتان]

من المهم إعادة الحمأة لتحقيق ما يلى:

- للتخلص من المواد الصلبة المترسبة فى المروق الثانوى.
- لضمان وجود تركيزات مناسبة من الكائنات الحية الدقيقة فى أحواض التهوية بهداف الحفاظ على نسبة ثابتة من الغذاء للكائنات الحية الدقيقة (F/M).

٢. [درجتان]
لزيادة تركيز المواد الصلبة القابلة للتطاير فى السائل الممزوج، وخفض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة، يتم الاحتفاظ بمعدل ثابت لصرف الحمأة الزائدة، مع زيادة معدل الحمأة المعادة إلى الأحواض.

٣. [درجة واحدة]
ينبغى أن تشغل طبقة الحمأة الربع السفلى من المروق الثانوى.

٤. [ثلاث درجات]
يحتاج حساب موازنة المواد الصلبة إلى المعلومات التالية:
- تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى الحمأة المعادة.
- معدل تصرف المحطة.
- التركيز المطلوب للمواد الصلبة العالقة القابلة لتطاير فى السائل الممزوج.

٥. [درجتان]
لحساب معدل إعادة الحمأة اعتماداً على اختبار القابلية للترسيب يلزم معرفة ما يلى:
- معدل تصرف المحطة.
- حجم الحمأة فى اختبار الترسيب بعد ٣٠ دقيقة.

٦. [درجة واحدة]
ترجع صعوبة الاعتماد على اختبار القابلية للترسيب إلى عدم توفر ظروف متشابهة لكل من المخبار المدرج الذى يجرى فيه الاختبار والمروق الثانوى.

٧. [درجة واحدة]
لضمان عدم امتلاء المروق الثانوى بالحمأة من الضرورى القيام بصرف منتظم للحمأة الزائدة.

٩. [درجتان]
عند زيادة المواد الصلبة العالقة فى أحواض التهوية عن القيمة المثلى، يتم صرف مزيد من الحمأة الزائدة حتى ينخفض تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل الممزوج إلى المستوى المطلوب، والعكس صحيح.

١٠.[درجة واحدة]
تكمن صعوبة الاحتفاظ بقيمة ثابتة لنسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة فى ضرورة معرفة التغير فى تركيز الأكسجين الكيميائى المستهلك للمياه الداخلة إلى المحطة بصورة منتظمة ومستمرة.

١١.[درجة واحدة]
الطريقة الثالثة لضبط معدل صرف الحمأة الزائدة هى الاحتفاظ بقيمة ثابتة لمتوسط عمر الحمأة.

١٢.[أربع درجات]
تراعى الإجراءات التالية عند صرف الحمأة الزائدة:
- يجب ألا تزيد حدود التغيرات في معدل صرف الحمأة الزائدة عن ١٠ %.
- يجب تسجيل ومراجعة النتائج للتأكد من تحسنها فى الاتجاه المطلوب عند كل تغيير.
- يفضل صرف كمية الحمأة الزائدة يومياً على فترات خلال اليوم أو بمعدل صغير بصورة مستمرة.
- يجب ضبط معدل صرف الحمأة الزائدة فى الأيام المطيرة.

الدرجة العظمى للاختبار [٢٠ درجة]
درجة الاختبار ----- [ينبغى ألا تقل عن ١٦ درجة]

# الأكسجين الذائب

## الفصل الرابع

# الأكسجـــين المذاب

**مقدمة**

فى الفصول السابقة، تمت تغطية معظم جوانب التحكم فى عملية الحمأة المنشطة، ولم يتبق للمناقشة غير الأكسجين المذاب.

وقد سبق التعرض للأكسجين الذائب فى الفصل الثانى، وكيف يمكن استخدامه كمؤشر لفاعلية التحكم باستخدام متوسط عمر الحمأة المثالى، وأيضاً النسبة المثالية من الغذاء للكائنات الدقيقة (F/M). إلا أننا سنتناوله بشئ من التفصيل فى السطور التالية.

معروف أنه كلما زادت تركيزات الملوثات فى المياه الواردة إلى المحطة زاد بالتبعية احتياج الأكسجين، وعندما لا تستطيع وسائل التهوية فى المحطة توفير الأكسجين اللازم لهضم تلك الملوثات، فمن المتوقع حدوث ظروف تحول لا هوائى فى العملية، مما يؤثر على كفاءة المحطة، ويقلل من جودة المياه المعالجة، وفى هذه الحالة يجب زيادة معدل التهوية تبعاً لزيادة الأحمال العضوية، وفى معظم المحطات، فإن الزيادة فى الأحمال العضوية تحدث نهاراً بينما يقل استهلاك الأكسجين ليلاً.

**التـــركيز المناسب للأكسجين المذاب**

وفى أحواض التهوية، ينبغى الاحتفاظ بتركيز للأكسجين الذائب يتراوح بين ١ – ٢ مجم/ لتر، وهذا المقدار كاف لضمان توفر الأكسجين فى كل محتويات الحوض، وانتظام عملية التنفس، فإذا قل تركيز الأكسجين الذائب عن هذا المدى تأثرت كفاءة المعالجة كما أوضحنا أعلاه. كما ان عملية التهوية الجيدة

تؤدى إلى خلط جيد لمحتويات الحوض وضمان عدم ترسيب المواد الصلبة فيه، بحيث لا تتكون أى مناطق ترسيب فى الحوض، ولا يتم الترسيب إلا فى أحواض الترسيب الثانوية.

أما إذا زاد التركيز عن المدى المذكور فلن يتبع لك مزيداً من التحسن فى الكفاءة، ويعتبر التشغيل عند التركيز المرتفع غير اقتصادى، نظراً لأنه يستهلك طاقة إضافية دون داع

**أسئلة**:

١. ما الذى يحدد كمية الأكسجين اللازمة لعملية المعالجة؟

---

---

٢. ما هو التركيز المناسب للأكسجين الذائب فى أحواض التهوية؟

---

---

٣. اذكر سببين للاحتفاظ بهذا التركيز فى أحواض التهوية؟

---

---

**الإجابات**:

١. إن كمية مياه الصرف الصحى المستهدف معالجتها وأيضاً تركيز الملوثات بها، هما العاملان الأساسيان المحددان لكمية الأكسجين اللازمة.
٢. فى أحواض التهوية، ينبغى ألا يقل تركيز الأكسجين الذائب عن ١ مجم/ لتر، وألا يزيد عن ٢ مجم/ لتر.

٣. السببان الأساسيان للاحتفاظ بتركيزات لا تقل عن المدى السابق هما:
- التأكد من أن كل محتويات الحوض تحتوى على الأكسجين اللازم لعملية التنفس
- ضمان خلط المياه المستهدف معالجتها، والتى تحتوى على الملوثات، مع الحمأة المنشطة فى الحوض، والتأكد من عدم ترسب المواد الصلبة العالقة فى أى جزء من أجزاء الحوض.

**قيـــاس تـــركـــيز الأكسجين الذائب**

تستخدم أجهزة بسيطة لقياس الأكسجين الذائب مباشرة فى المحطة، ويرجع ذلك إلى أن تأجيل قياس تركيز الأكسجين لعينة ما حتى تصل إلى المعمل، يؤدى إلى نتائج غير دقيقة نظراً لاستمرار عملية استهلاك الأكسجين بواسطة البكتريا أثناء نقل العينة إلى المعمل (خارج المحطة)، وفيما يلى توضيح لخطوات إجراء هذا الاختبار الأساسى بالمحطة.

١. توضع ١٠ ملليلترات من محلول كبريتات النحاس المحمضة بحمض الكبريتيك كمثبط للتفاعل فى قنينة سعة واحد لتر، بعد التأكد من نظافة القنينة.
٢. تجمع العينة فى القنينة بعناية، مع مراعاة عدم رجها حتى لا يزيد مستوى الأكسجين المذاب، وفى حالة نظم التهوية بالهواء المضغوط يراعى إبعاد فوهة القنينة عن ناشر الهواء أثناء جمع العينة.
٣. تترك العينة بعض الوقت حتى يلاحظ روق أكثر من نصف القنينة.
٤. تستخدم أنبوبة (قطر ٦ مم) لسحب المياه من القنينة إلى زجاجة سعة ٣٠٠ ملليلتر لاختبار الأكسجين الذائب، مع مراعاة عدم دخول أى مواد صلبة عالقة من القنينة إلى الزجاجة.
٥. تحلل العينة بأسرع ما يمكن لمعرفة تركيز الأكسجين الذائب.

ويمكن استخدام جهاز مكون من مجس مزود بغشاء خاص يعمل بالبطارية لقياس تركيز الأكسجين الذائب، ويراعى عند استخدام هذا الجهاز ما يلى:

١. أن تكون بطاريته مشحونة.
٢. أن ينعدم وجود فقاعات هواء تحت الغشاء.

٣. غسل الغشاء بعد كل استخدام.
٤. معايرة الجهاز كل أسبوعين على الأقل حسب تعليمات المصنع.

ومن الضرورى مراقبة تركيز الأكسجين الذائب فى نقاط مختلفة من نظام المعالجة، وذلك للتأكد من كفاءة عملية المعالجة وعدم الإسراف فى استهلاك الطاقة.

ولأن تغير تركيز الأكسجين الذائب سريع، حيث يمكن أن يحدث بدرجة ملحوظة فى خلال دقائق أو ساعات قليلة نتيجة للزيادة المفاجئة فى الحمل العضوى، لذا يجب أن تكون القياسات الخاصة به سريعة ودقيقة بقدر الإمكان، ولهذا السبب فإن استخدام جهاز قياس تركيز الأكسجين الذائب أفضل من الاعتماد على التحليل الكيميائى، وخاصة أن زيادة عدد مرات القياس تسمح بتحكم أفضل فى تشغيل نظام المعالجة وزيادة كفاءته.

وتعتبر المراقبة المستمرة لمستوى تركيز الأكسجين الذائب فى مواضع مختلفة من حوض التهوية هى أفضل الطرق، حيث يمكن على أساسها ضبط معدل التهوية اللازمة للحفاظ على المدى المناسب لتركيز الأكسجين الذائب (من ١-٢ مجم/ لتر) مع عدم الإسراف فى استهلاك الطاقة.

وعلى كل حال، فإنه يجب استخدام الطريقة المتاحة لقياس تركيز الأكسجين الذائب، واستخدام نتيجة القياس لتصحيح الظروف غير الملائمة وتجنبها.

# اختبار الفصل الرابع

## الأكسجين الذائب

١. أذكر ثلاث فوائد لاستخدام الهواء فى أحواض التهوية؟
٢. ما الذى يحدد احتياجات الأكسجين الذائب فى المحطة؟
٣. ما المدى الذى ينبغى الاحتفاظ به لتركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية؟
٤. اذكر ثلاثة احتياطات على الأقل لابد من مراعاتها فى حالة استخدام جهاز قياس الأكسجين المذاب؟
٥. لماذا ينبغى قياس الأكسجين الذائب على فترتين متقاربة – أو حتى بشكل مستمر؟

## إجابات الاختبار

١. [ست درجات]

فوائد استخدام الهواء فى حوض التهوية.

أ. لضمان انتشار الأكسجين فى كل أنحاء الحوض.

ب. لضمان تلامس الملوثات التى تحتويها المياه مع الحمأة المنشطة.

جـ. لضمان الخلط الجيد حيث لا يسمح بترسب المواد الصلبة.

٢. [درجة واحدة]

إن كمية الصرف الصحى المستهدف معالجتها، وأيضاً تركيز الملوثات بها، هما العاملان الأساسيان المحددان لكمية الأكسجين اللازمة.

٣. [درجتان]

مدى تركيز الأكسجين الذائب الذى ينبغى الاحتفاظ به فى أحواض التهوية هو ١–٢ مجم/لتر.

٤. [ثلاثة درجات]

احتياطات استخدام جهاز قياس الأكسجين الذائب.

- التأكد من شحن البطارية.

- ضمان خلو المنطقة أسفل الغشاء من فقاعات الهواء.
- غسل منطقة الغشاء عقب الاستخدام.
- معايرة الجهاز كل أسبوعين على الأقل.

٥. [درجة واحدة]

ينبغى قياس مستوى الأكسجين الذائب على فترات متقاربة لأنه يتغير بشكل ملحوظ كل عدة ساعات أو حتى كل عدة دقائق عند التعرض لأحمال عضوية مفاجئة.

الدرجة العظمى: ١٣ درجة

درجة الاختبار: ----- (ينبغى ألا تقل عن ١٠ درجات).

# معدل إجراء الاختبارات المعملية للتحكم في عملية الحمأة المنشطة

**الملحق الأول**

# معدل إجراء الاختبارات المعملية للتحكم فى عملـــية الحـــمأة المـــنشـــطة

**مقدمة**

يتطلب التحكم فى عملية المعالجة عن طريق ضبط متغيرات التشغيل، معرفة قيم المتغيرات أولاً ثم تعديلها إلى القيم المثلى للتشغيل الكفء. ولتحديد قيم المتغيرات يلزم إجراء بعض القياسات والاختبارات المعملية، إلى جانب القيام ببعض العمليات الحسابية البسيطة، كما يتضح من الفصول السابقة. فمثلاً تتطلب معرفة نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F/M) إجراء اختبار الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD)، واختبار تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل الممزوج (MLVSS)، وهكذا.

كما أن تعديل متغيرات التشغيل إلى القيم المثلى، والذى يتم بتغيير كمية الحمأة المعادة إلى أحواض التهوية أو كمية الحمأة الزائدة التى يتم التخلص منها، يتطلب حساب معدل إعادة الحمأة ومعدل التخلص من الحمأة الزائدة، وهذه الحسابات تحتاج بدورها إلى إجراء بعض الاختبارات مثل عمق طبقة الحمأة، وغيرها.

وبالإضافة إلى أن المؤشرات الدالة على كفاءة المعالجة كنوعية الكائنات الحية الدقيقة، أو معدل استهلاك الأكسجين، على سبيل المثال، تستلزم عمل فحص ميكروسكوبى للعينات أو قياس كمية الأكسجين الذائب، وهكذا.

ونظراً لأهمية الاختبارات المعملية بالنسبة لعملية الحمأة المنشطة، كما بينا، لذلك نعرض على الصفحة التالية جدول رقم (م١-١) والذى يوضح معدل إجراء بعض الاختبارات الهامة للتحكم فى عملية الحمأة المنشطة.

**جدول رقم (م١-١)**

**معدل إجراء بعض الاختبارات المعملية للتحكم فى عملية الحمأة المنشطة**

| الاختبار | المياه الخارجة من المرحلة الابتدائية | حوض التهوية | المياه الخارجة من المرحلة الثانوية | الحمأة المنشطة المعادة | الحمأة المنشطة الزائدة | حوض الترسيب النهائى |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الأكسجين الحيوى المستهلك أو الكيميائى المستهلك | مرتين أسبوعياً | | مرتين أسبوعياً | | | |
| المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير | يومياً | يومياً | يومياً | يومياً | يومياً | |
| مؤشر حجم الحمأة | | يومياً | | | | |
| الفحص الميكروسكوبى | | أسبوعياً | | | | |
| معدل استهلاك الأكسجين | | أسبوعياً | | | | |
| عمق طبقة الحمأة | | | | | | يومياً |
| الأكسجين الذائب | | يومياً | يومياً | | | |

ملحوظة: درجة الحرارة، والرقم الهيدروجينى، ومعدلات التصرف (بما فيها معدل إعادة الحمأة ومعدل صرف الحمأة الزائدة) يتم تسجيلها يومياً.

# تحديد معدلات تحميل المروقات الثانوية،
# وبعض متغيرات التشغيل الأخرى

**الملحق الثانى**

# تحديد معدلات تحميل أحواض الترسيب الثانوية، وبعض متغيرات التشغيل الأخرى

**مقدمة**

تحدثنا سابقاً عن متغيرات التشغيل والأساسية فى عملية الحمأة المنشطة، وكيف يمكن التحكم فى التشغيل عن طريق ضبط هذه المتغيرات عند القيم المثلى التى تعطى أعلى كفاءة للمعالجة البيولوجية، وسنتحدث فيما يلى عن متغيرات أخرى، ومع كونها ليس أساسية إلا أنها هامة للتشغيل. وسنناقش فيما يلى خمسة من هذه المتغيرات، تشمل:

١. معدل التحميل السطحى.
٢. معدل تحميل المواد الصلبة العالقة.
٣. معدل التحميل على الهدار.
٤. مدة المكث.
٥. مخزون المواد الصلبة العالقة فى حوض الترسيب الثانوى.

**معدل التحميل السطحى**

يمكن قياس الحمل الهيدروليكى للحوض ترسيب الثانوى بحساب معدل التحميل السطحى، ويعرف معدل التحميل السطحى بكمية مياه الصرف الصحى (م$^{٣}$) التى تغذى حوض الترسيب يومياً لكل وحدة مساحات (م$^{٢}$) من سطح حوض الترسيب.

ويتراوح متوسط معدل التحميل السطحى بين ١٥ و ٣٠ م$^{٣}$/يوم/م$^{٢}$ فى الظروف العادية، أما فى أوقات الذروة فقد يتراوح معدل التحميل السطحى بين ٤٠و ٥٠ م$^{٣}$/يوم/م$^{٢}$ ولحساب معدل التحميل السطحى نحتاج إلى:

- معدل التصرف فى أوقات الذروة (م$^{٣}$/يوم).
- مساحة سطح حوض الترسيب (م$^{٢}$).

وتستخدم المعادلة التالية:

$$\text{معدل التحميل السطحى م}^{٣}\text{/يوم/م}^{٢} = \frac{\text{معدل التصرف فى وقت الذروة (م}^{٣}\text{/يوم)}}{\text{مساحة سطح حوض الترسيب (م}^{2}\text{/يوم)}}$$

مثال:

احسب معدل التحميل السطحى بمعلومية:

- معدل تصرف ساعات الذروة = ١٨٠٠٠ م$^{٣}$ / يوم
- مساحة سطح المروق = ٤٠٠ م$^{٢}$

الحل:

باستخدام المعادلة السابقة فإن:

معدل التحميل السطحى (م$^{٣}$/ يوم / م$^{٢}$)

$$= \frac{\text{معدل التصرف فى وقت الذروة (م}^{٣}\text{/يوم)}}{\text{مساحة سطح حوض الترسيب (م}^{2}\text{/يوم)}} = \frac{١٨٠٠٠}{٤٠٠} = ٤٥ \text{ م}^{٣}\text{/ يوم / م}^{٢}$$

ويراجع الرقم الناتج للتأكد من وقوعه داخل المدى المسموح به (من ٤٠ – ٥٠ م$^{٣}$/ يوم / م$^{٢}$).

**معدل تحميل المواد الصلبة العالقة**

يعتبر معدل تحميل المواد الصلبة العالقة أو الحمل الصلب من المعايير الهامة التى ينبغى مراجعتها بانتظام، وهو يتراوح عادة بين ١٠٠ و ١٥٠ كجم/يوم/م$^{٢}$ ، إلا أنه يمكن أن يرتفع إلى ٢٥٠ كجم/يوم/م$^{٢}$.

ولحساب معدل الحمل الصلب، نحتاج إلى المعلومات التالية:

- معدل التصرف خلال ساعات الذروة (ت) (م$^{٣}$/يوم)
- معدل إعادة الحمأة المنشطة (ح) (م$^{٣}$/يوم)
- تركيز المواد الصلبة العالقة فى (ص م) (مجم/ لتر)
  السائل المخلوط
- مساحة سطح حوض الترسيب (م) (م$^{٢}$)

ويمكن كتابة المعادلة المستخدمة بالطريقة الرمزية كما يلى:

$$\text{معدل الحمل الصلب كجم/يوم/م}^{٢} = \frac{(\text{ت} + \text{ح}) \times \text{ص م}}{١٠٠٠ \times \text{م}}$$

مثال:

احسب معدل الحمل الصلب بمعلومية ما يلى:

معدل التصرف فى ساعات الذروة = ١٦٠٠٠ م$^{٣}$/يوم

معدل إعادة الحمأة = ٥٠٠٠ م$^{٣}$/يوم

تركيز المواد الصلبة العالقة فى السائل الممزوج = ٢٩٠٠ (مجم/ لتر)

مساحة سطح حوض الترسيب = ٤٠٠ م$^{٢}$

الحل:

$$\text{معدل الحمل الصلب} = \frac{(\text{ت} + \text{ح}) \times \text{ص م}}{١٠٠٠ \times \text{م}}$$

$$= \frac{(١٦٠٠٠ + ٥٠٠٠) \times ٢٩٠٠}{١٠٠٠ \times ٤٠٠}$$

$$= ١٥٢ \text{ كجم/يوم/م}^{٢}$$

وهذه القيمة تزيد قليلاً عن أقصى قيمة فى المدى المألوف لمعدل الحمل الصلب.

**معدل التحميل على الهدار**

والمعدل الأخير من معدلات التحميل هو معدل التحميل على الهدار، وهو لا يزيد فى معظم المحطات عن ٢٥٠ م$^{٣}$/يوم/م من طول الهدار.

ويمكن استخدام المعادلة التالية لحسابه:

$$\text{معدل التحميل على الهدار م}^{٣}\text{/يوم/م} = \frac{\text{معدل التصرف (م}^{٣}\text{/يوم)}}{\text{طول الهدار (م)}}$$

**مدة المكث**

تعتبر مدة المكث من المعايير الضرورية التى تساعد فى الحكم على سلامة التشغيل. وتعرف مدة المكث بأنها المدة التى تمكثها مياه الصرف الصحى فى الأحواض ومنها أحواض الترسيب. وتتراوح مدة المكث فى التشغيل المعتاد بين ٦ إلى ٨ ساعات بالنسبة لأحواض التهوية، أما بالنسبة لأحواض الترسيب الثانوية، فتتراوح ما بين ٢ – ٣ ساعات.

وتحسب مدة المكث باستخدام المعادلة التالثة:

$$\text{مدة المكث} = \frac{\text{حجم الحوض (م}^{٣}\text{)}}{\text{معدل التصرف (م}^{٣}\text{/يوم)}}$$

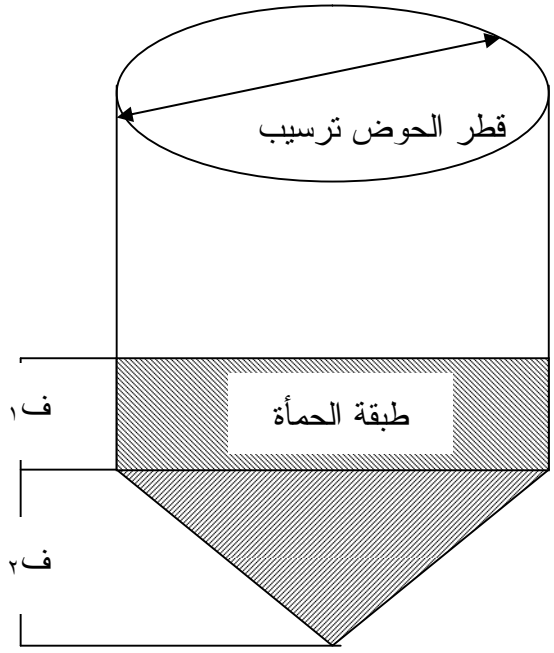
**مخزون المواد الصلبة العالقة فى حوض الترسيب**

عندما يراد حساب كمية المواد الصلبة فى حوض الترسيب، يمكن إتباع الآتى:

١. يتم تحديد عمق طبقة الحمأة (ف$_{١}$، ف$_{٢}$) كما فى الشكل رقم (م٢-١).
٢. يقاس تركيز المواد الصلبة العالقة على ارتفاعات مختلفة من الطبقة ويحسب المتوسط.
٣. يحسب الحجم الذى تشغله الحمأة فى حوض الترسيب حيث الحجم = ٠,٧٨٥ (قطر حوض الترسيب)$^{٢}$ (ف$_{١}$ + ثلث ف$_{٢}$).
=٣,١٤ (قطر حوض الترسيب /٢)$^{٢}$(ف$_{١}$ + ثلث ف$_{٢}$).

٤. يحسب مخزون المواد الصلبة كما يلى:

$$\text{مخزون المواد الصلبة (كجم)} = \frac{\text{الحجم (م}^3\text{)} \times \text{تركيز المواد الصلبة العالقة (مجم/لتر)}}{١٠٠٠}$$




**شكل رقم (م٢ - ١)**
**عمق طبقة الحمأة**

# إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحماة المنشطة

**الملحق الثالث**

# إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

**مقدمة**

تدل حالة المياه التى تتم معالجتها، خلال مراحل المعالجة المختلفة على حدوث بعض المشاكل فى التشغيل أو توقع حدوثها، وسنستعرض فيما يلى بعض الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهرى لعينات المياه المأخوذة من أحواض التهوية ومن المروقات الثانوية، ودلالات هذه النتائج.

كما نتبع ذلك بتحليل لمشاكل التشغيل التى تحدث أحياناً مع بيان مظاهر المشكلة ، وأسبابها المحتملة والبنود التى يجب مراجعتها، بالإضافة إلى توضيح الإجراء التصحيحى لمواجهة المشكلة.

# بيانات عن دراسة حالة

**الملحق الرابع**

# بيانات عن دراسة حالة

**مقدمة**

نعرض على الصفحات التالية بيانات واقعية تم تسجيلها لمحطتين من محطات المعالجة بنظام الحمأة المنشطة، وغنى عن البيان أن تسجيل بيانات تشغل المحطة هو ضرورى لقياس كفاءة التشغيل ومتابعتها على مدار الزمن، لمعرفة المشاكل التى واجهتها وكيفية تصحيحها، والتنبؤ بما قد يحدث مستقبلاً وعمل التعديلات الضرورية بناء على ذلك.

ويمكن لنا استخدام القيم التى تشملها هذه البيانات فى كأمثلة للتدريب على حساب مؤشرات عملية الحمأة المنشطة، لأن الأمثلة فى هذه الحالة تكون واقعية، ومعبرة عن ظروف التشغيل الفعلى فى محطات المعالجة.

## جدول رقم (م٤ - ١)
## بيانات تشغيل محطة معالجة رقم (١)

| اليوم | معدل التصرف م٣/يوم | الأكسجين الكميائى المطلوب (مجم / لتر) | | السائل المخلوط | | | الحمأة المعادة والزائدة | | | المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى المياه الخارجة (مجم/ل) | معدل استهلاك الأكسجين (مجم أكسجين/ ل/ساعة) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نتائج يومية مجم/ل | متوسط ٣ أيام مجم/ل | المواد الصلبة العالقة مجم/ل | المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير مجم/ل | المواد الصلبة المترسبة سم٣/ل | المواد الصلبة العالقة مجم/ل | المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير مجم/ل | كمية الحمأة الزائدة م٣/يوم | | |
| ١ | | ١٧٥ | | | | | | | | | |
| ٢ | | ١٧٥ | | | | | | | | | |
| ٥ | ٧٤٢٠٠ | ١٧٣ | ١٧٤ | ٢١١٨ | ١٦٥٢ | ١٩٠ | ٦٠٢٠ | ٤٦٩٥ | ٧٢٠ | ٩ | ٢٢ |
| ٦ | ٧٧٦٠٠ | ١٦٠ | ١٦٩ | ٢١٠٢ | ١٦٤٠ | ١٨٠ | ٥٩٧٠ | ٤٦٥٦ | ٧٢٠ | ١٢ | ٢٢ |
| ٧ | ٧٦١٠٠ | ١٦٢ | ١٦٥ | ١٩٩٢ | ١٥٧٤ | ١٩٥ | ٥٧٢٢ | ٤٤٠٥ | ٦٨٠ | ١٥ | ٢١ |
| ٨ | ٧٩١٠٠ | ١٧٢ | ١٦٥ | ٢٠٠٠ | ١٥٤٠ | ١٧٠ | ٥٥٨٢ | ٤٣٥٤ | ٧٠٠ | ١١ | ٢١,٥ |
| ٩ | ٧٦٨٠٠ | ١٩٧ | ١٧٧ | ٢٠٣٢ | ١٥٦٤ | ٢٠٥ | ٥٨١٨ | ٤٤٨٠ | ٧٢٠ | ١١ | ٢٢ |
| ١٢ | ٧٦١٠٠ | ١٤٠ | ١٧٠ | ١٩٩٤ | ١٥٦٠ | ١٩٠ | ٥٣٧٤ | ٤١٣٨ | ٧٢٠ | ١٥ | ٢١,٥ |
| ١٣ | ٧٤٩٠٠ | ١٦٨ | ١٦٨ | ١٩٠٢ | ١٤٨٤ | ٢٠٠ | ٥٤٣٤ | ٤٢٤٠ | ٧٤٠ | ١١ | ٢٠,٥ |
| ١٤ | ٧٧٩٠٠ | ١٨٧ | ١٦٥ | ١٨٧٤ | ١٤٦٢ | ٢١٥ | ٥٣٥٦ | ٤١٧٨ | ٧٧٥ | ١٨ | ٢٢ |
| ١٥ | ٧٥٧٠٠ | ١٦٢ | ١٧٢ | ١٨٤٦ | ١٤٤٠ | ٢١٠ | ٥٤٩٨ | ٤٢٩٠ | ٧٤٠ | ١٥ | ٢٢,٥ |
| ١٦ | ٧٦٥٠٠ | ١٧٢ | ١٧٣ | ١٨٢٤ | ١٤٠٤ | ٢٢٠ | ٥٣٩٦ | ٤٣١٦ | ٧٤٠ | ١٥ | ٢٣ |

ل : لتر

المواد الصلبة المترسبة فى اختيار الترسيب لمدة ٣٠ دقيقة

ملحوظة: حجم حوض التهوية ١٨٩٠٠ م٣

## جدول رقم (م٤ - ٢)
## بيانات تشغيل محطة معالجة رقم (٢)

| اليوم | معدل التصرف م٣/يوم | الأكسجين الكميائى المطلوب (مجم / لتر) | | السائل المخلوط | | | الحمأة المعادة والزائدة | | | المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى المياه الخارجة (مجم/ل) | معدل استهلاك الأكسجين (مجم أكسجين/ ل/ساعة) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نتائج يومية مجم/ل | متوسط ٣ أيام مجم/ل | المواد الصلبة العالقة مجم/ل | المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير مجم/ل | المواد الصلبة المترسبة سم٣/ل | المواد الصلبة العالقة مجم/ل | المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير مجم/ل | كمية الحمأة الزائدة م٣/يوم | | |
| ١ | | ٢٤٠ | | | | | | | | | |
| ٢ | | ٢٣٠ | | | | | | | | | |
| ٥ | ١٨٦٠٠ | ٢٥٠ | ٢٤٠ | ٢٨٩٢ | ٢١٥٠ | ٣٢٠ | ٦٩٦٤ | ٥٤٣٢ | ١٨٢ | ١١ | ٣٢ |
| ٦ | ٢١٧٠٠ | ٢٠٠ | ٢٢٧ | ٢٨١٢ | ٢١٤٢ | ٣٠٠ | ٧١٠٨ | ٥٥٨٠ | ١٧٤ | ٩ | ٣٣ |
| ٧ | ٢٠٥٠٠ | ٢٤٠ | ٢٣٠ | ٢٨٥٤ | ٢١٢٤ | ٣٣٠ | ٧٨٥٦ | ٥٣٢٠ | ١٨٦ | ١٢ | ٣٢,٥ |
| ٨ | ١٨١٠٠ | ٢٧٠ | ٢٣٧ | ٢٨٣٠ | ٢١٢٤ | ٣١٥ | ٧٠١٢ | ٥٤٨٠ | ١٧٤ | ١٥ | ٣٣ |
| ٩ | ١٨٣٠٠ | ٢٥٥ | ٢٥٣ | ٢٧٩٨ | ٢١٠٦ | ٣٢٠ | ٦٨٩٤ | ٥٣٢٨ | ١٧٠ | ١٤ | ٣٣ |
| ١٢ | ١٧٦٠٠ | ٢٣٥ | ٢٥٣ | ٢٦٥٠ | ٢٠٤٠ | ٣٦٠ | ٦٧٤٨ | ٥٣٥٢ | ١٧٤ | ١٨ | ٣٤ |
| ١٣ | ١٨٣٠٠ | ٢٥٠ | ٢٤٧ | ٢٥٨٢ | ١٩٩٤ | ٣٧٥ | ٦٨٣٠ | ٥٤٢٢ | ١٨٢ | ١٦ | ٣٤ |
| ١٤ | ١٩٠٠٠ | ٢٢٠ | ٢٣٥ | ٢٥٤٦ | ١٩٦٢ | ٤٠٥ | ٦٨٣٦ | ٥٣١٨ | ١٨٦ | ٢٠ | ٣٣,٥ |
| ١٥ | ١٩٨٠٠ | ٢١٥ | ٢٢٨ | ٢٤٧٠ | ١٨٩٠ | ٤٠٥ | ٧٠٢٤ | ٥٥٠٠ | ١٨٢ | ١٨ | ٣٤ |
| ١٦ | ٢٠٤٠٠ | ٢٤٠ | ٢٢١ | ٢٤١٢ | ١٨٢٨ | ٤٢٠ | ٦٨٢٠ | ٥٣٥٠ | ١٧٨ | ٢٢ | ٣٤,٥ |
| ١٩ | ١٩٥٠٠ | ٢٣٥ | ٢٣٠ | ٢٢١٠ | ١٦٨٠ | ٤٢٠ | ٦٦٠٢ | ٥١٥٠ | ١٥١ | ٢٢ | ٣٣ |
| ٢٠ | ١٩٢٠٠ | ٢٣٠ | ٢٣٥ | ٢١٧٤ | ١٦٥٠ | ٤١٥ | ٦٥٦٠ | ٥٠٨٠ | ١٥١ | ٢٥ | ٣٣,٥ |
| ٢١ | ١٨٢٠٠ | ٢٥٠ | ٢٣٩ | ٢١٥٢ | ١٦٢٢ | ٤٠٥ | ٦٦١٠ | ٥١٢٠ | ١١٤ | ٢٢ | ٣٣ |
| ٢٢ | ١٨٦٠٠ | ٢٢٥ | ٢٣٥ | ٢١٥٠ | ١٦٤٤ | ٣٩٠ | ٦٤٩٠ | ٥٠٦٠ | ١١٤ | ٢٤ | ٣٢,٥ |
| ٢٣ | ١٩١٠٠ | ٢٣٠ | ٢٣٥ | ٢١٥٤ | ١٦٦٢ | ٤٠٠ | ٦٥٨٤ | ٥١٦٠ | ١١٤ | ٢٥ | ٣٣ |
| ٢٦ | ١٩٢٠٠ | ٢٥٠ | ٢٣٥ | ٢١٨٤ | ١٧٠٠ | ٣٧٥ | ٦٣٨٤ | ٤٩٨٠ | ١١٤ | ٢٢ | ٣٣ |
| ٢٧ | ١٩٧٠٠ | ٢٢٠ | ٢٣٣ | ٢١٩٨ | ١٧٣٢ | ٣٦٠ | ٦٤٩٨ | ٥١٦٠ | ١١٤ | ١٩ | ٣٢,٥ |
| ٢٨ | ١٨٦٠٠ | ٢٤٠ | ٢٣٧ | ٢٢٨٦ | ١٧٧٤ | ٣٨٥ | ٦٦٠٨ | ٥٢٣٠ | ١٣٣ | ٢٢ | ٣٣ |
| ٢٩ | ١٨٣٠٠ | ٢٦٠ | ٢٤٠ | ٢٢٥٤ | ١٧٧٠ | ٣٦٠ | ٦٥٨٦ | ٥١٨٠ | ١٣٣ | ٢٠ | ٣٣ |
| ٣٠ | ١٧٤٠٠ | ٢٥٠ | ٢٥٠ | ٢٣٠٢ | ١٧٨٠ | ٣٥٠ | ٦٧٠٨ | ٥٣٠٠ | ١٣٣ | ١٦ | ٣٢,٥ |

ل : لتر

المواد الصلبة المترسبة فى اختيار الترسيب لمدة ٣٠ دقيقة

حجم حوض التهوية ٤٥٤٠ م٣