الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

Contents

مقدمة.....3
تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي: 4
أولا: المعالجة الهوائية (Aerobic Treatment): 4
ثانيا: المعالجة اللاهوائية (Anaerobic Treatment):.....5
تصنيف طرق المعالجة البيولوجية طبقا لنوع النمو 6
أ- المعالجة بالنمو المعلق 6
ب- المعالجة بالنمو الملتصق 6
ج- انظمة اخري 6
أ - المعالجة بالنمو المعلق: -.....7
الحمأة المنشطة:.....7
العوامل التى تؤثر على كفاءة التشغيل بنظم الحمأة المنشطة :- 18
1- الحمل العضوي.....18
2- الأس الهيدروجيني 18
3- المخلفات الصناعية 18
4- درجة الحرارة 18
5- الاكسجين الذائب ودرجة الخلط.....18
6-تركيز المواد الصلبة العالقة بحوض التهوية.....18
7- عمر الحمأة.....18
8-القابلية للترسيب ومؤشر حجم الحمأة 19
9- نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F\M):.....19
10- معدل تنفس الكائنات الحية.....19
11-نوعية الكائنات الحية.....20
البكتريا : 20
البروتوزوا والروتيفيرا : 20
الكائنات الخيطية:.....21
الطحالب :.....21
الديدان : 22
الفيروسات : 22

مقدمة

بدأت مشكلة مياه الصرف الصحي مع استخدام الماء بصورة كبيرة فى الدورات الصحية التي كانت تقام بعيداً عن المنازل السكنية. وفي البداية أنشأ الإنسان أحواضاً مطمورة صماء(خزانات) لتجميع المياه الملوثة، ثم انتقلت دورات المياه إلى داخل المنازل، وصارت حفر التجميع تستقبل مياه الشطف والغسيل والحمّامات ودورات المياه. ومع تطور المجتمعات البشرية وإقامة المدن، بدأ التفكير بتجميع مياه الصرف من الأبنية عبر قنوات أو شبكات من الأنابيب إلى خارج حدود المدينة (أقرب نهر أو بحيرة أو أقرب شاطئ بحري)، وقد عرفت مدينة لندن أقدم شبكة صرف صحي عامة في أوربا، ثم انتقلت الفكرة إلى مدينة باريس لتنتشر بعد ذلك في مدن أوربية كثيرة، وليفرض فيما بعد على جميع مالكي الأبنية ضرورة ربط شبكات الصرف لديهم بقنوات إلى شبكة الصرف العامة. أدى ازدياد طرح كميات مياه الصرف في المسطحات المائية إلى تفاقم مشكلات تلوث المياه، مما حتَّم معالجة هذه المياه قبل طرحها إلى المسطحات المائية، وقد بدأت فكرة معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام طرق ميكانيكية، كالترسيب لإزالة العوالق الكبيرة، ثم استخدام المصافي الخشبية والمعدنية، ثم استخدام المرشحات الرملية البطيئة القابلة للغسيل العكسي. أما فكرة المعالجة البيولوجية فقد ظهرت بعد مدة طويلة من استخدام مياه الصرف الخام في ري المزروعات، وقد بدأ الباحثون باستخدام هذه الفكرة لتصفية مياه الصرف الصحي عبر الأراضي الرملية، وظهر المرشح البيولوجي biological filter بعد معرفة دور البكتريا في هدم المادة العضوية، ثم ظهرت طرق جديدة في المعالجة، كنظام القرص البيولوجي الدوار والمفاعلات البيولوجية المختلفة وغيرها. وقد حقق الباحثان الإنكليزيان وليام لوكيت William Lockett وإدوارد أردين Edward Ardern ثورة علمية في مجال معالجة مياه الصرف عام 1914 باكتشافهما طريقة الحمأة المنشطة activated sludge والتي يقصد بها معالجة مياه الصرف الصحي بوساطة الندف المنشطة. وتعد هذه الطريقة بمنزلة تنقية ذاتية منشطة اصطناعياً؛ إذ إن العمليات التي تجري فيها هي نفسها التي تجري في المجاري المائية الطبيعية كالأنهار والبحيرات. وتتم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة عن طريق تهوية وتقليب هذه المخلفات في أحواض خاصة تدعى أحواض التهوية، وينتج من ذلك امتصاص الخليط للأكسجين من الهواء، واستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى هذا الأكسجين في تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلى مواد غير قابلة للتحلل، كما يؤدي التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد العالقة الدقيقة أي تجميع هذه المواد وتلاصقها إلى حبيبات أكبر(Flocs) يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي.

ويجب أن تتمشى درجة المعالجة مع الغرض الذي من أجله أُنشئ نظام المعالجة، حيث ضوابط ومعايير قياسية لنوعية المياه التي يتم التخلص منها بموجب القانون 48 لسنه 1982 وتعديلاته، بهدف حماية البيئة وحماية أماكن الصرف ونظراً لزيادة النمو السكاني المطرد وزيادة الحاجة الى المياه مع ضرورة المحافظة على البيئة تأتى أهمية معالجة مياه الصرف الصحي لإعادة الاستخدام الامن.

وتهدف عملية معالجة الصرف الصحي إلى إزالة المواد الصلبة الضارة حيث يمكن الاستفادة من المياه المعالجة والحمأة الناتجة دون الإضرار بالبيئة.

تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي:

توجد طرق عديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي بغرض التخلص من مسببات تلوث تلك المياه سواء كانت مواداً عضوية أو غير عضوية.

تتم إزالة الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي من خلال عمليات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية:

فيزيائية: مثل في إزالة المواد العالقة (بالترسيب).

كيميائية: مثل في إضافة بعض المواد الكيميائية التي تساعد في ترسيب التخلص من المواد العالقة وتخفيف الأحمال العضوية.

بيولوجية: حيث يتم تحويل بعض المركبات العضوية إلى مواد بسيطة سهلة الترسيب وإلى خلايا وغازات متطايرة بواسطة الكائنات الحية عن طريق أكسدة المواد العضوية المختلفة في مياة الصرف الصحي وتحويل المواد العضوية الغير قابلة للترسيب والذائبة الى مركبات مستقرة وكتلة حيوية تتألف معظمها من البكتريا وبعض الكائنات الدقيقة التي يسهل ترسبها ومعالجتها للحصول على مياه خالية عمليا من التلوث العضوي وتعتمد هذه المعالجة البيولوجية على عوامل مختلفة من أهمها توفر الغذاء الازم ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني ونوعية المعالجة (هوائية / لاهوائية) وتتم عملية تحويل المواد العضوية من خلال أكسدتها إلى منتجات نهائية، وهذه العملية تتم خلال حصول البكتريا على الطاقة الضرورية لتشييد خلايا جديدة ومع غياب المواد العضوية فإن الخلايا تتحلل إلى غازات ومتطلبات طاقة لبقاء النوع ويمكن تصنيف عمليات المعالجة البيولوجية بوجه عام الي نوعين وهما المعالجة الهوائية واللاهوائية

أولا: المعالجة الهوائية (Aerobic Treatment):

تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة والبكتريا الهوائية أو الاختيارية، والتي تعيش في وجود الأكسجين الذائب

ولتوضيح ما يحدث من تفاعلات بيولوجية بفعل البكتيريا الهوائية فيمكن تبسيط ذلك بالمعادلات الآتية:

عملية الأكسدة:

وفيه يتم تحول المواد العضوية إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة وذلك عن طريق استخدام الكائنات الحية الدقيقة للمواد العضوية كمصدر للغذاء في وجود الأكسجين.

مادة عضوية + أكسجين $\xrightarrow[\text{أنزيم مساعد}]{\text{بكتيريا}}$ ثاني أكسيد الكربون CO_2 + مياه H_2O + طاقة E

إنتاج خلايا جديدة:

وفيه تستغل الكائنات الحية الدقيقة الطاقة الناتجة من التفاعل الأول لإنتاج كائنات جديدة كما يلي:

مادة عضوية + فسفور + نتروجين + أكسجين + طاقة $\xrightarrow{\text{بكتيريا}}$ خلايا جديدة + مياه + CO_2

موت وتحلل الخلايا:

وفيه يتم أكسدة الكائنات الحية وتحللها مع الوقت فى حالة عدم وجود غذاء كافى كما يلي:

خلايا جديدة + أكسجين $\xrightarrow[\text{أنزيم مساعد}]{\text{بكتيريا}}$ ثاني أكسيد الكربون + مياه + نترات + طاقة

والمعادلة التالية تلخص العملية كلها:

وتفيد المعالجة الهوائية في إزالة الأكسجين الحيوي الكربوني Carbonaceous BOD وكذلك إزالة الأكسجين الحيوي النتروجيني

$$\begin{matrix} C \\ H \\ O \\ N \\ S \\ P \end{matrix} \xrightarrow[O_2]{\text{Microorganisms}} \begin{matrix} CO_2 \\ H_2O \\ NO_3 \\ SO_4 \\ PO_4 \end{matrix} + \text{New Cells} + \text{Energy.}$$

Nitrogenous BOD أي المتعلق بأكسدة الأمونياNH_3 الموجودة في المخلفات السائلة وتحويلها إلى مركبات النيتريت والنترات. 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 عالية للمياه الخارجة. ولضبط كمية من الأكسجين الذائب في حوض التهوية يتم تعديل كمية الهواء المضغوط الداخل إلى الحوض، أو تتغير درجة غمر ريش مراوح التهوية الميكانيكية تحت سطح المياه، أو تعديل عدد وحدات التهوية العاملة، أو التحكم في زمن بقاء السائل الممزوج في حوض التهوية بضبط منسوب هدارات المخرج.

ثانيا: المعالجة اللاهوائية (Anaerobic Treatment):

وفي هذه الطريقة تعتمد عملية المعالجة على الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في غياب الأكسجين الذائب أي اللاهوائية، ويستخدم هذا النوع في تثبيت المواد العضوية (Stabilization) أي تحويلها إلى مواد ثابتة وغازات مثل CO_2, CH_4, NH_3, H_2S وغازات أخرى. وتستخدم هذه الطريقة في عملية الهضم اللاهوائي للحمأة وكذلك في معالجة المخلفات شديدة التلوث الناتجة من المخلفات الصناعية. والتفاعل التالي يوضح ما يحدث بالتحلل اللاهوائي أي في حالة غياب الأكسجين الذائب:

$$\begin{matrix} C \\ H \\ O \\ N \\ S \end{matrix} \xrightarrow{\text{Bacteria}} \begin{matrix} CO_2 \\ H_2O \\ NH_3 \\ H_2S \\ CH_4 \end{matrix} + \text{New Cells} + \text{Energy.}$$

والطاقة الناتجة من هذه التفاعلات تستخدمها البكتيريا في عملية بناء الخلايا الجديدة.

تصنيف طرق المعالجة البيولوجية طبقا لنوع النمو

أ- المعالجة بالنمو المعلق

1- المعالجة البيولوجية (التقليدية) باستخدام الحمأة المنشطة

2- نظام التهوية الممتدة

3-قنوات الاكسدة

4- نظام التثبيت بالتلامس

5- الخلط الكامل

6- المفاعل متعدد الدفعات (SBR)

ب- المعالجة بالنمو الملتصق

1- المرشحات الزلطية

2- المعالجة البيولوجية باستخدام الاقراص البيولوجية الدوارة RBC

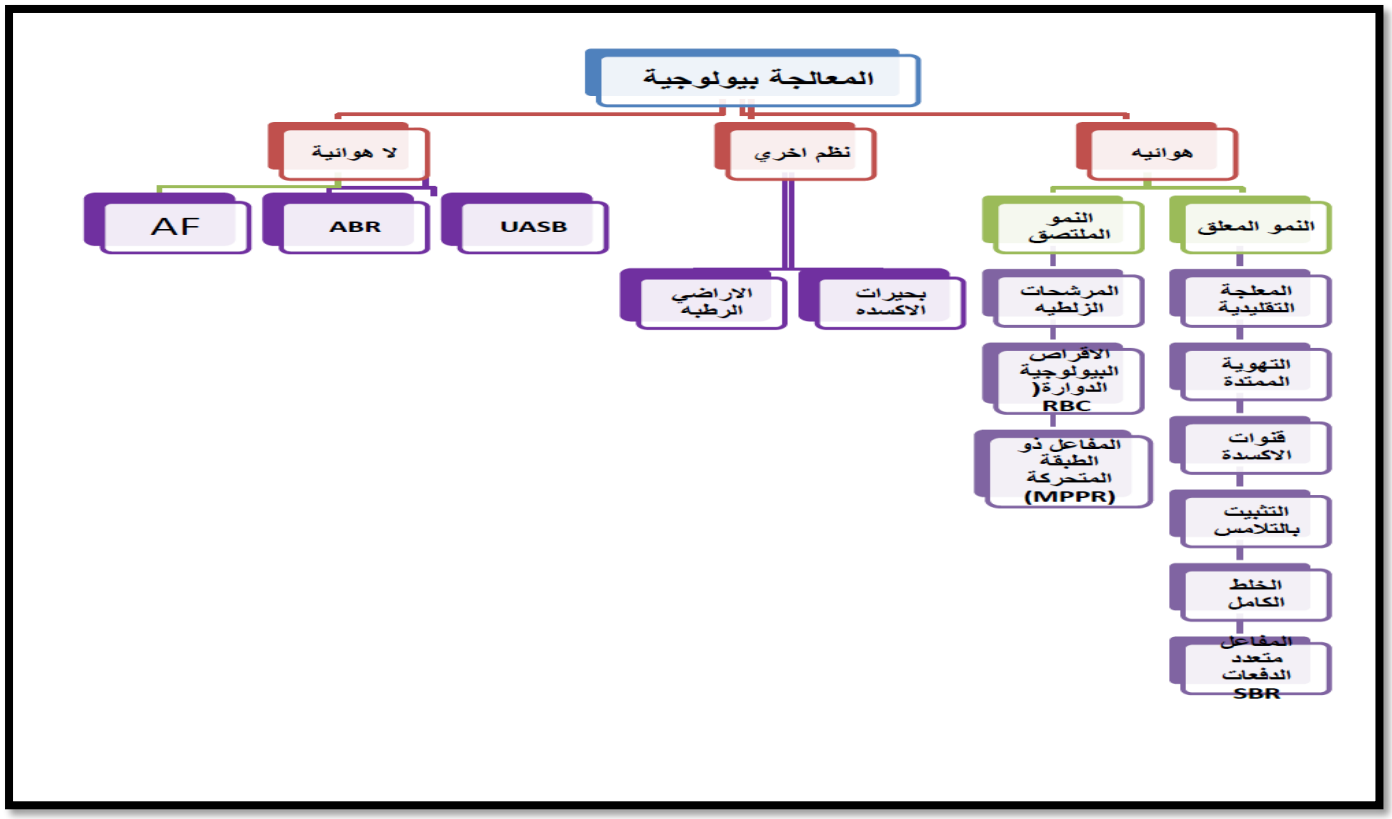
3- تقنية المفاعل ذو الطبقة المتحركة (MBBR)

ج- انظمة اخري

1- المعالجة البيولوجية باستخدام بحيرات الاكسدة .

2- المعالجة باستخدام الأراضي الرطبة .

ويمثل الشكل التالي تصنيف لطرق المعالجة البيولوجية



المعالجة الثانوية (البيولوجية)

تعتبر هذه المرحلة أهم مراحل المعالجة التي يتم تطبيقها على المياه الملوثة في المحطة وتهدف هذه المعالجة إلى أكسدة المواد العضوية المختلفة في مياه الصرف وتحويلها إلى مركبات مستقرة وكتلة حيوية تتألف معظمها من البكتريا وبعض الكائنات الدقيقة التي يمكن فصلها عن المياه ومعالجتها على إنفراد وبالتالي الحصول على مياه خالية عملياً من التلوث العضوي. وبشكل عام تتم المعالجة الثانوية في وحدتين رئيسيتين هما أحواض التهوية وأحواض الترسيب الثانوية.

نظم المعالجة الثانوية المختلفة

أ - المعالجة بالنمو المعلق: -

الحمأة المنشطة:

- هي الندف التي تتكون من تجمعات عديدة من الخلايا البكتيرية والكائنات الاولية بأحواض التهوية حيث يتم تقليبها محتوياتها في وجود تركيز مناسب من الاكسجين الذائب وتترسب بأحواض الترسيب النهائي وهذه الحمأة المترسبة يطلق عليها الحمأة النشطة.
- يعتبر اسلوب الحمأة المنشطة من أكثر الطرق انتشارا في العالم لمعالجة مياه الصرف الصحي وذلك لما لها من مزايا عن بقية الطرق من ناحية المياه المعالجة ومرونة التشغيل.
- يعتمد اسلوب الحمأة المنشطة علي النشاط الحيوي لخليط من الكائنات الحية الدقيقة بالأخص البكتريا الهوائية التي تتغذى على المركبات العضوية في مياه المجاري مع توفير الظروف الملائمة لنمو هذا الخليط من الكائنات الحية الدقيقة.

التهوية المختلفة بأحواض التهوية

تتم تهوية المياه الخام مع الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائي في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية. وتظل المياه في حوض التهوية فترة تختلف باختلاف النظام المستخدم حيث تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدي وظيفتها في أكسدة وتثبيت المواد العضوية.

ويجب أن تتوافر في أحواض التهوية الشروط الآتية:

- توافر الأكسجين في كافة أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا في أكسدة وتثبيت المواد العضوية.
- وجود تقليب مستمر في أحواض التهوية ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكوين ندف اكبر حجماً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي.
- التقليب بشدة كافية لمنع ترسيب المواد العالقة - أي هبوطها إلى قاع حوض التهوية - خوفاً من تراكمها لأن ذلك يتعارض مع استكمال عملية الأكسدة، وكذلك لخلو هذه الأحواض من وسائل إزالة وكسح الرواسب من القاع.

يمكن تقسيم طرق التهوية والتقليب الى:

- **التهوية بالهواء المضغوط.**

يتم في هذه الطريقة مزج المخلفات السائلة بعد معالجتها وخروجها من أحواض الترسيب الابتدائي بنسبة من حجم الحمأة المنشطة السابق ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي. ثم يمر الخليط في أحواض التهوية التي تتم فيها عملية التقليب والتهوية بواسطة فقاعات من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو القوالب المسامية مثبتة في قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء وتسمي هذه البلاطات او القوالب بناشرات الهواء.

ناشرات الهواء بحوض التهوية

مزايا وعيوب أنظمة التهوية بواسطة ناشرات الهواء

مزايا ناشرات الهواء:

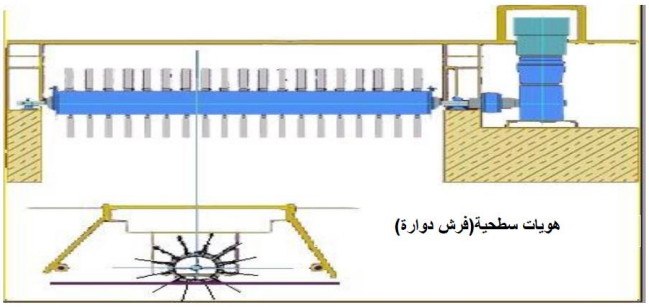
- ✓ كفاءة عالية في التحكم في كمية الهواء المحقونة بسبب محابس التحكم في الهواء
- ✓ عملية الخلط جيدة من قاع الحوض إلى أعلى سطح الماء
- ✓ كفاءة عالية في اذابة الاكسجين في الماء بسبب زيادة المساحة السطحية للفقاعات
- ✓ لا يوجد مناطق ميتة (خالية من الاكسجين) في قاع الحوض
- ✓ أكثر فعالية لتطبيقات أعمق

عيوب ناشرات الهواء:

- ✓ ارتفاع التكاليف الأولية بسبب التعقيد ، وكمية المعدات والتركيب
- ✓ مشكلة الضوضاء المحتملة من ضواغط الهواء (يمكن التخفيف منها)
- ✓ امكانية سدد ناشرات الهواء بواسطة الحمأة (يجب اجراء الصيانة كل 1-2 سنوات أو عند بداية السدد)
- ✓ أقل كفاءة للتطبيقات الضحلة أقل من 2.4 متر
- ✓ صعوبة الصيانة و خاصة في ناشرات الهواء نظرا لوجودها في قاع الحوض

- **<u>التهوية الميكانيكية.</u>**

ويمثل هذا النوع من التهوية اما هوايات سطحية افقية او راسية .



- التهوية بالطرق المشتركة (الهواء المضغوط مع التقليب الميكانيكي).

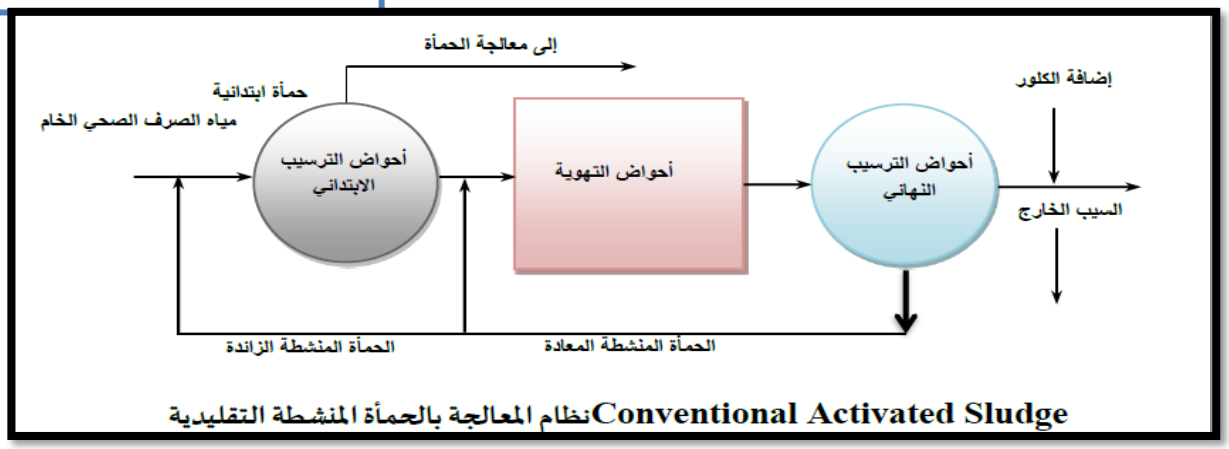
<u>الانواع المختلفة للمعالجة بنظم الحماه النشطة</u>

1- المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة التقليدية Conventional Activated Sludge

النظام التقليدي للمعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة يشمل أحواض ترسيب ابتدائي و أحوض تهوية و أحوض ترسيب نهائي وخط إعادة الحمأة المنشطة الى مدخل حوض التهوية و خط للحماه الزائدة إلى غرفه توزيع أحواض الترسيب الابتدائي . وهذا النظام هو الأكثر شيوعا من بين الأنظمة المختلفة للحمأة المنشطة .

فى هذا النظام تدخل مياه الصرف الصحي الخارجة من الترسيب الابتدائي الى حوض التهوية حيث يتم خلطها بالحمأة المنشطة المعادة ويتم تهوية مكونات حوض التهوية لمده 4-8 ساعات في الحمأة المنشطة التقليدية . و خلال مده التهوية يتم حدوث عملية أكسده وتحليل المواد العضوية والأمونيا بواسطة البكتيريا الهوائية يتم بعد ذلك ترسيب الحمأة المنشطة فى حوض الترسيب الثانوي ثم يعاد نسبه من الحمأه تتراوح من 25 – 50 % من معدل دخول مياه الصرف الصحي لحوض التهوية او حسب ظروف التشغيل.

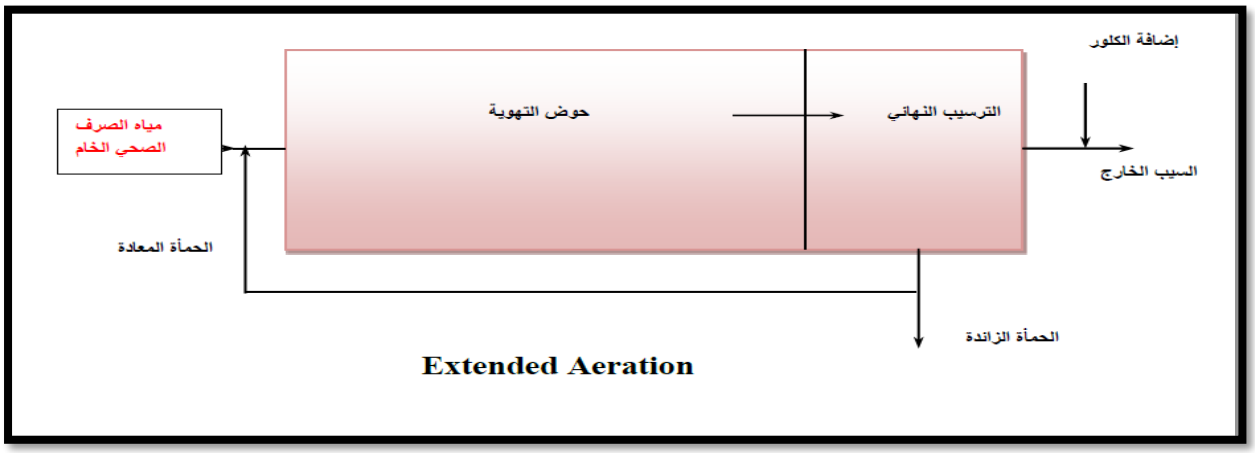
فى هذا النوع من المعالجة بالحمأة المنشطة التهوية فى حوض التهوية أما أن تكون تهوية ميكانيكية أو بالهواء المضغوط فى هذا النوع من المعالجة بالحمأة المنشطة يتم التخلص من 85 % الى 95% من الأكسجين الحيوي الممتص (BOD) الداخل لحوض التهوية هذا النظام حساس جدا للأحمال العضوية و تصرفات المياه الخام المفاجئة



نظام المعالجة بالحمأة المنشطة التقليديةConventional Activated Sludge

2- نظام التهوية الممتدة Extended Aeration:

تتشابه طريقة التهوية الممتدة مع طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية، فيما عدا أن الكائنات الحية تظل بأحواض التهوية مدة أطول ففي هذه الطريقة يستمر تهوية الخليط لمدة تتراوح بين 20 و 30 ساعة، ويتراوح تركيز المواد الصلبة العالقة بالخليط في هذه الطريقة (Mixed Liquor Suspended Solid) ما بين 2000-5000 ملجم/لتر كما تتراوح مدة المكث في حوض الترسيب النهائي بين 3 و4 ساعات، ويمكن الاستغناء في هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائي. والمواد المنتجة من هذه الطريقة هي ثاني أكسيد الكربون، ماء ومخلفات بيولوجية، فالتهوية الممتدة لا ينتج عنها حمأة كثيرة مثل باقي النظم ويوضح الشكل التالى رسم توضيحى لمراحل المعالجة، وتستخدم كمية كبيرة من الهواء في هذا النظام لذا فإن تكاليف التشغيل تكون مرتفعة جداً.

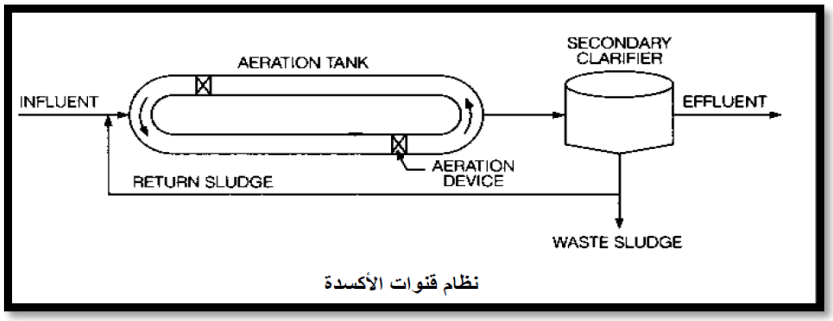


Extended Aeration

3- قنوات الاكسدة:

وهي تطوير لنظام التهوية الممتدة؛ وفيما يلى شرح موجز لها.

تعتبر قنوات الأكسدة نوع من أنواع التهوية الممتدة وتتميز بوجود قناة كبيرة تقوم بعمل حوض التهوية ويركب بها قلابات ميكانيكية أفقية تقوم بعملية التهوية كما هو موضح بالشكل.

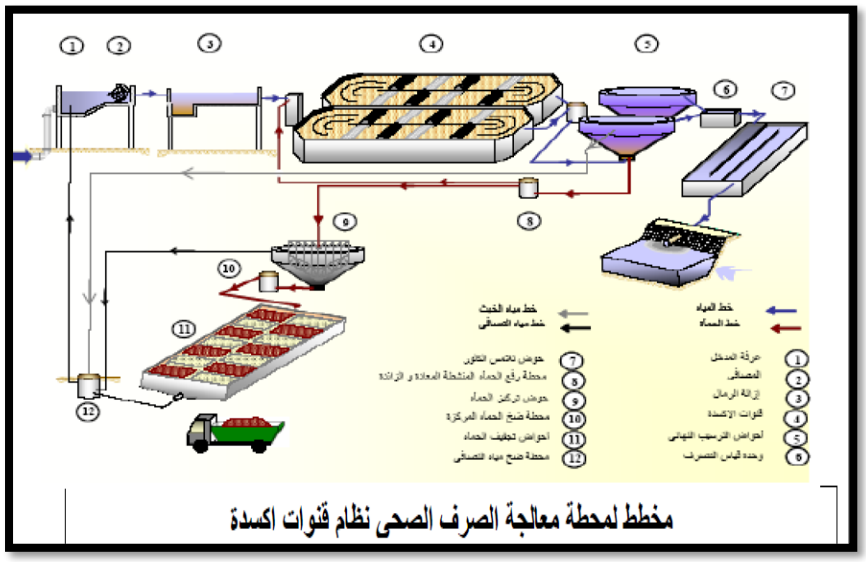


نظام قنوات الأكسدة

وكما هو موضح بالشكل فان حوض التهوية عبارة عن قناة دائرية أو بيضاوية الشكل ويتم تقليب مكونات حوض التهوية باستخدام قلابات ميكانيكية أفقية وعمقها يتراوح (ما بين 2 - 3 متر) . تنشأ قنوات الأكسدة من الخرسانة المسلحة فى حاله زيادة العمق والعرض

ومعدلات التهوية ويمكن إنشائها فى التربة الطبيعية إذا كانت قوية ومتماسكة وتطور التصميم الانشائى لهذا النظام فأصبح حوض التهويه عبارة عن حوض مستطيل من الخرسانه المسلحة مع وجود فاصل بالطول في منتصف الحوض من الخرسانه او الطوب كما يوجد في بداية و نهاية حوض التهويه قوسين من الطوب أو الخرسانه مع وجود رواتر للتهويه حيث أن هذا التصميم بهذ الشكل مع وجود رواتر التهويه يجعل المياه الداخله لحوض التهويه في حركه و تقليب مده طويلة لزيادة مده التهويه .

تعمل القلابات الميكانيكية على تهوية المياه فى القناة ومنع ترسيب المواد العالقة فى حوض التهوية ويجب أن تكون سرعة المياه الناتجة عن دورات القلابات الميكانيكية فى حدود 0.2 – 0.4 م/ ث القلابات الميكانيكية تكون فى العادة من النوع القفصى (BRUSH DISK) وتسمى ايضا رواتر التهويه.

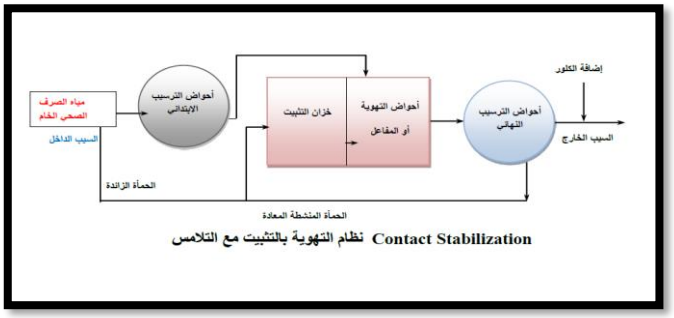


مخطط لمحطة معالجة الصرف الصحى نظام قنوات اكسدة

فى نظام قنوات الأكسدة عادة لا يوجد أحواض ترسيب ابتدائي و المياه الخام تدخل لأحواض التهويه مباشرة بعد مرورها على المصافي و الراسب الرملى ولذلك يزداد تركيز الاكسجين الحيوى الممتص (BOD) و المواد العالقة TSS و معروف انه كلما زاد تركيز المواد العضويه فان ذلك يحتاج إلى تركيز عالى من الحمأه المنشطه و مده تهويه أطول و لهذا فان مده التهويه في هذا النظام تتراوح من 15 – 30 ساعه وان تركيز الحمأه في التهويه يتراوح من 2000 – 5000 مجم / لتر . وأن عمر الحمأه في هذا النظام تتراوح من 15 – 30 يوم و أن نسبه الغذاء إلى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه تتراوح من 0.1 – 0.3 وتتحمل قنوات الأكسدة التصرفات الصغيرة والمتوسطة من مياه الصرف الصحي .

فى نظام قنوات الأكسدة يتم ضخ مياه الصرف الصحي الخام والحماة المنشطة المعادة فى القناة فى اتجاه حركة القلاب الميكانيكي وتسحب المياه من نقطة مقابلة فى الجانب الأخر من القناة ويوضع هدار عند مكان خروج المياه من القناة ويجب أن يكون طول الهدار مناسب بحيث لا يتسبب فى زيادة منسوب المياه فى أوقات معدلات التحميل القصوى والذى قد ينتج عنه غمر الهدار و يلى قنوات الأكسدة احواض ترسيب نهائي وذلك لترسيب وفصل الحمأة ثم يعاده جزء من هذه الحمأة لقنوات الأكسدة والحماة الزائدة تضخ الى أحواض تركيز الحمأة يتم في مصر حاليا انشاء و تشغيل عدد كبير من محطات معالجه الصرف الصحى بالحمأه المنشطه بنظام قنوات الأكسده ذات سعات 2000 و 10000 م3 / يوم وتتكون هذه المحطات من مصافي ميكانيكية وراسب رملي و تهويه وأن عمليه التهويه تتم بطريقه ميكانيكية بواسطه رواتر للتهويه وترسيب نهائى كما هو موضح بالشكل التالى و يبين الجدول السابق أسس تصميم وتشغيل هذا النظام من حيث مده التهويه وتركيز المواد العالقة في التهويه ونسبه الغذاء إلى نسبه الكائنات الحيه الدقيقه و عمر الحمأه.

4- نظام التثبيت بالتلامس Contact Stabilization



نظام التهوية بالتثبيت مع التلامس Contact Stabilization

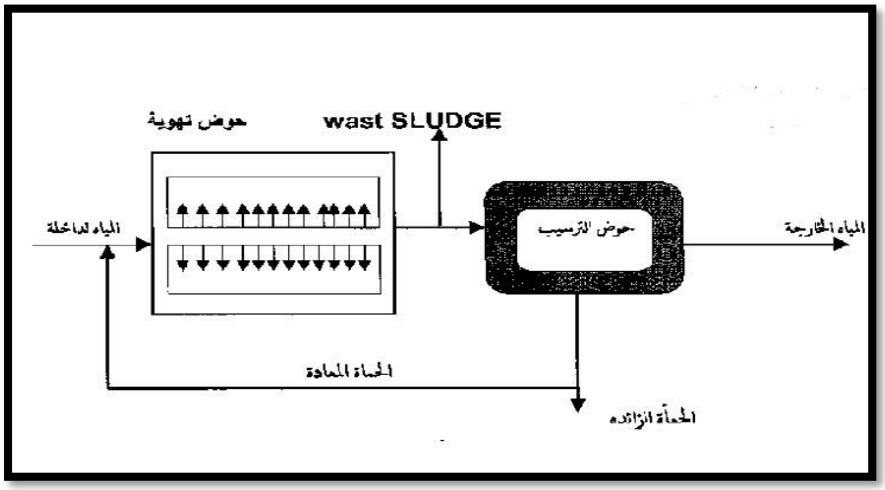
تتشابه طريقة التثبيت بالتلامس مع المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية، وهي تعرف بعملية الامتصاص الحيوي، فيما عدا أن إدمصاص وامتصاص المخلفات وهضمها بواسطة الكائنات الحية يتم في أحواض تهوية مختلفة (حوضين تهوية) كما هو موضح بالشكل التالى.

وتقوم الكائنات الحية بإدمصاص (تكثيف) المخلفات علي جدار

خليتها في حوض التهوية بالتلامس لفترة قصيرة تتراوح بين 0,5 - 1 ساعة ثم يتبع ذلك ترسيب الحمأة بحوض الترسيب النهائي حيث يتم سحبها وضخها الي حوض تهوية يسمي حوض التثبيت. يتم فية تثبيت الحمأة المعادة لمدة من 2 الي 4 ساعات (طبقًا لمتطلبات الكود المصري) لتستهلك كل الغذاء حتي تُصبح جائعة وبعد ذلك يتم إعادتها الي خزان التلامس وهي جاهزة وشرهة للغذاء.

وتتراوح نسبة المواد الصلبة بالخليط في هذه الطريقة (Mixed Liquor Suspended Solid) فى خزان التلامس من 1000-3000 ويتراوح من 3000-6000 فى خزان التثبيت وهو يعتبر أعلي قيمة من طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية، ويتطلب هذا النظام كمية هواء مماثلة للنظام التقليدي يتم تقسيمها علي حوضي التلامس والتثبيت وبالرغم من ذلك فإن مجموع حجمي الحوضين يساوي نصف حجم الحوض في النظام التقليدي.

5- الخلط الكامل (Complete Mix)



يتم تغذية حوض التهوية بمياه الصرف الصحي الخام بشكل متساوي علي طول الحوض ويتم سحب الحمأة من الحوض بنفس الطريقة وذلك من الجانب الآخر علي ان تكون قيم تركيز السائل المخلوط MLSS متماثلة في جميع أجزاء الخزان وفي حدود 1500-4000 مجم/لتر.

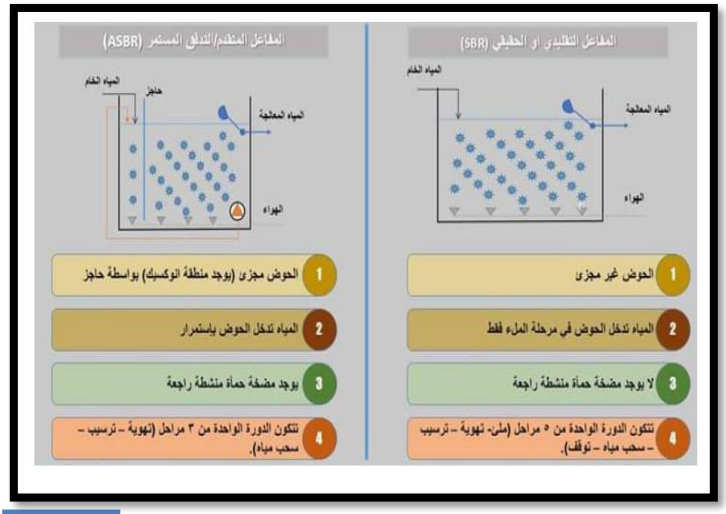
ويمكن للمشغل تقييم درجة الخلط بالحوض بقياس قيم الأكسجين المذاب (DO) والمواد الصلبة، فاذا كان الخليط متماثل فستكون هذه القياسات تقريبا متماثلة, ويوضح الشكل التالى نظام الخلط الكامل.

ويتميز هذا النظام بقدرة استيعاب لكميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة بحوض التهوية مما يؤدي إلي خفض حجم الحوض بالإضافة إلي استقرار النظام بدرجة عالية تسمح بمواجهة أي زيادة في الأحمال الهيدروليكية والعضوية.

6- المفاعل متعدد الدفعات Sequencing Batch Reactor (SBR)

يتم معالجة مياه الصرف الصحي بيولوجياً في المفاعل متعدد الدفعات وهو حوض واحد يتم ملئه وتهويته بمياه الصرف الصحي الخام وتخلط مع الحمأة المنشطة الموجودة بالحوض ثم تتم عملية الترسيب في حوض واحد مشترك(**SBR**)

وصف عملية المعالجة البيولوجية بالمفاعل متعدد الدفعات SBR



يستخدم حالياً هذا النظام **SBR** لمعالجة مياه الصرف الصحي خمس خطوات بالحوض المشترك التي يتم تنفيذها في التسلسل على النحو التالي:

(1) المليء،

(2) التهوية (التفاعل البيولوجى)

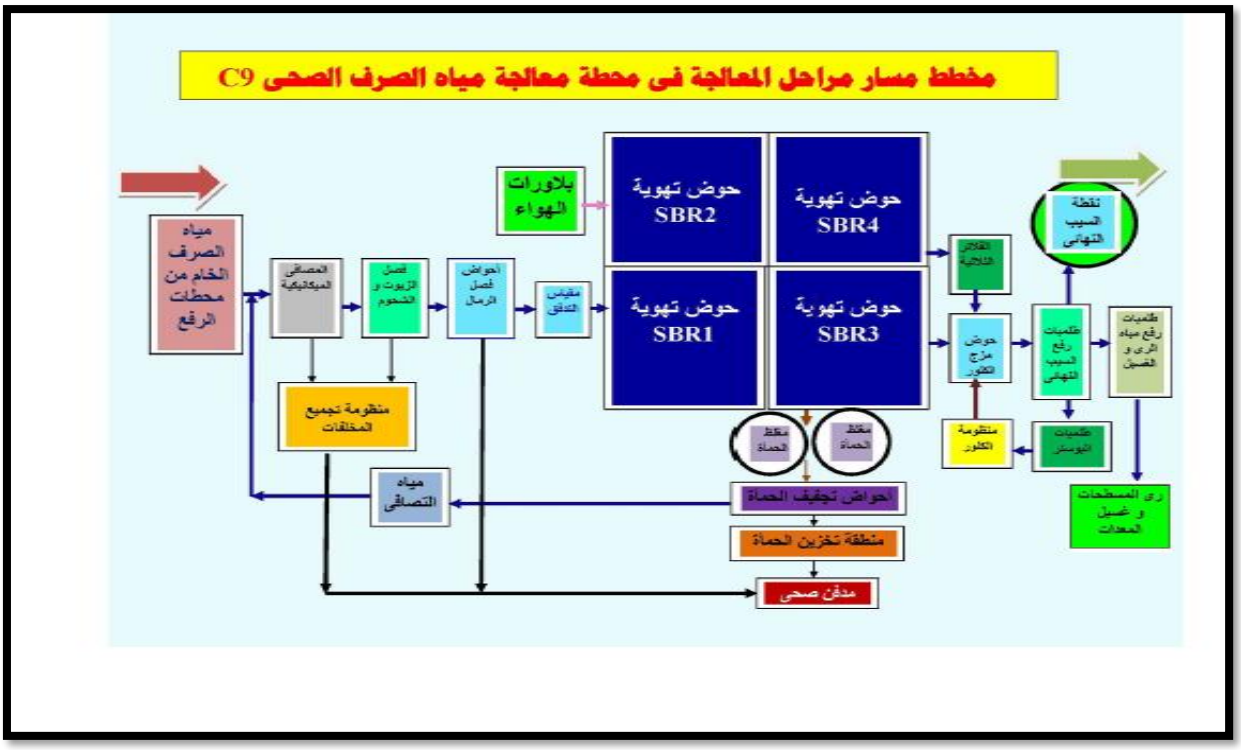
(3) الترسيب،

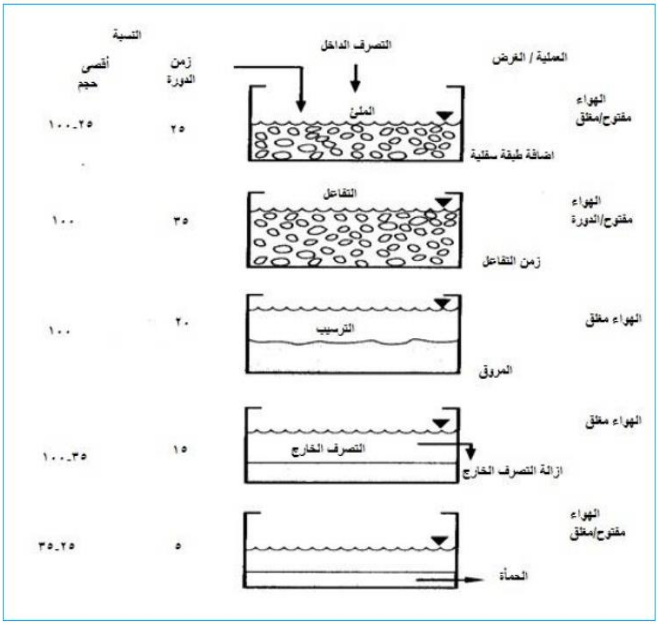
(4) الإنتاج والتفريغ،

(5) السكون.

وقد تم إجراء عدد من التعديلات في وظائف العمليات المرتبطة بكل خطوة من الخطوات الخمسة لتحقيق أهداف معالجة الصرف الصحي.

ومن المزايا الفريدة لنظام **SBR** هو أن ليست هناك حاجة لعودة الحمأة المنشطة المعادة (**RAS**) في هذا النظام، لأن كلاً من التهوية وخلط الحمأة المنشطة المتكونة تحدث في ذات الحوض كما أجريت بعض التعديلات في عملية **SBR** وتشمل نظام وسائل التدفق المستمر والحمأة المنشطة المعادة (**RAS**) واطلق على هذا التعديل مسمى (**ASBR**).والجدول السابق بالشكل يوضح الفارق بين (**SBR**) و(**ASBR**





شكل رقم (١) خطوات المفاعل التدفق المرحلي

- أسس التصميم

- زمن الدورة الكلى = ٦ – ١٢ ساعة
- تركز المواد العالقة عند الخلط التام = ٢٠٠٠ – ٥٠٠٠ ملجم/لتر
- نسبة المواد العضوية الى الكائنات المجهرية الدقيقة = ٠,٠٤ – ٠,١٥ كجم أكسجين حيوى ممتص/كجم مادة عضوية/يوم
- معامل الحمأة الحجمى = ١٥٠ – ١٨٠ ملجم/مل
- عمق الحوض = ٣ – ٦ م
- نسبة ازالة الاكسجين الحيوى الممتص = ٩٠ – ٩٨ %
- عمر الحمأة = ١٥ – ٣٠ يوم
- المنطقة بين حيز السحب والحمأة = ١٠ – ٢٠ % حجم حيز الترسيب

رقم الخطوة أو الفترة		وصف التفاعلات والعمليات التي تتم بالمفاعل SBR
الأولى	الملئ	الغرض من عملية المليء هي خلط الحمأة المنشطة الموجودة بقاع الحوض مع مياه الصرف الصحي الخام المضافة أو المخلفات الأولية (بعد فصل المواد الصلبة بالمصافي وكذلك فصل الرمال والزيوت والشحوم بالحوض المخصص لذلك) إلى المفاعل SBR. عملية الملء تسمح عادة لمستوى مياه الصرف الصحي في المفاعل ليرتفع من ٢٥% في المئة من الطاقة في نهاية الفترة إلى ١٠٠% فإن عملية المليء تستغرق عادة حوالي ٢٥% من الوقت للدورة الكاملة.
الثانية	التهوية (التفاعل البيولوجى)	يستغرق من ٢٥ الى ٥٠ % من زمن الدورة الكلى حيث يتم استكمال عملية التفاعل-التهوية(تحلل المادة العضوية والنيترة) والتى من الممكن ان تتم خلال مرحلة الملئ(طبقا لمتطلبات التصميم).
الثالثة	الترسيب	يستغرق من ١٥ الى ٢٥% من زمن الدورة الكلى حيث يتم ترسيب المواد العالقة فى الجزء السفلى من الحوض وصعود مياه الصرف المعالجة الى الجزئ العلوي من الحوض
الرابعة	التفريغ (الإنتاج)	يستغرق من ١٥ الى ٣٥% من زمن الدورة الكلى حيث يتم سحب المياه المعالجة من اعلى
الخامسة	السكون(العطل) وسحب الحمأة الزائدة WAS	الغرض من فترة السكون في نظام المفاعل متعدد الوظائف والدفعات هو توفير الوقت للمفاعل الواحد لإعادة دورة المليء قبل أن ينتقل إلى وحدة مفاعل أخرى وفترة السكون هذه ليست مرحلة ضرورية، ويمكن حذفها في بعض الأحيان مع الأخذ في الاعتبار سحب الحمأة الزائدة دون أن يؤثر ذلك على فترة إعادة المليء للحوض متعدد الوظائف – الدفعات.

مميزات نظام المعالجة بالمفاعل متعدد الدفعات

1- تحتاج إلى مساحة صغيرة تصل الى 30 % الى 50 % من المساحة التي تحتاجها الأنظمة التقليدية الاخرى.

2- استقبال مستمر لمياه الصرف الخام الواردة.

3- مواصفات المنتج تقترب من المعالجة المتقدمة وبتكاليف اقل من تكلفة انظمة المعالجة الثانوية الاخرى.

4- مكونات ميكانيكية وكهربية اقل بكثير من المحطات الأخرى.

5-تصميم مرن يتيح معالجة أحمال عضوية عالية وإنتاج مياه معالجة جيدا.

تكنولوجيا **ASBR** المطور

يعتبر نظام معالجة ال **ASBR** المطور احد تطبيقات طريقة الحمأه النشطة المهواه لكن يتميز بحدوث جميع مراحل المعالجة داخل نفس حوض المعالجة و يختلف عن نظام المعالجة **SBR** التقليدى بأنه يتم تقسيم حوض المعالجة الى جزيئين الأول و يمثل 15% من حجم الخزان و الجزء الثانى يمثل 85% من الحجم الكلى.

يعتمد الجزء الأول على (**selector**) عن طريق حواجز راسية (**buffles**) تعمل على هدم الأحمال المفاجئة و توفير ظروف (**anoxic**) و ظروف (**anaerobic**) تعمل على التخلص من نسبة كبيرة من مكونات الفوسفور و النيتروجين و يتم التحكم فى ذلك عن طريق التحكم فى كميات و اوقات التهوية فى جزء (**flow plug**) أما الجزء الثانى من الحوض فيعمل على موازنة التصرف ويعمل على تهوية بمعدلات اعلى من معدلات العادية و ذلك لزيادة كفاءة المعالجة كما يتم ارجاع جزء من الحمأه النشطة الى الجزء الأول من الحوض.

الجدول التالي يوضح أسس تصميم وتشغيل النظم المختلفة لمعالجه مياه الصرف الصحي بالحمأة المنشطة طبقا للكود المصري لاسس وشروط تنفيذ محطات معالجة الصرف الصحى ومحطات الرفع لسنة 2016.

نظام المعالجة	تركيز المواد الصلبة العالقة فى حوض التهوية (مجم / لتر)	مدة التهوية بالساعة	عمر الحمأة (يوم)	F / M Ratio
النظام التقليدي	3000 – 1000	8 – 4	15 – 3	0.4 – 0.2
الخلط الكامل	4000 – 1500	5 – 3	15 – 3	0.6 – 0.2
التثبيت بالتلامس	1000 – 3000خزان التلامس 6000 – 10000خزان التثبيت	0.5 – 1خزان التلامس 2 - 4(خزان التثبيت	10 – 5	0.6 - 0.2
التهوية الممتدة	5000 – 2000	30 - 20	40 – 20	0.1 – 0.04
قنوات الأكسدة	5000 – 2000	30 - 15	30 – 15	0.3 – 0.1

مفاعل الطبقة الحيوية المتحركة Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

- ✓ هى احدى الطرق الحديثة للمعالجة البيولوجية.
- ✓ تستخدم في معالجة مياه الصرف الصحى المنزلى و مياه الصرف الصناعى
- ✓ فترة المكث قصيرة جدا و تتراوح من 4-6 ساعات .
- ✓ تتكون طبقة (biofilm) على حاملات بلاستيكية مصممة بحيث تكون ذات اسطح داخلية مساحتها كبيرة وتحمى طبقة البكتيريا المتكونة.
- ✓ تكون كثافة الناقلات البلاستيكية اقل من كثافة المياة SG 0.95-0.93 ومصنوعة من مادة البولى ايثيلين.
- ✓ لا تحتاج الى غسيل عكسى و عمر الحاملات البلاستيكية يصل الى 15 عام.

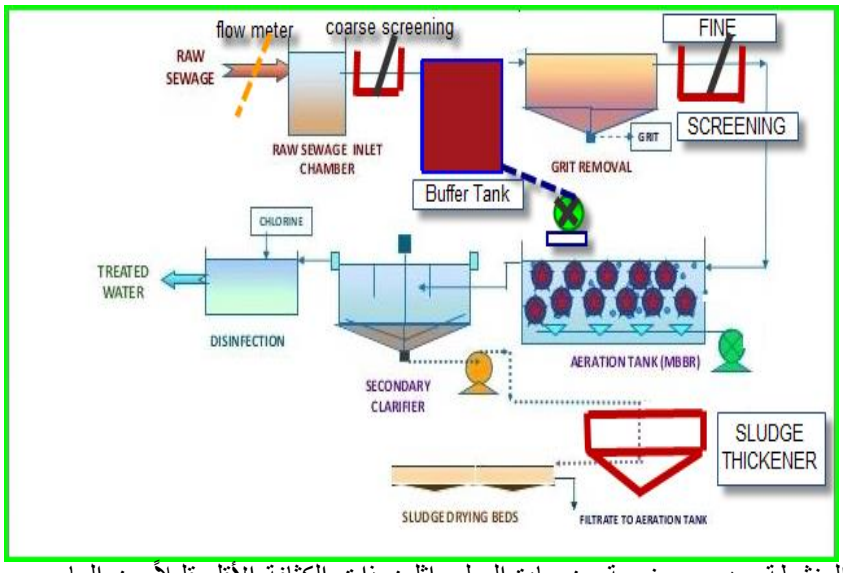
- ✓ تم معالجة السلبيات فى أنظمة الحمأة النشطة التقليدية فى طريقة المعالجة MBBR حيث تعطى حلولا ممتازة لناتج المعالجة مثل:

- يحتاج مساحة صغيرة من الأرض.
- إزالة الحمل العضوى متمثل فى BOD, COD إزالة النتروجين الكلى و الأمونيا.
- سهولة التشغيل و التحكم.

- ✓ طريقة المعالجة ب MBBR تحتوى على مميزات طرق المعالجة بالحمأة المنشطة و المرشحات الزلطية ولا تحتوى على عيوب تلك الطرق .
- ✓ فى طريقة المعالجة ب MBBR لا يتم إعادة الحمأة(No return activated sludge)
- ✓ يستخدم لرفع كفاءة الأنظمة الأخرى.
- ✓ تمتاز هذه الطريقة بانها تعمل مع ظروف التحميل العضوى العالية دون حدوث انسدادات
- ✓ لا يوجد مشاكل بالنسبة للرائحة
- ✓ يمكن أن تستقبل تدفق أقصى 3-4 مرات الطاقة التصميمية.

اهم المكونات فى طريقة المعالجة ب MBBR هى :

1-المادة الحاملة (البلاستيكية) 2-شبكة التهوية 3-الشبك (المناخل) 4-ابعاد المفاعل 5- نظام التزويد بالهواء



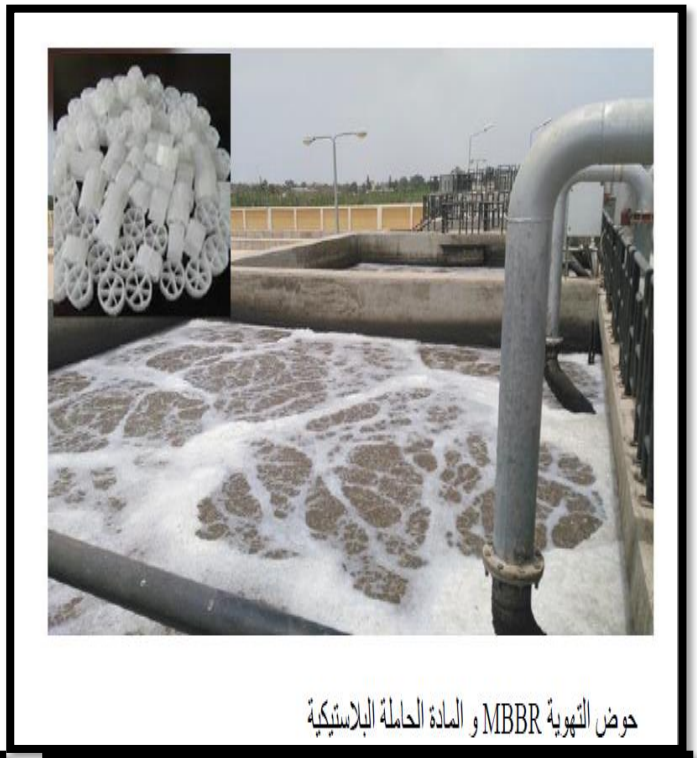
يوجد نوعين من المصافى الميكانيكية الخشنة و الناعمة بالإضافة الى أحواض فصل الرمال و الزيوت و الشحوم مهم جدا للمحافظة على أحواض ال MBBR . حيث أن تراكم الرمال و دخول المواد الصلبة كبيرة الحجم لأحواض التهوية MBBR يتسبب فى تقليل العمر الافتراضى للحاملات البلاستيكية و يقلل من الحجم الفعال للحوض. و يصعب تنظيف الحوض و فصل الرمال و الشوائب.

مسار عمليات المعالجة فى نظام ال MBBR

جوهر عملية ال MBBR هي الميديا والحاملة للحمأه المنشطة وهي مصنوعة من مادة البولي إثلين ذات الكثافة الأقل قليلاً من الماء . وميزة هذه الميديا أنها تعطي مساحة سطح محمي أكبر للحمأه مما يوفر ظروف معيشية مثلي للبكتريا في مياه

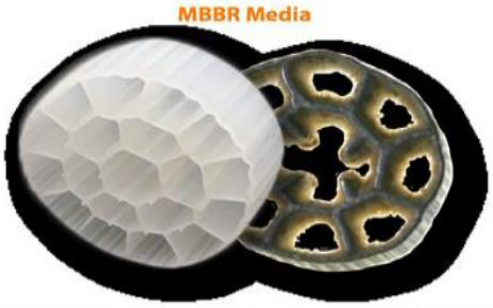
نوع الحاملات البلاسيتكية المستخدمة يعطى مساحة تغطية 500 – 800 متر مربع لكل متر مكعب.

الأشكال المختلفة للحاملات البلاستيكية التى تستخدم فى أنظمة ال MBBR



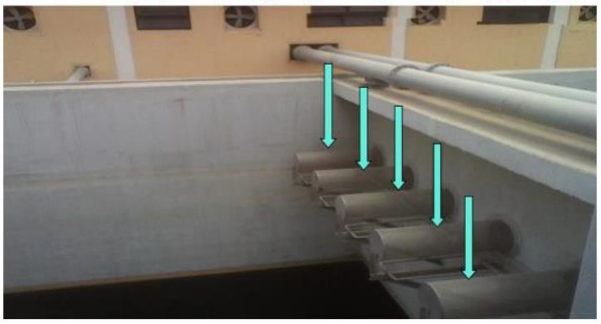
حوض التهوية MBBR و المادة الحاملة البلاستيكية

تتم عملية أكسدة الأمونيا لنترات (Nitrification) على الطبقة الخارجية من الكتلة الحيوية من الحاملات البلاستيكية و تساهم الطبقات الداخلية فى عملية اختزال النترات (DeNitrification) و تحويلها الى نتروجين جوى.



كيفية إزالة النيتروجين على الحاملات البلاستيكية.

حوض تهوية فارغ و تظهر مناخل فتحات الخروج للمياه لمنع خروج حوامل الوسط البكتيرى البلاستيكية.

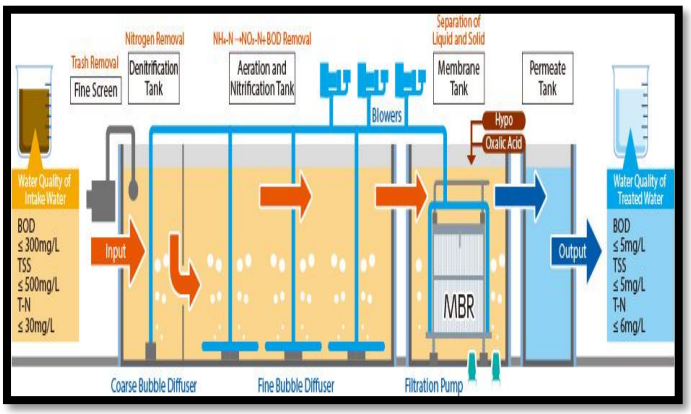


مناخل خروج المياه من حوض ال MBBR لمنع هروب الحاملات البلاستيكية.

تقنية مفاعل الأغشية البيولوجية Membrane Bio Reactor (MBR)

تشير تقنيات الأغشية بشكل عام إلى معالجات مياه الصرف التي تستخدم الأغشية كعنصر مرشح يسمح للماء بالمرور مع الاحتفاظ بالمواد الصلبة العالقة والمواد الأخرى.

تجمع مفاعلات الأغشية البيولوجية بين العمليات البيولوجية وتكنولوجيا الأغشية وبالتالي فهي معالجة للحمأة المنشطة التي يتم



استبدال حوض الترسيب الثانوي بنظام لفصل المواد الصلبة والسوائل باستخدام الأغشية.

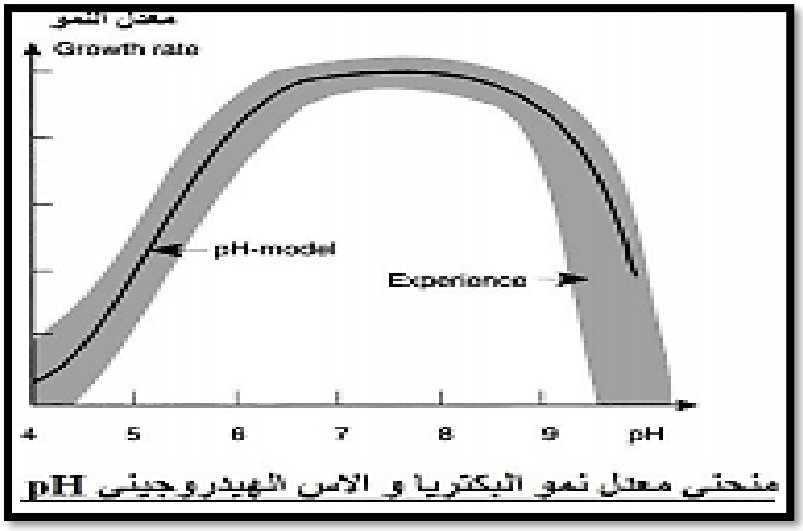
تعتمد تقنية **MBR** على إجراء ترشيح بسيط من خلال غشاء ، وتكون مسامته بدرجات مختلفة اعتمادًا على نوع الماء المراد تنقيته والعملية المختارة مما يسمح للماء بالمرور من جانب واحد يمكن أن تكون الأغشية عضوية أو معدنية وتعمل كحاجز فصل انتقائي ويتم الاحتفاظ بالمواد الصلبة والمخلفات على الجانب الآخر.

تسمح استخدام تكنولوجيا **MBR** في معالجات مياه الصرف الصحي بتطوير حلول لإعادة استخدام المياه في المناطق الحضرية والزراعية والري والاستخدامات الصناعية الأخرى.

و تميز تقنية MBR **بالمزايا التالية:**

- ✓ إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة بفضل الجودة العالية لمياه الصرف
- ✓ كفاءة عالية لإزالة النفايات
- ✓ القدرة على إزالة الملوثات المختلفة مثل البكتيريا والنيتروجين وغيرها من النفايات الصلبة المعلقة

العوامل التى تؤثر على كفاءة المعالجة بنظم الحمأة المنشطة :-



1- الحمل العضوي

اذا زاد تركيز المواد العضوية بكمية كبيرة فجأة فلن تتمكن الكائنات الحية من استهلاكها وسوف تقل كفاءة المعالجة حتى يتم زيادة كمية الحمأة المنشطة المعادة وتؤثر تلك الزيادة على :-

- ✓ نقص تركيز الاكسجين الذائب
- ✓ زيادة معامل حجم الحمأة (SVI)
- ✓ زيادة المواد العالقة الخارجة مع المياه المعالجة

2- الأس الهيدروجيني

تزداد كفاءة الكائنات الحية فى استهلاك المواد العضوية عندما يكون تركيز pH بين 6.5 – 8.5 وتقل كفاءة المعالجة بزيادة او نقصان تركيز الpH عن هذه القيمة والمخلفات الصناعية هي سبب التغير السريع فى درجة الاس الهيدروجيني

3- المخلفات الصناعية

وتشمل احماض وقلويات وعناصر ثقيلة وغيرها والتي تسبب تسمم وقتل الكائنات الحية وفشل العملية البيولوجية .

4- درجة الحرارة

تكون من 15- 35 درجة وانخفاض او ارتفاع درجة الحرارة عن هذا المعدل يؤدى الى التغير في النشاط البكتيري بالزيادة او النقصان كما يحدث عند التغير درجة حرارة الجو في فصول السنه المختلفة

5- الاكسجين الذائب ودرجة الخلط

يراعى الاحتفاظ بتركيز الاكسجين الذائب فى حدود 2-3 مجم/لتر وذلك لضمان استمرار عملية المعالجة بكفاءة , مع مراعاة درجة الخلط فى جميع أجزاء حوض التهوية ليضمن للكائنات الحية الوصول الى الغذاء فى جميع انحاء الحوض.

6-تركيز المواد الصلبة العالقة بحوض التهوية

محطات المعالجة يمكن أن تعمل بأعلى كفاءة ممكنة عند قيم محددة لتركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS)، وتعرف هذه القيمة بالقيمة المثلى للتشغيل. وهذه القيمة المثلى لتركيز ألـ (MLVSS) لا تقف عند مستوى ثابت على مدار العام أو في مختلف ظروف التشغيل، بل تتغير تبعا لخصائص مياه الصرف الصحى التي تتم معالجتها، وأيضا تبعا للموسم، وعوامل أخرى عديدة.

ومن الطبيعي أن يتغير تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير (MLVSS) على مدار اليوم نظرا للتغيرات التي تطرأ على معدلات التصرف ومعدل سحب الحمأة الزائدة وغيرها. لذا فإن الأمر يتطلب أخذ العينات يوميا لمتابعة هذه التغيرات. ويفضل أن تؤخذ العينات من نفس المكان وفى نفس الموعد يوميا، كما يراعى أخذها من ثلاثة مواقع مختلفة في حوض التهوية حتى يتم تمثيل السائل الممزوج تمثيلا تاما عند إجراء التحليل.

7- عمر الحمأة

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

ومن مهام القائمين على تشغيل المحطة معرفة متوسط الزمن المناسب لبقاء الكائنات الحية الدقيقة، والذي يؤدى للحصول على أفضل أداء للمحطة، ثم بعد ذلك محاولة الاحتفاظ بقيمته ثابتة خلال ظروف التشغيل المختلفة وتختلف القيمة المثالية لعمر الحمأة من محطه لأخري طبقا للنظام المتبع في المعالجة ففي المحطات التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية من خمسة أيام إلى خمسة عشر يوماً وقد يصل إلى عشرين يوماً أو أكثر في محطات الحمأة المنشطة بنظام التهوية الممتدة وبالنسبة للقائمين على التشغيل، فإن إحدى مهامهم الأساسية هي تحديد العمر الأمثل للحمأة في محطاتهم، والذي يحقق أعلى كفاءة في التشغيل والاحتفاظ به ثابتاً.

8-القابلية للترسيب ومؤشر حجم الحمأة

- **القابلية للترسيب (SV30)**

يمكن تعريف القابلية للترسيب على انه حجم الحمأة المترسبة فى 30 دقيقة فى لتر واحد من عينة ممثلة من حوض التهوية.

ويجب أن يكون معدل ترسيب الندف بطيئاً بدرجة كافية تسمح بتجميع المواد الصلبة على الندف أثناء هبوطها. ومن المعروف أن لون الندف البني (مثل الشوكولاته) يشير إلى ترسيب جيد. إن اختبار القابلية للترسيب يعد أهم الاختبارات للحكم على جودة الحمأة. وتساعد نتائج هذا الاختبار القائمين على التشغيل من اتخاذ القرارات الملائمة وإجراء التعديلات اللازمة لضمان سير العملية بالكفاءة المطلوبة.

- **مؤشر حجم الحمأة (SVI)**

يتراوح مؤشر حجم الحمأة(SVI) بين 50-150 ويساعد في تقييم جودة ترسيب الحمأة، وبالتالي كفاءة العملية ككل. ويستخدم اختبار الترسيب (SV30) في حساب مؤشر حجم الحمأة (SVI).

9- نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة (F\M):

نسبة الغذاء (Food) إلى الكائنات الحية الدقيقة (Micro organisms) لابد أن 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 في أحواض الترسيب النهائي، هذا فضلا عن الإخلال بكفاءة المعالجة

ويمكن قياس تركيز الغذاء (F) أو المواد العضوية من خلال قياس الأكسجين الحيوي الممتص (BOD) أو الأكسجين الكيميائي الممتص (COD). أما كمية الكائنات الحية الدقيقة (M) فيتم تحديدها من خلال قياس تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير بالسائل الممزوج في حوض التهوية (MLVSS)

10- معدل تنفس الكائنات الحية

معدل التنفس (Respiration Rate - RR) وهو كمية الأكسجين المستهلك لكل جرام من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج (MLVSS). إن معرفة التغير في معدل التنفس (RR)، تشير إلى وجود المشاكل قبل وصول السائل الممزوج إلى المروقات الثانوية.

ويمكن الحصول على نتائج تشغيل جيدة عندما يتراوح معدل التنفس (RR) بين 8 و 20 ملجم أكسجين/ساعة لكل جرام من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج (MLVSS).

ويمكن تصور المشاكل التي يمكن أن تحدث في حالة خروج معدل التنفس عن المدى المذكور. فمثلاً، عند زيادة معدل التنفس عن ذلك المدى، فإن هذا يعنى زيادة في نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M)، أو بمعنى آخر، فإن كمية الغذاء تزيد عن حاجة الكائنات الحية الموجودة. ويمكن أن يحدث هذا عند زيادة الحمل العضوي (BOD) أو زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة.

ومن ناحية أخرى، فإن زيادة معدل التنفس تعنى أن السائل الممزوج سوف ينتقل إلى المروق الثانوي 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، وبالتالي تختل نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية أكثر. وعندما تظهر مشكلة زيادة معدل

التنفس كثيراً 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) انخفاضٍ ملحوظاً عن المدى المذكور، أي أقل من 8 ملجم أكسجين لكل ساعة/جرام من المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج، فإن هذا يعنى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، أي عدم توفر الغذاء بشكل كافٍ للكائنات الحية في الحوض، وهذا بدوره يؤدى إلى حدوث مشاكل للحمأة، مثل الترسيب السريع مع استمرار تعلق بعض جزيئات الحمأة الدقيقة (أشبه برأس الدبوس) في المياه المعالجة، وبالتالي يزداد تركيز المواد الصلبة العالقة في المياه الناتجة من المحطة، ويحدث هذا بعد أقل من يومين من ظهور المشكلة.

ملحوظة:

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

11-نوعية الكائنات الحية

يستخدم الفحص الميكروبيولوجى للتعرف على انواع الكائنات الحيه الدقيقه المختلفه التى توجد بنظم الحمأه النشطه ومعرفة تأثير كلا منها على العمليه البيولوجيه ونظرا لان كلا من تلك الكائنات يعيش وينمو ويتكاثر في ظروف معينة، فأنه يمكن معرفة كفاءة المعالجة وطبيعة السيب النهائي لمحطة المعالجة من نوع الكائنات الموجودة. ومن المعروف أن هناك مجموعه متنوعه من الكائنات الحيه داخل مياه الصرف الصحي كما هو موضح بعد .

البكتريا :

تعد البكتريا من اهم الكائنات الدقيقة علي الاطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية حيث يقع عليها العبء الاكبر في تكسير واكسدة المواد العضوية .

- ✓ البكتريا من اكثر الكائنات الممرضة في مياه الصرف الصحي .
- ✓ تمثل نسبة 90% من الكائنات الحية الدقيقة بمياه الصرف الصحي .
- ✓ تنقسم البكتريا الى (هوائية-لاهوائية-اختيارية)

البروتوزوا والروتيفيرا :

-البروتوزوا:

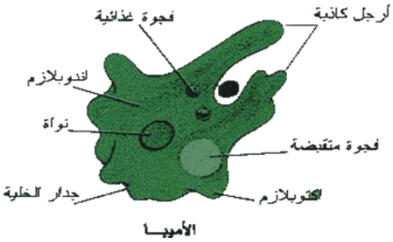
كائنات هوائية غير ذاتية التغذية اي تنشط في وجود الاكسجين ويوجد انواع قليلة منها لاهوائية .

الاميبا **Amoeba**

السوطيات **Flagellate**

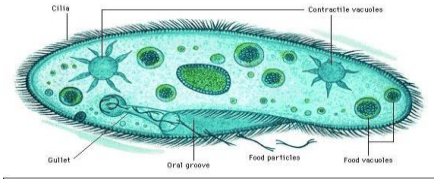
الهدبيات **Ciliates**

الكائنات السابحة الحرة **Free swimming**



الأميبـــا

عمليا تقوم بدور فعال في ترويق السيب النهائي لمحطات معالجة مياه الصرف حيث تستهلك وتلتهم البكتريا وجزيئات المواد العضوية الدقيقة كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها .



الروتيفيرا

هي كائنات حية دقيقة هوائية وغير ذاتية التغذية ويوجد مجموعتين من الأهداب في رأسها ولهذا تسمي بالهدبيات

ووجود هذه الهدبيات يزيد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي تصبح المياه اكثر نقاء. وتعد مستهلك جيد للبكتريا وجزيئات المواد العضوية الدقيقة لذا وجودها في المياه المعالجة دليل علي جودة وكفاءة عملية المعالجة البيولوجية

لذا، وجود البروتوزوا والروتيفيرا في المياه المعالجة هام جدا حيث تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا الحرة السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية المعالجة وتخفيض عدد البكتريا الممرضة.

الكائنات الخيطية:

وتبدو الكائنات الخيطية تحت الميكروسكوب مثل خصل الشعر أو حزم القش وهي كائنات تقلل من سرعه ترسيب الحمأة المنشطة في أحواض الترسيب النهائي وتواجدها بكثرة في الحمأة المنشطة يعنى وجود ظروف غير ملائمه في المعالجة البيولوجية وهذا يؤدى بالتالي زياده دليل حجم الحمأة (SVI) الأمر الذى يؤدى إلى بطئ سرعه ترسيب الحمأة وزيادة نسبة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية في المياه الناتجة بالمروق الثانوي. والكائنات الخيطية يمكن أن تكون أنواعها من البكتريا أو الفطريات أو البروتوزوا أو الطحالب وسوف يتم عرض بعض الصور لتلك الكائنات.

تتواجد الكائنات الخيطية في الحمأة المنشطة نتيجة أحد الأسباب الآتية:

- ✓ انخفاض الرقم الهيدروجيني
- ✓ انخفاض تركيز الأكسجين الذائب في التهوية.
- ✓ انخفاض أو زياده تركيز المواد العضوية الكربونية في المياه الخام (زياده أو نقص الحمل العضوي في المياه الخام).
- ✓ انخفاض تركيز العناصر الغذائية الأساسية للبكتيريا مثل النيتروجين والفوسفور في المياه الخام حيث يجب أن يتناسب تركيز عنصري النيتروجين والفوسفور مع تركيز الكربون (P:N:C) حيث يجب أن تكون هذه النسبة (100: 5: 1) لضمان ونمو ونشاط البكتيريا وعدم نمو ونشاط الكائنات الخيطية.
- ✓ زياده تركيز كبريتيد الهيدروجين في المياه الخام
- ✓ وجود مخلفات صرف صناعي.
- ✓ زياده تركيز الدهون والزيوت والشحوم في المياه الخام
- ✓ زياده تركيز المواد العضوية النيتروجينية في المياه الخام

الطحالب :

من اهم اسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل النيتروجين والفسفور لذا تساعد في ازالة احد هذه المغذيات او كليهما .

وهي كائنات ذاتية التغذية تعتمد في غذائها علي ضوء الشمس من خلال عملية البناء الضوئي وتؤثر الطحالب في المعالجة البيولوجية بشكلين احدهما ايجابي والأخر سلبي :-

اولا : التأثير الايجابي

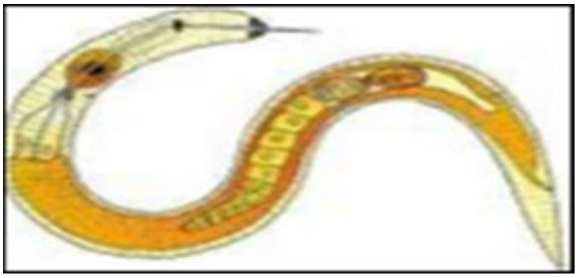
في عملية معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام بحيرات الاكسدة تقوم الطحالب باستهلاك ثاني اكسيد الكربون الموجود داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الأخرى وينتج الاكسجين في وجود ضوء الشمس وهذه العملية هامة جدا في توفير الاكسجين للبيئة المائية المتواجد

بها الطحالب حيث ان البكتريا الهوائية تستهلك الاكسجين الذي أنتجته الطحالب داخل بحيرات الاكسدة الهوائية وبحيرات الاكسدة الاختيارية مما يساهم فى عملية معالجة مياه الصرف الصحي .

ثانيا : التأثير السلبي

في عمليات المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة اذا تراكمت الطحالب داخل المياه المعالجة ووجدت طريقها الي المسطحات المائية ستتسبب في استنزاف الاكسجين الذائب عن طريق البكتريا لتحليل الطحالب في المياه المستقبلة وموت بعض الكائنات الحية المائية كالأسماك نتيجة الاختناق .

الديدان :



هي كائنات اكبر في الحجم واكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الدقيقة ويمكن رؤيتها بالعين المجردة .

تتميز بقدرتها علي تمثيل الغذاء وتعيش بنشاط عند وفرة الاكسجين الذائب وتوافر الغذاء البكتيري

حيث تقوم بتجميع واستهلاك اعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها .

تتواجد بأعداد كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والاقراص البيولوجية الدوارة وحركتها داخل مياه الصرف مفيدة جدا حيث تسمح بتغلغل وانتشار الاكسجين داخل الندف المتكونة .

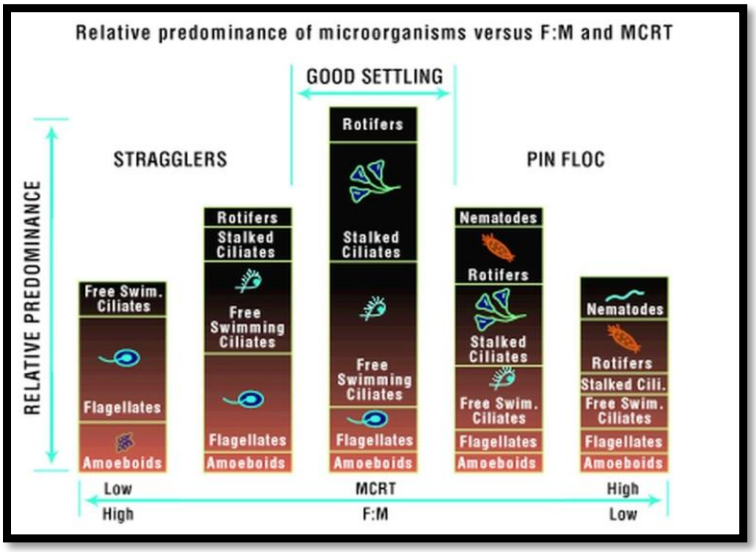
الفيروسات :

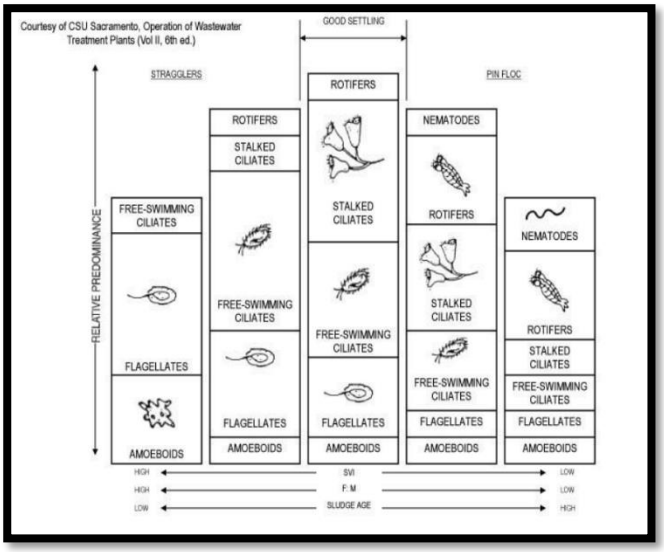
تعتبر الفيروسات ابسط واصغر الكائنات الدقيقة وكلها متطفلة وهي كائنات عالية التخصص فيما يتعلق بالعائل او نوع الامراض التي تنقلها ومن اشهر تلك الامراض الجدري ،الالتهاب الكبدي الوبائي ،شلل الاطفال ،الايدز ومجموعة من امراض الجهاز الهضمي والتنفسي .يتم الكشف عنها باستخدام اجهزة دقيقة جدا منها الميكروسكوب الإلكتروني .

جدول يوضح العلاقة بين الكائنات الحيه السائدة في الحمأة وحاله تشغيل المحطة ونوعيه المياه الخارجة من السيب النهائي.

الكائنات السائدة في الحمأة المنشطة	نوعيه السيب النهائي
Predominance of amoeba and flagellates bacteria A few ciliates present	1- كفاءه المحطة ضعيفة جدا وزياده تركيز،TSS وBOD في السيب النهائي - وجود بكتيريا منتشرة على سطح أحواض الترسيب النهائي - عدم تكوين الحمأة المنشطة في صوره ندف - مياه السيب النهائي عكره
Predominance of stalked ciliates Some free-swimming ciliates A few rotifers A few flagellates	2- كفاءه المحطة ممتازة - تكوين ندف للحمأة المنشطة ممتازة - سرعه ترسيب الحمأة المنشطة ممتازة - مياه السيب النهائي رائقة
Predominance of rotifers Large numbers of stalked ciliates A few free-swimming ciliates No flagellates	3- زياده تركيز TSS وانخفاض تركيز BOD في السيب النهائي - ارتفاع SVI - مياه السيب النهائي عكره

يتم عمل الفحص الميكروسكوبي للكائنات الموجودة بالحمأة المنشطة حيث يتم جمع العينة من حوض التهوية (حوض السائل الخليط) وفحصها تحت الميكروسكوب لتحديد الأنواع السائدة من الكائنات الأولية (البروتوزوا) (Protozoa) وما اذا كانت العينة بها كائنات خيطيه أم لا واذا كانت العينة بها كائنات خيطيه فهل عددها محدود أم كثيف. ومن خلال الفحص الميكروسكوبي للحمأة المنشطة وتحديد الأنواع السائدة من البروتوزوا والكائنات المختلفة المتواجدة معها يمكن معرفه طبيعة ونوعيه الحمأة المنشطة بأحواض التهوية ومعرفه ظروف التشغيل وكفاءة المحطة ومدى مطابقة السيب النهائي للمعايير والمواصفات





مزايا المعالجة بالحمأة المنشطة

- ✓ يمكن إيجاز مزايا المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلى:
- ✓ خلوها من متاعب الرائحة غير المرغوب فيها وعدم انتشار الذباب.
- ✓ تحتاج إلى مساحة صغيرة مقارنة بالنظم الاخرى.
- ✓ مصاريف إنشائها صغيرة نسبياً مقارنا بالانظمة الاخرى.
- ✓ يمكن إنشاؤها بالقرب من المساكن دون حدوث ضرر للسكان.
- ✓ لا تحتاج إلى أيدي عاملة كثيرة للتشغيل.

عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة

- ✓ يمكن تلخيص عيوب المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلى:
- ✓ تحتوى الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة في حجم الحمأة وكذلك صعوبة في تجفيفها.
- ✓ ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة.
- ✓ تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عالٍ.
- ✓ قد توجد صعوبات في التشغيل إذا احتوت المياه المطلوب معالجتها على مواد سامة.
- ✓ قد تسوء نتائج التشغيل بدون أسباب معروفة، ويحتاج الأمر وقتاً طويلاً لإعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة.

قام بأعداد الإصدار الأول V1

تم الاعداد بمشاركة المشروع الالمانى GIZ ومشاركة السادة :

د / أبير ميلاد السيد	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ عبد الرحمن الخولى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالبحيرة
د/ حسام الشربينى	شركة صرف صحى اسكندرية
د/ خالد محمد فهمى	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ رمضان محمد	شركة صرف صحى القاهرة
د/ شريف سرور	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ محمد إبراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالدقهلية
د/ محمد إسماعيل	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ محمد صبرى	شركة صرف صحى القاهرة
د/ محمود عبد الرحمن	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ مرزوقة شعبان	شركة مياه الشرب والصرف الصحى ببنى سويف
د/ مصطفى فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ ممدوح محمد زريق	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ مها خلاف	GIZ
د/ مى السيد حسين	شركة مياه القاهرة
د/ نسرين عبد الرحمن	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
د/ يحيى شريف	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

قام بالمراجعة النهائية للنسخة الثانية V2 :

➢ كيميائى/ المعتز عبد الجليل على	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالفيوم
➢ كيميائى/ ايمان السيد ابراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالفيوم
➢ د / حازم حسن رجب	شركة صرف صحي القاهرة
➢ كيميائى/ رباب إيهاب احمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالفيوم
➢ كيميائى/ رحاب فتحى محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالفيوم
➢ كيميائى/ رشا عبد الجواد إبراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
➢ د/ محمد إبراهيم احمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➢ كيميائى/ محمد احمد محمد	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
➢ كيميائى/ محمود نبيل	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنوفية
➢ كيميائى/ مروة محمود محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالفيوم
➢ كيميائى/ المعتز عبد الجليل على	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالفيوم
➢ كيميائى/ نشوى شوقى خطاب	شركة صرف صحي القاهرة
➢ د/ هانى التهامى حمدان	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
➢ كيميائى/ هانى عبد المنعم أبو زيد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية
➢ كيميائى/ هيثم صبرى عبدالله	شركة مياه الشرب و الصرف الصحي بالدقهلية
➢ كيميائى/ وليد مصطفى السعيد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية

قام بالتنسيق الفنى والإخراج لهذا الإصدار

كيميائي/ محمد الصوفي زين العابدين	المعمل المرجعي للصرف الصحي- الشركة القابضة
كيميائي/ محمود جمعه	الإدارة العامة للمسار الوظيفى- الشركة القابضة