الفصل الثامن

طرق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعى

١ – مبادئ الأكسدة البيولوجية:

تزال المواد العضوية من مياه الصرف فى عملية المعالجة البيولوجية بواحدة أو أكثر من طرق الإزالة وهى الإدمصاص، الكسح الهواء، التحلل البيولوجى فى حالة الإدمصاص حيث يحدث هذا الإدمصاص للمواد العضوية على المواد الصلبة العالقة والتى تزال ضمن الحمأة المرسبة. وفى حالة الكسح الهوائى فإن ذلك يحدث للمواد العضوية الكربونية المتطايرة (VOC) يتم كسحها بالهواء فى عمليات المعالجة البيولوجية فى المرشحات البيولوجية، بالمعالجة بالحمأة المنشطة، وكذلك فى البرك المهواه. ولكن العامل الأكبر والأهم فى إزالة المواد العضوية من مياه الصرف هو الأكسدة البيولوجية (أو التحلل البيولوجى).

التحلل البيولوجى للمواد العضوية (Biodegradation)

عند إزالة المادة العضوية من مياه الصرف بواسطة الكائنات الحية الدقيقة تحدث ظاهرتين أساسيتين وهما إستهلاك الأكسجين بواسطة الكائنات الحية الدقيقة لتوفير الطاقة وتكوين خلايا جديدة. الكائنات الدقيقة كذلك يحدث لها أكسدة ذاتية فى الخلية. هذه التفاعلات يمكن توضيحها بالمعادلات التالية:

* الكائنات الدقيقة + O_2 + a` N + P + ^{K}N = خلية جديدة + H_2o + CO_2 + مواد صلبة مذابة لاتتحلل معادلة (١)

* خلايا + $b'o_2$ ⟵ Co_2 + H_2o + P + N + بقايا خلايا لاتتحلل بيولوجيا. معادلة (٢)

من المهم بالنسبة للتصميم والتشغيل لمحطات معالجة مياه الصرف معرفة معدل هذه التفاعلات ومتطلبات الأكسجين ومواد الغذاء وكذلك كمية الحمأة المنتجة.

فى المعادلة (١) K هى معامل المعدل وهى دلالة للتحلل البيولوجى للمواد العضوية فى مياه الصرف. المعامل a` هو الجزء من المواد العضوية المزال والذى تأكسد إلى منتج نهائى للطاقة والمعامل a هو الجزء من المواد العضوية المزالة لتخليق كتلة الخلايا، المعامل b هو الجزء فى اليوم من الكتلة البيولوجية المتحللة والمؤكسدة، المعامل b' هو الأكسجين المطلوب لهذه الأكسدة. جزء صغير من المواد العضوية المزالة فى المعادلة (١) يظل كمادة غير قابلة للتحلل البيولوجى حيث يظهر مع المياه المعالجة فى حالة TOC، COD وليس BOD وجزء من كتلة الخلايا المختلفة فى المعادلة (١) يظل كمتبقى ولايتحلل بيولوجيا. لتصميم أو تشغيل وحدة معالجة بيولوجية، الهدف الأول هو لعمل الإتزان بين المعادلة (١)، المعادلة (٢) لمياه الصرف المطلوب معالجتها. حيث أن معظم الإزالة للمواد العضوية تتم بالأكسدة البيولوجية.

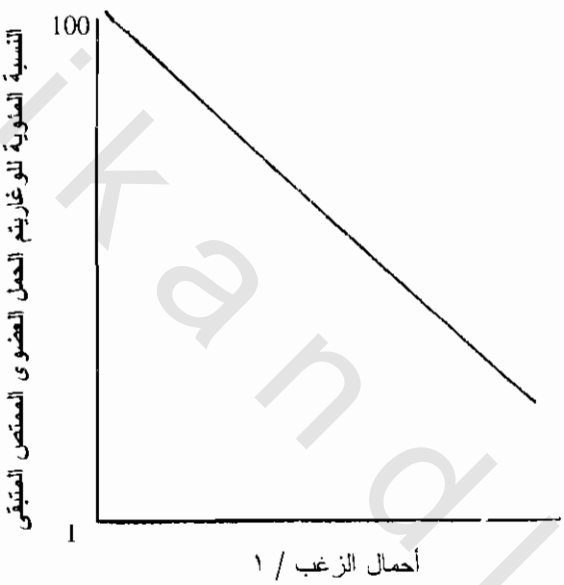
إزالة الحمل العضوى (BOD) من مياه الصرف بالأكسدة البيولوجية (الحمأة المنشطة) يحدث على مرحلتين – فى المرحلة الأولى تحدث إزالة عالية للمواد الهلامية العالقة والمواد العضوية المذابة القابلة للتحلل البيولوجى تليها إزالة بطيئة للمتبقى من المواد العضوية المذابة. الإزالة الأولية للحمل العضوى BOD تتم بواحدة أو أكثر من الأساليب الآتية:

- إزالة المواد العالقة الملتصق بها زغبات بيولوجية وتتم بسرعة.

obeikandl.com

- إزالة المواد الهلامية بالإدمصاص على سطح الزغبات البيولوجيى.
- الامتصاص البيولوجيى للمواد العضوية المذابة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

ظاهرة الامتصاص البيولوجى تتعلق بحمل الزغبات فى زمن التصاق ١٠-١٥ دقيقة. وهذه العلاقة بين حمل الزغب وإزالة المواد العضوية موضحة فى الشكل (٨/١).



شكل (٨/١) علاقة الامتصاص البيولوجى للمخلفات المذابة القابلة للتحلل البيولوجى

هذه التفاعلات الثلاث تحدث فى الحال عند التصاق الحمأة بمياه الصرف. المواد الهلامية والعالقة يحدث لها تحلل تالى إلى جزيئات صغيرة لتكون مناسبة للخلية فى الأكسدة وكذلك فى البناء لخلايا جديدة. الزمن اللازم لذلك للنظام المتأقلم يتعلق بخواص المواد العضوية وتركيز الحمأة المنشطة فى حالة الخليط المعقد لمياه

الصرف حيث التركيز العالى للحمل العضوى القابل للتحلل البيولوجى (BOD)، فإن معدل تكون خلايا جديدة ليس له علاقة بالتركيز طالما كل العوامل متاحة، ونتيجة لذلك يحدث نمو للخلايا بصفة مستمرة وبأقصى معدل. مع استمرار التهوية ومع إنخفاض تركيز الحمل العضوى (BOD) فإن المواد التى تزال بسرعة تستنفذ ومعدل النمو ينخفض.

٢- المعالجة البيولوجية الهوائية واللاهوائية:

أ- البحيرات الضحلة وأحواض التثبيت: (Lagoons and Stabilization Basin)

الطريقة المتبعة لمعالجة مياه الصرف العضوية هى باستخدام أحواض التثبيت وذلك فى حالة توفر الأرض. تنقسم أحواض التثبيت إلى قسمين وهما بحيرات الحجز والجمع (Impounding) والامتصاص، أحواض الرياح والتدفق (Flow Through). فى حالة بحيرات أو أحواض الحجز والامتصاص إما أن لايكون هناك تدفق أو أن يكون الصرف عليها خلال فترات التدفقات العالية. الطاقة الحجمية للحوض تساوى كل تدفقات مياه الصرف ناقص الفقد بالبخر والتسرب. فى حالة وجود صرف متقطع، فإن الطاقة المطلوبة ترتبط بخواص التدفقات. نظراً لكبر المساحة المطلوبة فإن برك الحجز تستخدم فقط فى صرف الصناعات ذات الحجم اليومى القليل من المخلفات أو لصرف الصناعات الموسمية مثل صناعة حفظ وتعليب الأغذية.

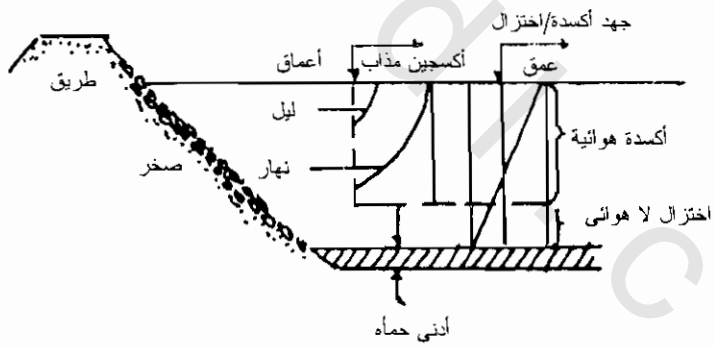
أما أحواض التدفق المستمر فيمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أنواع، وذلك طبقاً لطبيعة النشاط البيولوجى.

- النوع رقم (١):

ب- البرك الإختيارية: (Facultative Ponds) شكل (٢/٨)

البرك الإختيارية تنقسم بالتحميل والطبقات الحرارية إلى سطح هوائى وقـــاع غير هوائى. طبقة السطح الهوائى يحدث لها تغير مستمر يوميـــا، حيـث يـزداد المحتوى من الاكسجين أثناء ساعات النهار بسبب التمثيل الضوئى للطحـــالب ثـم ينخفض الأكسجين أثناء الليل.

الحمأة التى ترسب فى القاع يحدث لها تحلل لاهوائى، منتجـة غـاز الميثـان وغازات أخرى. تظهر روائح كريهة فى حالة عدم استمرار الطبقة الهوائية تتراوح الأعماق من ٣ إلى ٦ قدم (٠,٩ إلى ١,٨ متر). حيث أن إنتاج الأكسجين بـالتمثيل الضوئى يتوقف على إختراق الضوء فإن مياه الصرف الملونة مثل ميـاه صـرف الصناعات النسيجية وصناعة الورق ولب الورق لايمكن معالجتها بهذه التقنية.



شكل (٢/٨) حوض تثبيت المخلفات بالطريقة الاختيارية Facultative

- **النوع رقم (٢)**

جـ- البرك اللاهوائية: (Anaerobic Ponds)

البرك اللاهوائية يتم تحميلها إلى درجة وجود حالة لاهوائية خلال حجم السائل. العملية البيولوجية تشبه تلك التى تحدث فى خزان الهضم اللاهوائى، حيث يتكون أولا حامض عضوى يليه تخمر الميثان. يصمم عمق البرك اللاهوائية لتوفير أقل مساحة سطحية بالنسبة للحجم وبذا يتوفر أقصى محافظة على الحرارة.

- **النوع رقم (٣)**

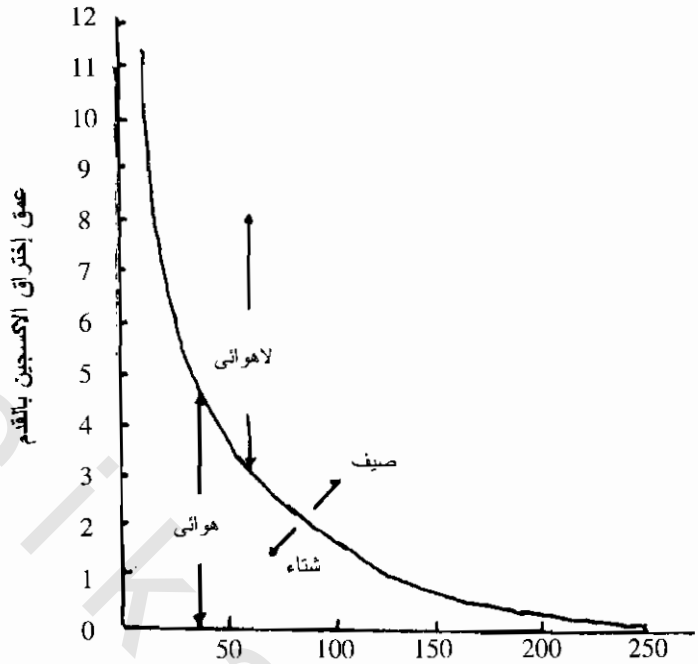
د- البحيرات المهواه (Aerated Lagoons)

وهذا تتراوح مدة المكث فيها لمياه الصرف ما بين عدة أيام إلى أسبوعين وذلك طبقاً لدرجة الإزالة للحمل العضوى (BOD) المطلوبة. يتم توفير الأكسجين بنظم التهوية الميكانيكية أو ببثق الهواء (Diffused)، والذى يوفر كذلك الخلط الجيد بيما يوفر كمية كبيرة من التهوية السطحية. يتراوح العمق ما بين ٦ إلى ١٥ قدم (١,٨ إلى ٤,٦ متر).

هـ- استخدام بحيرات (برك) التدفق المستمر: (Lagoons)

فى بعض التطبيقات الصناعية استخدمت البرك المهواه بعد البرك اللاهوائية لتوفير درجة عالية من المعالجة. كما استخدمت أحواض التثبيت لتلميع المياه المعالجة بنظم المعالجة البيولوجية التقليدية مثل المرشحات الزلطية والحمأة المنشطة. عمق إختراق الأكسجين فى البرك الاختيارية قدر بدلالة التحميل السطحى كما فى الشكل (٨/٣).

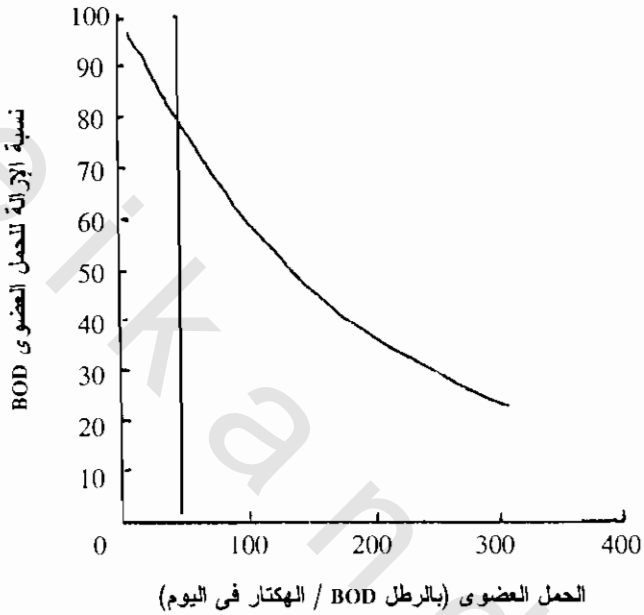
obeikandl.com



شكل (٨/٣) عمق إختراق الاكسجين فى الحوض الاختيارى

فى حالة زيادة العكارة وشدة اللون لمياه الصرف كما فى حالة مياه صرف صناعة الورق ولب الورق، فإن إختراق الضوء سيكون عند أدناه، وأن الحصول على الأكسجين سيكون من التهوية السطحية أساسا، وأن كفاءة أحواض التثبيت فى هذه الحالة كما هو موضع فى الشكل (٨/٤). بعض الاعتبارات التصميمية هامة للأداء الجيد لحوض التثبيت. حيث تكون الجسور (السدود) من مادة مانعة لنفاذ المياه بميل أقصاه ٣ إلى ٤ : ١ وأدناه ٦ : ١. أدنى عمق للمياه (Free board) تتم المحافظة عليه فى البحيرة هو ٣ قدم (٠,٩١ متر). يجب عمل إجراءات حماية الأجناب من التدمير والتلف. يعتبر أداء الرياح هام لتوفير الخلط فى البحيرة حيث يتطلب تجهيزه لجذب الرياح فى البحيرة ذات ٦٥٠ قدم (١٩٨ متر) وعمق ٣ قدم (٠,٩١ متر). تم معالجة مياه الصرف من صناعة وتعبئة اللحوم فى أحواض

هوائية ضحلة بعمق (٠,٦٦ متر) وبأحمال عضوية ١٧٥ ملجرام/لتر بعد الترسيب، وكان الخفض بنسبة ٩٦% فى الصيف، ٧٠% فى الشتاء، حيث معدل التحميل ٠,٠٢٤ كجرام BOD / المتر المربع فى اليوم. لزيادة كفاءة عمليات البحيرات فإنه يجب إضافة الفوسفور والنيتروجين لمياه الصرف الخالية من هذه المركبات.



شكل (٨/٤) كفاءة حوض التثبيت فى صناعة الورق ولب الورق

الأحواض (البحيرات أو البرك) التى تعالج مخلفات فى الظروف الهوائية ولم يتم صيانتها من آن إلى آخر فإنها تنتج روائح منفرة وتوفر مجال لتكاثر الحشرات. يمكن التخلص من مشكلة الرائحة بإضافة نترات الصوديوم بجرعة تعادل ٢٠% من الأكسجين الحيوى المستهلك. يمكن الرش السطحى لخفض مضايقات الحشرات والهوام وفى بعض الحالات الرائحة يمكن زيادة الكفاءة باستخدام أحواض لاهوائية تليها الأحواض الهوائية.

الحوض اللاهوائى بزمن مكث ٦ يوم وعمق ٤.٣ متر وتحميل ٠,٢٢٤ كجرام/المتر المربع فى اليوم يليه حوض هوائى بعمق ٠,٩ متر مع زمن مكث ١٩ يوم وتحميل ٠,٠٠٥٦ كجرام/المتر المربع فى اليوم حقق خفض كلى فى الأحمال العضوية (BOD) من ١١٠٠ ملجرام/لتر إلى ٦٧ ملجرام/لتر.

بيانات الكفاءة للأحواض المهواه، الإختيارية، اللاهوائية موضحة بالنسبة لصرف مختلف الصناعات.

ملخص لمتوسط البيانات للأحواض المهواه والاختيارية

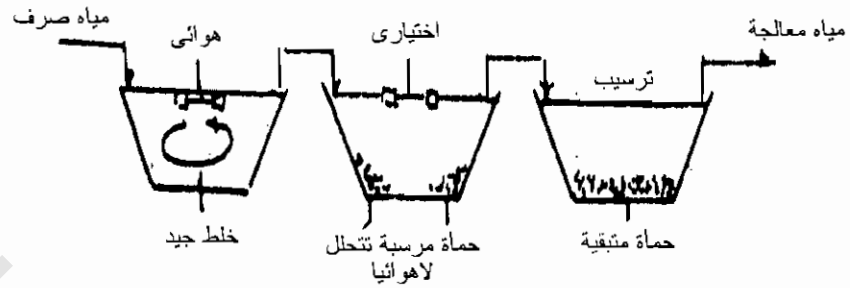
الصناعة	المساحة بالهكتار	العمق بالقدم	التحميل رطل/هكتار يوم	نسبة إزالة الحمل العضوى	زمن المكث
اللحوم والدواجن	١,٤	٣	٧٢	٧٢	٧ يوم
حفظ الأغذية	٦,٩	٥,٨	١٣٩	٩٨	٣٧,٥
الصناعات الكيماوية	٣١	٥	١٥٧	٨٧	١٠
الورقية	٨٤	٥	١٠٥	٨٠	٣٠
البترولية	١٥.٥	٥	٢٨	٧٦	٢٥
المخبوزات	٧,٥	٥	٢٢	٩٥	٩٨
المنسوجات	٣,١	٤	١٦٥	٤٥	١٤
المغاسل	٠,٢	٣	٥٢		٩٤
ملخص لمتوسط البيانات للأحواض اللاهوائية					
حفظ الأغذية	٢,٥	٦	٣٩٢	٥١	١٥
اللحوم والدواجن	١	٧,٣	١٢٦	٨٠	١٦
الكيماوية	٠,١٤	٣,٥	٥٤	٨٩	٦٥
المنسوجات	٢.٢	٥,٨	١٤٣٣	٤٤	٣,٥
الورقية	٧	٦	٣٤٧	٥٠	١٨,٤
السكر	٣٥	٧	٢٤٠	٦١	٥٠
الجلود	٢,٦	٤,٢	٣٠٠٠	٦٨	٦,٢

الصناعة	المساحة بالهكتار	العمق بالقدم	التحميل رطل/هكتار يوم	نسبة إزالة الحمل العضوى	زمن المكث
ملخص لمتوسط البيانات للأحواض الهوائية واللاهوائية					
حفظ الأغذية	٥.٥	٥	٦١٧	٩١	٢٢
اللحوم والدواجن	٠,٨	٤	٢٦٧	٩٤	٤٣
الورق	٢٥٢٠	٥,٥	٢٨	٩٤	١٣٦
الجلود	٤,٦	٤	٥٠	٩٢	١٥٢
صناعات أخرى	١٤٠	٤,١	١٢٨		٦٦

٣- الأحواض المهواه: *(Aerated Lagoons)*

الأحواض المهواه هى أحواض بعمق ٢,٤ إلى ٤,٩ متر حيث يتم توفير الأكسجين بالتهوية الميكانيكية أو بالبثق من خلال التهوية السطحية. يوجد نوعين من الأحواض المهواة:

- حوض التهوية حيث يكون الأكسجين المذاب والمواد الصلبة العالقة متجانسة خلال الحوض.
- الحوض الهوائى – اللاهوائى أو الاختيارى حيث يتوفر الأكسجين فى طبقة السطح العلوى للسائل فى الحوض، مع وجود جزء صغير من المواد الصلبة عالق. الأحواض المهواة كما فى الشكل (٨/٥). فى حوض التهوية تظل كل المواد الصلبة عالقة حيث يشبه حوض التهوية بالتدفق المستمر للحمأة المنشطة بدون تدوير المواد الصلبة. ولذلك فإن المياه المنتجة تحتوى على تركيزات المواد الصلبة العالقة تساوى تلك الموجودة فى حوض التهوية.



شكل (٨/٥) أنواع أحواض التهوية

فى الحوض الاختيارى، جزء من المواد الصلبة العالقة يرسب إلى القاع حيث يحدث له تحلل لاهوائى. المنتجات اللاهوائية يتم أكسدتها فى الطبقات العليا الهوائية للسائل فى الحوض. يمكن تحسين الحوض الاختيارى لإنتاج مياه رائقة جدا بتوفير حوض ترسب نهائى أو حجرة ترسيب مجهزة بالعوائق. الأحواض المهواه والاختيارى (المختلط) تختلف فى الطاقة المستخدمة فى الحوض. ففى الأحواض المهواة، يكون مستوى الطاقة عالى ليمكن من استمرار المواد الصلبة عالقة ويمكن أن يتراوح ما بين ١٤ إلى ٢٠ حصان لكل مليون جالون (٢,٨ إلى ٣,٩ وات/المتر المكعب) من حجم الحوض، أظهرت الدراسات الحقلية أن ١٤ حصان لكل مليون جالون (٢,٨ وات للمتر المكعب) كان كافيا للمحافظة على استمرار المواد الصلبة عالقة فى تدفقات مياه الصرف صناعة الورق، بينما يكون المطلوب ٢٠ حصان لكل مليون جالون (٣,٩ وات للمتر المكعب) فى حالة معالجة مياه الصرف الصحى.

فى حالة الأحواض الإختيارية يكون مستوى الطاقة المطلوب بما يكفى فقط لانتشار وخلط الأكسجين المذاب. لقد أظهرت الخبرة فى صناعة الورق ولب الورق أن أدنى مستوى للطاقة باستخدام أجهزة تهوية ميكانيكية سطحية هو ٤ حصان لكل مليون جالون (٠,٧٩ وات لكل متر مكعب). استخدام أنواع أخرى من معدات التهوية قد يتطلب مستويات مختلفة من الطاقة للمحافظة على تجانس الأكسجين المذاب فى الحوض.

أثر الحرارة فى الأحواض المهواه

كفاءة حوض التهوية تتأثر إلى حد كبير بالتغيرات فى درجة الحرارة ولذلك فإن درجة حرارة الحوض تتأثر بدرجة حرارة مياه الصرف الداخلة ودرجة حرارة الجو المحيط. رغم أن الحرارة تفقد بالبخر، والإشعاعات إلا أنها تكتسب بأشعاعات الشمس. المعادلة الآتية تستخدم عادة لتوفير التقدير المناسب لأغراض التصميم الهندسى.

حيث:

$$\frac{t}{D} = \frac{Ti - Tw}{F\,(Tw - To)}$$

t = زمن المكث فى الحوض باليوم.

D = عمق الحوض بالقدم.

Ti = درجة حرارة المياه الداخلة فهرنهيت.

Ta = متوسط درجة حرارة الهواء فهرنهيت، عادة تكون متوسط درجة الحرارة الأسبوعية.

Tw = درجة حرارة الحوض فهرنهيت.

نظم الأحواض المهواة: Aerated Lagoon System

فى ظروف الاستخدام المناسبة تستخدم عدة أحواض مهواه، على التوالى. عند الأخذ فى الاعتبار الميزان الحرارى يمكن استخدام حوضين على التوالى. فى الحوض الأول يكون الحجم أقل ما يمكن للمحافظة على درجة الحرارة العالية، المستوى العالى من المواد البيولوجية الصلبة، بما ينتج عنه معدل عالى لتفاعل الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) فى حوض التحلل الهوائى (Aerobic Lagoon). الحوض الثانى هو حوض إختيارى (Facultative) حيث طاقة الخلط منخفضة والتى

obeikandl.com

تسمح بترسيب المواد الصلبة وتحللها فى قاع الحوض. عند الرغبة فى خفض المواد الصلبة العالقة يستخدم حوض ترسيب نهائى والذى يلزم أن يتوفر فيه الآتى:

- زمن المكث الكافى لترسيب المواد الصلبة العالقة.
- الحجم المناسب لاحتواء الحمأة.
- أدنى نمو للطحالب.
- أدنى رائحة كريهة من الأنشطة اللاهوائية.

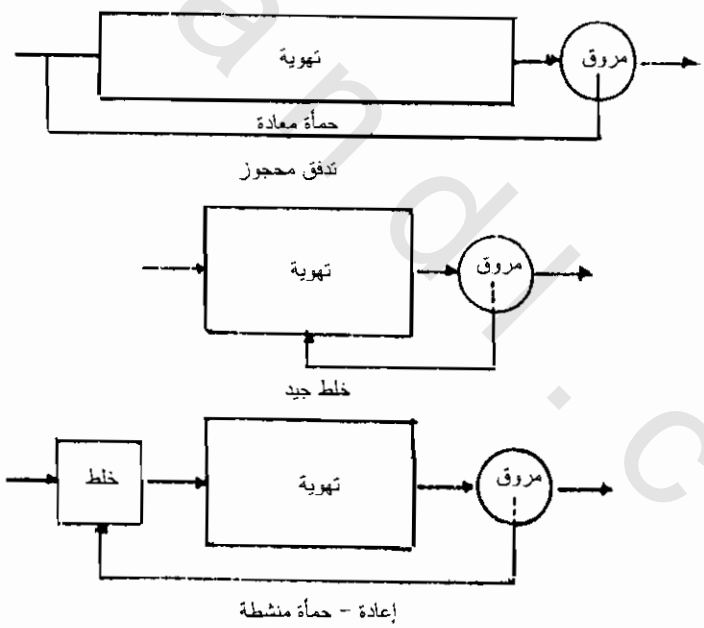
ولكن هذه الأهداف التصميمية يصعب تحقيقها دائما. أحيانا يكون المناسب هو زمن المكث القصير للحد من نمو الطحالب والذى يعد قصيرا بالنسبة للترسيب. كذلك فإن الحجم المناسب يجب أن يوفر الاستمرار فوق رواسب الحمأة فى كل الأوقات لمنع هروب الغازات الكريهة الناتجة عن التحلل. ولتحقيق هذه الأغراض، فإن يوم واحد من زمن المكث كافى لترسيب معظم المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب. عند وجود مشاكل بالنسبة لنمو الطحالب فإنه يوصى أن يكون أقصى زمن مكث ٣-٤ يوم. لمنع صعود الروائح المنفرة فإنه يجب المحافظة على أدنى منسوب للمياه فوق طبقة الحمأة بـ ٣ قدم (٠,٩ متر) فى جميع الأوقات.

٤- عمليات الحمأة المنشطة: (Activated Sludge Process)

تعريف بالحمأة المنشطة: (Activated Sludge)

الحمأة المنشطة عبارة عن مواد عالقة (Suspension) من الكائنات الحية الدقيقة النشطة والميتة فى مياه الصرف المحتوية على مواد عضوية وغير عضوية المحتجزة والهلامية العالقة. عملية الحمأة المنشطة هى عملية هوائية (Aerobic)، بيولوجية حيث تستخدم تفاعلات بناء وتآكل الخلايا الحية (Metabolism) للكائنات الحية الدقيقة لتوفير نوعية مياه معالجة مناسبة بإزالة المواد المستهلكة للأكسجين.

طريقة المعالجة هذه تعتبر عملية معالجة ثنائية والتى تلى أحواض الترسيب الأولى. ولكن طبقا لنوع مياه الصرف فإن أحواض الترسيب الأولى يمكن عدم استخدامها فى عملية الحمأة المنشطة شكل (٨/٥) تدخل مياه الصرف حوض المفاعل حيث تضاف حبيبات الزغب البكتيرية السابق تكوينها وتلتصق مع المكونات العضوية لمياه الصرف. المادة العضوية تعمل كمصدر للكربون وللطاقة لنمو البكتريا وتتحول إلى نسيج خلية بكتيرية وتواتج أكسدة نهائية (أساسا ثانى أكسيد الكربون). محتويات حوض المفاعل تسمى المواد الصلبة العالقة للسائل المخلوط (MLSS - Mixed Liquor Suspended Solids) وقد تسمى المواد الصلبة العالقة المتطايرة للسائل المخلوط (MLVSS). (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids) وتتكون معظمها من الكائنات الحية الدقيقة ومواد عالقة خاملة وغير قابلة للتحلل البيولوجى (Non. Biodegradable).



شكل (٨/٥) أنواع عمليات الحمأه المنشطة المعادة

تتكون الكائنات الحية الدقيقة عموما من ٧٠-٩٠% من مواد عضوية، من ١٠-٣٠% مواد غير عضوية. تركيب الخلايا يختلف طبقا للمكونات الكيماوية لمياه الصرف، بالإضافة إلى الخصائص المحددة للكائنات الدقيقة فى الكتلة البيولوجية. مكونات الجزء العضوى من الخلايا للحمأة المنشطة إتفق على تمثيله بالمعادلة ($C_5 H_7 O_2 N P_{0.2}$) الجزء الغير عضوى من نسيج الخلية وجد أنه كالآتى:

٥% فوسفور مقيم $P_2 O_5$

٦% كالسيوم مقيم $K_2 O$

١١% نيتروجين مقيم $N_2 O$

٨% مغنيسيوم مقيم $Mg O$

٩% كالسيوم مقيم $Ca O$

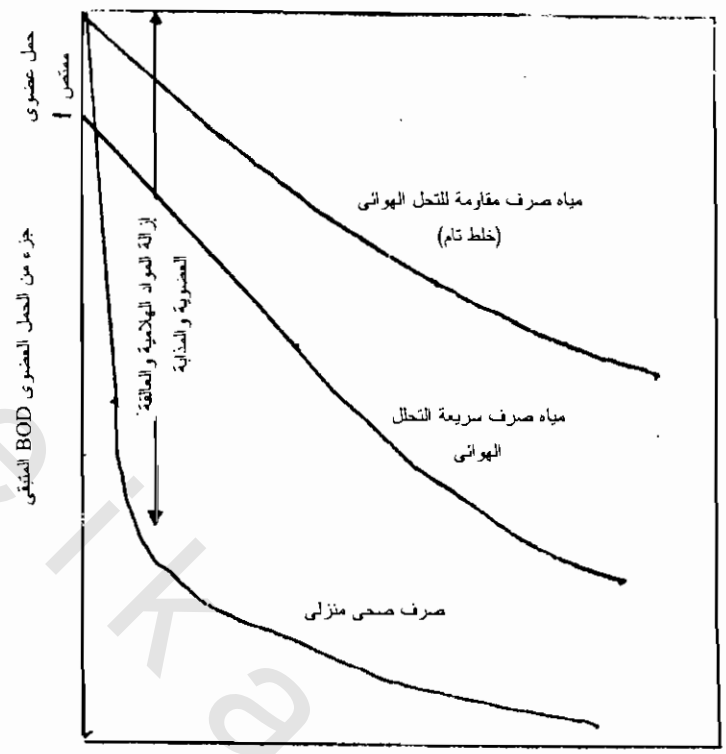
١٥% كبريت مقيم $S O_3$

١% حديد مقيم $Fe_2 O_3$

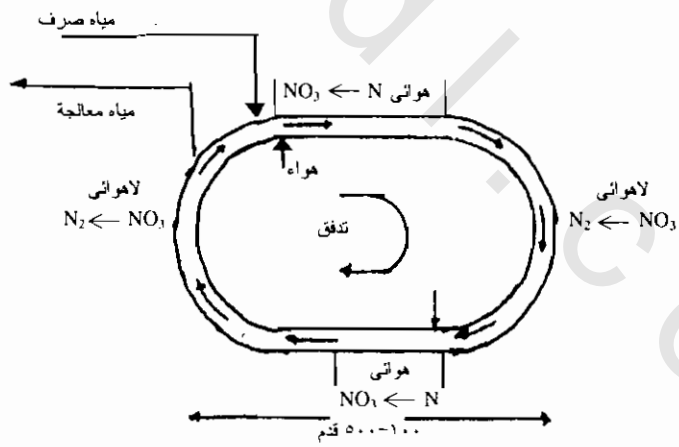
عند صرف مياه الصرف (MLSS) من حوض التفاعل يتم فصل السائل المخلوط المحمل بالمواد الصلبة العالقة باستخدام أحواض الترسيب بالجاذبية.

الغرض من عملية الحمأة المنشطة هو لإزالة المواد العضوية المذابة وغير المذابة من تدفقات مياه الصرف وتحويل هذه المواد إلى زغبات بكتيرية عالقة سريعة الترسيب حيث يتم فصلها بعملية الفصل بالجاذبية العادية. توجد أشكال مختلفة لنظم المعالجة بالحمأة المنشطة، ولكن المخطط العادى لمعالجة مياه الصرف هو الموضع فى الشكل (٨/٦). الشكل (٨/٧) يوضح أنواع التفاعل التى سوف تحدث وبالتالى عمليات المعالجة.

obeikandi.com



شكل (٨/٧) حفرة الأكسدة بالنترجه وإزالة النترجة



شكل (٨/٧) حفرة الأكسدة بالنترجه وإزالة النترجة

الحمأة المنشطة بالتدفق المضغوط: (Plug Flow Activated Sludge)

فى عملية الحمأة المنشط بالتدفق المضغوط تستخدم أحواض طويلة وضيقة لتوفير نظام الخلط والذى يقترب من التدفق المضغوط. يتم خلط مياه الصرف مع الكائنات البيولوجية فى ظروف هوائية. عندئذ يتم فصل الحمأة البيولوجية فى تدفقات السائل فى المروق الثنائى. جزء من الحمأة البيولوجية يتم التخلص منه والباقى يعود إلى مدخل حوض التهوية مع مياه الصرف الداخلة. معدل وتركيز الحمأة المنشطة المعادة إلى حوض التهوية هو الذى يحدد تركيز المواد العالقة فى السائل المخلوط (Mixed Liquor Suspended Solid Concentration)) (MLSS). نظام التدفق المضغوط أو المحجوز يساعد على نمو وتكاثر تكون الزغبات من الحمأة القابلة للترسيب الجيد. فى حالة وجود مواد سامة أو مواد عضوية مثبطة فى مياه الصرف فإنه يجب إزالتها أو تسويتها قبل الدخول إلى حوض التهوية. معدل إستخدام الاكسجين مرتفع فى بداية حوض التهوية وينخفض مع زمن التهوية. عند الوصول إلى تمام المعالجة، فإن معدل إستخدام الاكسجين يقترب من مستوى النمو الباطنى (Endogenous) فى إتجاه نهاية حوض التهوية. تطوير الطريقة التى بها يلتصق كلا من مياه الصرف والحمأة المعادة فى نظام التدفق المسدود له فوائد كثيرة. توفير منطقة منفصلة فى المدخل ذات حجم يساوى حوالى ١٥% من حجم حوض التهوية الكلى، جنبا إلى جنب مع تقليب ميكانيكى سطحى بطاقة منخفضة يمكن أن يوفر ظروف الحد من نقص الأكسجين بما يحقق توفير الأكسجين الحيوى من الحمأة المعادة والنترات التى يتم تغذيتها إلى الحوض. فى حالة حدوث النترجة (Nitrification)، فإن إعادة السائل المخلوط المحتوى على النترات من نهاية حوض التهوية يمكن أن يحقق إزالة جيدة للنترجة.

الحمأة المنشطة تامة الخلط: (Complete Mixed Activated Sludge)

لتحقيق الخلط التام فى حوض التهوية فإن ذلك يتطلب الإختيار السليم للشكل الهندسى للحوض، ولنظام التغذية، ومعدات التهوية. خلال استخدام الخلط التام باستخدام البثق الهوائى أو التهوية الميكانيكية، فإنه يمكن توفير ثبات الأكسجين الحيوى المطلوب وكذلك تجانس التركيز للمواد الصلبة فى السائل المخلوط خلال حجم الحوض. الصدمات الهيدروليكية والعضوية العابرة تقل فى هذه النظم، بما يوفر طريقة مقاومة للتلف بفعل صدمات التحميل. يتم دخول كلا من مياه الصرف والحمأة المعادة إلى حوض التهوية فى نقط مختلفة. يلاحظ أن مياه الصرف ذات التحلل العضوى السريع مثل مياه صرف الصناعات الغذائية تميل إلى الإنتفاخ وتكون عصوية فى نظام الخلط التام.

يمكن خفض هذه الحالة بإضافة منطقة التصاق مسبقة لتوفير مستوى عالى من الخليط إلى السائل المخلوط المعاد. منطقة الإلتصاق المسبق يجب أن يتوفر فيها زمن مكث حوالى ١٥ دقيقة لتعظيم الامتصاص البيولوجى. بالمقارنة فإن مياه الصرف ذات الكيماويات المعقدة لاتساعد على نمو البكتريا العضوية حيث تتم عمليات الخلط التام بكفاءة. مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى القلوى تعالج جيدا نظرا لأن ثانى أكسيد الكربون المنتج يعادل القلوية. كذلك فإن مياه الصرف ذات الرقم الهيدروجينى المنخفض والمحتوية على أحماض عضوية يمكن معالجتها بدون إضافة كيماويات تعادل خارجية.

التهوية الممتدة: (Extended Aeration)

فى هذه العملية ينخفض الفقد فى الحمأة. وينتج عن ذلك معدلات نمو بطيئة، إنتاج منخفض من الحمأة، إحتياجات عالية نسبيا من الأكسجين مقارنة بعمليات الحمأة المنشطة التقليدية. المياه المعالجة تكون ذات نوعية عالية مع إنتاج قليل من الحمأة. التهوية الممتدة هى تدفق محجوز أو خلط كامل وهو صفة تفاعل وليست

صفة هيدروليكية. القواعد التصميمية تشمل النسبة ما بين الغذاء (المواد العضوية) إلى الكائنات الدقيقة (F / M) لتكون من ٠,٠٥ إلى ٠,١٥، عمر الحمأة ١٥ إلى ٣٥ يوم، تركيز المواد العالقة فى السائل المخلوط ٣٠٠٠ - ٥٠٠٠ ملجرام/لتر. عملية التهوية الممتدة حساسة للزيادة المفاجئة فى التدفق بسبب الزيادة المفاجئة فى أحمال السائل المخلوط بالمواد الصلبة العالقة (MLSS) على المروق النهائى، ولكن غير حساسة نسبيا لصدمات التحميل فى التركيز بسبب تأثير الدرئ للحجم الكبير للكتلة البيولوجية (Biomass). يمكن أن تتم التهوية الممتدة فى عدد من الأشكال منها الشكل الدائرى أو الحلقى. فى هذه الطريقة تستمر التهوية للخليط مدة تتراوح من ٣-٦ ساعات كما يمكن الاستغناء فى هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائى.

نظام حفرة الأكسدة: (Oxidation Ditch Systems)

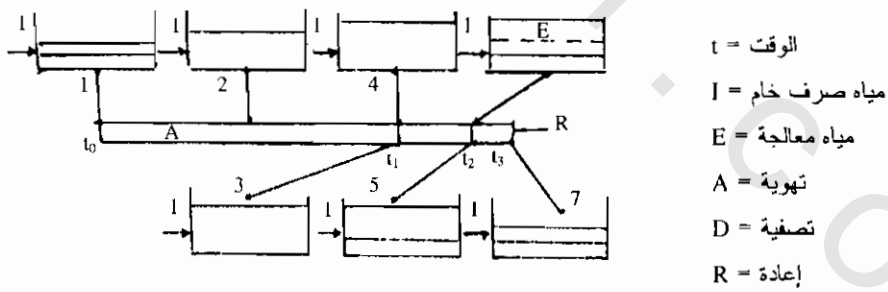
يستخدم حاليا عدد من المفاعلات الحلقية أو نظام الحفر. فى نظام الحفر يكون من الضرورى مطابقة الشكل الهندسى للحوض مع أداء معدة التهوية لتوفير سرعة مناسبة فى القناة لنقل السائل المخلوط بالمواد الصلبة. العامل الهام فى التصميم يرتبط بنوع التهوية التى يتم توفيرها. الطبيعى فى التصميم لسرعة وسط القناة لتكون ٠,٣ متر فى الثانية وذلك لمنع ترسيب المواد الصلبة. يستخدم نظام الحفرة عمليا فى حالات الرغبة من التخلص من كل من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) وكذلك إزالة النيتروجين. كل من التفاعلين يمكن تحقيقه فى نفس الحوض وذلك بتغير المناطق الهوائية واللاهوائية كما هو موضح فى الشكل (٨/٧).

نظام التهوية المتقطع ونقل السائل من حوض إلى آخر:

Intermittently Aerated and Decanted System

فى هذا النظام يستخدم وعاء واحد لاحتواء كل العمليات التى تتم فى علميات المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية أى الترسيب الأولى، الأكسدة البيولوجية الترسيب الثنائى، هضم وتحلل الحمأة، هذا بالإضافة إلى النترجة وإمكانية إزالة النيتروجين

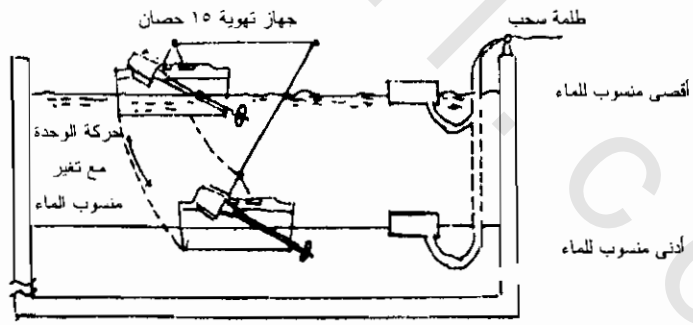
بدرجة جيدة. عند استخدام الإناء الواحد فإن هذه العمليات يتم ضبط توقيتاتها المتتالية ببساطة. الشكل (٨/٨) يوضح تسلسل العمل لنظام الحمأة المنشطة بالتهوية المتقطعة ونقل السائل من حوض إلى آخر. كل مرحلة ($t_0 - t_1$, $t_1 - t_2$, $t_2 - t_3$) من الدورة ($t_0 - t_5$) يتم تشغيلها بجهاز تحكم ميقاتى. تبدأ دورة المعالجة بعد نهاية النقل للسائل من الدورة السابقة. تبدأ التهوية عند التوقيت (t_0) ويستمر حتى التوقيت (t_1)، حيث فى هذا الوقت تزيد مياه الصرف الداخلة من حجم السائل المخلوط للتهوية. عند التوقيت (t_1) تتوقف التهوية ثم يليها مرحلة لاهوائية حيث يحدث ترسيبات من السائل المخلوط وبذلك تحدث عملية لاهوائية. بعد مرحلة الترسيب اللاهوائية (t_1 - t_2) يتم صرف السائل المعالج أثناء الفترة ($t_2 - t_3$)، مع تمام (t_3) يتم تكرار نفس الأداء. مراحل العمل يتم تطويرها لتوفير الأداء الجيد لعوامل محددة فى العملية الرئيسية. فمثلا، دورة إزالة النيتروجين تتطلب تهوية كافية لتوفيرها لكل المواد الكربونية والأكسدة النيتروجينية فى خلال الفترة الزمنية ($t_0 - t_1$)، وكذلك الفترة (t_1 - t_3) يجب أن تكون مناسبة لاختزال النترات. الظاهرة الهامة لهذه المحطات هو قدرتها على قبول حالات تدفق عالى لمدة طويلة بدون الفقد فى السائل المخلوط بالمواد الصلبة. الطاقة الهيدروليكية للنظم التقليدية المستمرة تحدها بطاقة الأداء لوحدة الترسيب الثنائية.



شكل (٨/٨) مخطط يوضح تسلسل التدفق المستمر للحمأة المنشطة المعادة

تجهيزه نقل المياه (Decanting Device) لهذه النظم توضع عند نهاية الحوض فى إتجاه معاكس للدخول. الهدار المتحرك يوضع خارج السائل المخلوط أثناء التهوية والترسيب. أثناء مراحل نقل السائل، يعمل مكبس هيدروليكى والذى يدفع حوض الهدار إلى طبقة السطح للحوض خلال القاع التصميمى لمنسوب المياه. بهذه الطريقة يتم كشط الطبقة السطحية للمياه المعالجة باستمرار أثناء مرحلة التفريغ ونقل المياه من الحوض حيث تصرف خارجة بالجاذبية خلال نظام التحميل لجهاز النقل والتفريغ (Decanter).

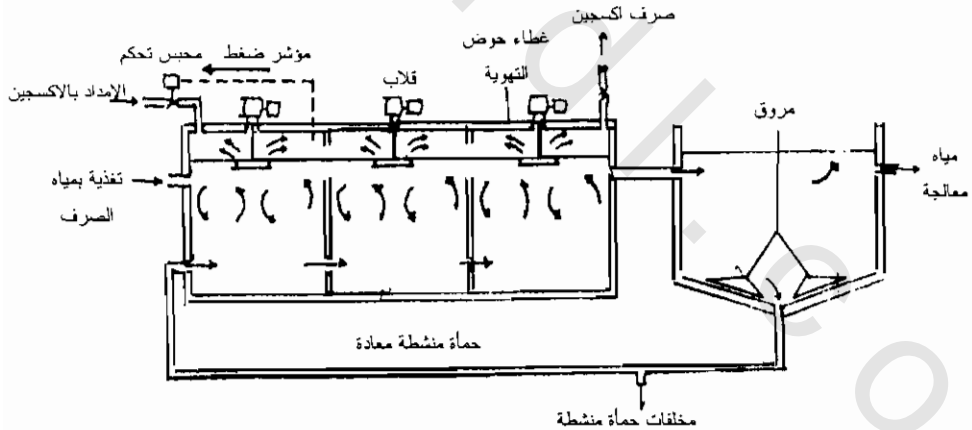
يمكن تصميم المحطات بمتوسط نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة F/M من ٠,٠٥ إلى ٠,٢ كجرام أكسجين حيوى (BOD) لكل كيلوجرام من السائل المخلوط بالمواد الصلبة (MLSS) فى اليوم. طبقا لنوع السائل المعالج عند قاع منسوب المياه تركيز المواد الصلبة العالقة حتى ٥٠٠٠ملجرام/لتر. الحمأة المنشطة على دفعات (Batch) تشبه للنظام المتقطع عدا أنها تستخدم عادة لمياه الصرف الصناعى عالية التركيز. تضاف مياه الصرف خلال فترة زمنية قصيرة لتوفير أقصى إمتصاص بيولوجى (Biosorbtion) ونمو لزغبات الحمأة. تستمر التهوية عندئذ حتى ٢٠ ساعة. يتم ترسيب السائل المخلوط عندئذ ونقل المياه المعالجة. نموذج لنظام الحمأة المنشطة بالدفعة الواحدة موضح فى الشكل (٨/٩).



شكل (٨/٩) نظام الحمأة المنشطة بالدفعات (Batch)

الحمأة المنشطة بالاكسجين: (Oxygen Activated Sludge)

نظام الأكسجين عالى النقاء عبارة عن مبادلات جيدة الخلط على التوالى مستخدمه إلتصاق مستمر للغاز مع السائل فى حوض تهوية مغطى، كما هو موضع فى الشكل (٨/١٠). إستخدمت هذه الطريقة فى معالجة مياه الصرف من صناعة الورق ولب الورق ومن الصناعات الكيماوية العضوية. يتم التغذية فى المرحلة الأولى بمياه الصرف المطلوب معالجتها والحمأة المعادة وغاز الأكسجين. التصاق الغاز مع السائل يمكن أن يستخدم أجهزة تهوية تربينية مغمورة أو أجهزة تهوية سطحية. يتم التغذية بغاز الاكسجين طبقا للضغط المطلوب مع إستمرار عمل الوحدة، كمقياس للتنفيس، يستخدم خط العادم من المرحلة الأخيرة لصرف الغاز عديم الرائحة إلى الجو. عادة يعمل النظام بطريقة إقتصادية عندما يكون غاز العادم يحتوى على حوالى ٥٠% أكسجين. طبقا لإعتبارات إقتصادية فإن حوالى ٩٠% من الأكسجين المستخدم يكون إنتاجه فى الموقع. يمكن إنتاج الأكسجين بالطريقة التقليدية بالتبريد لفصله من الهواء وذلك للمحطات الكبيرة (٢,٨ × ١٠^{٣} متر مكعب فى اليوم) أو بالإدمصاص المتأرجح بالضغط للمحطات الأصغر.



شكل (٨/١٠) مخطط لنظام الأكسجين بالثلاث مراحل

الطاقة المطلوبة لمعدة التهوية السطحية أو التربينية تتراوح ما بين ٠,٠٨ إلى ٠,١٤ حصان لكل ١٠٠٠ جالون (٠,٠٢٨ كيلوات / المتر المكعب). فى حالات الأحمال القصوى يصمم نظام الأكسجين للمحافظة على استمرار الأكسجين المذاب فى السائل المخلوط بنسبة ٦ ملجرام/ لتر. حيث أن التركيز العالى للأكسجين المذاب مستمر فى السائل المخلوط، فإن المحطة يمكن أن تعمل عند مستويات عالية لنسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M) (٠,٦ إلى ١) بدون حدوث مشاكل إنتفاخ عضوى. المحافظة على المزغبات الهوائية ذات سرعة ترسيب عالية يسمح كذلك بتركيزات عالية للسائل المخلوط بالمواد الصلبة العالقة (MLSS) فى حوض التهوية مستويات المواد الصلبة تتراوح عادة من ٤٠٠٠ إلى ٩٠٠٠ ملجرام/لتر حسب الحمل العضوى لمياه الصرف (BOD).

٥- معالجة مياه الصرف الصناعى فى محطات المعالجة بالحمأة المنشطة لمياه الصرف الصحى:

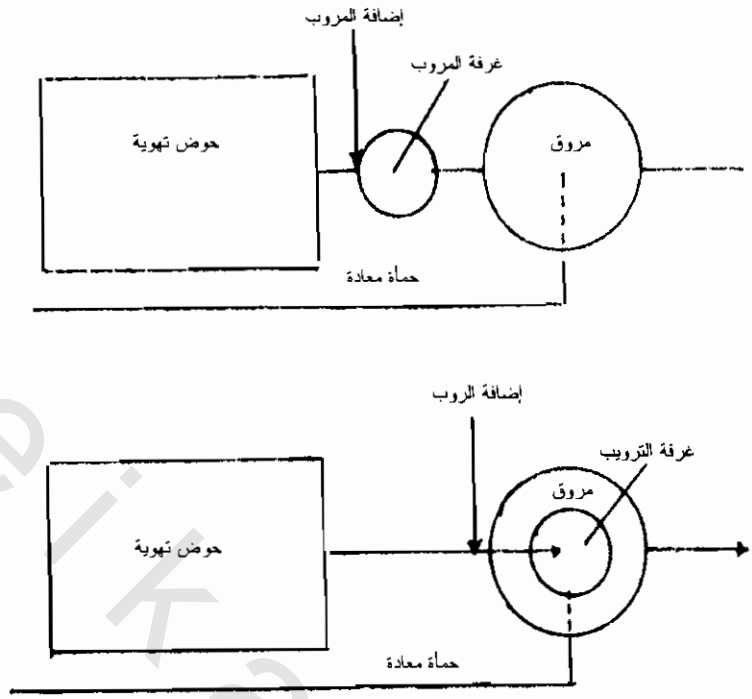
- مياه الصرف الصحى يكون معظم محتواها من المواد العضوية فى الشكل العالق أو الهلامى. عادة يكون الحمل العضوى (BOD) ٥٠% عالق، ١٠% هلامى، ٤٠% مذاب. بالمقارنة فإن معظم مياه الصرف الصناعى يكون محتواها من المواد العضوية فى الشكل المذاب بنسبة ١٠٠%. فى محطة الحمأة المنشطة التى تعالج مياه الصرف الصحى، المواد العضوية العالقة تلتصق بسرعة فى الزغبات، وتمتز المواد الهلامية على الزغبات، كما أن جزء من المواد العضوية المذابة يتم إمتصاصها. هذه التفاعلات تحدث فى الدقائق القليلة الأولى لالتصاق التهوية. بالمقارنة بالنسبة لمياه الصرف سريعة التحلل البيولوجى مثل مياه صرف الصناعات الغذائية، فإن جزء من الحمل العضوى يمتز بسرعة والباقى يزال بدلالة الوقت والتركيز البيولوجى للمواد الصلبة. يحدث إمتزاز قليل جدا فى مياه الصرف التى تقاوم التحلل البيولوجى.

obeikandl.com

هذه الظاهرة موضحة فى الشكل (٨/٧) كما يجب ملاحظة أن مياه الصرف الصناعى ذات المحتوى من المواد العضوية المنيعة (المقاومة للتحلل البيولوجى) يجب عمل معالجة مسبقة لها. كما أن مياه الصرف الصناعى ذات محتوى منخفض من مواد الغذاء (الفوسفور والنيتروجين) إلا أن مياه الصرف الصحى ذات المحتوى الزائد من هذه المواد سوف توفر الميزان الغذائى المطلوب.

- فى معالجة مياه الصرف الصحى، من المتوقع أن تنتج عملية الحمأة المنشطة مياه معالجة ذات محتوى من المواد الصلبة العالقة أقل من ٢٠ ملجرام/لتر ولكن فى حالة مياه الصرف الصناعى تزداد نسبة المواد الصلبة العالقة ذات الطبيعة المشتتة فى المياه بعد المعالجة نتيجة أحد الأسباب الآتية:

- المحتوى العالى من المواد الصلبة المذابة (الاملاح) يمكن أن يسبب زيادة فى المواد الصلبة غير القابلة للترسيب والمشتتة، كما تزاد كثافة السائل بما يقلل من معدل ترسيب الحمأة.
- المواد الصلبة العالقة المشتته تزداد مع زيادة درجة حرارة حوض التهوية. يمكن خفض كمية المواد الصلبة العالقة فى المياه المعالجة بإضافة مروب قبل الترويق النهائى، حيث يلزم توفر الوقت الكافى لحدوث التزغيب والترويب. يمكن تحقيق ذلك بوجود غرفة تزغيب ما بين حوض التهوية والمروق أو بغرفة تزغيب. خلال المروق كما هو موضح فى الشكل (٨/١١).
- يمكن استخدام البلمرات الكاتأيونية أو أملاح الحديد أو الالومنيوم كمادة ترويب. عند استخدام البوليمر الكاتأيونى يجب عدم زيادة الجرعة حيث أن ذلك يسبب تغير فى الشحنة وإعادة التشتت للمواد الصلبة.



شكل (٨/١١) إضافة المروب لإزالة المواد الصلبة العالقة

٦- *المرشحات البيولوجية: (Trickling Filters)*

المرشح الزلطى عبارة عن طبقة من الحشو بقطع البلاستك مغطاة بطبقة من البكتريا حول حبيبات الوسط الترشيحى والتى تمر المياه فوقها. مع مرور مياه الصرف خلال المرشح، تزال المواد العضوية الموجودة بواسطة الطبقة البيولوجية التى تحيط بحبيبات الوسط الترشيحى. تستخدم مادة البلاستك للتحشيه (كوسط ترشيحى) بعمق حتى ١٢,٢ متر تحميل هيدروليكى مرتفع حتى ٠,١٦ متر مكعب فى الدقيقة لكل متر مربع من سطح المرشح البيولوجى. تصل نسبة الإزالة للحمل العضوى إلى ٩٠% فى بعض مياه الصرف وذلك طبقا للتحميل العضوى وعمق المرشح. الشكل (٨/١٠) يوضح مكونات المرشح بالحشو من البلاستك.

لقد استخدم المرشح الزلطى بمادة الوسط الترشيحى (التحشية) من البلاستك للمعالجة المسبقة لمياه الصرف الصناعى عالية التركيز حيث أمكن تحقيق نسبة إزالة للحمل العضوى (BOD) حوالى ٥٠% وذلك عند أحمال هيدروليكية وعضوية أكبر من ٠,١٦ متر مكعب/الدقيقة / المتر المربع، ٨٠ كجرام/المتر المكعب فى اليوم. مع إنخفاض درجة الحرارة تخفض كفاءة المرشح الزلطى.

٤- الملامسات البيولوجية الدوارة (Rotating Biological Contactors)

يتكون الملامس البيولوجى الدوار من وسط ترشيحى من البلاستك بقطر كبير مركب على عامود إدارة أفقى فى حوض. يدور الملامس ببطئ مع حوالى ٤٠% من المساحة السطحية مغمورة. تتكون طبقة من الكتلة البيولوجية بسمك ١-٤ مليمتر على الوسط الترشيحى. (وهذه تكافئ ٢٥٠٠ إلى ١٠٠٠٠ ملجرام/لتر فى النظام المخلوط). مع دوران الملامس فإنه يحمل طبقة من مياه الصرف إلى الهواء بما ينتج عنه انتقال الأكسجين والغذاء. تحدث إزالة إضافية مع دوران الملامس خلال السائل فى الحوض. تأثيرات قوى القص تسبب سقوط الكتلة البيولوجية من على سطح الوسط الترشيحى كما فى حالة المرشحات الزلطية. تزال الكتلة البيولوجية فى المروق. الوسط الترشيحى يتكون من البولى إثيلين عالى الكثافة بمساحة سطحية نوعية ١٢١ متر مربع/المتر المكعب. قطر الوحدات حتى ٣,٧ متر وبطول ٧,٦ متر، تحتوى على سطح ٩٢٩٠ متر مربع فى المقطع الواحد.

المتغيرات ذات التأثير على كفاءة المعالجة هى:

- سرعة الدوران.
- زمن المكث لمياه الصرف.
- درجة الحرارة.
- غمر القرص.

فى معالجة مياه الصرف ذات الحمل العضوى المنخفض حيث BOD حتى ٣٠٠ ملجرام/لتر فإن الكفاءة تزداد مع زيادة سرعة الدوران حتى ١٨ متر فى الدقيقة مع عدم تحسن إضافى عند زيادة سرعة الدوران عن ذلك. أما فى حالة مياه الصرف ذات الأحمال العضوية العالية فإن زيادة سرعة الدوران تزيد الالتصاق، التهوية، الخلط. ولكن الزيادة السريعة فى سرعة الدوران تزيد من استهلاك الطاقة بما يتطلب المواءمة ما بين زيادة الطاقة وزيادة المساحة.

عند معالجة مياه الصرف الصحى تزداد الكفاءة مع زيادة حجم السائل إلى مساحة سطحية ٠.٠٠٤٩ متر مكعب/المتر المربع. لايحدث أى تحسن فى حالة الزيادة عن هذه القيمة، فى كثير من الحالات حدث تحسن بزيادة المراحل من ٢ إلى ٤ ولكن لم يحدث أى تحسن فى حالة زيادة المراحل عن ذلك.

توجد عدة عوامل بسبب هذه الظاهرة. معدل التفاعل يزداد مع التدفقات المحجوزة او العمليات متعددة المراحل، مع تغير المحتويات فى مياه الصرف فإن الكتلة البيولوجية يمكن أن تتأقلم مع ملوثات معينة فى المراحل المختلفة، يمكن أن تحدث النترجه فى المراحل الأخيرة حيث المستوى المنخفض من الحمل العضوى يساعد فى زيادة النمو والتكاثر لبكتريا النترجة على الوسط الترشيحى.

فى حالة مياه الصرف عالية التركيز، يمكن استخدام المرحلة الأولى بحجم كبير للمحافظة على استمرار الحالة الهوائية. يمكن استخدام مروق فى المراحل البينية حيث تنتج كميات كبيرة من المواد الصلبة وذلك لتجنب الحالات اللاهوائية فى أحواض التلامس.

القواعد التصميمية طبقا للمعادلة الآتية والتى تشبه تلك للحمأة المنشطة:

$$\frac{Q}{A}\ (S_0 - S) = KS$$

حيث

Q = معدل التدفق.

A = المساحة السطحية.

S_0 = تركيز المياه الداخلة.

S = تركيز المياه المعالجة.

K = معدل التفاعل.

فى حالة مياه الصرف ذات التفاعلات شديدة التغير بالنسبة للتركيز

$$\frac{Q}{A}(S_0 - S) = K\frac{S}{S_0}$$

فى حالة مياه الصرف ذات الأحمال العضوية العالية (BOD) يمكن تحسين الأداء باستخدام هواء غنى بالأكسجين حول الوسط الترشيحى وذلك لزيادة إنتقال الأكسجين وإزالة الحمل العضوى.

أقصى معدل لإزالة الحمل العضوى يرتبط بالحمل العضوى ودرجة التحلل البيولوجى للمواد العضوية.

كفاءة المفاعلات المتعددة على التوالى يمكن تعريفها بالمعادلة

$$\frac{S}{S_0} = \left(\frac{1}{1 + KA/Q}\right)^n$$

حيث n هو عدد المراحل.

٧- المعالجة البيولوجية اللاهوائية: Anaerobic Decomposition

المعالجة البيولوجية اللاهوائية هى عبارة عن تحلل لاهوائى حيث تتحلل المخلفات العضوية إلى الغاز (الميثان وثانى أكسيد الكربون) فى عدم وجود الأكسجين. رغم التشابه مع المعالجة الهوائية إلا أنه توجد إختلافات أساسية معينة حيث يلزم مراعاتها وهى:

تحول الاحماض العضوية إلى غاز الميثان ينتج طاقة صغيرة، لذلك فإن معدل النمو يكون بطيئا وبالتالى إنتاج وتكاثر الكائنات يكون بطيئا. تفاعلات معدل الإزالة وإنتاج الحمأة كلاهما قليل جدا مقارنة بالحمأة المنشطة. كمية المواد العضوية التى تتحول إلى الحالة الغازية تختلف ما بين ٨٠ إلى ٩٠%. حيث أن تخليق الخلايا أقل فى العملية اللاهوائية فإن مطالب الغذاء تكون بالتالى أقل عن المطلوب للعمليات الهوائسة. زيادة الكفاءة تحتاج إلى درجة حرارة مرتفعة واستخدام التسخين للمفاعلات اللاهوائية، حيث يمكن استخدام غاز الميثان المنتج لتوفير هذه الحرارة. ولكن المخلفات ذات المحتوى المنخفض من الأكسجين الحيوى أو الأكسجين الكيماوى المستهلك سوف لاتوفر الميثان الكافى للتسخين بما يتطلب مصدر إضافى للتسخين.

العملية اللاهوائية تعمل بأحد عدة طرق:

١- عملية الإلتصاق اللاهوائية: (Anaerobic Contact Process) الشكل (٨/١١) يوضح فصل وتدوير نبت الكائنات (Seed Organisms)، بما يسمح زمن مكث للعملية من ٦-١٢ ساعة، يلزم عادة توفير جهاز لإزالة الغازات لخفض المواد الصلبة الطافية فى خطوة الفصل. لزيادة درجة المعالجة فإن زمن المكث قدر عند ٣٢°م لمدة عشرة أيام، وهذا التقدير يتضاعف لكل خفض فى درجة الحرارة قيمته ١١°م.

٢- المرشح اللاهوائى يوفر نمو للكائنات الدقيقة اللاهوائية على مادة الوسط الترشيحى. المرشح يمكن أن يعمل بالتدفق العلوى كما هو موضح فى الشكل (٨/١١) أو بالتدفق لأسفل. الوسط الترشيحى من مادة الحشو بينما يحتجز المواد الصلبة البيولوجية كذلك يوفر الفصل للمواد الصلبة والغاز المنتج فى عملية الهضم والتحلل اللاهوائى.

٣-فى حالة التدفق العلوى بطبقة الحمأة اللاهوائية شكل (٨/١١) توجه مياه الصرف إلى قاع المفاعل حيث يجب توزيعها بانتظام. مياه الصرف تتدفق لأعلى خلال طبقة من حبيبات بيولوجية متكونة والتى تستهلك المخلفات مع مرورها خلال الطبقة. عند تصاعد غاز الميثان وغاز ثانى أكسيد الكربون فإنه يتم إحتجازهما فى (Dome) الغازات. يمر السائل الى حيز الترسيب للمفاعل حيث يحدث فصل مابين السائل والمواد الصلبة. المواد الصلبة تعود إلى مساحة الطبقة بينما تخرج السوائل فوق الهدارات. تكون الحبيبات واستمرارها له أهمية بالغة فى نجاح العملية. فقد أظهرت الدراسات أن ١٥٠ ملجرام على اللتر من أيون الكالسيوم يساعد على تكون الحبيبات، أيون الحديدوز بنسبة ٥-١٠ ملجرام/لتر يساعد فى خفض النمو العضوى. للمحافظة على بقاء الطبقة طافية وعالقة فإن سرعة التدفق العلوى من ٠,٦ إلى ٠,٩ متر فى الساعة إستخدمت بنجاح. يحدث تثبيت للمخلفات عند مرورها خلال طبقة الحمأة، مع تركيز للمواد الصلبة فى طبقة الحمأة مرتفع ما بين ١٠٠ إلى ١٥٠ جرام/لتر. كما أن التحميل حتى ٩٦ كجرام / المتر المكعب فى اليوم استخدم بنجاح فى بعض أنواع مياه الصرف. فى المعالجة لمياه الصرف من صناعات السكر حققت خفض ٨٠% مع تحميل ١٠ كجرام (CDO) اكسجين كيماوى / المتر المكعب فى اليوم.

٤-فى مفاعل الطبقة السائلة شكل (٨/١١) يتم ضخ مياه الصرف إلى أعلا خلال طبقة الرمال التى تنمو عليها الكائنات الميكروبية. تركيز الكتلة البيولوجية الذى يزيد عن ٣٠٠٠٠ ملجرام/لتر. عودة المياه المعالجة للخلط مع المياه الخام بكميات تمليها تركيزات مياه الصرف وسرعة الطبقة السائلة. كفاءة الإزالة

للمواد العضوية بنسبة ٨٠% توفرت عند تحميل ٤ كجرام COD / المتر المكعب فى اليوم لمياه صرف مخففة.

إستخدام الهواء/الكلور فى المعالجة المسبقة والمعالجة النهائى.

١- الهواء: يستخدم الهواء فى أحواض الترسيب الأولى أو أحواض حجز الرمال لإزالة الروائح الكريهة وزيادة الأكسجين المذاب وزيادة ترسيب المواد الصلبة العالقة. كما يستخدم بعد المعالجة النهائية لزيادة محتوى مياه الصرف المعالجة من الأكسجين المذاب. كما يستخدم الكلور فى المعالجة المسبقة وذلك بحقن جرعة كلور عند خروج مياه الصرف من بيارة التجمع أو حوض التسوية وقبل دخولها حوض حجز الرمال حيث يعمل الكلور على التخلص من الروائح الكريهة بتفاعله مع كبريتيد الهيدروجين بالإضافة إلى كونه كمطهر.

فى حالة معالجة مياه الصرف من دباغة الجلود يتم حقن الهواء ومحلول الكلور فى الماء لإمكان التخلص التام من الروائح الكريهة.

openkandl.com