

الفصل الثالث

خصائص المعالجة لمياه الصرف الصحي

١- موجز عن خصائص المعالجة لمياه الصرف الصحي

الهدف من معالجة مياه الصرف الصحي هو إعدادها لتكون صالحة للصرف علي المصارف الزراعية، أو لاستخدامها في الري. تجري المعالجة للتخلص من نسبة كبيرة من الملوثات، سواء كانت من المواد الصلبة العالقة العضوية وغير العضوية أو الغروية (Colloidal) والعاكزة والرائحة وتحسين اللون، وزيادة نسبة الأكسجين المذاب، والقضاء علي الكائنات الحية الدقيقة المسببة لأمراض البوائية.

خصائص مياه الصرف الصحي:

تتكون مياه الصرف الصحي من المياه الخاصة بالاستعمال المنزلي، وقد تختلط بها مياه الصرف الصناعي المعالج أو غير المعالج، ومياه الأمطار، ومياه غسيل الشوارع، ومياه الرش.

وتتغير مكونات مياه الصرف الصحي؛ أي ما تحتويه من ملوثات من وقت إلي آخر علي مدار السنة والشهر واليوم. إلا أنه يمكن تقدير المواد الصلبة العالقة والمذابة نحو إلي ٠,١% والماء بحوالي ٩٩,٩%، ويتأثر محتوى مياه الصرف الصحي بالملوثات وخصائصها؛ طبقاً لوقت صرفها في الشبكة ومدى تعرضها للهواء الجوي.

فعند صرف مياه الصرف الصحي في شبكة الصرف وعند بدء جريانها في شبكة الصرف، يكون لونها مائلاً إلي الرمادي مع وجود مواد طافية ورائحة نفاذة ولكنها غير كريهة. وعند تدفق هذه المخلفات السائلة في

شبكة الصرف.. فإن المواد الصلبة العالقة والطافية تنفتت ويتكون سائل متجانس أو عكارة عالية، ولون قاتم ورائحة كريهة نتيجة تحلل بعض المواد العضوية. ونظرًا لأن المياه المستعملة والغرض من استعمالها يتغيران من وقت إلى آخر، فإن المحتوى من الملوثات ودرجة تركيزها يختلف من وقت لآخر، ونجد أن التركيز يزداد في الصباح ويقل في الليل، كما أنه تبعًا لنشاط الصناعة من موسم لآخر، فإن درجة تركيز ما تحتويه من مواد مذابة أو عالقة تتغير.

أما بالنسبة لتعرض المخلفات السائلة للهواء الجوي، فإنها تحتوي عند بدء جريانها في شبكة الصرف على بعض الأكسجين المذاب الذي سرعان ما يستهلك في نشاط البكتيريا الهوائية التي توجد فيها، فإن لم يتجدد هذا الأكسجين بوجود مياه الصرف في اتصال دائم مع الهواء، فإن البكتيريا الهوائية تموت وتنشط البكتيريا اللاهوائية، ويحدث تحلل لاهوائي أو تعفن (Putrification)؛ حيث تصبح المياه ذات لون داكن ورائحة عفنة نتيجة تحلل المواد العضوية إلى نشادر وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون. أما في حالة تجدد الأكسجين في مياه الصرف بوجودها في اتصال دائم بالهواء، فإن البكتيريا الهوائية تنشط، حيث يحدث التحلل الهوائي، والذي لا ينتج عنه روائح كريهة أو تركيز عالٍ في اللون. كما أن زيادة درجة الحرارة تزيد من نشاط البكتيريا الهوائية واللاهوائية إلى حد معين، يبدأ بعدها نشاط البكتيريا في الهبوط.

• الملوثات من المواد الصلبة، المواد العضوية والكائنات الدقيقة في مياه الصرف الصحي:

المواد الصلبة في مياه الصرف:

وهي مواد سهلة الترسيب؛ أي أنها ترسب في زمن قصير وتقدر بحوالي ٥٠% من المواد العالقة، ومواد بطيئة الترسيب وتقدر بحوالي ٥٠% من المواد العالقة. تتراوح نسبة المواد الذائبة من ٦٥-٧٥% من

مجموع المواد الصلبة العالقة، بينما تتراوح نسبة المواد العالقة من ٢٥ إلى ٣٥% من مجموع المواد الصلبة. وفي عمليات معالجة مياه الصرف الصحي تحجز نسبة كبيرة من المواد العالقة.. بينما تمر معظم المواد المذابة في كامل عملية المعالجة دون تغيير، حيث يتغير قليل من المواد المذابة بالأكسدة. وتقدر نسبة كل من المواد العضوية والمواد غير العضوية بحوالي ٥٠% من مجموع المواد الصلبة.

المواد العضوية في مياه الصرف الصحي:

كمية المواد العضوية في مياه الصرف الصحي وكذلك تكوينها ومركباتها من الأهمية في عمليات معالجة هذه المياه والتخلص منها؛ نظرًا لأن تحلل هذه المواد هو المصدر الرئيسي للمتاعب في كل من عمليتي المعالجة والتخلص النهائي.

المكونات الرئيسية للمواد العضوية، هي: عناصر النيتروجين، الكربون، الأكسجين، الهيدروجين، الكبريت، الفوسفور.. الخ. تختلف نواتج تحلل المركبات العضوية طبقاً لوجود الأكسجين من عدمه. في حالة عدم وجود الأكسجين المذاب في مياه الصرف الصحي أو في حالة وجوده بنسبة أقل من ٠,١ جزء في المليون، فإنه عندئذ تنشط البكتريا اللاهوائية، وتحلل المواد العضوية إلى غازات النشادر، كبريتيد الهيدروجين، الميثان، ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة وكريهة. أما في حالة وجود الأكسجين، فإن البكتريا الهوائية تنشط وتكون نواتج التحلل الهوائي لمياه الصرف الصحي هي أملاح النترات والكبريتات، وثاني أكسيد الكربون ومواد أخرى غير ضارة.

• الكائنات الحية الدقيقة في مياه الصرف الصحي:

تحتوي مياه الصرف الصحي بالإضافة إلى المواد الصلبة العالقة والمذابة على عديد من الكائنات الحية الدقيقة، وهذه تشمل: البكتريا، الفيروسات، الطحالب، البروتوزوا، الفطريات. يوجد كل نوع من هذه

الأنواع بالآلاف في كل سنتيمتر مكعب من مياه الصرف الصحي، وإن كان جزء كبير من هذه الكائنات الدقيقة غير ضار، بل إنه مهم في تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد عضوية ثابتة. إلا أن بعضاً من هذه الكائنات ضار بسبب أمراض وبائية في حالة وجودها في مياه الشرب أو الطعام.

في مراحل المعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي، حيث يتم فصل المواد الصلبة العالقة والطافية (العضوية وغير العضوية) باستخدام المصافي وأحواض حجر الرمال والترسيب الأولي، حيث لا يبقى سوى المواد العضوية المذابة أو الهلامية (الغروية) (Colloidal) والتي لا ترسب في المعالجة الأولية؛ حيث يتم التخلص منها بالمعالجة البيولوجية الهوائية أو اللاهوائية أو بالجمع ما بين الهوائية واللاهوائية (facultative) - تقدر كمية هذه المواد العضوية المطلوب إزالتها باختبارين، هما:

الأكسجين الحيوي المطلوب (Biological Oxygen Demand- BOD)

الأكسجين الكيماوي المطلوب (Chemical Oxygen Demand- COD).

يتم التحلل الهوائي للمواد العضوية باستخدام أكسجين الهواء الجوي علي مرحلتين: في المرحلة الأولى، تتحلل المواد العضوية الكربونية وتتأكسد وتستغرق هذه العملية من ١٠ إلى ١٥ يوم. الأكسجين المطلوب لتحلل المواد الكربونية في المرحلة الأولى يعادل ٩٠% من إجمالي الأكسجين الحيوي المطلوب. مرحلة التحلل الأولي والتي قد تستغرق من ١٠-١٥ يوم: تتحلل فيها ٩٠% من المواد العضوية بالأكسدة الهوائية في حوالي خمسة أيام، وهو ما يسمى بالأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5) عند درجة حرارة ٢٠°م.

المرحلة الثانية للتحلل الهوائي يتم فيها أكسدة المواد العضوية النيتروجينية الأصل، يكون معدل استهلاك الأكسجين في هذه المرحلة

ثابتًا وأقل من المعدل في المرحلة الأولى. وتستمر هذه المرحلة حتى تمام أكسدة المواد العضوية، والتي قد تستغرق شهوراً؛ أي إنه في المرحلة الأولى يتناسب إستهلاك الأوكسجين مع كمية المواد العضوية القابلة للتحلل، والتي تقدر بحوالي ٨٠-٩٠% من إجمالي المواد العضوية المذابة والهلامية.

يستخدم الأوكسجين الكيماوي المطلوب لاختبار الأوكسجين الكيماوي اللازم لأكسدة كل المواد العضوية، باستخدام كيماويات مؤكسدة مثل البرمنجنات والدايكروميت؛ حيث تستغرق هذه التجربة خمس ساعات فقط، بينما تستغرق تجربة الأوكسجين الحيوي خمسة أيام. وتفيد تجربة قياس الأوكسجين الكيماوي في التعرف علي كمية المواد العضوية غير القابلة للتحلل البيولوجي، مثل: مياه الصرف الصناعي في مياه الصوف الصحي، والتي لا يمكن تقديرها باختبار الأوكسجين الحيوي المطلوب (BOD_5). يشمل اختبار الأوكسجين المطلوب التعرف علي كمية المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي، وغير القابلة للتحلل البيولوجي، حيث تستنزل قيمة BOD_5 من قيمة COD؛ حيث الناتج هو دلالة علي الميود العضوية التي لا تتحلل بيولوجياً. المعالجة الهوائية لمياه الصرف الصحي تشمل توفير الأوكسجين لنشاط البكتريا الهوائية، والتي تتغذى علي المواد العضوية، وتعمل علي تثبيتها إلي مركبات ثابتة، علي أن تختصر فترة المعالجة لتكون لعدة ساعات (٦-٨ ساعة) بدلا من خمسة أيام.. هذا بالإضافة إلي استخدام أكسجين الهواء الجوي لتحفيق اقتصاديات المعالجة.

٢- دورة المواد العضوية في الطبيعة:

تتلخص دورة المواد العضوية في الطبيعة في أنه نظراً لأن النيتروجين يشكل الجزء الأكبر من المواد العضوية، فقد اتفق علي وجود مختلف مركبات النيتروجين مقياساً لما تعرضت له مياه الصرف من تحلل هوائي أو لاهوائي، والتي تتلخص في الآتي:

تحلل المواد العضوية الحيوانية أو النباتية أو الإفرازات بسبب تصاعد غازات كريهة، والتي تنتهي بظهور غاز النشادر، وهو أحد مركبات النيتروجين.. عندئذ تنشط البكتريا النيتروجينية (Nitrifying Bacteria) الموجودة في التربة وفي وجود الأكسجين الجوي؛ حيث تؤكد النشادر إلى أملاح النيترويت ثم النترات، وهذه أملاح نيتروجينية ثابتة ولا تتحلل، حيث تمتص بواسطة النبات كغذاء، والذي يحولها إلى بروتين نباتي.. وهذه عندما تتغذى عليها الحيوانات تتحول إلى بروتين حيواني، وعند موت هذه النباتات أو الحيوانات، بالإضافة إلى الإفرازات فإنها تتحول جميعها إلى مواد عضوية نيتروجينية مبيته؛ حيث تتكرر الدورة وتتحلل هذه المواد النيتروجينية بفعل البكتريا إلى نشادر. ولذلك.. فإنه يمكن القول بأنه عند وجود نشادر بكثرة في عينة من الماء أو التربة، دل ذلك على تلوث حديث للماء أو التربة بالمخلفات السائلة من مياه الصرف الصحي. أما في حالة وجود أملاح النيتريت أو النترات، فإن ذلك يدل على تلوث قديم بمياه الصرف الصحي.

وهناك دورات أخرى غير دورة المواد النيتروجينية؛ حيث تتحول المواد العضوية الكبريتية إلى دورة أخرى مشابهة، تتحول فيها أولا إلى كبريتيد الهيدروجين، ثم بفعل البكتريا الكبريتية في وجود الأكسجين يتحول كبريتيد الهيدروجين إلى الكبريتيد (Sulphite) والكبريتات، وهي مركبات ثابتة يمتصها النبات كغذاء.

كذلك تتعرض المواد العضوية الكربونية التي توجد في شكل النشا أو السكر أو السليلوز بفعل البكتريا إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يمتصه النبات فيتحد مع الماء الموجود في النبات، وبفعل أشعة الشمس وعملية التمثيل الكلوروفيلي يتحول ثاني أكسيد الكربون إلى نشا وسكر وسليلوز.

٣- مراحل المعالجة لمياه الصرف الصحي:

تتم عملية المعالجة لمياه الصرف الصحي خلال مرحلتين رئيسيتين، وهما: المعالجة الأولية والمعالجة الثانوية، حيث المرحلة الأولى تشمل حجز المواد الصلبة العالقة والطاقية بنسبة كبيرة، والمرحلة الثانوية تشمل المعالجة الهوائية للتخلص من المواد العضوية المذابة العالقة، والتي لا يمكن إزالتها بالترسيب، وهذه المرحلة الثانية تسمى المعالجة البيولوجية:

أ- المعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي: (Primary Treatment)

تجري المعالجة الأولية بمرور مياه الصرف الصحي خلال المصافي لحجز الأجسام كبيرة الحجم، طبقاً لفتحات المصفاة وحجم المواد العالقة والطاقية.

قد تكون المصافي من القضبان الحديدية أو الشبك المعدني، ويتم التنظيف ذاتياً بالطرق الميكانيكية. وقد تجهز المصافي بأجهزة تقطيع (Commutator) أو طحن للأجسام العالقة كبيرة الحجم. بعد المصافي، تمر المياه علي أحواض حجز الرمال (Grit chamber)؛ لترسيب الرمال، والتي تسبب تلفيات في الطلمبات والمواسير في حالة وجودها. مدة المكث في أحواض حجز الرمال دقيقة واحدة؛ حيث ترسب الرمال عالية الكثافة وسريعة الترسيب. يلي ذلك أحواض الترسيب الأولي، والتي تكون مدة المكوث بها كبيرة بما يسمح بترسيب المواد الصلبة العالقة بطيئة الترسيب، وكذلك التخلص من المواد الطافية. وقد تستخدم التهوية في أحواض حجز الرمال أو في أحواض الترسيب الأولي حيث تساعد التهوية علي طفو الزيوت والشحوم، كما أنها تقلل من الكثافة النوعية للمياه نتيجة خلطها بالهواء، بما يساعد علي ترسيب الأجسام الصلبة العالقة صغيرة الحجم وذات الكثافة النوعية القريبة من كثافة الماء. هذا بالإضافة إلي أن التهوية تزيل الغازات المذابة في مياه الصرف الصحي، وتذيب كذلك أكسجين الهواء الجوي في مياه الصرف الصحي.

ويبلغ زمن المكوث في أحواض الترسيب الابتدائي ٣-٤ ساعات، في الأحواض التي لا تعقبها معالجة بيولوجية، ٢-٢,٥ ساعة في الأحواض التي تعقبها معالجة بيولوجية بالمرشحات الزلطية (Trickling Filters)، ١,٥-٢ ساعة في أحواض الترسيب الأولي التي تعقبها المعالجة بالحماة المنشطة (Activated Sludge)، وتبلغ كفاءة إزالة المواد العالقة في أحواض الترسيب الأول ٤٠-٦٠%، ٢٥-٤٠% بالنسبة للأكسجين الحيوي المطلوب (BOD)؛ أي تبلغ نسبة المعالجة إجمالاً لمياه الصرف الصحي بالمعالجة الأولية ٤٠-٥٠% بالنسبة للمواد العضوية، وغير العضوية، وكذلك بالنسبة للأكسجين الحيوي المطلوب.

ب- المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي (المعالجة البيولوجية):

Secondary Treatment (Biological Treatment)

المعالجة الثانوية هي المرحلة الثانية لمعالجة مياه الصرف الصحي بالطرق البيولوجية، حيث تسخر البكتريا للتخلص من المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي، بتوفير الظروف الملائمة لحياتها ونشاطها وتكاثرها. تعمل البكتريا علي تحطيم المواد العضوية وتكسيرها لتحصل علي الغذاء والطاقة. ولكون البكتريا أثقل قليلاً من الماء، فإن التخلص من معظمها بعد قيامها بواجبها يكون سهلاً بواسطة الترسيب بفعل الجاذبية. تحتاج البكتريا لكي تنمو وتنشط وتغذي علي المواد العضوية إلي كمية كبيرة نسبياً من الكربون والنيتروجين والهيدروجين؛ حيث تحصل علي هذه العناصر من المادة العضوية. أما الأكسجين الذي تحتاجه البكتريا، فإنها تحصل عليه من الأكسجين المذاب في الماء. كما تحتاج البكتريا إلي قدر قليل من العناصر الأخرى، مثل: الفوسفور، الكبريت، الكالسيوم، المنجنيز، وقليل جداً من العناصر الأخرى، مثل الزنك. تحلل المادة

العضوية بفعل نوع معين من البكتريا، يعتبر غذاءً لأنواع أخرى؛ حيث تنشط وتتكاثر وتستمر في تحطيم وتفكك المواد العضوية والحصول علي غذائها. كما أنه خلال امتصاص الكائنات الدقيقة للمادة العضوية فإنها تستهلك الأوكسجين المذاب، وينتج عن ذلك الطاقة التي تستخدم في بناء كائنات جديدة.

ولذلك كلما زادت المواد العضوية، زادت حاجة الكائنات الدقيقة إلي الأوكسجين. ولذا فإن كمية الأوكسجين المستهلك من قبل الكائنات الحية الدقيقة هو الأوكسجين الحيوي المطلوب (BOD) لإزالة المواد العضوية من مياه الصرف الصحي؛ حيث يتم قياسه كمييار أساسي لتعيين مقدار التلوث العضوي في هذه المياه، وكذلك كبيان أساسي لتطبيق القواعد التصميمية لنظام المعالجة.

تتأثر مراحل التفاعل التي تمثل المعالجة البيولوجية الهوائية، التي تستهلك الأوكسجين بعدة عوامل، وهي أن يكون الرقم الهيدروجيني ما بين 6,5-8,5، وأن الأوكسجين المذاب لا يقل عن 1ملجرام/لتر، ودرجة الحرارة 35°م حيث يكون أقصى نشاط للبكتريا. كما يلزم خلو مياه الصرف الصحي من المواد السامة القاتلة للبكتريا، والتي تسبب فشل المعالجة البيولوجية، كما يعتبر الخلط المناسب لتحقيق الالتصاق للكائنات الدقيقة في صورة زغبات (Flocs) أساسياً لترسيبها. أما في حالة عدم وجود الأوكسجين أو أن تركيزه أقل من 0,1 ملجرام/لتر، عندئذ تنشط البكتريا اللاهوائية حيث تتحلل المواد العضوية نتيجة غازات النشادر والميثان وكبريتيد الهيدروجين، وهذه الحالة غير مرغوب فيها في المعالجة البيولوجية الهوائية لمياه الصرف الصحي.

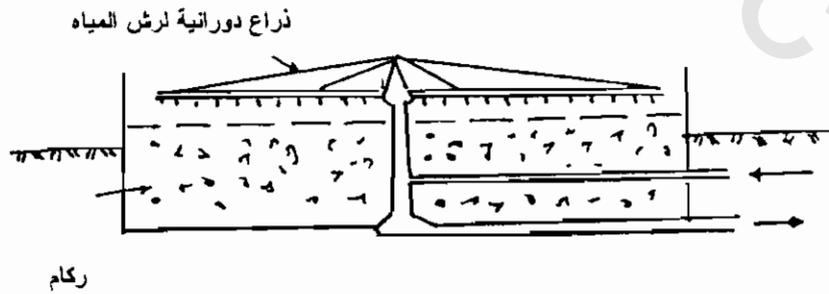
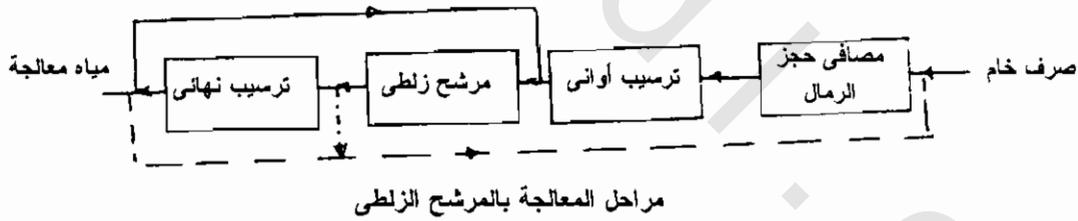
٤- تقنيات المعالجة لمياه الصرف الصحي:

توجد أساليب مختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي، ويتوقف اختيار طريقة المعالجة علي عدة عوامل، منها: كمية وأنواع الملوثات ونسبة الإزالة المطلوب الوصول إليها؛ حيث يتوقف ذلك علي الاستخدام

المستقبلي للمياه بعد المعالجة أو صرفها علي المصارف الزراعية، هذا بالإضافة إلي مدى توافر المساحات من الأراضي لإقامة نظام المعالجة. ويمكن توضيح خصائص طرق معالجة مياه الصرف الصحي فيما يلي:

أ- المعالجة بالمرشحات الزلطية: شكل (٣/١) (Trickling Filter).

تستخدم المرشحات الزلطية لمعالجة مياه الصرف الصحي، وكذلك لمعالجة مياه الصرف الصناعي القابلة للتحلل البيولوجي (مثل مياه الصرف من الصناعات الغذائية). كما أن المرشحات الزلطية لديها القدرة في معالجة الأحمال الزائدة الطارئة (Schock Loads)، وتوفر كفاءة في الأداء ولا تتطلب مهارات عالية في المتابعة والإشراف. والمرشح الزلطي دائما يسبقه حوض الترسيب الأولي؛ حتى لا تتسبب المواد القابلة للترسيب في قفل المسام للمرشح، وكذلك تجهز أحواض الترسيب هذه بكاشطات تكشط الزغب الطافي. يلي المرشح الزلطي دائما حوض الترسيب النهائي لإزالة المواد القابلة للترسيب من المياه المعالجة، وكذلك من المفضل توفير تجهيزه لكشط الخبيث من المواد الطافية من حوض الترسيب النهائي.



شكل (٣/١): المعالجة بالمرشحات الزلطية.

تتم المعالجة في المرشح الزلطي من خلال مرور مياه الصرف خلال الحبيبات الزلطية للوسط الترشيحي؛ حيث تتكون طبقة بيولوجية (Biological Slime) من البكتريا الهوائية، وكائنات بيولوجية أخرى علي أسطح أجسام الوسط الترشيحي من (الزلط، أو الأحجار، أو البلاستيك) المكونة لطبقة المرشح الزلطي، ويتم ذلك خلال حوالي أسبوعين حيث يكون عندئذ المرشح جاهزاً للعمل. يحدث امتصاص للمواد العضوية بواسطة الطبقة البيولوجية (Slime Layer)، التي تكونت علي سطح حبيبات طبقة المرشح الزلطي؛ حيث تتحلل بفعل البكتريا، وهذه البكتريا التي تتغذى علي المواد العضوية في وجود الأكسجين الهواء الجوي تتكاثر وتتراكم علي سطح حبيبات المرشح، بما يزيد من وزن وسمك هذه الطبقة البيولوجية، عندئذ تسقط هذه الطبقة وتتكون طبقة بيولوجية أخرى؛ أي إن البكتريا التي تتغذى علي المواد العضوية في مياه الصرف الصحي تنشط وتنمو وتتكاثر حتى تسقط. يتوقف الأداء الجيد للمرشح الزلطي علي الحمل العضوي والحمل الهيدروليكي، والذي يؤثر علي سقوط الطبقة البيولوجية وتجديدها.

تتقسم المرشحات الزلطية إلي نوعين، وهما: ذات المعدل المنخفض حيث التحميل الهيدروليكي $1-4 \text{ م}^3/\text{م}^2/\text{ي}$ ، والحمل العضوي $80-320 \text{ جرام/م}^2/\text{ي}$ ، وذات المعدل العالي $10-30 \text{ م}^3/\text{م}^2/\text{ي}$ بما فيه التدوير بينما الحمل العضوي $500-1000 \text{ جرام/اليوم/م}^2$ دون تدوير. وعادة لا يوجد تدوير في المرشحات البطيئة. يتراوح سمك طبقة المرشح في المرشحات البطيئة ما بين $1,8-3$ أمتار. وفي المرشحات ذات المعدل العالي، فإن سمك الطبقة يتراوح ما بين $1-1,8$ متراً، حيث يتم الاعتماد علي التدوير، أكثر منه علي سمك طبقة الترشيح. المرشحات البطيئة ذات سمك طبقة ترشيح كبيرة، بما يتطلب زيادة في تكاليف الإنشاء، إلا أنها سهلة التشغيل وتعطي مياهًا معالجة بطريقة جيدة، ويفضل استخدامها في حالة الطاقة الهيدروليكية المحدودة. وبالمقارنة في حالة المرشحات ذات المعدل العالي، فإن جزءاً من المياه المعالجة يعاد

تدويرها خلال المرشحات. وهذا التدوير يحقق ميزة التصاق المواد العضوية بالطبقة البيولوجية أكثر من مره بما يزيد من كفاءة المرشح، مع عدم احتمال الانسداد لزيادة التدفق اليهدروليكي، وكذلك يساعد هذا علي انتظام توزيع مياه الصرف علي سطح المرشح، ويقلل من تأثير زيادة معدل التدفق أو الحمل العضوي. يتراوح معدل التدوير ما بين ٠,٥ إلى ٣، وما زاد عن ذلك يعتبر غير اقتصادي لمياه الصرف الصحي. وقد استخدم معدل التدوير ٨ مرات فأكثر في معالجة مياه الصرف الصناعي ذات الأحمال العضوية العالية.

يتكون المرشح الزلطي من عدد ٢مرشح علي التوالي، يسبقها حوض ترسيب أولي، وقد يوجد حوض ترسيب متوسط أحياناً، كما يوجد حوض ترسيب نهائي، حيث تتوافر إمكانات التدوير في كل مرحلة. ويتكون المرشح الزلطي من حوض مستدير أو مستطيل منشأ من الطوب أو الخرسانة المسلحة المملوء بالزلط الفاير غير المسامي، أو يقطع من الصخر أو فحم الأنثراثيت، أو من خبث الحديد أو السيراميك المحروق أو البلاستيك. ويكون حجم حبيبات الوسط الترشيحي من ٥ إلى ٧سم مع القدرة علي التحمل ومقاومة العوامل الجوية. يلزم أن يكون حجم الركام واحداً من القمة إلي القاع، وإن وجدت أحجام كبيرة فإنها توضع في القاع. توضع طبقة الوسط الترشيحي بعناية ويدويًا حتى ارتفاع ٢٥سم فوق نظام التصريف.

ويجهز قاع المرشح بنظام التصريف من قنوات علي شكل حرف (V)، تكون بقية سطح الأرضية يكون بميل في اتجاه قنوات التصريف (من ١:١٠٠ إلى ١:٥٠) لجميع المياه المعالجة، وفي حالة استخدام الهواء المضغوط.. فإنه يمر كذلك خلال قنوات التصريف السفلية بسرعة ٦٠سم/ث من خلال مواسير رأسية. وفي حالة التصميم الكفؤ للمرشح تتوافر التهوية الطبيعية الطافية، بما يزيد من كفاءته. وهذه التهوية الطبيعية تتحقق نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين الهواء الجوي ومياه الصرف. فعند فرق ٦ درجات مئوية من الحرارة فإن الهواء يتحرك

بمعدل $0.3 \text{ م}^3/\text{م}^2/\text{ث}$ من سطح المرشح الزلطي، وعندما يكون فرق درجات الحرارة أقل من 1.9 درجة مئوية، فإنه لا يحدث تحرك للهواء. وعادة فإن 6 درجات مئوية فرق في درجات الحرارة كاف لتوفير كمية الهواء المطلوبة لمياه الصرف. ترش مياه الصرف علي سطح المرشح الزلطي من خلال ناشرات (رذاذات) ثابتة أو متحركة، من خلال أزرع تعلق طبقة الترشيح $15-20$ سم ليتمكن للمياه التهوية الكاملة علي سطح المرشح. كما يمكن أن تدار الأزرع بالفعل العكسي علي الأزرع الناتجة عن تسرب مياه الصرف، وذلك في حالة توفير ضغط رأسي $30-80$ سم لمياه الصرف. كما يمكن أن تدار الأزرع بالطاقة الكهربائية.

وبعد رش مياه الصرف خلال الفتحات من أزرع الرشاشات المتحركة علي سطح المرشح الزلطي، تبدأ مياه الصرف في التسرب خلال طبقة الترشيح. وعند تحركها يتم التعامل معها بواسطة البكتريا الهوائية، حيث تذوب المواد العضوية والهلامية وترسب مكونة طبقة جيلاتينية علي سطح الحبيبات الزلطية للمرشح. تتغذى البكتريا الهوائية علي هذه الطبقة وتؤكسدها، وتحولها إلي النترات والكبريتات والفسفات.. إلخ، ومع مرور الوقت فإن البكتريا تتكاثر وتتراكم علي سطح الحبيبات مكونة طبقة هلامية، والتي تزداد في السمك والوزن حيث تسقط في اتجاه قاع المرشح الزلطي، وتخرج مع المياه وترسب في حوض الترسيب النهائي. المرشح الزلطي العادي يزيل 90% من الحمل العضوي، وتكون الحمأة المترسبة في حوض الترسيب النهائي كثيفة، ونسبة الرطوبة بها 95% . المرشح العادي له كفاءة عالية في إزالة الحمل العضوي، والمياه المعالجة شديدة الثبات والحمأة المتكونة سهلة في عملية الهضم لمعالجتها. والعيب الرئيسي في المرشح العادي هو التكاليف العالية والحاجة إلي مساحات كبيرة للإشياء وكبر سمك طبقة الترشيح، وللتغلب علي هذه السلبيات تمت التجارب بزيادة معدل تدفق مياه الصرف الصحي خلال المرشح، ولوحظ أن قلة سمك الطبقة الجيلاتينية أكثر كفاءة وتوفر غذاءً مستمرًا أكثر للبكتريا الهوائية، وكذلك

زمن الالتصاق للبكتريا أقل وبالتالي العمل مع مياه الصرف بما يقلل من أكسدة المواد العضوية. تكاليف الإنشاء للمرشح ذي المعدل العالي أقل من المرشح ذي المعدل العادي، وقد أصبحت المرشحات عالية الأداء أفضل من العادية بعد أن عدلت لتصبح طبقة الترشيح بسبك ١,٢-١,٧ متر، وهذا حقق تهوية أفضل لزيادة معدل النشاط البيولوجي، وزيادة سرعة الأذرع الدوارة إلى ٢ لفة في الدقيقة لزيادة معدل التغذية بمياه الصرف، وزيادة حجم حوض الترسيب النهائي لزيادة حجم الحمأة المترسبة وكذلك زيادة حجم المياه. وفي المرشحات ذات المعدل العالي فإن المياه الخارجية من المرشح يعاد رشها فوق طبقة المرشح، وهو ما يعرف بالتدوير شكل (٣/١).

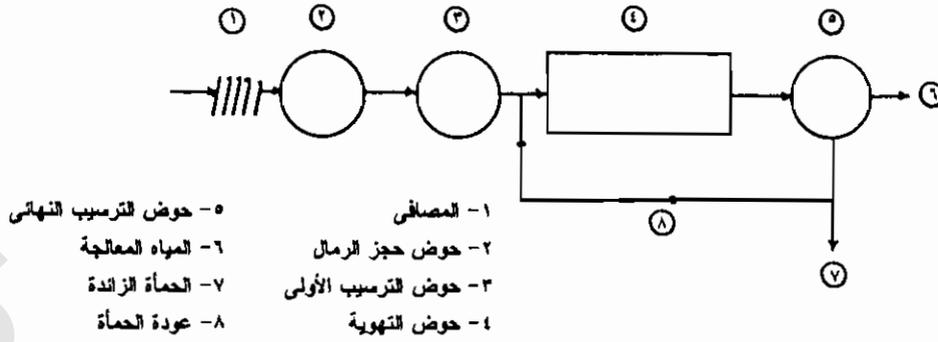
المرشحات البيولوجية: (Biofilters).

وهذه تسمى المرشحات ذات المرحلتين. وتتكون من مرشحين متصلين علي التوازي من المرشحات ذات المعدل العالي. في المرشح البيولوجي، فإن إعادة التدوير للمياه لا تتم في المرشح نفسه كما سبق توضيحه، ولكن تتم في المرشح التالي. في المرشحات البيولوجية يقل عمق الحوض إلى ٠,٩-١,٢ متر فقط لتوفير الإنشاءات. تتميز المرشحات البيولوجية بزيادة المرونة في التشغيل، حيث عند زيادة التركيز لمياه الصرف، فإن المرشحات تعمل علي التوالي.. وعند قلة التركيز تعمل علي التوازن بالإضافة إلي قلة الحجم والعمق للمرشحات، وكذا إمكان وجود حوض ترسيب في مرحلة متوسطة بين المرشحات بما يعطي نتائج أفضل.

ب- المعالجة بالحمأة المنشطة: شكل (٣/٢) (Activated Sludge Process).

في عملية المعالجة البيولوجية بالمرشحات الزلطية، فإن مياه الصرف تعالج بفعل البكتريا الهوائية، وعلى السطح الهلامي للمادة العضوية.

وعيوب هذه الطريقة هي حالات حدوث انسداد بطبقة الترشيح، كما لوحظ أنه عند دفع الهواء في مياه الصرف الصحي تكون زغبات (Floc s) تحتوى على كائنات حية دقيقة منها البكتريا والبروتوزوا، والخمائر مثل تلك الموجودة في المرشحات الزلطية. وعند توقف تنوير الهواء ترسب الزغبات المتكونة، وعند إضافة هذه الزغبات إلى مياه الصرف الصحي الطازجة.. فإنها تقوم بتحللها، وهذه الزغبات تسمى الحمأة المنشطة، وسميت كذلك لأنها شديدة النشاط، ويمكنها معالجة مياه الصرف الصحي الطازجة. عملية الحمأة المنشطة هي نظام هوائى بيولوجى لمعالجة مياه الصرف. المكونات الرئيسية للنظام هي حوض تهوية وحوض ترسيب نهائى، وخط مواسير لتصريف الحمأة الزائدة. تتم عملية الحمأة المنشطة بطريقة مستمرة، حيث يعد المعالجة الأونية فى حوض الترسيب الأولى لإزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب؛ لمنع حدوث انسداد للمرشح، بعدها تخلط مياه الصرف الصحي مع الكمية المطلوبة من الحمأة المنشطة، والتي تسمى كذلك الحمأة المعادة (Mixed Liquor) . وفى حوض التهوية تتم عملية التهوية لهذا السائل المخلوط مع التقليب لمدة ٤-١٠ ساعة، وذلك طبقاً لدرجة التنقية المطلوبة وتركيز مياه الصرف. يلى ذلك نقل المياه المخلوطة والمهواة إلى حوض الترسيب النهائى، حيث ترسب الحمأة. المياه المعالجة الخارجة من حوض الترسيب النهائى يتم التخلص منها فى المجرى المائى (بعد المعالجة بالكور، تقتل الكائنات الحية الدقيقة الممرضة ثم المعالجة بمادة مختزلة مثل ثانى أكسيد الكبريت لاختزال الكلور المتبقى للمحافظة على الكائنات المائية فى المجرى المائى. وجزء من هذه المياه يتم خلطه مع مياه الصرف قبل دخولها إلى حوض الترسيب الأولى. وجزء من الحمأة المرسبة يرسل ثانية إلى حوض التهوية لتغذية مياه الصرف، والزيادة فى الحمأة المنشطة يتم معالجتها والتخلص منها بصورة مناسبة الشكل (٢-٣). يبين خطوات المعالجة بالحمأة المنشطة.



شكل (٣/٢): المعالجة بالحمأة المنشطة.

الحمأة المادة أو المنشطة، التي يتم الحصول عليها من حوض الترسيب النهائي، يتم إضافتها وخلطها مع المياه في حوض الترسيب الأولي قبل دخولها إلى حوض التهوية. عادة لعمل السائل المخلوط (Mixed Liquor)، فإن الحمأة المنشطة يتم حقنها في خط المياه الداخل إلى حوض التهوية بنسب حجمية. يتراوح حجم الحمأة المعادة من ٢٥-٣٠% من حجم مياه الصرف قبل الترسيب في حوض الترسيب الأولي. يمكن تقدير نشاط الحمأة المعادة باللون الذهبي البني والكثافة.

في بعض محطات المعالجة، فإن الحمأة المعادة يتم تهويتها أو تنشيطها قبل الخليط مع المياه الداخلة لحوض التهوية. كما أنه لوحظ زيادة كثافة الحمأة المنشطة عند خلط جزء من الحمأة المنشطة بمياه الصرف قبل حوض الترسيب الأولي. وتحدد كمية الحمأة المعادة بمعامل الحمأة (Sludge Index-SI) وهو النسبة بين حجم الحمأة المنشطة بالسنتيمتر المكعب لكل واحد جرام من الحمأة المجففة، وقيمة هذا المعامل تتراوح بين ١٥٠-٣٠٠.

المتغيرات الرئيسية في عملية الحمأة المنشطة تشمل معدل التحميل، أسلوب الخلط، نظام التدفق. معدل التحميل العضوي يمثل النسبة ما بين (BOD_5) بالكيلو جرام في اليوم (وهذا يمثل الغذاء للبكتريا) والكيلوجرامات من المواد الصلبة العالقة في السائل المخلوط (Mixed

(Liquor Suspensid Solids-MLSS) فى حوض التهوية، والذى يمثل الكائنات الدقيقة (Food/Micro-organisms- F/M) أما طريقة الخلط فتتم بأسلوبين هما الخلط المتدرج والخلط الكامل. الخلط المتدرج يتم فى جزء من الحوض، وبقية الحوض لا يتم به الخلط، وكذلك فإن كلاً من نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M) وكذا الأكسجين الحىوى المطلوب تكون عالية عند المدخل لحوض التهوية، ثم تبدأ فى الانخفاض. أما نظام الخلط الكامل فإن كلاً من نسبة F/M ، BOD تكون موجودة خلال حوض التهوية بالكامل.

أما نظام التدفق لعملية الحمأة المنشطة، فإنه يشمل الإطار العام لإضافة مياه الصرف وتدوير الحمأة إلى حوض التهوية، وكذلك نظام التهوية؛ فإضافة مياه الصرف يمكن أن تكون من نقطة واحدة عند مدخل الحوض، أو أن تكون عند نقطة متعددة على طول حوض التهوية. قد تكون عودة الحمأة مباشرة من حوض الترسيب النهائى أو من خلال حوض إعادة التهوية للحمأة. ويستخدم الهواء المضغوط بانتظام على طول الحوض أو من أعلا الحوض إلى أسفله. تعتبر وحدات التهوية هى العنصر الأساسى فى الحمأة المنشطة لتوفير الأكسجين لمياه الصرف. تتم التهوية إما بالناشرات (Diffusers)، أو بالتهوية الميكانيكية أو بالتهوية المختلطة التى تجمع بين الناشرات والميكانيكية.

وهناك عامل آخر وهو زمن المكوث (Retention Time) للمواد الصلبة، ويتوقف هذا العامل بالنسبة لكل من وحدة الوزن بالكيلوجرام من المواد الصلبة العالقة فى الماء المخلوط أثناء التهوية، مقسومة على كيلوجرامات المواد الصلبة التى تم التخلص منها، كيلوجرامات من المواد الصلبة التى خرجت مع المياه المعالجة. وتتلخص مميزات المعالجة بالحمأة المنشطة بقلّة التكاليف، ومساحة أقل من الأرض، ولا توجد روائح كريهة، والمياه المعالجة رائقة، كفاءة المعالجة حوالى

٩٠%، الحمأة المنتجة عاليه القدرة في التسميد، الضغط الرأسى للتشغيل قليل. أما عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة تشمل: التكاليف المرتفعة للتشغيل، وتتطلب مهارات عالية للتشغيل، تتأثر بنوعية مياه الصرف المعالجة، إنتاج كمية كبيرة من الحمأة بما يشكل صعوبة فى التخلص منها، فى حالة وجود خلل فى التشغيل يتطلب مهارات خاصة لاستعادة كفاءة المحطة.

نظراً لما تمتاز به طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة من مرونة فى التشغيل، فقد أدت الدراسات إلى إدخال بعض التعديلات فى أسس التصميم وطريقة التشغيل. ومن هذه الطرق:

• طريقة التنشيط البيولوجى (Bio-Activation Process):

فى هذه الطريقة تعالج المخالفات السائلة فى أحواض الترسيب الأولية ثم بالمرشحات الزلطية (بعمق ٦٠-٩٠سم)، ثم حوض ترسيب ثانوى ثم حوض تهوية ثم حوض ترسيب نهائى. وتؤدى هذه الطريقة إلى تحمل العملية الزيادة الطارئة فى الحمل العضوى، وكذلك إلى خفض زمن التهوية إلى ساعة أو ساعة ونصف.

• التهوية على مراحل أو على التوالى (Stage Aeration):

فى هذه الطريقة يستخدم حوضان للتهوية، يعملان على التوالى بينهما حوض ترسيب. تعتمد نظرية التشغيل فى هذه الطريقة على إتمام التزغيب فى الحوض الأول، ثم اتمام الأكسدة والتأزت (التحول إلى نيتريت ونترات) فى الحوض الثانى. وقد نجحت هذه الطريقة عند اتباع زمن التهوية ساعتين لكل حوض. كما يمكن تطوير هذه الطريقة باستعمال مرشحات زلطية بدلا من حوض التهوية الثانى. وهو إن كان تطويراً غير اقتصادى، إلا أنه يساعد فى حل مشكلات تشغيل المرشحات المحملة فوق طاقتها، وذلك بإنشاء حوض تهوية يعمل بالحمأة المنشطة قبل هذه المرشحات الزلطية.

ج-بحيرات الأكسدة: (Oxidation Ponds)

تعتبر بحيرات الأكسدة إحدى الطرق التي يعتمد فيها على العوامل الطبيعية، مثل: ضوء الشمس، الأوكسجين الجوى، درجة الحرارة؛ وذلك لتنشيط البكتريا الهوائية، والتي تؤكسد وتثبت المواد العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة. بحيرات الأكسدة عبارة عن بحيرات صناعية كبيرة وضحلة (Lagoons) تتدفق إليها مياه الصرف المرسبة أو الخام حيث تبقى فيها مدة طويلة، تمكنها من امتصاص الأوكسجين الجوى الذى تستعمله البكتريا الهوائية. كما يعيش ويتكاثر فى هذه البحيرات أعداد هائلة من الطحالب بأنواعها المختلفة، وهذه تستهلك الفضلات الناتجة عن أكسدة البكتريا للمواد العضوية، مثل: ثانى أكسيد الكربون والنشادر، وفى نفس الوقت يتصاعد منها الأوكسجين فى أثناء عملية التمثيل الكلوروفيلى، تتوقف كمية الأوكسجين المتصاعدة هذه على شدة الضوء فهى تزداد أثناء النهار حيث الضوء الساطع، ثم تأخذ فى الضعف أثناء الصباح الباكر، وعند الغروب وتتوقف نهائيا فى الماء. ولكن قد تشكل هذه الطحالب عبئاً إضافياً، وذلك إذا ماتت حيث تضيف إلى المواد العضوية المطلوب أكسبتها فى مياه الصرف، وهذا يقلل من كفاءة الأداء البحيرات الأكسدة.

توجد ثلاثة أنواع من بحيرات الأكسدة، وهى:

١- بحيرات لاهوائية تليها بحيرات أكسدة هوائية:

وهذه تستعمل فى معالجة مياه الصرف الخام، حيث يتم فى البحيرة الأولى ترسيب المواد العالقة وتخمرها، ولا يحتاج الأمر لتنظيف هذه البحيرة مما رسب فيها؛ إذ إن معالجة مياه الصرف الخام، حيث فى البحيرة الأولى يتم ترسيب المواد العالقة وتخمرها، ولا يحتاج الأمر لتنظيف هذه البحيرات مما رسب منها، إذ إن حجمها الكبير لا يتأثر بالكميات البسيطة من الرواسب التى تتجمع فيها.. وفى البحيرة الثانية يتم أكسدة وتثبيت المواد العضوية بفعل البكتريا

الهوائية. وعيب هذا النوع من البحيرات تصاعد الروائح الكريهة، كما يلزم خلال فترات متقطعة إعادة بعض المخلفات السائلة من البحيرة الثانية إلى الأولى، بواسطة طلمبات رافعة لتقليل تصاعد الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائى فى البحيرة الأولى. ولهذا لا يستخدم هذا النوع من البحيرات إلا فى المناطق المنعزلة والبعيدة عن السكان.

٢- بحيرات مهواة تهوية طبيعية:

وهذه تسود فيها البكتريا الهوائية، وتتشط فى أكسدتها للمواد العضوية، ولذلك لا تتصاعد منها غازات منفرة، إلا أن تكلفة إنشائها مرتفعة.

٣- بحيرات مهواة تهوية صناعية:

أحجام هذه البحيرات أصغر من البحيرات المهواة طبيعياً. وفيها تتم التهوية عن طريق قلابات ميكانيكية، تقوم بإحداث اضطراب فى سطح الماء فى البحيرة بما يساعد على امتصاص الأوكسجين الجوى، كما يساعد على خلط طبقات الماء بالبحيرة مع بعضها؛ حيث ينتشر الأوكسجين والمواد العضوية بكامل عمق البحيرة، وبما يزيد من نشاط البكتيريا الهوائية. تتميز هذه البحيرة بصغر حجمها وانتشار البيئة الهوائية بكامل عمقها، مع عدم احتمال تصاعد الروائح المنفرة، إلا أنها تحتاج إلى إشراف دقيق لتشغيلها.

ويفضل عند استخدام نوعى بحيرات الأوكسدة الهوائية أن يسبقها أحواض ترسيب ابتدائية لحجز أكبر كمية من المواد العالقة التى تزال على فترات للتخلص منها بعد تخميرها أو تجفيفها فقط. كما يفضل فى بعض الأحيان إعادة المخلفات السائلة من مخرج بحيرات الأوكسدة إلى مدخلها، لتحسين حالة المخلفات بها. وقد تبنى أحواض تهوية قبل بحيرات الأوكسدة لإزالة ما بها من غازات منفرة ناتجة عن أى تحلل لاهوائى.

تسمى البحيرات من النوع الأول بحيرات تثبيت لاهوائية هوائية، بحيرات النوع الثانى بحيرات تثبيت هوائية، النوع الثالث بحيرات الأوكسدة المهواة.

تتميز بحيرات الأوكسدة فى أنها لا تحتاج إلى إشراف فنى عالٍ، كما تستخدم فى معالجة مياه الصرف من المجتمعات السكانية الصغيرة حيث تتوفر مساحات الأراضى. يمكن أن تنشأ بجسور ترابية مكسوة بالدبش أو البلاطات الخرسانية عالية الكثافة، كما أنه يمكن تثبيت هذه الجسور بالأعشاب القصيرة مع إعطائها ميول ٢:١ - ٣:١؛ حيث يمكن الاستغناء عن التغطية بالدبش أو بالبلاطات الخرسانية.

د- قنوات الأوكسدة:

تعتبر معالجة المخلفات السائلة بطريقة قنوات الأوكسدة، تطويراً لمعالجتها بالحمام المنشطة ذات التهوية الممتدة. فى هذه الطريقة تعالج المخلفات السائلة بتهويتها فى قنوات بواسطة فرشاة دائرية من الصلب، تقوم بعمل التقليب اللازم لمنع الترسيب فى القنوات، وكذلك عمل الاضطراب الكافى فى السطح. يمكن للمخلفات السائلة امتصاص الأوكسجين الجوى. ومن ثم المحافظة على نشاط البكتريا الهوائية، التى تعمل على أكسدة المواد العضوية وتثبيتها. تصمم قنوات الأوكسدة وإن اختلفت طرق تشغيلها على أساس بقاء الخليط من المخلفات السائلة والحمام المنشطة من ١-٣ أيام، عمق القنوات من ٩٠-١٥٠ سم، السرعة الأفقية لتدفق مياه الصرف فى القنوات ٣٠ سم/ث.

تأخذ القناة عادة شكل الحلقة المقفلة المضغوطة من جانبيها. طرق التشغيل أما منقطعة أو مستمرة. فى التشغيل المتقطع تنساب مياه الصرف إلى القنوات باستمرار، كما يستمر تشغيل الفرش حتى يصل المنسوب إلى إرتفاع معين.. وعندئذ يوقف تشغيل الفرش لمدة ١-٢ ساعة، تعمل خلالها القنوات كحوض ترسيب نهائى، ثم يسمح للمخلفات

السائلة بالخروج من هدار علوى؛ حتى ينخفض المنسوب إلى ارتفاع معين، ثم يعاد تشغيل الفرش الدوارة، بعد أن يكون قد تم سحب جزء من الحمأة التي رسبت في قاع القنوات لتجفيفها، قبل التخلص منها.

وفي هذه الطريقة يجب اعتبار جزء من عمق القنوات مخصصاً لترسيب الحمأة عند توقف تشغيل الفرش لتعمل القنوات كحوض ترسيب، بل تخرج المخلفات السائلة من القنوات إلى حوض ترسيب نهائى يتم فيه ترسيب الحمأة، والتي يعاد جزء منها إلى القنوات ليختلط مع المخلفات السائلة عند التهوية، وتخرج بقية الحمأة لتجفيفها والتخلص منها. تستعمل قنوات الأكسدة في معالجة المخلفات من التجمعات السكنية الصغيرة، كما أنها تتميز بعدم تصاعد روائح منفرة؛ حيث يمكن إقامتها قريباً من التجمعات السكنية إلى حد ما دون ضرر.

هـ- تجفيف الحمأة والتخلص منها:

التجفيف على أسطح الرمال:

في هذه الطريقة، يلزم إعداد أحواض التجفيف، مساحة كل منها حوالى 10 × 15 متر، وبعمق 1-1,5 متر مزودة بشبكة من مواسير الصرف المفتوحة الوصلات في القاع، ويتراوح البعد بين كل ماسورتين من 4-8 أمتار. تغطي شبكة المواسير بطبقة من الزلط بارتفاع 35-40 سم، ويكون الزلط بقطر 1-5 سم، تعلوه طبقة من الرمال بارتفاع 25 سم. توزع الحمأة على هذه الأحواض من قنوات، يرتفع قاعها عن السطح الأرضى بما لا يقل عن 25 سم، مجهزة بفتحات، وأمام كل فتحة لوح عائق لمنع اندفاع الحمأة فوق سطح الرمال، تنتشر الحمأة بعمق صغير حوالى 10 سم ثم تترك لتجف عن طريق البخر وتسرب المياه داخل الرمال لمدة خمسة أيام صيفاً وتسعة أيام شتاءً، ثم تغطي بطبقة من الرمال لمنع توالد الذباب حتى يتم جفافها، ثم تزال لإعادة استعمال الحوض من جديد.

كما يمكن نشر الحمأة بالتتالي قبل وضع طبقة الرمل الأخيرة، إلى أن يصل العمق الكلى إلى بعد الجفاف إلى ٣٠سم. بعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة مستوية السطح بارتفاع ١متر، ثم تغطى بطبقة الرمل بسمك حوالى ٣سم لمنع توالد الذباب على سطحها. تترك هذه الأكوام لمدة ٢٠-٤٠ يوماً، حيث تتعرض خلالها للتخمير الجزئى، والذي يرفع درجة حرارتها إلى حوالى ٦٥°م، بفعل البكتريا والرطوبة المتبقية فى الحمأة. تساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل اكتمال نموها، وكذلك الحد من بويضات الديدان الطفيلية. بعد هذه المدة تكون الحمأة المجففة معدة للاستخدام كسماد طبيعى، يحتوى على مواد عضوية بنسبة ٥٥-٧٥%، ومواد غير عضوية بنسبة ٢٥-٤٥%، وزيوت وشحوم ٥-٢٥%، وبروتين ٥-٢٠%، وفوسفور ٠,٥-١,٥%.

جدول (٢-١): استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة.

أنواع التربة	طرق الري المناسبة	احتياطات بيئية وصحية	النباتات المسموح بزراعتها	درجة المعالجة
صحراوية بعيدة عن السكان بمسافة ٥كم.	القنوات والخطوط	عمل سياج حول الزراعة، عدم لمس المياه، منع دخول الماشية احتياطات منع الإصابة	الأشجار الخشبية	مياه صرف خام أو معالجة أولية
خفيفة ومتوسطة القوام	الخطوط، التنقيط	طهى الطعام، عدم تناولها للماشية المنتجة للألبان أو للحوم	النخيل، القطن، الكتان، التيل فواكه قشرية، محاصيل أعلاف والحبوب المجففة، مشاتل زهور.	معالجة ثانوية
جميع أنواع التربة	جميع طرق الري		جميع أنواع النباتات والمحاصيل الزراعية للتطهير	معالجة متقدمة حيث يستخدم فى الكلور