تصميم محطة معالجة لمعمل الادوية تاميكو

الإهداء

إلى كافة الكفاءات العلمية القديرة التي أعطتنا الكثير وبذلت الكثير لخلق جيل من المهندسين الأكفاء وإلى الدكتور القدير الذي أعطانا الكثير وعلمنا الاستنباط والتحليل والابتكار الدكتور المبدع

محمد هيثم حبوب

إلى من وقفت بجانبي وساعدني

إلى من عينيها أرى الحب والحنان

إلى الرؤوف العطوف

إلى منارة الحب والرحمة والعطاء

أمي الحبيبة

إلى من كان السند والقلب الكبير

وكان المكافح العظيم

إلى من تعلمت الصبر والوفاء منه

أبي العزيز

إلى القلب الدافئ

والبحر الكبير

إلى شعلة الحب والعطاء

إلى زهرة الياسمين المتعرقة

خطيبتي (المهندسة الغالية)

المهندس مهند قربي

مواصفات مياه الصرف

الصناعي وأهم طرق المعالجة

طبيعـــة وخصائـــص ميـــاه الصـــرف الصناعي:

تفضل الشركات الصناعية التخلص من مخلفاتها الصناعية السائلة بصرفها مباشرة على المجارى العمومية ولذلك فانه من الضروري ألا تسمح السلطات الرقابية بصرف أية مياه صرف صناعية على الشبكات العمومية قبل معرفة خصائص هذه المياه ومدى قدرة شبكة الصرف على استيعابها بالإضافة إلى معرفة تأثير ومدى خطورة صرف المركبات المختلفة الموجودة في هذه المياه على شبكات الصرف الصحي.
وكوسيلة لحماية شبكات الصرف، يمكن وضع نظام يحدد أنواع وتركيزات مياه الصرف الصناعي و التي يمكن صرفها على شبكة الصرف العمومية ويقارن جدول (2-1) بين الحدود المثالية المختلفة لكل من الأكسجين الحيوي الممتص والمواد الصلبة العالقة الكلية في مياه الصرف الصحي والصناعي، كما يوضح جدول (2-2) مقارنة بين القيم المختلفة للتركيز.

جدول (2–1) القيم المثالية لأحمال الأكسجين الحيوي الممتص والمواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي والصناعي

مصدر المخلفات	الأكسجين الحيوي الممتص BOD (كجم/طن منتج)	المواد الصلبة العالقة (كجم/طن منتج) TSS
الصرف الصحي	0.025 (كجم/يوم/شخص)	0.022 (كجم/يوم/شخص)
صناعة الألبان	5.3	2,2
صناعة الخميرة	125	18.7
صناعة النشا والجلوكوز	13.4	9.7
صناعة حفظ وتعليب الفواكه والخضراوات	12.5	4.3
صناعة الغزل والنسيج	314–30	196–55
صناعة الورق واللب	130–4	26–11.5
صناعة المشروبات	220–2.5	257–1.3
صناعة دباغة الجلود	86–48	155–85

جدول (2–2) القيم المثالية للتركيزات المختلفة

لمياه الصرف الصحي والصناعي

مصدر المخلفات	الأس الهيدروجيني	المواد الصلبة العالقة (ملجم/لتر)	BOD	COD	المواد الذائبة الكلية (ملجم/لتر)	زيوت وشحوم (ملجم/لتر)
الصرف الصحي	7	220	250	500	500	–
صناعة الألبان	4	12150	14000	21100	19000	320
صناعة الخميرة	5.3	540	2100	3400	3500	9
صناعة حفظ وتعليب الفواكه والخضراوات	5,5	2200	800	1400	1270	94
صناعة الغزل والنسيج	6.5	1800	840	1500	17000	155
صناعة الورق واللب	8	1640	360	2300	1980	–
صناعة المشروبات	9	760	620	1150	1290	–
صناعة دباغة الجلود	10	2600	2370	4950	8500	115
صناعة تعليب الأسماك	11	565	890	2350	8218	290

يوضح جدول (2–3) أهم الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصناعي وغالبا ما تهتم المعالجة الثانوية القياسية لمياه الصرف بالتخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد العالقة والبكتريا الممرضة.

هذا وقد تم مؤخرا وضع معايير أكثر تشددا بالنسبة للمواد المغذية والملوثات الرئيسية قبل الصرف، أما إذا أريد إعادة استخدام المياه فتشمل المواصفات حدودا معينة للمواد العضوية صعبة التحلل والمعادن الثقيلة وأحياناً الأملاح الغير عضوية الذائبة.

جدول (2-3): أهم الملوثات في مياه الصرف الصناعي

الملوثات	أهميتها
المواد العالقة	يتسبب وجود المواد العالقة في مياه الصرف الغير معالجة إلى زيادة ترسيبات الحمأة وتكوين ظروف لا هوائية في البيئة المائية عند صرفها.
المواد المغذية	يعتبر النيتروجين والفوسفات من المغذيات الأساسية للنمو بجانب الكربون لذلك فإن صرفهم على البيئة المائية قد يؤدى إلى نمو كائنات مائية غير مرغوب فيها، بينما إذا تم صرفهم على الأرض بكميات كبيرة يؤدى ذلك إلى تلوث المياه الجوفية.
الملوثات ذات الأهمية القصوى	وهى مركبات عضوية وغير عضوية تم اختيارها على أساس كونها (أو الشك في كونها) مواد مسرطنة أو تسبب تشوهات خلقية أو تغير في الجينات أو ذات سميه عالية، وتوجد العديد من هذه المركبات في مياه الصرف.
المواد العضوية صعبة التحلل	وهى مواد لها القدرة على مقاومة طرق المعالجة التقليدية مثل المنظفات الصناعية والفينول والمبيدات الزراعية.
المعادن الثقيلة	غالباً ما يتم صرف المعادن الثقيلة إلى المياه عن طريق الأنشطة التجارية والصناعية وفي حالة إعادة استخدام المياه يجب إزالتها تماماً.
الأملاح الغير عضوية الذائبة	تتواجد الأملاح الغير العضوية مثل أملاح الكالسيوم والصوديوم والكبريتات في مياه الصرف كنتيجة طبيعية لاستخدامات المياه، لذلك وفي حالة إعادة استخدام المياه يجب إزالة هذه المواد.

الخصائص الفيزيائية

من أهم الخصائص الفيزيائية لمياه الصرف هو محتواها من المواد الصلبة الذي يتكون من مواد طافية ومواد مترسبة ومواد عالقة ومواد ذائبة. أما باقي الخصائص الفيزيائية فهي الرائحة ودرجة الحرارة واللون ودرجة العكارة.

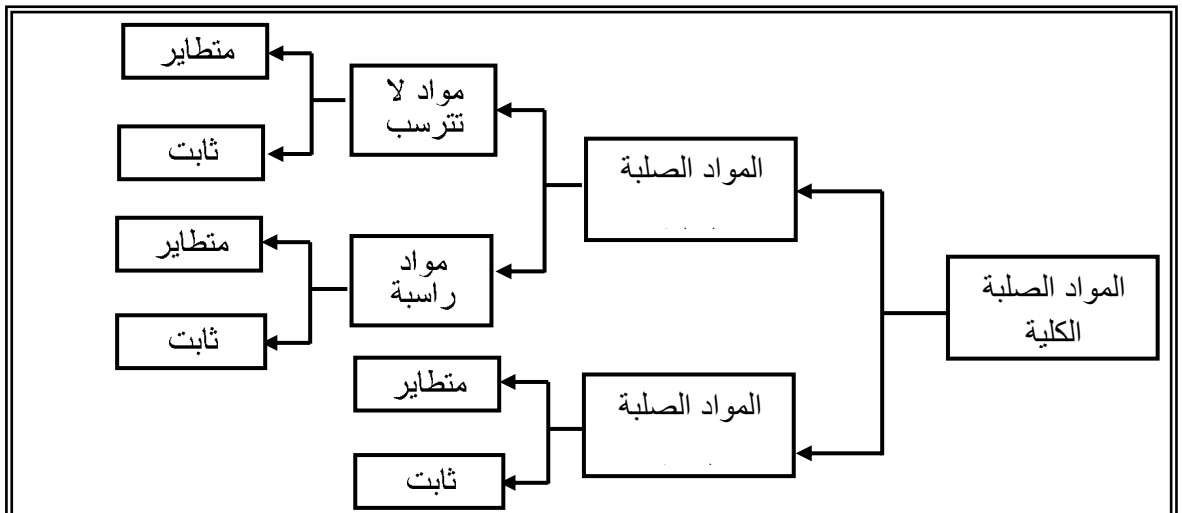
أ- المواد الصلبة الكلية:

علميا تعرف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف على أنها كل المواد التي تتبقى بعد التبخير عند درجة حرارة من 103 إلى 105 ºم. أما المواد التي لها ضغط بخارى مرتفع فإنها سوف تفقد في عملية التبخير عند هذه الدرجة وبالتالي لا تعتبر مواد صلبة.

وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب على أنها المواد التي تترسب في قاع إناء على شكل مخروطي (يسمى مخروط امهوف) في خلال زمن قدرة 60 دقيقة. تعتبر المواد الصلبة القابلة للترسيب المقاسة بالملليتر/لتر مقياسا تقريبيا لكمية الحمأة التي سوف تنفصل بالترسيب الأولى. ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية أو المتبقية بعد التبخير أيضاً إلى مواد لا يمكن ترشيحها (عالقة) أو مواد يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال فلتر (مرشح).
و يحتوى الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة على مواد رغوية ومواد صلبة مذابة. ويحتوى جزء المواد الرغوية على جزيئات بحجم من 0.001 إلى 1 ميكرومتر. أما المواد الصلبة المذابة فتحتوى على جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وأيونات ذائبة في الماء. وبشكل عام لا يمكن فصل المواد الرغوية بالترسيب. لذلك يجب استعمال إما الأكسدة البيولوجية أو التركيد يتبعها مرحلة الترسيب لترويق المياه.

تتواجد المواد الصلبة العالقة بكميات كبيرة في الصرف الصناعي لعدة صناعات مثل صرف صناعات المعلبات والصناعات الورقية حيث يتم حجزها بمصافي خاصة و/أو ترسيبها في وحدة المعالجة.
وتسمى المواد الصلبة التي تزال بالترسيب وتفصل عن مياه الغسيل بالحمأة حيث تضخ بعد ذلك إلى أحواض تجفيف أو تصفي لإزالة الماء منها (Dewatering).

ويمكن تقسيم المواد الصلبة تقسيماً آخر طبقاً لدرجة تطايرها عند درجة 550 ºم ± 50ºم حيث يتأكسد الجزء العضوي عند هذه الدرجة ويتحول إلى غاز بينما يبقى الجزء الغير عضوي كرماد، وبذلك يمكن أن نطلق مصطلح "المواد العالقة المتطايرة" و "المواد العالقة الثابتة" على كل من المحتوى العضوي والغير العضوي (المعدني) للمواد العالقة على الترتيب. ويتم دائماً إجراء تحليل المواد الصلبة المتطايرة على الحمأة لقياس مدى الثبات البيولوجي لها.



ب- الروائح

تنبعث الروائح عادة من الغازات المتولدة من تحلل المواد العضوية أو من المواد المضافة إلى مياه الصرف وقد تحتوى مياه الصرف الصناعي على مركبات ذات رائحة أو على مركبات تنبعث منها رائحة أثناء عملية المعالجة.

ج- درجة الحرارة

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عملية المعالجة وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها، وكذلك تؤثر على الأحياء المائية، وعلى مدى ملائمة المياه للاستخدامات المفيدة. فمثلا ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدى إلى اختلاف في فصائل الأسماك المتواجدة في البيئة المائية المستقبلة لمياه الصرف. ولذلك فإن العديد من المنشآت الصناعية تولى اهتماماً بالغاً بدرجة حرارة المياه السطحية التي يتم استخدامها في عمليات التبريد.

بالإضافة إلى ما سبق فإن الأكسجين أقل ذوباناً في المياه الدافئة عن المياه الباردة ولذلك فإنه عند ارتفاع درجة حرارة المياه في أشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية مصاحباً لانخفاض في كمية الأكسجين المتواجدة في المياه السطحية مما قد يؤدى إلى نفاذ حاد لتركيز الأكسجين الذائب في المياه. وقد تتزايد هذه التأثيرات الخطيرة عند زيادة كمية المياه الساخنة التي يتم صرفها على المسطحات المائية، مع ملاحظة أنه عند حدوث أي تغير مفاجئ لدرجة الحرارة قد ينتج عنه ارتفاع معدل الوفيات في الأحياء المائية، كما أن الارتفاع الغير طبيعي لدرجة الحرارة قد يؤدى إلى ازدياد نمو بعض النباتات المائية الغير مرغوب فيها والفطريات.

د- اللون

يختلف لون مياه الصرف الصناعي طبقاً لنوع الصناعة ولذلك فإنه من المهم معرفة خواص وطرق قياس اللون. ولا يمكن لطرق المعالجة التقليدية إزالة اللون وذلك لأن أغلب المواد الملونة تكون في الحالة الذائبة ولكن يمكن لبعض وحدات المعالجة الثانوية مثل الحمأة النشطة والمرشحات الرملية إزالة نسبة معينة لبعض أنواع المواد الملونة وفي بعض الأحيان تحتاج إزالة المواد الملونة إلى عمليات الأكسدة الكيميائية.

هـ- العكارة

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها.

الخواص الكيميائية:

أ. المواد العضوية :

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد. وقد تحتوى مياه الصرف الصناعي على كميات قليلة من جزيئات عضوية مخلقة والت ي يتباين تركيبها الكيميائي تباينا كبيرا مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والملوثات العضوية الرئيسية والمركبات العضوية المتطايرة والمبيدات الزراعية كما هو مبين بجدول (2-3). وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصناعي لأ ن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجيا أو تتحلل ببطء شديد.

- ***الزيوت والدهون والشحوم:***

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتا حيث أنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا. ويصل الكيروسين وزيوت التشحيم إلى الصرف عن طريق الورش والجراجات حيث يطفو على سطح مياه الصرف ويتبقى جزء ضئيل منه في صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمأة. هذا وتسبب الزيوت المعدنية مشاكل في الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح. وإذا لم تتم إزالة الشحوم قبل صرف المياه إلى البيئة الخارجية، فإنها قد تؤثر عكسيا على الحياة البيولوجية في المياه السطحية مسببة طبقة من المواد الطافية غير المرئية. وتعتبر الزيوت والشحوم مادة اختبار لتحديد مكونات المواد الهيدروكاربونية الموجودة بمياه الصرف الصناعي. وهذه الاختبارات تتضمن شحوم وزيوت حرة و شحوم وزيوت مستحلبة. وباستخدام هذه الاختبارات سيتم تحديد طبيعة المعالجة المطلوبة. ويتم إزالة الزيوت والشحوم الحرة بالطفو أو الكشط باستخدام جهاز فصل الزيوت بالجاذبية في حين يتم إزالة الزيوت المستحلبة باستخدام نظام التعويم بالهواء الذائب (Dissolved Air Flotation) بعد التكسير الكيميائي للزيوت المستحلبة. وفي كل الأحوال يجب إزالة الزي وت والشحوم قبل إجراء المعالجة البيولوجية وإلا سيحدث انسداد في مواسير توزيع المياه وتوزيع الهواء.

- ***المنظفات الصناعية:***

المنظفات الصناعية هي المواد الخافضة للتوتر السطحي وهى عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهى تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف وفي المياه السطحية التي تصرف إليها وتتجمع جزيئات المنظفات في الطبقة ما بين الهواء والماء كذلك تتجمع هذه المركبات على سطح فقاعات الهواء أثناء عملية المعالجة البيولوجية مسببة رغوة ثابتة تفوق عملية المعالجة.

- ***الفينـول:***

يعتبر الفينول وغيره من المركبات العضوية من المكونات الهامة في المياه حيث يمكن أن يسبب مشاكل في طعم مياه الشرب، خاصة عندما تكون المياه معقمة بالكلور. وتنتج مادة الفينول من العمليات الصناعية حيث تأخذ طريقها إلى المياه السطحية عند التخلص من مياه الصرف الصناعي. ويمكن إزالة الفينول بالأكسدة أثناء المعالجة البيولوجية وحتى تركيزات 500 ملجم/لتر.

- ***المركبات العضوية المتطايرة:***

هي المركبات العضوية التي لها نقطة غليان أقل من 100 درجة مئوية و/أو ضغط بخار أقل من 1 مم زئبق عند درجة حرارة 25 درجة مئوية. إن انسياب هذه المركبات في المجارى أو في محطات المعالجة قد تؤثر عكسيا على صحة العاملين بشبكات الصرف ومحطات المعالجة.

- ***المبيدات والكيماويات الزراعية:***

تعتبر المركبات العضوية الموجودة في المبيدات الحشرية والنباتية بالإضافة إلى الكيماويات الزراعية سامة بالنسبة لمعظم الكائنات الحية ويمكن اعتبارها مادة ملوثة مهمة فعالة في المياه المستقبلة للصرف.

مؤشرات المكونات العضوية:

- ***الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5):***

يعتبر هذا المؤشر من أكثر مؤشرات التلوث العضوية واسعة الاستخدام في مجال مياه الصرف الصناعي وعادة ما يكون الأكسجين الحيوي الممتص بسبب المواد العضوية الرغوية والذائبة مما يشكل حملا على الوحدات البيولوجية في محطات المعالجة. ويلزم توفير الأكسجين اللازم لنمو البكتريا لتقوم بأكسدة المواد العضوية. ويحتاج الحمل الزائد للأكسجين الحيوي الممتص الناتج من الزيادة في المخلفات العضوية إلى زيادة النشاط البكتيرى والأكسجيني بالإضافة إلى زيادة في قدرة وحدة المعالجة البيولوجية.

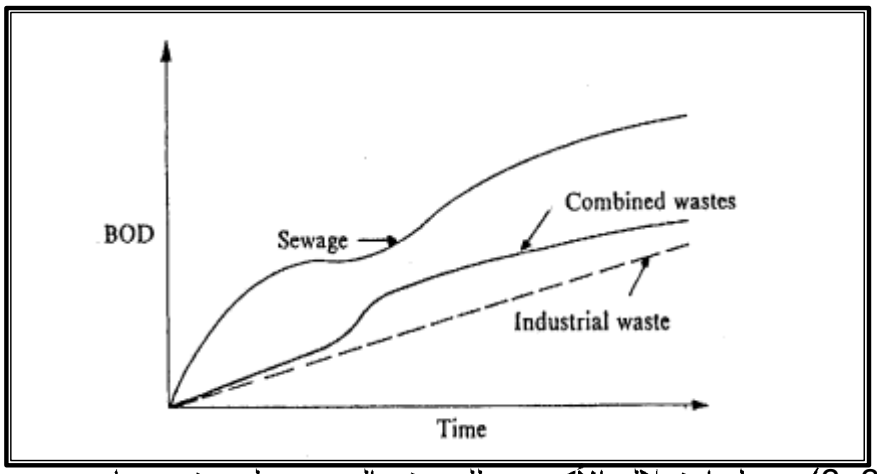
ويوضح الشكل البياني (2–2) إحدى التأثيرات المتوقعة من صرف المخلفات الصناعية السائلة على محطة معالجة للصرف الصحي. في هذا المثال فإن معدل تحلل مياه الصرف الصناعي يأخذ منحنى ثابت في حين أن المنحنى الممثل لمعدل التحلل للصرف الصحي يقل ويكون ثابتا لفترة ثم تبدأ بعدها عملية أكسدة المواد النيتروجينية. أما المنحنى الخاص بخليط الصرف الصناعي

والصحي فإنه يوضح تأثير الصرف الصناعي على إبطاء عملية الأكسدة السريعة في حالة الصرف الصحي.

يتم تحديد الأكسجين الحيوي الممتص لقياس الأكسجين الذائب المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة في عملية الأكسدة البيوكيميائية للمواد العضوية. ولقياس الأكسجين الحيوي الممتص يتم عمل تخفيفات لمياه الصرف بماء مشبع بالأكسجين في زجاجات خاصة يضاف إليها البكتيريا. تحضر أيضا زجاجة تحكم معبئة بماء وبكتيريا فقط. يتم وضع الزجاجات في حضانة لمدة خمسة أيام على درجة 20ºم، وبذلك تسمى العملية باختبارات الخمسة أيام للأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5) ويستخدم الفرق بين تركيز الأكسجين في زجاجة التحكم والأكسجين المتبق ي في الزجاجات الأخرى بعد خمسة أيام في حساب الأكسجين الحيوي الممتص مقدرا بـــ مجم/لتر.

وتستخدم نتائج الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5) في الآتي:

- تحديد كمية الأكسجين اللازمة للتثبيت البيولوجي للمادة العضوية الموجودة بمياه الصرف.
- تحديد قدرة محطات معالجة مياه الصرف.
- قياس كفاءة بعض عمليات المعالجة.
- تحديد مدى التوافق مع الحدود القانونية للصرف الصناعي.



شكل (2–2): معدل استهلاك الأكسجين للصرف الصحي ولصرف صناعي معين بالإضافة إلى كليهما معا

الأسباب المؤدية لقصور اختبارات الأكسجين الحيوي الممتص:

- ارتفاع تركيز البكتيريا البادئة النشطة.
- الحاجة للمعالجة المبدئية عند التعامل مع المخلفات السامة كذلك خفض تأثيرات الكائنات.
- يتم قياس المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا فقط بهذه الطريقة.
- لا يوجد صلاحية للاختبار بعد استهلاك المواد العضوية الذائبة في المياه.

- طول المدة (5 أيام) للحصول على النتائج.

- ***الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD):***

يستخدم اختبار الأكسجين الكيميائي المستهلك لقياس المواد العضوية في مياه الصرف الصناعي التي تحتوي على مركبات سامة للحياة البيولوجية، ويتم بأكسدة المركبات المختزلة في مياه الصرف من خلال تفاعل مع خليط من حمضي الكبريتيك والكروميك في درجة حرارة عالية. وهناك اختبار آخر لـــ (COD) تستخدم فيه البرمنجنات كعامل مؤكسد، ولكن هذا الاختبار يعطى نتائج ذات قيم منخفضة وليست لها علاقة مباشرة بالاختبار المعياري للأكسجين الكيميائي المستهلك.

وبشكل عام فإن قيمة الأكسجين الكيميائي المستهلك لمياه الصرف أعلى من قيمة الأكسجين الحيوي الممتص لأن المركبات يمكن أن تتأكسد كيميائيا والبعض فقط يمكن أن يتأكسد بيولوجيا، وبالنسبة لأنواع كثيرة من مياه الصرف فإنه من السهل الربط بين الأكسجين الكيميائي المستهلك والأكسجين الحيوي الممتص. وهذا يعتبر ذو فائدة لأن الأكسجين الكيميائي المستهلك يمكن تعيينه خلال 3 ساعات فقط بالمقارنة بالأكسجين الحيوي الممتص و الذي يلزم لتقديره 5 أيام. وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأكسجين الكيميائي المستهلك يمكن استخدامها ك مؤشر لكفاءة عمليات التشغيل والتحكم في محطات المعالجة.

وفي الغالب فإن نسبة الأكسجين الكيميائي المستهلك إلى الأكسجين الحيوي الممتص 1.5 : 2 في مياه الصرف الصناعي التي تحتوى على مواد تتحلل بيولوجيا (مثل صناعة الأغذية). أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من 3، فإنه يمكن اعتبار أن المواد المؤكسدة الموجودة في العينة ليست بيولوجية التحلل. في بعض الأحيان يطلق على المواد غير المتحللة بيولوجيا مواد حرارية حيث توجد بصفة دائمة في مياه الصرف الناتجة من الصناعات الكيماوية والورقية.

ب. المواد غير العضوية:

إن العديد من المؤشرات الغير عضوية لمياه الصرف تشكل أهمية لوضع والتحكم في معايير نوعية مياه الصرف. ويجب معالجة مياه الصرف الصناعي لإزالة المكونات الغير عضوية التي تضاف أثناء استخدام المياه. و تزداد تركيزات المكونات الغير عضوية بسبب عملية التبخير الطبيعية والتي تتخلص من بعض المياه السطحية تاركة المواد الغير عضوية في مياه الصرف.

- ***الأس الهيدروجيني* (pH):**

إن تركيز الأيون الهيدروجيني يعتبر أحد المؤشرات الهامة لمياه الصرف . ويعتبر مدى التركيز المناسب لتواجد معظم الحياة البيولوجية صغير ا جدا وحرج ا. إن مياه الصرف ذات ا لأس الهيدروجيني الخارج عن المدى من الصعب معالجتها بالطريقة البيولوجية، وبالتالى إذا لم ي تم ضبط (pH) قبل الصرف فإنه سيؤثر عكسيا على (pH) في المياه الطبيعية.

- ***القلوية (Alkalinity) :***

تنتج القاعدية من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيك اربونات مثل الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا ويعتبرا الكالسيوم والمغنيسيوم هم ا الأكثر انتشارا. ويمكن اعتبار البورات والسيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف على مواجهة التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن إضافة الأحماض. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف أهمية من حيث التأثير على المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات كذلك إزالة الأمونيا باستخدام طبقات الهواء.

- ***النيتروجين:***

نظرا لأهمية النيتروجين كحجر أساس في سلسلة البروتين، فإن بيانات النيتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية. إن عدم وجود النيتروجين بشكل كاف يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة. ولكى يتم التحكم في نمو الطحالب في المياه المستقبلة فإن اختزال أو إزالة النيتروجين في مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة. ويشمل النيتروجين الكلى – والمستخدم كمؤشر شائع – على العديد من المركبات مثل الأمونيا وأيون الأمونيوم والنترات والنيتريت واليوريا والنيتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات).

- ***الفسفور:***

يعتبر الفوسفور ضروري لنمو الطحالب وغيرها من الكائنات البيولوجية ويكون الفسفور العضوي أحد أهم المكونات لمياه الصرف الصناعي والحمأة.

- ***الكبريت:***

يتم اختزال الكبريتات حيويا تحت ظروف لاهوائية إلى الكبريتيد، والذي بدوره يمكن أن يرتبط بالهيدروجين ليكون كبريتيد الأيدروجين حيث يتصاعد هذا الغاز في الهواء المحيط بمياه الصرف وكذلك يتجمع في الشبكات فوق سطح المياه بالمواسير. ويمكن لغاز كبريتيد الأيدروجين المتراكم أن يتأكسد حيويا داخل الشبكات ويتحول إلى حامض كبريتيك والذي يسبب تآكل مواسير الحديد وكذلك المعدات.

- ***المركبات السامة الغير عضوية:***

بسبب السمية الناتجة عن هذه المواد، فإن بعض الكتيونات تكون ذات أهمية في معالجة والتخلص من مياه الصرف. وقد تم تصنيف الكثير من هذه المركبات على أنها ملوثات ذات أولوية. ويعتبر الرصاص والحديد والفضة والكروم بالإضافة إلى البورون مواد سامة لها درجات متفاوتة من السمية على الكائنات الدقيقة لذلك يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم محطات المعالجة البيولوجية. وتعانى الكثير من محطات المعالجة بسبب وجود هذه الأيونات في المياه حيث تسبب قتل الكائنات الدقيقة وبالتالي توقف المعالجة.

أما كتيونات البوتاسيوم والأمونيوم فإنها تعتبر سامة عند 4000 ملج م/لتر. أما السيانيد والكرومات والتي تعتبر أيونات سامة تظهر أيضا في مياه الصرف الصناعي الناتجة عن طلاء المعادن ويجب إزالتها من البداية بالمعالجة الأولية في المصنع بدلا من خلطها بالصرف الصحي. ويتواجد الفلوريد – وهو عنصر سام – بشكل شائع في مياه الصرف الناتجة من صناعات الإلكترونيات. كذلك يمكن أن تحتوى مياه الصرف الصناعي أيضا على مواد عضوية سامة.

- ***المعادن الثقيلة:***

تعتبر التركيزات الصغيرة لكثير من المعادن مثل النيكل والمنجنيز والرصاص والكروم والكادميوم والزنك والنحاس والحديد بالإضافة للزئبق مكونات ذات أهمية في مياه الصرف الصناعي. كما أن وجود مثل هذه المعادن بكميات مرتفعة سوف تؤثر على استخدام المياه نظرا لسميتها. لذلك يفضل دائما أن يتم قياس والتحكم في تركيز هذه المواد في المياه.

الخواص البيولوجية:

بعض الصناعات ينتج عنها نوع معين من البكتيريا الممرضة مثل المجازر الآلية والبعض الآخر ينتج عنه طفيليات وفطريات مثل مصانع النشا والخميرة. وتحدد الاختبارات البيولوجية على مياه الصرف وجود البكتيريا الممرضة من عدمه بواسطة اختبار نوع معين من الكائنات المؤشرة. وتمثل المعلومات البيولوجية حاجة ملحة لتقييم نوع المعالجة لمياه الصرف قبل التخلص منها إلى البيئة. ويوضح جدول رقم (2–4) المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي المختلفة.

جدول رقم (2-4): المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي

المؤشر	الصنـــاعة													
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير	الكيماويات العضوية	منتجات اللحوم	تنظيف المعادن	البلاستيك	الورق والقلب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الأبان
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5)	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD)	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
الكربون الكمى العضوى (TOC)			X			X				X	X			X
الاحتياج الكلى للأكسجين (TOD)					X									
الأس الأيدروجينى (pH)		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
المواد الصلبة الكلية	X				X									
المواد الصلبة العالقة	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
المواد الصلبة القابلة للترسيب		X					X							
المواد الصلبة الذائبة		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	
المواد الصلبة العالقة المتطايرة											X			
الزيوت والشحوم	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	
المعادن الثقيلة (عام)						X		X		X			X	
الكروم	X			X	X						X	X	X	
النحاس											X			
النيكل	X													
الحديد	X			X	X						X	X		
الزنك	X			X				X			X	X		
الزرنيخ					X									

الزئبق				X	X									
الرصاص	X			X								X		
قصدير	X										X			
الكادميوم	X													

المؤشر	الصنـــاعة													
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير	الكيماويات العضوية	منتجات اللحوم	تنشيط المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
الكالسيوم				X										
الفلوريدات				X	X									
السيانيد					X	X		X	X		X	X		
الكلوريدات	X			X	X	X					X	X		X
الكبريتات	X			X	X				X		X	X		
الأمونيا	X			X		X	X		X	X	X	X		
الصوديوم				X										
السيليكات					X									
الكبريتيت										X				
النترات	X			X		X			X	X	X			X
الفسفور			X	X	X	X	X		X	X	X			X
اليوريا أو النيتروجين العضوي				X										
اللون		X	X				X			X	X		X	X
الحد الاحتمالي للمجموعة القولونية		X					X			X				
البكتريا القولونية			X							X				
المواد السامة		X					X		X	X	X		X	X

درجة الحرارة		X	X	X	X					X	X	X	X	X
العكارة		X			X	X			X				X	
الرغاوى	X													
الروائح												X		
الفينولات	X						X	X	X	X	X	X	X	
البنزوات المكلورة والمركبات الأروماتية						X			X					
المركابتنات والكبرتيد Mercaptans / sulfide						X					X		X	

أهمية محطات معالجة مياه الصرف الصناعي :

تنظر الصناعة إلى معالجة مياه الصرف على أنها ضرورة مفروضة عليها تلجأ إليها عندما تؤثر مياه الصرف على مجارى المياه المستقبلة لها بشكل واضح ومرئي أو عندما تلقى المنشأة القبول لدى الرأي العام في مقابل ما تبذله من مجهودات وتكاليف. ويجب على الصناعة أن تحاول القيام ب معالجة مياه الصرف بأقل تكلفة تمكنها من الوصول إلى الحدود المناسبة للصرف على المياه المستقبلة لها ويتطلب ذلك إجراء دراسات وتجارب استكشافية. إن التخطيط المسبق سيوفر الوقت اللازم لاتخاذ القرارات المناسبة، وبالعكس، فإن التقصير في التخطيط لتقليل تكاليف معالجة المياه يمكن أن يؤدى إلى احتياج مفاجئ لحل سريع مما يؤدى بالصناعة إلى قرار بوقف الإنتاج.

لقد كان وعي العامة تجاه التحكم في التلوث ضعيفا خلال النصف الأول من القرن العشرين، وقد شهد تحولاً جذريا في بداية السبعينيات لحدوث تطور في اهتمامات الرأي العام فيما يتعلق بالحفاظ على البيئة . إن اهتمام المجتمع الحقيقي بالبيئة على المدى الطويل مطلوب لتحقيق تغيير في مفهوم العامة للحفاظ على البيئة. وسيتطلب ذلك أيضا تغيرات جذرية في اتجاهاتنا السياسية والاجتماعية والتشريعية والاقتصادية في مجال التحكم في التلوث الصناعي بالإضافة إلى التطورات التكنولوجية الحديثة.

وللوقاية من أي أضرار صحية قد تصيب مجرى المياه المستقبلة لمياه الصرف. فإنه يجب معالجة مياه الصرف جيدا قبل ضخها بحيث تتوافق مع متطلبات القوانين المحددة لخصائص المياه للصرف على المجاري المائية. ويجب في مرحلة التخطيط والتنمية إعطاء أولوية قصوى لمعايير حماية الأرض والموارد المائية وسلامة الأحياء المائية في الأنهار والمجارى المائية وحماية الحياة البحرية من التلوث وحماية الصحة العامة.

وقد قامت الحكومة المصرية بإجراء تعديلات على القوانين المنظمة للصرف على المجارى المائية في سنة 1994 بالقانون رقم 4 وللصرف على الشبكة العامة طبقا لقانون رقم 93 لسنة 1962 ولائحته التنفيذية رقم 44 الصادرة في سنة 2000 وللصرف على المجارى المائية العذبة كنهر النيل بالقانون رقم 48 لسنة 1982.

ويهدف إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصناعي إلى مساندة حماية البيئة والصحة العامة حيث أن التلوث الناتج عن المنشآت الصناعية لا يضر بالبيئة فقط وإنما يؤثر أيضا على صحة الأفراد ولذلك فإن معظم الإجراءات التي يمكن أن تتخذها المنشآت الصناعية للتقليل من تأثيرها الضار على البيئة تؤدى إلى تقليل التأثيرات الضارة على صحة العاملين بالمنشأة والمجتمعات التي تعيش في المناطق المحيطة بها والتي تتأثر بالانبعاثات المختلفة الصادرة من المصانع. وبذلك يمكن القول أن كفاءة محطات معالجة مياه الصرف الصناعي تؤدى إلى حماية البيئة وحماية العاملين والصحة العامة.

الطرق الشائعة لمعالجة مياه الصرف :

يتم تحديد درجة المعالجة المطلوبة من خلال وضع أهداف المعالجة للمشروع ومراجعة جميع القوانين واللوائح المعنية وأخيرا مقارنة خصائص مياه الصرف مع متطلبات القوانين. وبذلك يتم تحديد وتقييم البدائل المتاحة للمعالجة والتخلص وإعادة الاستخدام ثم يتم اختيار البديل الأنسب. ويتم التخلص من الملوثات في مياه الصرف بأساليب إما فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية، منفردة أو متجمعة.

العمليات الفيزيائية

وهى العمليات التي تعتمد على القوى الطبيعية والفيزيائية وكانت هذه الطرق هي أول الطرق المستعملة في معالجة مياه الصرف لأن معظمها نشأت عن تأملات الإنسان الأول في الطبيعة. ومن هذه الطرق: التصفية – الخلط – الترويب – الترسيب – التعويم أو الطفو – الترشيح – حركة الغازات.

العمليات الكيميائية

وهى العمليات التي تعتمد على حدوث تفاعل كيميائي من أجل التخلص من أو تحول الملوثات إلى مواد يسهل فصلها من مياه الصرف. ومن أكثر الطرق الكيميائية شيوعا في هذا المجال: الترسيب و الامتزاز والتطهير. تتم المعالجة بالترسيب الكيميائي من خلال تكوين راسب كيميائي. وفي معظم الأحيان يحتوى هذا الراسب على المكونات التي قد تفاعلت مع الكيماويات المضافة إلى جانب المكونات الأخرى التي قد ترتبط بالمواد المترسبة وتفصل معها. أما الامتزاز فيعتمد على قوة الجذب بين الأجسام للتخلص من مركبات معينة من خلال التصاقها بسطح المواد الصلبة.

العمليات البيولوجية

وهى التي تعتمد على النشاط البيولوجي في التخلص من الملوثات. وتستخدم هذه الطرق أساساً من أجل التخلص من المواد العضوية (الرغوية أو الذائبة) القابلة للتحلل بيولوجيا. وتتم هذه العملية من خلال

تحويل هذه المواد إلى غازات تتسرب إلى الهواء الخارجي أو إلى نسيج الخلايا البيولوجية (الحمأة) التي يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب. وتستخدم المعالجة البيولوجية أيضا في التخلص من المغذيات (النيتروجين والفسفور). وفي أغلب الأحيان يمكن معالجة مياه الصرف بيولوجيا مع التحكم البيئي الملائم.

أنظمة المعالجة الميكانيكية

التصفية "Screening"

وهي تعتبر أول عملية هامة في معالجة الصرف الصناعي وتتم بتمرير المياه الملوثة من خلال مصافي لفصل المواد الصلبة ذات الأحجام الكبيرة العالقة بالمياه. تتكون المصافي من أعمدة متوازية (أسياخ أو أسلاك أو سلك ضيق أو سطح مثقب). يمكن أن تكون الفتحات على شكل دائري أو مستطيل.

وتعرف المصفاة المكونة من الأعمدة المتوازية أو الأسياخ باسم "مرشد" (rack). ومع أن المرشد هو أداة تصفية إلا أن مصطلح "screen" يجب أن يطلق على النوع الذي يتكون من قماش السلك أو الأسطح المثقبة.

وتصنف أنواع المصافي طبقا لطريقة تنظيفها كالآتي:

١ - المصافي ذات التنظيف اليدوي

٢ - المصافي ذات التنظيف الميكانيكي

أيضا تصنف المصافي من حيث مقاس الفتحات إلى:

١ - المصافي ذات الفتحات الضيقة (قطر أقل من 1/4 بوصة)

٢ - المصافي ذات الفتحات الواسعة (قطر أكبر من 1/4 بوصة)

ويبين جدول رقم (3–1) والأشكال رقم (3–1) و(3–2) الأنواع الأساسية للمصافي.

المصفاة التي تسمى "aquarake" عبارة عن مصفاة تنظف أوتوماتيكيا ويمكن تركيبها مباشرة على مجاري مفتوحة. أما المصفاة التي تسمى " Vibrating Curved Screen" أو "المصفاة الاهتزازية المنحنية" فتتميز بكفاءة فصل عالية وسهولة إزالة المواد الصلبة من على السلك. ويمكن أيضا أن تزود هذه المصفاة بأداة تنظيف بالرش. أما المصفاة الدوارة "Rotary Screen" فتعمل بتمرير المياه من أعلى اسطوانة دوارة ويمكن تزويدها بكاشط لتنظيف الأسطوانة.

جدول (3–1): أنواع المصافي الميكانيكية

ب. سطح المصفاة				
نوع المصفاة	**نوع الحبيبات**	**حجم الفتحات**	**مادة صنع المصفاة**	**الاستخدام**
مرشد الأعمدة المتوازية (Bar rack)	خشن	0.6 – 1.5	Steel, Stainless steel	معالجة تحضيرية
النوع المائل:				
الثابت	متوسط	0.01 – 0.1	Stainless-steel wedge-wire screen	معالجة أولية
الدوار	خشن	2×0.09×0.03	Milled bronze or copper plates	قبل المعالجة
القرص الدوار	خشن	0.1 - 0.2	Stainless-steel wedge wire cloth	معالجة تحضيرية
	متوسط	0.01 – 0.1	Stainless-steel wedge-wire screen	
		6-35 µm	Stainless-steel and polyester screen	معالجة أولية

	ناعم		cloths	إزالة المواد الصلبة الثانوية الزائدة
أسطوانة دوارة	متوسط	0.01 – 0.4	Stainless-steel	معالجة أولية
	ناعم	0.001 – 0.02	Stainless-steel	معالجة أولية
مصفاة الطرد المركزي	ناعم	0.002 – 0.02	Stainless-steel, polyester and various other fabric screen cloths.	معالجة أولية ومعالجة ثانوية مع تنك الترسيب وإزالة المواد الصلبة العالقة الزائدة

3-1-2 فصل الزيوت

وهى عملية يتم فيها فصل المواد الطافية والزيوت والمواد العضوية الحرة (الغير مستحلبة) من المياه الملوثة. وهذه العملية لها أهمية كبيرة في المعالجة الأولية للصرف الصناعي. ولذلك فإن معظم الصناعات البترولية والكيميائية تستخدم أجهزة فصل الزيوت عن المياه بدلا من أجهزة الترسيب الأولية.

- ***فاصل الزيوت API***

وهو جهاز قامت المؤسسة الأمريكية للبترول (American Petroleum Institute) بتصميمه وهو الأكثر استخداما في الصناعات البترولية والمنشآت الصناعية الأخرى. وهناك نموذجان لهذا النوع من أجهزة فصل الزيوت: النوع المستطيل والنوع الدائري ولكننا قلما نجد النوع الدائري حيث أن النوع المستطيل يتماشى أكثر مع أحجام معظم الوحدات. وكثيرا ما تعمل هذه الأجهزة مع تدفق عال للمياه مما يحتاج إلى وحدات كبيرة الحجم. ولكن العيب الوحيد بها هو أنها تحتاج إلى زمن مكوث (Resident time) طويل لضمان أقصى كفاءة لفصل الزيت.

- ***وحدة فصل الزيوت CPI***

هذه الوحدة تعتبر بديلا لوحدة الـــ API وتتكون من مجموعة شرائح أو مجموعات من الأنابيب موضوعة بميل 60 درجة بحيث تنزلق المواد المحتجزة من أعلى الشرائح لتتجمع في القاع. ويبين شكل رقم (3-3) قطاعا في جهاز الـــ CPI. من أهم مميزات هذا الجهاز أنه يمكن أن يستخدم في مكان صغير المساحة ومع أنه قد وجد رواجا بين صناعات عديدة إلا أنه لا يستخدم بكثرة في عمليات تكرير البترول بسبب عدم قدرته على استيعاب معدلات التدفق العالية. وهو يتميز على وحدات الـــ API والمروقات الأولية لأنه أكثر كفاءة في فصل الزيوت والمواد الصلبة نظرا لأنه يمكن توفير مساحة سطحية أكبر.

3-1-3 تثبيت معدل تدفق وتجانس مياه الصرف (Flow Equalization)

الغرض من عملية التثبيت والتجانس (Equalization) هو تجميع مياه الصرف من المصادر المختلفة الحامضية أو القاعدية وكذلك المخلفات العضوية في أحواض خاصة حيث يتم خلطها وتصبح ذات تركيزات متجانسة وتدفق ثابت يسهل معالجتها في المراحل التالية خاصة عملية المعادلة بالأحماض أو القلويات.

وتساعد عملية تثبيت تدفق مياه الصرف في التغلب على مشاكل التشغيل الناجمة عن التغير في معدلات تدفق المياه إلى محطات المعالجة وبالتالي تحسين أداء المحطة. ويستخدم خزان (Equalizing tank) كذلك خزان طوارئ لاستقبال المياه الملوثة في حالة حدوث أى عطل فني في عملية المعالجة.

وفيما يلي مميزات تطبيق نظام تثبيت وتجانس مياه الصرف الداخلة في محطات المعالجة:

- زيادة كفاءة عمليات معالجة مياه الصرف بعد التجانس وتثبيت معدل التدفق
- زيادة كفاءة المعالجة البيولوجية حيث أن عملية التجانس تمنع أو تقلل حدوث الأحمال العالية المفاجئة. كذلك يمكن تخفيف المواد السامة التي تؤثر على العملية الحيوية وثبات الأس الأيدروجيني
- تحسين أداء عمليات الترشيح والغسيل العكسي لتكون أكثر انتظاما
- تحسين أداء المعالجة الكيميائية حيث أن التثبيت والتجانس يؤدي إلى ثبات الأحمال مما يؤدي إلى تغذية منتظمة لجرعات الكيماويات
- تحسين في خواص المياه المعالجة وكفاءة التثخين في أحواض الترسيب الثانوية التي تتبع المعالجة البيولوجية التي تزداد كفاءتها نتيجة ثبات أحمال المواد الصلبة.
- يمكن أن تكون عملية التثبيت والتجانس طريقة غير مكلفة للتغلب على مشاكل المحطات التي تعاني من ازدياد الأحمال.

ويمكن تركيب خزان التثبيت والتجانس في بداية عمليات المعالجة أو بعد المعالجة الأولية وقبل المعالجة البيولوجية. ويجب أن يصمم تنك التجانس بحيث يسمح بتقليب المواد المترسبة. كذلك يجب تزويده بمصدر للتهوية للتغلب على انبعاث الروائح الكريهة.

المعالجة الفيزيائية

الترسيب

الغرض من الترسيب الطبيعي هو إزالة أكبر كمية من المواد الصلبة العالقة ذات الكثافة الأعلى من المياه في أحواض خاصة تمر فيها المياه في فترة معينة وتحت ظروف تساعد على هبوط المواد العالقة إلى قاع هذه الأحواض وهى من وحدات التشغيل الأكثر شيوعا في معالجة الصرف.

وتستخدم عمليات الترسيب في إزالة الرمال في أحواض الترسيب الأولية وفي فصل الحمأة النشطة في المعالجة البيولوجية وكذلك في فصل الرواسب في المعالجة الكيمائية وفي عمليات تثخين الحمأة.

أنواع أحواض الترسيب:

١ - **أحواض الترسيب الشائعة**

هذه الأحواض تعتبر من أحسن الأحواض للترسيب الطبيعي وفيها توجد المياه بحيث تسير في الحوض أفقيا بسرعة لا تصل إلى الحد الأدنى الذي يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة في الحوض. وهذه الأحواض إما مستطيلة أو مربعة أحيانا في المسقط الأفقي وهي الأكثر استعمالا في عمليات الترسيب الطبيعي كما هو مبين بشكل (3-4).

ويتكون الحوض من 4 مناطق:

- المنطقة الداخلية: وفيه يتم توزيع المياه على المقطع الأفقي للحوض.
- منطقة الترسيب: وفيها ترسب المواد العالقة.
- المنطقة الخارجية: وفيها يتم تجميع المياه الرائقة.
- منطقة الحمأة : وفيها تتجمع المواد الصلبة في أسفل الحوض ثم يتم إزالتها نهائيا.

٢ - الترسيب بالأنابيب

إذا كانت الأنابيب أفقية أو بوضع مائل خفيف تتجمع المواد الصلبة في القاع ويجب أن تزال عن طريق التنقية الدورية. أما إذا كان وضع الأنابيب مائلا ميلا شديدا فسوف تنزلق المواد الصلبة داخل الأنابيب عكس اتجاه سريان المياه ويمكن تجميعها في القاع.

٣ - المثخنات

هي عبارة عن أحواض للترسيب تستخدم في عملية تركيز المواد العالقة. وعامة فإن الجزيئات في المثخن تترسب مجمعة في منطقة الترسيب. وكما هو مبين بالشكل رقم (3-5) فإن قاع المثخن يمتلئ بطبقة من المواد الصلبة العالقة التي يزداد تركيزها كلما زاد العمق. ويتم فصل المياه المروقة من المواد الصلبة العالقة وإزالتها من أعلى المثخن وبذلك يوفر المثخن حمأة مركزة بالإضافة إلى مياه مروقة.

ومن أهم العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب مدى انتظام دخول وخروج الماء من الحوض وما قد ينتج في منطقتي المدخل والمخرج من دوامات وتيارات ثانوية تحد من ترسيب المواد العالقة. كما أن عدم انتظام توزيع المياه في المدخل وتجميعها في المخرج بكامل قطاع الحوض قد ينتج عنه مناطق راكدة Dead Zones في أنحاء الحوض مما يحد من السعة الفعالة للحوض ومن ثم يحد من مكوث الماء في الحوض، وبالتالي يقلل من كفاءة الترسيب. لذلك كان من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج بحيث تضمن انتظام توزيع المياه وتجميعها وعدم تواجد المناطق الراكدة. ويوضح الشكل (3-5) المثخن الذي يعمل بالجاذبية.

يتم تصميم أحواض الترسيب بأشكال وأحجام مختلفة فمنها المستطيل والدائري. تتم عملية إزالة المواد الصلبة بمعدات ميكانيكية والتي تفصل المواد الصلبة العالقة لموقع تجميع متوسط أو عن طريق مجمعات هيدروليكية التي تزيل المواد الصلبة بالقرب من نقطة الصرف.

وفي هذه الأحواض يتم إزالة من 40–60% من المواد العالقة مع 25–50% من حمل الأكسجين الحيوي الممتص BOD. ويتراوح تركيز المواد الصلبة الناتجة من عملية الترسيب ما بين 4–10% للترسيب الأولي و 0,5–2 % للمثخنات التي تتعامل مع الحمأة الناتجة من مفاعلات الحمأة النشطة.

وحدة التعويم هى الوحدة التى تستخدم في فصل الجزيئات الصلبة أو السائلة من مياه الصرف. تتم عملية الفصل بواسطة إدخال غاز خام (عادة فقاعات هواء) إلى مياه الصرف. تلتحم الفقاعات بالجزيئات حيث تكفي قوة الطفو للجزيء المركب مع الغاز لرفع الجزيء إلى السطح. وبذلك يمكن للجزيئات التى لها كثافة أعلى من السائل أن تطفو.

يتم استخدام التعويم لإزالة المواد العالقة وزيادة تركيز الحمأة البيولوجية. الميزة الأساسية لعملية التعويم عن الترسيب هي أن الجزيئات الصغيرة جدا أو الخفيفة يمكن إزالتها بشكل كامل وفي وقت قصير. وعندما تطفو الجزيئات إلى السطح فإنه يتم إزالتها بواسطة عملية الكشط.

- **التعويم الهوائي:**

في هذا النظام والموضح بالشكل (3–6) تتكون فقاعات الهواء بإدخال الغاز إلى مياه الصرف عبر مضخة دوارة خلال المشتت. عملية التهوية بمفردها ليست كافية على المدى القصير للتأثير في عملية الطفو للمواد الصلبة بالرغم من نجاح مثل هذه الوحدات فيما يتعلق بمياه الصرف التي تكون زبدا وهو عبارة عن حمأة طافية على السطح (scum).

- **التعويم اللاهوائي (Vacuum flotation):**

هذه العملية تتكون من تشبع مياه الصرف بالهواء إما مباشرة في خزان هوائي أو عن طريق السماح للهواء بالدخول من جانب السحب (الشفط) في مضخة الصرف. تطفو الفقاعات والجزيئات الصلبة الملتصقة بها إلى السطح مكونة طبقة رغوية والتى يتم إزالتها بطريقة الكشط. ويتم تجميع الزلط والجزيئات الصلبة الثقيلة المترسبة في القاع في الوسط كحمأة تمهيدا لإزالتها.

3–2–3 التجميـــع (Coalescence)

يستخدم أيضا لإزالة التركيزات المنخفضة من الزيوت الحرة والعالقة ويتم استخدامها كوحدة عمليات مستقلة أو كمرحلة نهائية لمعالجة الصرف الخارج من أنواع مختلفة من وحدات فصل الزيوت. وكما هو موضح بالشكل (3–7) تتكون وحدة التجميع من طبقات من المواد الماصة للزيوت مثل القشور والراتنجات والقش والبلاستيك في صورة شرائح دقيقة أو كرات أو على هيئة حلقات. وتجتذب المواد الماصة للزيوت قطرات الزيت الحرة الصغيرة بالإضافة إلى بعض أنواع الزيوت المستحلبة. وتلتحم جزيئات الزيت بالمادة مكونة قطرات أكبر ثم ترتفع إلى السطح.

المعالجة الكيميائية

المعالجة الكيميائية الأولية

- **التعـــــادل:**

الغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة الصناعية – سواء كانت حمضية أو قاعدية – بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها حيث تتطلب معظم التشريعات أن يتراوح الأس الأيدروجيني بين 6–9 قبل الصرف النهائي. وضبط الأس الهيدروجينى من المراحل الهامة في معالجة الصرف الصناعي حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية.

وبالنسبة للصرف الذي يتم معالجته بيولوجيا فإنه يجب أن يبقى مستوى الأس الأيدروجيني ما بين 6.5 و 9 لضمان البيئة المناسبة لتكاثر الكائنات الدقيقة. وتؤثر العمليات البيولوجية الهوائية على الأس الأيدروجيني بسبب تكون غاز ثاني أكسيد الكربون. وتمثل الأحماض المستنفدة، وخاصة حمض الكبريتيك، الجزء الأكبر من مياه الصرف الذي يحتاج إلى معادلة.

المواد المستخدمة في المعالجة:

وتستخدم في عمليات المعادلة العديد من المواد الكيميائية التي تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف. ويعتبر الجير من أكثر المواد المستخدمة في التعادل وذلك لسعره المنخفض، ولكنه كثيرا ما يكون الجير الصلب بطيئا في التفاعل فيكون رواسب غير قابلة للذوبان مثل كبريتات الكالسيوم. أما بالنسبة لكربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا فهذه المواد مع أنها أعلى تكلفة ولكنها تتفاعل سريعا مع الأحماض مقارنة بالجير وهي أيضا شديدة الذوبان في الماء لذلك فإن عملية التداول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بالمعدات التي تعمل أوتوماتيكيا.

وتتم معادلة مياه الصرف القلوية باستخدام حمض الكبريتيك أو الأحماض المتخلفة من عمليات أخرى. ويمكن أيضا الاستفادة من الغازات المتسربة مثل ثاني أكسيد الكربون حيث أنه يكون حمض الكربونيك عند امتزاجه بالماء.

ويعتبر التعادل من أقدم الطرق الكيميائية وأكثرها استعمالا في معالجة مياه الصرف الحمضية والقلوية لتثبيت الأس الأيدروجيني ما بين 6 و 9 كما تتطلب معظم التشريعات البيئية، حيث أن الكثير من مياه الصرف الكيميائية تتعدى هذه الحدود وتتميز بالتذبذب الشديد مع الوقت.

وفي أغلب الأحيان، يتم معادلة مياه الصرف الحمضية باستخدام مجاري مياه الصرف القلوية أو الجير أو الدولومايت أو الأمونيا أو الصودا الكاوية أو كربونات الصوديوم. ويعتمد اختيار المادة القلوية المستخدمة على حجم مياه الصرف وتقلبات الأس الأيدروجيني بالإضافة إلى تكلفة المادة المستخدمة. وغالبا ما يستخدم الجير رغم أنه يتسبب في تكوين رواسب أو مواد عالقة فيتعين ترسيبها وترشيح المياه للتخلص منها قبل الصرف النهائي وذلك بسبب انخفاض تكلفة الجير.

وتحتاج مياه الصرف ذات القلوية المرتفعة إلى المعالجة باستخدام مجاري مياه الصرف الحمضية أو حمض الكبريتيك أو حمض الهيدروكلوريك أو الغازات المتسربة المحتوية على ثاني أكسيد الكربون. وعادة ما تتم عملية المعادلة على مرحلتين، فيتم أولا التعادل باستخدام خطوط مختلفة لمياه الصرف أو المواد الكيميائية قليلة التكلفة، ثم يتم التعادل النهائي غالبا باستخدام أجهزة تحكم والصودا الكاوية أو حمض الكبريتيك.

- **الأكسدة / الاختزال**

تستخدم المواد المؤكسدة في معالجة الصرف الصناعي كخطوه أولى لإزالة المعادن الثقيلة بأكسدة المواد العضوية أو كمرحلة أخيره في المعالجة لأكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة مثل كبريتيد الهيدروجين أو لأكسدة المواد الغير عضوية مثل السيانيد ولعمليات التطهير.
يعتبر الهواء هو المادة المؤكسدة الأقل تكلفة والأكثر انتشاراً. يتم أكسدة الحديد الثنائى إلى الحالة الثلاثية من خلال تعريضه للهواء وتتم هذه العملية غالبا في أبراج للأكسدة مشابهة لأبراج التبريد.
ومن المواد الكيميائية المؤكسدة أيضا الكلور ونظيره الهيبوكلورايت في صورتيه الصوديوم والكالسيوم وبرمنجنات البوتاسيوم ، ويعد الكلور ومشتقاته من المواد المكونة للمركبات المسببة للسرطان عند استخدامها في أكسدة المواد العضوية. ولذلك يجب التأكد أولا قبل استخدام الكلور من احتمالات تكوين أي مواد مسرطنة وذلك حتى إذا كانت العملية لا تتعلق بمياه الصرف.

وتستخدم مادة برمنجنات البوتاسيوم في أكسدة المركبات ذات الرائحة النفاذة القوية ولاكسدة المواد العضوية. ومن المواد الفعالة في أكسدة المواد العضوية مثل الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) هي مادة بيروكسيد الهيدروجين.

- **الترويب (Coagulation)**

تحدث عملية الترويب أثناء عملية المزج السريع للمياه. الغرض منه خلط محلول المروب مع الماء خلطا سريعاً ينتج عنه مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً.

هناك نظريتان لشرح طرق ثبات وعدم ثبات أنظمة المروبات:

- النظرية الكيميائية التى تقترح أن المروبات عبارة عن مكونات ذات أساس كيميائى محدد تحدث نتيجة تفاعلات كيميائية معينة بين حبيبات الترويب والمروب الكيميائى المضاف.
- النظرية الفيزيائية تقترح أن الانخفاض في قوى الشد الموجودة لفصل الحبيبات عن بعضها تحدث من خلال الانخفاض في القوى الالكتروستاتيكية مثل قوة زيتا الثابتة. ومن الصعب الحصول على الترويب والمزج والترسيب الجيد في عمليات معالجة الصرف الصناعي.

- **عملية المزج البطيء (Flocculation)**

الهدف من هذه العملية هو التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة على سطح الكيماويات المضافة. يمكن تنفيذ هذه العملية إما بالتحريك الميكانيكي أو بتحريك الهواء وتكون جديرة بالأخذ في الاعتبار عندما نحتاج إلى:

- زيادة نسبة التخلص نم المواد العالقة والأكسجين الحيوي الممتص (BOD) في أحواض الترسيب الأولية
- المعالجة النهائية لأنواع خاصة من مياه الصرف لصناعات معينة
- تحسين أداء أحواض الترسيب الثانوية وخاصة في عمليات الحمأة المنشطة وأيضا من أجل زيادة احتمالات الاصطدام بين حبيبات الترويب وبالتالي زيادة التصاقها ببعض لتكوين مواد صلبة قابلة للترسيب أو للترشيح. وتتم العملية من خلال التحريك المطول لحبيبات الترويب لزيادة الحجم والكثافة.

ويمكن إجراء هذه العملية في أحواض منفصلة تتواجد في تركيب المروق. كما يمكن استخدام طريقة المزج البطيء باستعمال الهواء وفيها يجب ضبط نظام تزويد الهواء بحيث يمكن تغيير مستوى الطاقة في جميع أجزاء الحوض. وعادة يتم خفض كمية الطاقة الداخلة في كلا النظامين – الهوائي والميكانيكي – وذلك حتى لا يتم تكسير الجزيئات التي تجمعت وتكونت في بداية العملية خلال خروجها من خزان المزج البطيء.

3-3-2 الترسيب الكيميائي :

وتتكون عملية الترسيب الكيميائي لمعالجة مياه الصرف من إضافة الكيماويات التي من شأنها تغيير الحالة الفيزيائية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل عملية التخلص من هذه المواد عن طريق الترسيب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التغيير طفيفا وتتأثر عملية التخلص سلبا بسبب حبس هذه المواد في كتلة مترسبة كبيرة الحجم يتكون معظمها من المادة الكيميائية نفسها. ومن نتائج هذه الإضافات الكيميائية أيضا زيادة نسبة المواد الذائبة في مياه الصرف.

في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائى تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي BOD_5 من المياه في حالات:

١ - اختلاف تركيز الصرف على مدار الفصول (كما هو الحال في صناعات تعليب الأغذية مثلا)

٢ - الاحتياج إلى درجة معالجة متوسطة

٣ - كوسيلة مساعدة لعملية الترسيب الطبيعي.

وقد أدى الاحتياج إلى توفير الإزالة الكاملة للمركبات العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور) الموجودة بمياه الصرف إلى زيادة الاهتمام بالترسيب الكيميائي.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين أو الفوسفور أو كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائي إلى جانب المعالجة البيولوجية.

الترسيب الكيميائي لتحسين أداء المحطة:

تم استخدم العديد من المواد الكيميائية للترسيب على مدى السنوات. ويوضح الجدول (3-2) أكثر هذه المواد استخداما. وتعتمد درجة الترويق على كمية الكيماويات المستخدمة وعلى دقة التحكم في العملية نفسها. ويمكننا من خلال الترسيب الكيميائي الحصول على صرف ذي درجة عالية من النقاء وخال إلى حد كبير من المواد العالقة أو الرغوية.

جدول (3-2): الكيماويات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصناعي

المادة الكيميائية	الرمز الكيميائي	الوزن الجزيئي
1. كبريتات الألمونيوم (الشبه)	aluminum sluphate alum $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$	666.7
2. كبريتات الحديدوز	Ferrous Sulphate $FeSo_4 \cdot 7H_2O$	278.0
3. كبريتات الحديديك	Ferric Sulphate $Fe_2(SO_4)_3$	400
4. كلوريد الحديديك	Ferric Chloride $FeCl_3$	162.1
5.هيدروكسيد الكالسيوم "جيرمطفي"	$Ca(OH)_2$	56 as CaO

ومن خلال الترسيب الكيميائي يمكن إزالة من 80 إلى 90 % من المواد العالقة الكلية ومن 50–80 % من الأكسجين الحيوي الممتص BOD ومن 80–90 % من نسبة البكتريا الموجودة في مياه الصرف. وفي المقابل يوفر الترسيب الطبيعي إزالة 50 إلى 70 % فقط من المواد العالقة الكلية و25 إلى 40 % من البكتيريا. إذاً فالكيماويات المضافة تتفاعل مع المواد الموجودة أصلا في مياه الصرف أو التي تضاف لهذا الغرض لإتمام عملية الترسيب الكيميائي.

3-3-3 المعالجة الفيزيوكيميائية :

- **نظام الطفو الهوائي المذاب (DAF)**

في هذا النظام يتم ملامسة الهواء لمياه الصرف تحت ضغط عال مما يؤدى إلى إذابة الهواء. ويتم خفض الضغط على سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقاقيع هواء تماثل حجم الميكرون تزيل المواد العالقة والزيوت من مجرى المياه الملوثة وإلى سطح الوحدة. يتم كشط الرغوة من سطح المياه بعد المعالجة.

تشمل العمليات معالجة الصرف الناتج من وحدات فصل الزيوت (API) الموجودة في صناعات تكرير البترول والصرف الناتج عن الصناعات المعدنية وصناعات الورق وتجهيز الدواجن وإعادة استخدام الزيوت في صناعات تعليب اللحوم والبطاطس النصف مقلية وبعض صناعات منتجات الألبان. ومن الاستخدامات الهامة أيضا تثخين الحمأة.

هذه الوحدات غالبا تخفض نسبة الزيوت إلى 5 مللجم/لتر أو أقل وربما يحتاج الهواء المنبعث إلى معالجة في وحدة تحكم خارجية. ويتراوح معدل الصرف لوحدات الـــ DAF في الغالب من 1500 إلى 3000 جالون/يوم/قدم^2 وزمن الاستبقاء من 30–40 دقيقة.

ومن الصور الأخرى لوحدات الـــ DAF هو وحدة طفو الهواء المذاب (DAF). وهي تستخدم عادة في حقول البترول ولمعالجة مياه الصابورة للسفن والناقلات البحرية. ورغم أن هذه الوحدات لم تكن مستخدمة في الماضي إلا نادراً في الصناعات الكيميائية ومعامل التكرير إلا أن الاهتمام بها يزيد لكونها وحدة محكمة تماما ويمكن أن تستخدم الغازات المسترجعة في عملية الطفو.

تعمل الوحدة على التغذية بواسطة البوليمر وتحتوي عادة على أربعة مضارب على شكل مضرب البيض لعمل رغاوي من أجل تسهيل عملية الطفو. وتستهلك الوحدة كميات كبيرة من الطاقة ولكنها تتطلب مساحة أقل بكثير من وحدات الـــ DAF. وبذلك تعتبر في نفس مستوى الكفاءة، إن لم تكن أكفأ، من وحدة الـــDAF تبعاً لمواصفات الزيوت والمستحلبات.

التصاق فقاقيع الهواء من خلال المزيج المعلق تجعل الحبيبات تطفو على السطح نتيجة تراكم الهواء على سطح الجزيئات واصطدام الفقاعات المتصاعدة مع الجزيئات العالقة وانحباس فقاعات الغاز أثناء تصاعدها أسفل الجزيئات وامتزاز الغاز من خلال الكتل الهلامية المكونة أو المترسبة حول فقاعات الهواء.

وهناك ثلاثة أنواع من الأنظمة المضغوطة التي تستخدم من أجل إذابة الهواء لعملية الطفو. فيستخدم الضغط الكامل عندما تحتوى المياه على نسب عالية من المواد الزيتية. ولا يؤثر التقليب المستمر في أنظمة الضغط على نتائج المعالجة. ويستخدم نظام الضغط بتدفق متوسط عند وجود نسب متوسطة من المواد الزيتية. وهنا أيضاً لا يؤثر التقليب المستمر على كفاءة المعالجة بشكل كبير.

أما أنظمة الضغط بإعادة التدفق فتستخدم لمعالجة المياه المحتوية على مواد صلبة أو زيتية التي ربما تتحلل بسبب التقليب السريع في أنظمة الضغط الأخرى. ومن هذا المنطلق تستخدم وحدة الـــ DAF بعد المعالجة الكيميائية للزيوت المستحلبة أو للترويق وتثخين المعلقات.

وصف تفصيلي لعملية المعالجة:

يبين الشكل رقم (3–8) رسما توضيحيا لعملية المعالجة من خلال وحدة الـــDAF. تدخل المياه التى تحتوى على المواد الصلبة أو مزيج الزيوت إلى الوعاء ويتجمع مزيج المياه والزيوت أو المواد الصلبة والمياه إلى السطح. ويمتلك مزيج الهواء/المواد الصلبة أو المياه/الزيت جاذبية نوعية أقل من الجاذبية النوعية للمياه بمفردها. لذلك ترسب المواد الصلبة التى لها جاذبية نوعية أكبر من الجاذبية النوعية للمياه إلى القاع ويتم إزاحته باستخدام ذراع كاشط ""Scraper arm دوار. وتتصل بنفس الذراع شفرة دوارة تكشط المادة الطافية من على سطح الحوض ثم يتم إخراج الماء المعالج من الحوض.

ويعاد استخدام جزء من المياه الملوثة لعملية الضغط (Pressurization) فيدخل الهواء المضغوط من خلال مضخة الاسترجاع لكى يحدث مزيج واتصال قوى بين المياه والهواء في تنك التهوية. ومن المهم جدا في هذه المرحلة الحصول على الكفاءة القصوى للإذابة. ثم يتم استرجاع المياه المعاد تدويرها والمحتوية على الهواء خلال محبس ضغط منعكس حيث ينطلق الهواء المضغوط ويمزج بالمياه لاستكمال عملية الطفو.

ويمكن أن تستخدم المروبات مثل البوليمارات المصنعة لتحسين كفاءة طفو الهواء المذاب. وتستخدم أيضا الكيماويات مثل الشبة لكسر مستحلبات الزيت إلى مواد ترويب لتحسين عملية الفصل بين المواد الزيتية والمياه. أحيانا تزود وحدة الـــDAF بأطباق من الألواح (Lamella Sheets) كما هو مبين في الشكل (3–9) مما يزيد من مساحة الفصل ويسمح بفصل حتى أصغر الحبيبات من مياه الصرف بهذه الطريقة.

المعالجة البيولوجية

تشمل المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي خمسة طرق رئيسية هى العمليات الهوائية، العمليات اللاكسجينية، العمليات اللاهوائية، العمليات المجمعة هوائية اكسجينية، والعمليات المجمعة.

3-4-1 المعالجة البيولوجية الهوائية

ويمكن تقسيم المعالجة البيولوجية الهوائية طبقاً لكيفية حدوث المعالجة وذلك إما في نظام النمو المعلق أو نظام النمو المتلاصق أو النظامين معاً. وذلك مع العلم بأن جميع العمليات البيولوجية المستخدمة في معالجة المياه مستمدة من عمليات تحدث في الطبيعة.

أ - النمو الهوائى المعلق

- عمليات الحمأة النشطة
- وقف التدفق مع إعادة التدوير
- بحيرات الأكسدة
- المفاعل الدفعى المتتابع

ب -النمو الهوائى المتلاحق

- مرشحات الزلط
- مرشحات خشنة
- الأقراص البيولوجية الدوارة
- مفاعل النيترة ذو الغشاء الثابت (Fixed Film Nitrification Reactor)

أ- النمو الهوائى المعلق

- ***عمليات الحمأة النشطة***

تتم معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة النشطة والتى تعتبر من طرق المعالجة الثانوية-عن طريق خلط المياه الخارجية من حوض الترسيب الابتدائي مع الحمأة الناتجة من حوض الترسيب النهائى في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية (Aeration Tanks) ، ويسمى محتوى هذا الحوض بـــ "السائل المخلوط" (Mixed Liquor).

وتتم عملية التهوية والتقليب إما عن طريق التهوية الميكانيكية أو التهوية بناشرات الهواء (Diffused aeration) وتساعد عملية التهوية على استمرار تواجد الـــ (Mixed Liquor) في صورة خليط متجانس، وبعد انتهاء فترة التهوية يمر الخليط لأحواض الترسيب النهائى حيث ترسب الحمأة ليعود

بعض منها إلى حوض التهوية للحفاظ على تركيز البكتريا داخل الحوض، بينما يوجه الباقى لأحواض تجفيف الحمأة ثم التخلص منها وتختلف هذه الكمية تبعاً لنوع مياه الصرف.

هذا ويوجد طريقتين رئيسيتين تستخدم لمعالجة مياه الصرف باستخدام الحمأة النشطة وهما:

- الطريقة التقليدية وتعديلاتها (Conventional Method)
- التهوية لمدة طويلة (Extended Aeration)

طريقة الحمأة النشطة التقليدية

وتتكون هذه الطريقة من حوض تهوية يليه حوض ترسيب وخط إعادة تدوير للحمأة، حيث تتم التهوية تحت ظروف ثابتة في أحواض خاصة يلتقى في مدخلها المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي مع الحمأة الناتجة من حوض الترسيب النهائى لتبقى في الحوض فترة تتراوح من أربعة إلى ثمانية ساعات. وبمرور المياه في الحوض يبدأ تركيز الأكسجين في الانخفاض ولذلك يجب أل ايقل تركيز الأكسجين في الخليط عن 2–0.5 مجم/لتر كما يجب الايزيد عن 2مجم/لتر حيث ان أى زيادة عن هذا التركيز تعتبر هدر للطاقة. وتستخدم أغلب الطرق التقليدية نظام التهوية المتدرجة (Tapered aeration) لضمان وصول كميات من الهواء تتناسب مع كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد وذلك في الأجزاء المختلفة من الحوض.

ويوضح الشكل رقم (3–10) رسم تخطيطى للطرق التقليدية المختلفة المستخدمة في معالجة مياه الصرف باستخدام الحمأة النشطة.

التهوية لمدة طويلة

هذه الطريقة هى صورة معدلة من الطريقة التقليدية للحمأة النشطة – حيث تقل كمية الحمأة الناتجة إلى أدنى حد وذلك بالأكسدة وبزيادة فترة التهوية عن طريق زيادة حجم حوض التهوية. وتتراوح مدة المكوث في حوض التهوية من يوم إلى يومين مما يؤدى إلى تقليل كمية الحمأة المراد التخلص منها وذلك بسبب استهلاكها عن طريق التغذية الذاتية.

وتتميز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج إلى معدات كثيرة لمعالجة الحمأة مقارنة بالطرق التقليدية.

وتمتاز الحمأة الناتجة من هذه الطريقة بوزنها الخفيف وبطبيعة غير قابلة للتحلل بالإضافة إلى صعوبة ترسيبها، ولذلك يتم زياد مدة المكوث إلى حوالى 4 ساعات مقارنة بساعتين فقط للطرق التقليدية.

- ***سد السريان مع إعادة التدوير***

ويمكن استخدام هذه الطريقة لإحداث بعض التغيرات في طريقة الحمأة النشطة، حيث تمكث جميع الجزيئات داخل المفاعل فترة زمنية متساوية وذلك بالرغم من انه قد توجد بعض الجزيئات التى قد تنمو داخل المفاعل عدة مرات نتيجة لإعادة التدوير ولكن فترة المكوث داخل المفاعل تكون واحدة لجميع الجزيئات.

وتعتبر هذه الطريقة نظريا أكثر كفاءة من طريقة الخلط التام مع إعادة التدوير وخصوصاً في عملية تجميع المخلفات الذائبة، ولكن الثانية تتفوق عن الأولى في قدرتها على مقابلة الزيادات الطارئة في الأحمال العضوية.

- ***بحيرات الأكسدة***

تعتبر بحيرات الأكسدة امتداداً طبيعاً لبحيرات التثبيت الهوائية حيث تتم التهوية فيها عن طريق قلابات ميكانيكية وبالتالى انتشار البيئة الهوائية بكامل عمقها ومن ثم عدم تصاعد الروائح المنفرة (النفاذة) منها.

وتماثل طريقة بحيرات الأكسدة طريقة الحمأة النشطة لمدة طويلة (Extruded Aeration) باستثناء إضافة حوض أرض للمفاعل وإعطاء الأكسجين المطلوب عن طريق القلابات الميكانيكية (ناشرات الهواء) وذلك بخلاف البحيرات الهوائية التى يحتفظ فيها بالمواد الصلبة في صورة معلقة.

وفي السابق كانت بحيرات الأكسدة تستخدم بدون إعادة تدوير ويليها أحواض الترسيب أما الآن فأن البحيرات المهواه تكون متضمنة أحواض الترسيب وعمليات إعادة تدوير المواد البيولوجية.

- **المفاعل الدفعى المتتابع (*SRB*)**

أن المفاعل الدفعى المتتابع يعتمد على نفس النظرية التقليدية لمعالجة الحمأة النشطة ولكن بإضافة نظرية الملء والإفراغ، حيث إن عمليات التهوية والترسيب والترويق متماثلة في الطريقتين ولكن الاختلاف الوحيد هو أن في الطريقة التقليدية تتم خطوات المعالجة في خزانات منفصلة أم في SRB في ان جميع الخطوات تتم بطريقة متتابعة في نفس الخزان.

وعموما فإن المفاعل الدفعى المتتابع يتكون من خمسة خطوات كما هو مبين في شكل (3–11) وجدول (3–3)، ويتم إجراء هذه الخطوات بالتسلسل الآتى:

١ - ملء

٢ - تفاعل (تهوية)

٣ - ترسيب (ترويق)

٤ - تصريف

٥ - السكون

ويعتبر التخلص من الحمأة من أهم خطوات عملية الـــ SBR والتى تؤثر بشدة على الأداء العام للعملية وتحدث هذه العملية عادة خلال مرحلة الترسيب أو خلال الخطوة المرحلية. ومن ضمن المميزات الفريدة لنظام الـــ SRB عدم احتياجه لنظام إعادة الحمأة النشطة (RAS) حيث ان التهوية والترسيب يحدثان في نفس الغرفة ولذلك لا يحدث أى فقد للحمأة في خطوة التفاعل وبالتالى لا يوجد ما يستدعى إعادة الحمأة من المروق للحفاظ على محتواها في غرفة التهوية.

ويجب الوضع في الاعتبار أن جميع أنواع مياه الصرف التى تعالج بالطرق التقليدية للحمأة النشطة يمكن ان تعالج بنظام الـــ SBR

جدول (3-3): وصف لعملية المعالجة البيولوجية بطريقة المفاعل المتتابع الدفعى

الخطوة التشغيلية	الوصف
الملء	إن الغرض من هذه العملية هو إضافة أو طرح مياه الصرف الداخلة للمفاعل. وتتحكم عملية الملء في ارتفاع منسوب الماء داخل المفاعل من 25% (عند نهاية الخطوة المرحلية) إلى 100%. وتستغرق عملية الملء في العادة حوالى 25% من زمن الدورة الكاملة.
التفاعل	أن الغرض من هذه العملية هو إتمام التفاعلات التى بدأت خلال عملية الملء وتستغرق هذه العملية 35% من الزمن الكلى للدورة.
الترسيب	أن الغرض من هذه العملية هو إتاحة الفرصة للترسيب للمواد الصلبة و صرف المياه الطافية. وتعتبر هذه الخطوة في عملية SRB ذو كفاءة عالية مقارنة بمثيلاتها في نظام السريان المستمر وذلك لان جميع محتويات المفاعل تكون في ركود كامل.
التصريف	إن الغرض من هذه العملية هو إزالة الماء الرائق المعالج من المفاعل وهذا تختلف طرق الإزالة المستخدمة حالياً ولكن أكثرها انتشارا هو الحواجز العائمة أو المنضبطة. ويتراوح زمن عملية التصريف بين 5-30% من زمن الدورة الكاملة (15 دقيقة إلى ساعتين) ويكون الزمن المثالى هو 45 دقيقة.
السكون	إن الغرض من هذه العملية هو إعطاء الوقت الكافي للمفاعل لإكمال دورة الملء وذلك قبل الانتقال إلى مفاعل أخر، ولأن هذه المرحلة ليست ذات أهمية فإنها غالباً ما تلغى.

ب- النمو الهوائى المتلاحق

وتستخدم هذه الطريقة عادة في إزالة المواد العضوية من مياه الصرف، وفي عمليات البسترة، وتشمل المرشحات الزلطية، المرشحات الخشنة، الأقراص البيولوجية الدوارة و Fixed Film Nitrification Reactor.

- ***المرشحات الزلطية (المرشحات الهوائية البيولوجية)***

أن المرشحات الزلطية ما هى إلا تطور لفكرة حقول البكتريا والتى تعتمد على أحواض ذات جدران وأرضية صماء مملؤة بالزلط أو كسر الحجارة الصلبة، وعند التشغيل يملأ الحوض بالمخلفات السائلة

ببطئ وعندما يمتلئ تترك المخلفات في الحوض لمدة قصيرة ثم تفرغ محتويات الحوض ويبقى فارغاً مدة أخرى قبل البدء في دورة جديدة، وتستغرق الدورة المثالية 12 ساعة (6 ساعات تشغيل و 6 ساعات راحة).

ومن مساوئ هذه الطريقة ارتفاع نسبة حدوث الانسدادات وطول فترات الراحة المطلوبة بالإضافة إلى عدم قدرتها على تحمل أحمال التلوث المرتفعة.

أما المرشحات الزلطية الحديثة (شكل 3–12) فتتكون من أحواض ذات وسط عالى المسامية لكى يتيح الفرصة للمواد العضوية أن تلتصق على سطحه بينما تنساب المياه ببطئ على سطح الزلط. ويتكون وسط المرشح عادة من زلط أو كسر حجارة صلبة أو مواد حشو بلاستيكية، ففي المرشحات ذو الوسط الزلطى يتراوح القطر المثالى للزلط من 1 إلى 4 بوصة (25 إلى 100 ملمتر) بينما يختلف العمق طبقاً للتصميم ولكن عادة ما يتراوح بين 3 إلى 8 قدم (0.9 إلى 2.5 متر) بمتوسط 6 قدم (1.8 متر) وغالباً ما تكون هذه المرشحات دائرية وتزود بمجموعة من الموزعات الدوارة لتوزيع المياه على المرشح.

أما المرشحات الزلطية التى تستخدم البلاستيك كوسط تختلف أشكالها من دائرى إلى مربع وبأعماق تتراوح من 14 إلى 40 قدم (4 إلى 12 متر)، ومن أشهر أنواع المرشحات ذات الوسط البلاستيكى:

١ -المرشحات ذات السريات الرأسى للحشو
٢ -المرشحات ذات السريان العكسى للحشو
٣ -مرشحات ذو حشو عشوائى

ويتجمع الصرف الخارج من المرشحات في خزان ترسيب حيث يتم فصل المواد الصلبة من المياه المعالجة، وفي التشغيل العلمى يتم إعادة تدوير جزء من المياه الخارجة من المرشح لتخلط مع المياه الغير معالجة وذلك لتخفيف درجة تركيز الأحمال العضوية في المياه قبل دخولها المرشح بالإضافة إلى الحفاظ على طبقة البكتريا في حالة رطبة.

المرشحات الخشنة

وهى تشبه المرشحات الزلطية إلا أنها تختلف في طريقة ومعدل التشغيل حيث انها صممت لتعمل بمعدل أحمال هيدروليكية عاليه، وتستخدم هذه المرشحات لتقليل الحمل العضوى في الصرف النهائى للعمليات وفي تطبيقات النيترة الموسمية لتقليل الحمل العضوى بحيث يعتمد الصرف الخارج من العملية البيولوجية على النيترة في خلال شهور الصيف.

وفي الماضى كانت هذه المرشحات ضحلة وتستخدم وسط زلطى ولكن حالياً هناك اتجاه لاستخدام وسط صناعى أو خشب أحمر (redwood) ذو أعماق تتراوح من 12–40 قدم.

- ***مفاعل المهد الثابت (Packed Bed Reactors)***

وهى طريقة أخرى من طرق المعالجة باستخدام النمو الهوائى المتلاحق وتستخدم لإزالة الأكسجين الحيوى الممتص الكربونى وكذلك للنيترة. وتتكون هذه الطريقة من مفاعل محشو بوسط معين يتيح الفرصة للبكتريا الموجودة بأن تلتصق على سطحه. ويتم ملء المفاعل بالمياه من أسفل بواسطة نظام مناسب يضمن توزيع متجانس للمياه، كما يمكن إضافة هواء أو أكسجين نقى للعملية عند الضرورة.

وفي العشر سنوات الماضية تم تطوير العديد من العمليات اللاهوائية المختلفة لمعالجة الحمأة والمخلفات ذات الأحمال العضوية المرتفعة، وأكثر العمليات الشائعة لمعالجة مياه الصرف بطريقة النمو اللاهوائى المعلق هي طريقة الخلط الكامل للتخمير اللاهوائى (complete mix anaerobic digestion process)

3-4-2 المعالجة البيولوجية اللاهوائية

وقد تم تطوير هذه العملية لمعالجة الحمأة و المخلفات ذات الأحمال العضوية المرتفعة، ولها العديد من المميزات والمساوئ طول فترة الاستبقاء في المفاعل للتأكد من تثبيت المواد العضوية وذلك نتيجة لمعدل النمو البطئ.

هذا وتتحول أغلب هذه المخلفات العضوية إلى غاز الميثان والذى يمكن استخدامه في عمليات صناعية وبالتالى فهو يعتبر منتج ثانوى.

وتتدرج درجة الحرارة المرتفعة المطلوبة لإجراء المعالجة ضمن مساوئ هذه الطريقة وذلك بالرغم من ان درجة الحرارة المرتفعة تكون مطلوبة فقط في حالة عدم القدرة على الحصول على الاستبقاء الطويل للمخلفات داخل المفاعل عند درجات الحرارة العادية.

- **العملية اللاهوائية المتلامسة**

وتستخدم هذه الطريقة لمعالجة المخلفات ذات الأكسجين الحيوى الممتص العالى، حيث يتم خلط المياه الغير معالجة مع الحمأة المعاد تدويرها ثم يتم التخمير في مفاعل محكم الغلق لمنع دخول الهواء، يلى التخمير عملية الفصل وتتم باستخدام مروق أو وحدة تعويم هوائية حيث يتم صرف المياه (وغالباً لوحدات معالجة أخرى) ويتم إعادة تدوير الحمأة المترسبة.

3-4-3 المعالجة بطريقة البحيرات

ويمكن تقييم هذه البحيرات إلى:

١ - بحيرات هوائية

٢ - بحيرات إنضاج

٣ - بحيرات Facultative

٤ - بحيرات لاهوائية

وذلك طبقاً لكمية الأكسجين الموجودة، وأكثر هذه البحيرات انتشاراً في مصر هى بحيرات التثبيت الهوائية

أ بحيرات التثبيت الهوائية

وهى بحيرات صناعية كبيرة ضحلة تستخدم لمعالجة مياه الصرف باستخدام طرق طبيعية تشمل استخدام كلا من البكتريا والطحالب.

ويوضح جدول (3-4) و (3-5) طرق المعالجة الرئيسية المستخدمة في مصر، مميزاتها، مخاطرها، مشاكلها، وتطبيقاتها في الصناعة المصرية.

وفيما يلي جدول (3-4) طرق المعالجة الرئيسية – مميزاتها وعيوبها

طريقة المعالجة	المميزات	المخاطر والمشاكل	مؤشرات التشغيل	مؤشرات الرصد
المصافي	– إزالة الجزيئات العالقة الكبيرة الحجم وبالتالى تقليل الحمل العضوى. – تجانس السريان	– انسدادات، طفح وقد يحدث انبعاثات لروائح نتيجة لعدم التنظيف المستمر	– المواد العالقة الكلية	– المواد العالقة الكلية
فاصل CPI, API	– بساطة التصميم – معالجة كميات كبيرة – المتطلبات لمعدات ميكانيكية وكهربائية محدودة – تكاليف صيانة وتشغيل قليلة	– تتطلب مساحة كبيرة – إمكانية محدودة لإزالة الزيوت والشحوم	– الزيوت والشحوم الحرة	– الزيوت والشحوم الحرة
معادلة السريان	– تقليل حجم وتكلفة منشآت المعالجة	– تحتاج لمساحة كبيرة من حالة السريان بمعدل مرتفع – ظروف لاهوائية في حالة إذا لم يتم التهوية	– زمن البقاء	– العكارة
أحواض الترسيب	– سهولة التشغيل – ثبات عملية المعالجة (تقليل الحمل المفاجئ	– قد يسبب عدم التحكم الصحيح على خزانات الترسيب إلى حمل زائد في الـــ BOD والمواد الصلبة – قشور – تتطلب مساحة كبيرة	–المواد العالقة الكلية –لأكسجين الكيميائى الممتص	– المواد العالقة الكلية

طريقة المعالجة	المميزات	المخاطر والمشاكل	مؤشرات التشغيل	مؤشرات الرصد
فاصل الرقائق (Lamella)	– كفاءة فصل عالية. – سهولة صرف الحمأة المترسبة. – تتطلب مساحة صغيرة	– مشاكل في التنظيف	– المواد العالقة الكلية – الأكسجين الكيميائى الممتص	– المواد العالقة الكلية
التجمع (coalescence)	– صغير ومضغوط – سهولة الصيانة والتشغيل – تكلفة قليلة	–سعة محدودة –إزالة جزئية للزيوت المستحلبة	– الزيوت والشحوم الكلية	– الزيوت والشحوم الكلية
التعويم بالهواء الذائب (DAF)	– إزالة كلا من الزيوت الحرة والمستحلبة – إزالة كلا من المواد الصلبة العائمة (الطافية) والراسبة. – إمكانية إزالة جميع الجزيئات الصغيرة والخفيفة في وقت قصير	– استهلاك مرتفع للكيماويات – زيادة نسبية لكمية الحمأة النهائية	– الزيوت والشحوم – المواد العالقة الكلية – لأكسجين الكيميائى الممتص	– المواد العالقة الكلية – الزيوت والشحوم
الحمأة النشطة التقليدية	– تتطلب مساحة صغيرة – لاتوجد مشاكل من الذباب	– ارتفاع استهلاك الطاقة – تراكم الحمأة – تحتاج لعمالة ماهرة للتشغيل	– MLss – MLVSS – مستوى الأكسجين الذائب	– الأكسجين الحيوى الممتص
التهوية لمدة طويلة	– يتم هضم الحمأة جزئياً داخل الخزان. – مقاومة اكبر لتغيير في الأحمال المفاجئة	– زمن الاستيفاء في المروق النهائى ضعف الطريقة التقليدية – استهلاك مرتفع للأكسجين	– MLss – MLVSS – مستوى الأكسجين الذائب	–الأكسجين الحيوى الممتص

طريقة المعالجة	المميزات	المخاطر والمشاكل	مؤشرات التشغيل	مؤشرات الرصد
البحيرات المهواه تهوية صناعية	– إزالة جيدة للأكسجين الحيوى الممتص	– زيادة كبيرة في الحمأة المنتجة – ارتفاع نسبة المواد الصلبة العالقة في الصرف	– مستوى الأكسجين الذائب	– الأكسجين الحيوى الممتص
المفاعل المتتابع الدفعى (SBR)	– كفاءة عالية – توفير في المساحة حيث لايوجد مروق منفصل – انتاج كمية أقل من الحمأة	–ارتفاع استهلاك الطاقة –حدوث قصور في حالة حدوث أى مشاكل في نظ التحكم الآلي	– المواد العالقة الكلية – لأكسجين الكيميائى الممتص	– لأكسجين الكيميائى الممتص
المرشحات الزلطية	–تكلفة قليلة للمعدات والطاقة. – إمكانية احتمال اى تغير مفاجئ في الأحمال العضوية – أدنى كمية حمأة منتجة	–مشاكل من الذباب والروائح –سعة محدودة –انسداد المرشحات	– الأكسجين الحيوى الممتص – لأكسجين الكيميائى الممتص	– الأكسجين الحيوى الممتص – لأكسجين الكيميائى الممتص
Bio tower	–أدنى كمية حمأة منتجة –تصميم رأسي وبالتالى لايحتاج إلى مساحة.	– مشاكل من الذباب والروائح – سعة محدودة – انسداد المرشحات	RO	– لأكسجين الكيميائى الممتص
المعالجة اللاهوائية	– أحمال عضوية مرتفعة – كمية قليلة من الحمأة	– إنتاج الـــ Biogas – درجة الحرارة المطلوبة 30 °م – حساسية عالية للتغير الفاجئ في الأحمال العضوية	– المواد العالقة الكلية – الأكسجين الحيوى الممتص – لأكسجين الكيميائى الممتص	– الأكسجين الحيوى الممتص

جدول (3-5) طرق المعالجة الرئيسية واستخداماتها

طرق المعالجة	الاستخدام في مصر
المصافي	-صناعات الأغذية (شركة إدفينا للأغذية المحفوظة) -صناعات النسيج (شركة النصر للصوف والغزل الممتازة – ستيا)
فاصل CPI, API	- شركة العامرية لتكرير البترول - شركة السويس لتكرير الزيوت - شركة سوميد
معادلة السريان	- صناعات الألبان (شركة سيكلام لمنتجات الألبان)
أحواض الترسيب	- صناعات النسيج (الشركة العربية للغزل والنسيج UNIRAB)
فاصل الرقائق(Lamella)	- صناعات الأدوية (شركة النيل لصناعات الأدوية)
التجمع (coalescence)	- محطات الغاز
التعويم بالهواء الذائب (DAF)	- محطات الزيوت والصابون (شركة طنطا للزيوت والصابون) - صناعات الأغذية (شركة إدفينا للأغذية المحفوظة)
الحمأة النشطة التقليدية	- صناعات الأدوية (شركة العامرية للادوية)
التهوية لمدة طويلة	- صناعات الأدوية (شركة النيل لصناعة الأدوية)
البحيرات المهواه تهوية صناعية	- الوحدة المركزية لمنطقة برج العرب الصناعية
المفاعل المتتابع الدفعى (SBR)	- شركة المصريين للألبان
المرشحات الزلطية	- مصر رايون بكفر الدوار - شركة النصر للغزل والنسيج، المحلة
البرج البيولوجى Bio tower	- شركة اسود الكربون
المعالجة اللاهوائية	- شركة النشا والخميرة

3-5 التقنيات المجمعة المستخدمة :

3-5-1 المعالجة الفيزيو كيميائية

تستخدم المعالجة الفيزيائية الأولية لتقليل الحمل العضوى الناتج من وجود نسبة مرتفعة من المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم وذلك قبل إجراء المعالجة الكيميائية، وغالباً ما تكون هذه الخطوة الأولية عبارة عن فاصل لإزالة المواد الغير الذائبة والغير ممتزجة من مياه الصرف.

وتمر المخلفات السائلة أولاً في مصفاة بغرض حجز مواد الردم والهدم ثم تدخل إلى مصيدة زيوت لإزالة الزيوت الحرة، وغالبا ما تكون الخطوة الأولى في المعالجة هى الترويق لإزالة العكارة والمواد الطافية والراسبة وذلك لأن وجود هذه الملوثات يؤثر على عملية المعالجة ويحد منها.

ويتم إجراء خطوة الترويق قبل إدخال المياه خزان المعادلة (التجميع) والذى يهدف إلى التحكم في تغيرات كواصفات مياه الصرف

وفي المعالجة الكيميائية يتم إضافة الكيماويات المروية ويتم خلطهم ميكانيكيا وذلك بغرض تكوين ندف هلامية (Flocs) والتى يمكن بعد ذلك ترسيبها باستخدام حوض الترويق الأولى.

كما يمكن استخدام وحدة التعويم باستخدام الهواء الذائب (DAF) كطريقة فيزيو كيميائية وذلك لإزالة المواد العالقة والزيوت والشحوم وبالتالى تقليل الحمل العضوى.

3-5-2 المعالجة الكيميائية البيولوجية

ويتم استخدام هذه الطريقة عند وجود نسب مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة والمعلقة وذلك بهدف تقليل الحمل العضوى للمياه قبل إدخالها على وحدة المعالجة البيولوجية.

كما يجب ملاحظة أن الرمال والزيوت والشحوم والمواد الناتجة الأخرى يجب ألا تدخل وحدة المعالجة البيولوجية وذلك لما لهذه المواد من آثار سيئة على البكتريا حيث يمكن ان تسمم البكتريا أو تقتلها، ولذلك فإن المعالجة الأولية الجيدة تعطى أداء جيد وثابت لفترة طويلة.
ومن وجهة النظر الصناعية، فإن المعالجة الكيميائية الأولية تتيح الفرصة للمعالجة البيولوجية ان تعمل تحت ظروف ثابتة، ولذلك فأنه من الضرورى إجراء الخطوات الآتية قبل الدخول في مرحلة المعالجة البيولوجية:

- منع دخول أى مواد سامة أو حائلة.
- معالجة مياه الصرف الداخلة والتى قد تكون متغيرة الأحمال نتيجة للتهوية في أحواض المعادلة.
- فصل الرواسب العضوية والغير عضوية ، و معادلة التذبذب في الآس الهيدروجينى.

3-5-3 المعالجة الهوائية / اللاهوائية

وتستخدم هذه الطريقة في حالة:

- وجود حمل عضوى مرتفع للغاية
- احتواء الحمل العضوى على كمية كبيرة من مركبات المواد العضوية.

وتصل كفاءة المرحلة اللاهوائية إلى حوالى 75-80%، ثم يمر الصرف إلى المرحلة الهوائية لاستهلاك باقى المواد العضوية، ويتم ضخ الـــ aerobic biosolids الزائدة إلى خزان الحمأة الهوائية بينما يتم ضخ الـــ anaerobic biosolids الزائدة إلى خزان الحمأة اللاهوائية ثم إلى وحدة نزع الماء.

وتطبيقات هذه الطريقة محدودة في مصر مقارنة بأوربا وأمريكا حيث تستخدم بكفاءة وثبات عال الذى يضمنه إجراء العملية على مرحلتين. ويوضح شكل (3-13) الدورة التشغيليه لهذه الطريقة.

3-6 معالجة الحمأة والتخلص منها (Sludge Treatment & Disposal)

نتيجة لعمليات معالجة المخلفات السائلة تنفصل نسبة كبيرة من المواد الصلبة عن المخلفات السائلة ومن ثم يلزم التخلص من كل من المواد الصلبة والسوائل كل على حدة.

وتشتمل المكونات التى يتم فصلها في محطات المعالجة خبث المصافي والرمال والزلط ونواتج الكشط والحمأة وتحتوى الحمأة على نسبة عالية من المياه حيث تصل نسبة المواد الصلبة فيها إلى 0.25 % - 12% بالوزن وتختلف النسبة طبقا للعمليات المستخدمة. وتعتبر الحمأة أكبر المخلفات من حيث الحجم، وتعتبر عمليات المعالجة والتخلص من الحمأة من أعقد المشاكل التى تواجه المهندس المتخصص في مجال معالجة مياه الصرف.

المشاكل التى تتعلق بالحمأة معقدة لأن الجزء الأكبر منها يحتوى على المواد التى تتسبب في وجود الخواص الكريهة لمياه الصرف الغير معالجة. وبالنسبة للحمأة الناتجة من عمليات المعالجة البيولوجية فإن الجزء الذى يجب التخلص منه يتكون من المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف ولكن في شكل آخر يمكن أن يتحلل ويصبح كريها أيضا. ويبقى جزء قليل فقط من الحمأة في صورة مواد صلبه.

وتستخدم عمليات التثخين (التركيز) والتجهيز ونزع المياه والتجفيف أساساً في تخلص الحمأة من نسبة المياه الموجودة بها. وتستخدم عمليات الهضم والكمر والحرق وأكسدة الهواء الرطب والمفاعلات والأنابيب الرأسية أساساً في تجهيز وتثبيت المادة العضوية في الحمأة.

3-6-1 العمليات الأولية

تعتبر عمليات طحن الحمأة وإزالة الرمال والخلط والتخزين من العمليات الضرورية من أجل تجهيز الحمأة لإدخالها على معدات معالجة الحمأة في شكل منتظم ومتجانس نسبيا. ويمكن إتمام عمليتي الخلط والتخزين في وحدة واحدة مصممة للقيام بعمليتين أو إتمام كل عملية على حدة في وحدات المحطة المختلفة.

أ- طحن الحمأة

هى عملية يتم فيها تقطيع القطع الكبيرة والأجزاء الخيطية والألياف الموجودة بالحمأة إلى قطع صغيرة لمنع انسداد المعدات أو التفاف قطع الحمأة حولها.

ب- إزالة الحصى من الحمأة

في بعض المحطات التى لا تستخدم معدات منفصلة لإزالة الحصى قبل أحواض الترسيب الابتدائي أو التى تحتوى على معدات لإزالة الرمال ولكنها غير ملائمة لتحمل مستويات التدفق العالية أو احمال الحصى المرتفعة. فإنه قد يكون من الضرورى إزالة الرمال قبل القيام بأي عمليات أخرى للحمأة. وتأتى عملية إزالة الرمال والحصى كحل عملى حين يتطلب الأمر مزيداً من التثخين للحمأة الأولية

وافضل الطرق لإزالة الحصى والرمال من الحمأة هو عن طريق استخدام الطرد المركزى في نظام تدفق من أجل فصل جزيئات الحصى والرمال من الحمأة العضوية ويتم هذا الفصل من خلال استخدام فاصل الرمال الدوار (cyclone degritter) الذى لايحتوى على أجزاء متحركة (بالطرد المركزى).

ج- خلط الحمأة

يتم خلط الحمأة من أجل تكوين خليط متجانس وهذا مهم في أنظمة الزمن القصير للاستبقاء مثل عملية نزع المياه من الحمأة والمعالجة الحرارية والحرق. ويجب إدخال حمأة ذات قوام متجانس وجيد الخلط إلى وحدات المعالجة لزيادة كفاءة التشغيل للمحطة ويمكن خلط الحمأة من المراحل الأولية والثانوية والمتقدمة بطرق عديدة:

- في أحواض الترسيب الابتدائى
- في الأنابيب
- في معدات معالجة الحمأة التى لها زمن استبقاء طويل
- في حوض منفصل للخلط

وعادة يتم تزويد أحواض الخلط بالقلابات الميكانيكية والحواجز للحصول على الخلط الجيد

د- *تخزين الحمأة*

يجب تخزين الحماة من اجل تقليل الإضرابات في معدل إنتاج الحمأة ولإتاحة الفرصة لتراكم الحمأة أثناء توقف تشغيل وحدات معالجة الحمأة. وتأتى أهمية تخزين الحمأة في تثبيت معدل إدخال الحمأة بالنسبة للعمليات الآتية:

- التثبيت بالجير
- المعالجة الحرارية
- نزع المياه الميكانيكى
- التجفيف
- الاختزال الحرارى

وفي الوحدات الصغيرة الحجم يتم تخزين الحمأة عادة في أحواض الترسيب والتخمير. أما في الوحدات الكبيرة التى لا تستعمل المخمرات الهوائية أو اللاهوائية فيتم تخزين الحمأة غالبا في أحواض خلط وتخزين منفصلة. ويمكن تغيير حجم الحوض ليتم استبقاء الحمأة لعدة ساعات وحتى عدة أيام وإذا تم تخزين الحمأة لأكثر من يومين أو ثلاثة فإنها تفسد ويصعب تجفيفها.

3-6-2 تثخين الحمأة

يستخدم التثخين لزيادة نسبة المواد الصلبة في الحمأة من خلال إزالة جزء من المحتوى المائى. وتتم عملية التثخين بطرق فيزيائية كالتثخين بالترسيب والطفو وتستخدم الطريق الأولى بكثافة بينما تستخدم الطريقة الثانية نادرا.

- ***التثخين بالترسيب***

يتم التثخين بالترسيب في أحواض مماثلة لأحواض الترسيب المعروفة ، وغالبا تستخدم أحواض دائرية لهذا الغرض. ويتم استرجاع السائل الذى يطفو على سطح الحمأة المركزة إلى حوض الترسيب الابتدائى أو إلى بداية محطة المعالجة. ويتم ضخ الحمأة المثخنة المترسبة في أسفل الحوض إلى أحواض التخمير أو إلى وحدة نزع المياه. ويعتبر التثخين بالترسيب هو الأسلوب الأكثر فعالية بالنسبة للحمأة الأولية.

3-6-3 تثبيت الحمأة

يتم تثبيت الحمأة من أجل:

١) تقليل الطفيليات.
٢) التخلص من الروائح الكريهة.
٣) تقليل أو منع احتمال التعفن.

وتشمل تكنولوجيات تثبيت الحمأة:

١) التثبيت بالجير.
٢) التثبيت بالتسخين.
٣) التخمير اللاهوائى.
٤) التخمير الهوائى.

ويعتبر التثبيت بالجير هو أكثر الطرق المستخدمة في مصر.

- التثبيت بالجير

يضاف الجير إلى الحمأة الغير معالجة في كميات مناسبة بغرض رفع الأس الأيدروجينى إلى 12 أو أكثر. وهناك طريقتان لإضافة الحمأة إما قبل التجفيف أو بعد التجفيف، ويمكن استخدام إما الجير المائى أو الجير الحى في تثبيت الحمأة كما يمكن استخدام الرماد (Fly Ash) وتراب مداخن الأسمنت (Cement Kiln Dust) كبديل للجير في بعض الأحيان.

ويعطى التثبيت بالجير بعد التجفيف مزايا هامة بالمقارنة بالتثبيت الجيرى قبل التجفيف ومنها:-

١ -يمكن استخدام الجير الجاف وبذلك لا تحتاج إلى إضافة المزيد من الماء إلى الحمأة الجافة.

٢ -لا يوجد أى احتياجات خاصة للتجفيف.

٣ -التخلص من مشاكل القشور (scaling) وصيانة معدات تجفيف الحمأة بالجير.

4-6-3 تجفيف الحمأة (Sludge Dewatering)

هي عملية ميكانيكية تستخدم لتقليل نسبة المياه في الحمأة، وكثير ما يتم التجفيف خلال مرحلة المعالجة الكيميائية (التجهيز) لتحسين واصفات الحمأة.

التجهيز الكيميائى

تعتبر عملية تجهيز الحمأة للتجفيف باستخدام الكيماويات عملية اقتصادية لما لها من عائد كبير ومرونة في الاستخدام حيث يتيح التجهيز الكيميائى تقليل نسبة الرطوبة في الحمأة الداخلة (90-99%) إلى (65-85%) حسب طبيعة المواد الصلبة التى يتم معالجتها.

وتتم عملية التجهيز قبل إدخال الحمأة إلى أنظمة التجفيف الميكانيكية مثل التجفيف بخلخلة الهواء (vacuum filtration) وبآلة الطرد المركزية centrifugation وبالمرشحات.

وتشمل الكيماويات المستخدمة كلوريد الحديديك والجير والشبة والبلمرات العضوية مع العلم بأن إضافة الكيماويات إلى الحمأة يمكن أن يزيد من حجم المواد الصلبة وذلك حسب نوع الكيماويات فالبلمرات مثلا لاتزيد في حجم المواد الصلبة بنسبة عالية، بينما يمكن لأملاح الحديد والجير زيادة المواد الصلبة الجافة بنسبة 20-30% والأسهل أن يتم تحديد كميات وإضافة الكيماويات في شكل سائل وتستخدم أحواض خاصة لإزالة الكيماويات في حالة استلامها في شكل بودرة وفي معظم المحطات يجب أن تستوعب هذه الأحواض الكيماويات التى تحتاجها المحطة خلال لمدة يوم عمل واحد على الأقل ويجب أن يتواجد خزانات بديلة وتكون مصنعة أو مبطنة بمادة ضد التأكل. ومن المواد المناسبة لتبطين الأحواض والمواسير التى تستقبل الأحماض البوليفينيل كلورايد والبولى إثلين والمطاط. ويجب أيضا أن تكون المضخات مصنوعة من مادة مقاومة للتأكل وعادة تكون هذه الطلمبات من نوعية الدفع الإيجابى للتحكم في سرعة ومعدلات التدفق.

وتستخدم البلمرات عادة في التجفيف بقوى الطرد المركزية أو بالمرشحات السيرية (beltpress) ولكنها تستخدم بمعدل أقل في الترشيح بالضغط أو الترشيح التفريغى، حيث تستخدم عادة كميات من كلوريد الحديديك والجير من أجل تجهيز الحمأة قبل التجفيف بالترشيح التفريغى.

وينبغى الخلط الجيد للحمأة مع المروب بحيث لا يفسد الندف الهلامى (floc) بعد تكوينه وينبغى أيضاً أن يبقى زمن الاستبقاء أقل ما يمكن حتى تصل الحمأة إلى وحدة التجفيف بعد التجهيز مباشرة.

- ***التجفيف الميكانيكى***

تشمل الاساليب المتاحة لعملية التجفيف: التجفيف بالقوة المركزية – المرشحات السيرية – المرشحات ذات الألواح المرصوصة (recessed plate) – التجفيف على أسطح من الرمال–أحواض التجفيف.

١ -***التجفيف بالآلة الطاردة المركزية (centrifugation)***

يستخدم هذا الأسلوب بكثرة في الصناعة من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ولتثخين الحمأة وإزالة المواد الصلبة. والآلات التى تستخدم في التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلب أو اسطوانة ذات جدران مسامية.

- *آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب) Solid Bowl Centrifuge*

في داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء الدوار بالحمأة بمعدل ثابت حيث تنفصل إلى قالب (cake) كثيف يحتوى على المواد الصلبة وسائل مخفف. هذا السائل يحتوى على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى وحدات معالجة مياه الصرف. أما قالب الحمأة الذى يحتوى على نسبة 70–80 % من الرطوبة فيتم إخراجه من الوعاء من خلال مصفاة (Screen seeder) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى سيور ناقلة.

وتناسب آلة الطرد المركزية هذه مع تطبيقات عديدة في تجفيف الحمأة وتتيح الوحدة تجفيف الحمأة بدون أى معالجة كيميائية سابقة ولكن التجهيز بالبلمرات يؤدى إلى تحسين جودة الحمأة المجففة والسائل المخفف.

- *آلة الطرد المركزية ذات الأسطوانة ذات الثقوب(Imperforated Basket Centrifuge)*

يستخدم هذا النوع من الآلات بالذات في الوحدات الصغيرة الحجم، ويمكن استخدامها لتركيز وتجفيف الحمأة المنشطة بدون تجهيز كيميائى وبقدرة فصل للمواد الصلبة تصل إلى 90%.

وبمجرد ان تمتلئ الاسطوانة بالمواد الصلبة، تبدأ الوحدة بخفض سرعتها وفي حالة التجفيف تتم عملية الكشط قبل البدء في التقليب والكشط عبارة عن إزالة الحمأة الطرية من الجدار الداخلى للاسطوانة. وعادة يساوى حجم الحمأة المكشوطة 50–15% من حجم الاسطوانة ثم يتم بعد ذلك استرجاع الحمأة المكشوطة وإدخالها في نظام المعالجة.

٢ -*المرشحات السيرية (Belt Press)*

تعمل المرشحات السيرية على تجفيف الحمأة بطريقة التغذية المستمرة باستخدام المعالجة الكيميائية (التجهيز الكيمائى) والتصريف بالجاذبية والضغط الميكانيكى. وفي معظم المرشحات السيرية ما يتم إدخال الحمأة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية حيث يتم تثخينها وفي هذه المنطقة (الوحدة)، يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية.

وفي بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (vacuum) الذى من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة ويلى هذه المرحلة إدخال الحمأة في وحدة ضغط منخفض يليها وحدة ضغط عالى حيث تتعرض الحمأة إلى قوة سطحية (Shearing force) عندما تمر السيور خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة.

وبذلك فأن القوة السطحية وقوة العصر يساعدان في التخلص من كميات إضافية من المياه.

ويتم إزالة قوالب الحمأة النهائية المخففة من على السيور من خلال شفرات كاشطة كما هو مبين بالشكل رقم (3–14).

ويتكون نظام المرشحات السيرية غالبا من عدة أجزاء: مضخات تغذية الحمأة – معدات تغذية البلمرات– حوض تجهيز الحمأة – مرشح سيرى – سيور لتحريك الحمأة المجففة – أجزاء مساعدة (مضخات المياه– هواء مضغوط).

٣ - *مرشحات الألواح المرصوصة المجوفة (Filter press)*

يبين الشكل رقم (3–15) هذه النوعية من المرشحات التى يتم فيها التجفيف من خلال نزع الماء من الحمأة بالقوة تحت ضغط مرتفع. ومن ميزات هذه المرشحات.

١ -التركيز العالى للحمأة المجففة
٢ -نقاء الماء المرشح
٣ -قوة فصل للمواد الصلبة

وأما العيوب فتتمثل في :–

١ - تعقيد الأجزاء الميكانيكية
٢ - ارتفاع تكلفة الكيماويات
٣ - ارتفاع تكلفة العمالة
٤ - قصر العمر الافتراضى للنسيج المستخدم في الترشيح

وهناك أنواع عديدة من هذه المرشحات من أهمها مرشحات الألواح المجوفة بنوعيها: الحجم الثابت والحجم المتغير.

- *مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم الثابت:*

تتكون هذه المرشحات من سلسة من الألواح المستطيلة مجوفة من الناحيتين ويتم تثبيتها وجها لوجه في وضع رأسى على إطار به رأس متحركة وثابتة. ويتم تثبيت أو تعليق مرشح نسيجي على كل لوح من الألواح ويتم ربط الألواح ببعض بحيث تقوى على تحمل الضغط المرتفع أثناء عملية الترشيح.

وأثناء التشغيل يتم ضخ الحمأة المعالجة كيميائيا في الفراغ الموجود ما بين الألواح ثم يتم نزع الماء عن طريق وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع يتراوح ما بين 100–225 رطل قدم/بوصة ^{2} (150–690 ك ن/م^2) لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات فيخرج الماء من خلال النسيج المرشح ومجارى الألواح إلى الخارج.

بعدها يتم فصل الألواح وإزالة الحمأة واسترجاع الماء المرشح إلى بداية عمليات المعالجة. ويتراوح سمك قوالب الحمأة المجففة من بوصة إلى بوصة ونصف (25–38مم) وتتراوح نسبة الرطوبة من 48 إلى 70% ويتراوح زمن الدورة الترشيحية من ساعتين إلى خمس ساعات ويشمل الوقت المستغرق في:

1) ملء المرشح، 2) وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع، 3) فتح المرشح، 4) الغسيل وإزالة الحمأة المجففة، و 5) غلق المرشح.

- *مرشحات الألواح المجوفة (ذات الحجم المتغير)*

هناك نوع آخر من المرشحات يستخدم في تجفيف الحمأة وهى مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم المتغير وهى شبيهة بالمرشحات ذات الحجم الثابت إلا انه يوضع خلف النسيج الترشيحى حواجز من المطاط. ويتمدد هذا المطاط للحصول على قوة الضغط النهائية، وبذلك يتم تقليص حجم الحمأة الجافة أثناء عملية الكبس.

سرائر تجفيف الحمأة

تستخدم هذه الطريقة عادة لتجفيف الحمأة المخمرة وبعد التجفيف، يتم إزالة الحمأة والتخلص منها في مدفن صحي أو استخدامها كسماد للتربة.

وتتمثل الميزات الأساسية لهذه الطريقة في انخفاض التكلفة وعدم الاحتياج إلى رقابة وزيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة المجففة الناتجة. وهناك أربعة أنواع من هذه المرشحات:

١)الأسطح الرملية
٢)الأسطح المرصوفة
٣)الأسطح الصناعية
٤)ما سبق مع احداث تفريغ (Vacuum-assisted)

وتعتبر الأسطح الرملية هى الأكثر استخداما.

- *التجفيف على أسطح من الرمال*

عادة تستخدم هذه الطريقة للأحجام الصغيرة والمتوسطة ، وفيها يتم فرد الحمأة في طبقة بسمك 8–12 بوصة (200–300مم) وتركها لتجف. ويتم التجفيف عن طريق تصريف المياه من خلال طبقات الرمال والزلط وأيضا عن طريق تبخر جزء بفعل الشمس وحرارة الجو. ومعظم المياه تترك الحمأة بالترسب، لذلك فمن الضرورى وضع شبكة مواسير صرف مفتوحة الوصلات في القاع.

وتغطى هذه المواسير بطبقة من الزلط بارتفاع 9–12 بوصة (230–300) مع الأخذ في الاعتبار احتياجات أعمال النظافة.

وتكون نسبة الماء في الرواسب حوالى 60% وذلك بعد 10 أو 15 يوم تحت ظروف جيدة. ويمكن إزالة الحمأة بعد ذلك بعدة طرق مثل الجرف اليدوى ثم رميها في عربات النقل أو عن طريق كاشط أو ناشل ويجب مراقبة هذه العملية خصوصاً عملية مرور عربات النقل لمنطقة المرشحات.

وتستخدم السرائر المفتوحة عند وجود مساحة كافية لها وتكون معزولة لتجنب الشكاوى نتيجة لإنبعاثات الروائح الكريهة ولذلك يجب إقامتها على بعد حوالى 300 قدم (100 متر) على الأقل من المناطق العمرانية. أما السرائر المغلقة فتستخدم عند وجود حاجة إلى تجفيف الحمأة باستمرار طوال العام بغض النظر عن حالة الجو وعند وجود صعوبة لإقامة المرشحات في منطقة معزولة.

٤ - *أحواض التجفيف*

ويمكن استخدامها كبديل لسرائر لتجفيف الحمأة في حالة الحمأة المخمرة فقط وذلك لأن في حالة استخدامها للحمأة الغير معالجة أو الحمأة الجيرية أو الحمأة المحتوية على نسبة سائل مرتفعة فسينتج منها روائح كريهة.

ونظراً للقوانين البيئية الصارمة فإن التجفيف عن طريق تسرب المياه إلى المياه الجوفية يستخدم في نطاق محدود وخصوصاً إذا كانت هذه المياه الجوفية تستخدم كمياه شرب ففي هذه الحالة يجب عزل الحوض بعازل قوى حتى لاتتعرض المنشأة لمخالفات قانونية.

وعادة ما يتراوح عمق الحمأة ما بين 2,5 إلى 4 قدم (0,75 إلى 1,25 م) ويتم التجفيف بفعل عاملين

- تبخر جزء من الماء بفعل الشمس وحرارة الجو
- تسرب جزء من الماء إلى شبكة مواسير الصرف ونظراً لشدة تلوثها فيجب إعادتها إلى عمليات المعالجة.

ويتم إزالة الحمأة ميكانيكيا وتكون نسبة المواد الصلبة بها حوالى 25–30%، ويتراوح زمن الدورة الكاملة للأحواض ما بين عدة شهور إلى عدة سنين ويجب وجود حوضين على الأقل حتى في المصانع الصغيرة وذلك لضمان وجود مكان للتخزين خلال عمليات التنظيف والصيانة وفي حالات الطوارئ.

3–6–5 التخلص من الحمأة واستخدامها

ج. أ– الاستخدامات المفيدة للحمأة

تستخدم الحمأة البيولوجية كمخصب للتربة وذلك لما لها من قيمة تخصيبية تعتمد في المقام الأول على محتواها من النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم وتحتوى الحمأة على كميات صغيرة من عناصر حيوية من المواد الغير عضوية والتى تعتبر ذات أهمية كبيرة للنبات والحيوان، ويستخدم مصطلح "المواد الثقيلة" للإشارة إلى الأنواع المختلفة من العناصر الحيوية المتواجدة في الحمأة والتى يحدد تركيزها الاستخدامات الأرضية للحمأة وذلك لأن ارتفاع التركيز قد يحد من معدل وعمر استخدام الحمأة.

كما يمكن معالجة الحمأة كيميائيا وذلك لتثبيتها لاستخدامها كغطاء للمدافن أو في عمليات البنية أو مشاريع استصلاح الأراضي.

وتتم عملية التثبيت الكيميائى (التصلب) للحمأة الصناعية والمخلفات الخطرة بغرض إبطال تأثير المكونات الغير مرغوب فيها حتى يمكن استخدام الحمأة كغطاء للمدافن وفي مشاريع استصلاح

الأرض كما يمكن التخلص من الحمأة المتبقية في المدافن الصحية. وتتكون عملية التثبيت الكيميائى في خلط للمياه المعالجة أو الغير معالجة أو الحمأة منزوعة المياه مع عوامل تثبيت مثل الأسمنت وسليكات الصوديوم والبوزولان والجير ويماثل المنتج النهائى في قوامه الطين الطبيعى.

د. ب- التخلص من الحمأة

تشمل طرق تخلص الأرض من الحمأة والمواد الصلبة الغير مفيدة المدافن الصحية والأحواض.

- ***المـــدافن***

يوجد للحمأة الصناعية نوعين من المدافن واحد للمخلفات الخطرة وآخر للمخلفات الغير خطرة.

ويتم تصميم المدافن بطريقة هندسية تمنع حدوث أى تلوث للمياه الجوفية أو تسرب للمخلفات، ولذلك فإن المدافن غالبا ما تكون ذو سمك يتراوح ما بين 3 إلى 1 أقدام وتغطى بطبقة غير نفاذه من الطين تستخدم كعازل لمنع وصول مياه الأمطار للمدافن وفي بعض الأحيان يتم تثبيت حواجز من البلاستيك على الغطاء لهذا الغرض.

كما يتم تبطين حوائط وأرضية المدفن بالطين الغير نفاذ مع عمل شبكة تجميع في قاع المدفن لجمع نواتج التحليل وضخها إلى محطة معالجة مياه الصرف.

أما في المدافن الخاصة بالمخلفات الخطرة فإنها يجب ان تطابق مجموعة من الشروط الأكثر صرامة، فيجب تبطين الحوائط والأرضية بعازل مزدوج من البلاستيك ويتم جمع نواتج التحليل ويتم التخلص منها بطريقة سليمة، كما يجب تغطية المدفن بمادة غير مسامية وغالبا ما يتم وضع عازل مائى من البلاستيك فوق الغطاء.

ويجب تقسيم المدفن إلى مجموعة خلايا بينهم حواجز من الرمل أو الطين لمنع حدوث حرائق وذلك لصعوبة التحكم في الحرائق في المدافن.

ويجب عند تشغيل المدفن مراعاة ما يلى:

- التحكم في المخلفات التى قد تتناثر بفعل الرياح حول المدافن وذلك بإقامة الأسوار والحواجز.
- إنشاء سجلات للتأكد من نوعية المخلفات حتى لا تدفن مخلفات خطرة في مدفن معد لمخلفات غير خطرة، كما يجب اتباع اللوائح الخاصة المطلوبة لسجلات المدافن الخطرة.
- يجب ان يجهز المدفن بالأسوار أو الحواجز التى تمنع وصول العامة والحيوان إلى أرض المدفن وذلك لإمكانية خطورة المدفن وعدم وعى الناس بذلك.

- يجب تجهيز المنطقة حول المدفن لتصريف الأمطار بعيداً عن المدفن وذلك باستخدام قنوات أو نظام صرف حول المدفن.

- ***الأحواض***

وهى عبارة عن أحواض أرضية يتم فيها التخلص من الحمأة الغير معالجة أو المخمرة، ففي أحواض الحمأة الغير معالجة يتم تثبيت المواد العضوية بالتكسير الهوائى واللاهوائى مما قد ينتج عنه تصاعد روائح كريهة. هذا وترسب المواد المثبتة في قاع الحوض وتتراكم بينما يتم إعادة المياه الزائدة في الأحواض إلى وحدة المعالجة.

ويجب عند إقامة مثل هذه الأحواض مراعاة بعدها عن المناطق السكنية والطرق الرئيسية وذلك لتقليل مصادر الإزعاج مع أفضلية إحاطتها بسور لمنع دخول الأشخاص الغير معنين أليها.

3-7 العمليات الإضافية

3-7-1 التطهير

تطهير الماء هو إبادة جميع ما قد تحويه من بكتريا مسببة للأمراض ولكنها لا تعنى قتل جميع البكتريا الموجودة في الماء إذ أن هذا ما يطلق عليه التعقيم وليس التطهير.

وتتم عملية التطهير بإحدى الطرق الآتية:-

١ - باستخدام العوامل الكيميائية
٢ - باستخدام العوامل الفيزيائية
٣ - باستخدام الأشعة

1- العوامل الكيميائية

تشمل الكيماويات التى تستخدم في عمليات التطهير الكلور ومركباته، البروم، اليود، الأوزون، الفينول والمركبات الفينولية، الكحوليات، المواد الثقيلة ومركبتها، الصبغات، الصابون والمنظفات الصناعية، مركبات رباعى الأمونيوم، بيروكسيد الهيدروجين، وأنواع مختلفة من الأحماض و القلويات.

وأكثر هذه المواد استخداماً هى الكيماويات المؤكسدة فالكلور هو الأول عاميا، بينما يستعمل البروم واليود أحياناً في عمليات تطهير مياه حمامات السباحة ولكن لم يستخدماً في عمليات معالجة المياه أما الاوزون فهو مطهر ذو كفاءة عالية ويزداد استخدامه حالياً بالرغم من عدم تركه لأى رواسب.

كما يمكن استخدام المياه ذو الحامضية أو القلوية المرتفعة لإبادة البكتريا الباثونيجية حيث ان المياه ذات الأس الهيدروجينى الأعلى من 11 أو اقل من 3 تعتبر سامة للبكتريا.

2- العوامل الفيزيائية

من العوامل الفيزيائية التى تستخدم في تطهير المياه التسخين وتعريض المياه لأشعة الشمس، فتسخين المياه إلى درجة الغليان يؤدى إلى قتل أغلب البكتريا المسببة للأمراض وتستخدم هذه الطريقة بتوسع في صناعات الألبان والمشروبات ولكنها لاتعتبر طريقة اقتصادية لتطهير كميات كبيرة من مياه الصرف وذلك لارتفاع التكلفة.

كما يمكن تطهير المياه باستخدام أشعة الشمس خصوصاً الأشعة الفوق بنفسجية وذلك باستخدام مصابيح مخصوصة لهذا الغرض، وقد نجحت هذه الطريقة في تطهير كميات قليلة من المياه. وتعتمد كفاءة هذه العملية على مدى افتراق الأشعة للمياه وكيفية التلامس ومصدر الأشعة ونوع المياه وذلك لأن هذه الأشعة يتم امتصاصها بواسطة المواد العالقة والجزيئات العضوية الذائبة والمياه بالإضافة إلى الكائنات الحية ولذلك فانه من الصعب استخدام هذه الطريقة في البيئة البحرية خصوصاً إذا تواجدت جزيئات صلبة.

3- الأشعـــة

أن الأنواع الرئيسية للأشعة هى الأشعة الكهرومغناطيسية، والسمعية وتنبعث أشعة جاما من النظائر المشعة مثل الكوبلت 60 ونتيجة لقوة نفاذيتها العالية فإنها تستخدم لتطهير كلا من المياه ومياه الصرف.

- **ميكانيكية عملية التطهير**

توجد أربعة طرق تشرح كيفية حدوث عملية التطهير وهم:

١ - تدمير جدار الخلية
٢ - تغير نفاذية الخلية
٣ - تغير طبيعة الرسوب المتعلق الخاص بالبروتوبلزمة.
٤ - إبطال نشاط الإنزيمات

ويؤدى تدمير جدار الخلية إلى تحلل ووفاة الخلية، ويوجد بعض العوامل المساعدة مثل البنسلين التى تؤدى إلى أبطال وإيقاف تركيب أجزاء جدار الخلية، بينما عوامل مساعدة أخرى مثل المركبات الفينولية والمنظفات تغير من نفاذية الغشاء السيتوبلازمى وتدمر النفاذية الاختيارية للأغشية وبالتالى تسمح بمرور مركبات حيوية مثل النيتروجين والفسفور.

ويؤدى التسخين والأشعة والعوامل الحمضية والقلوية القوية إلى تغير طبيعة الرسوب المتعلق الخاص بالبروتوبلزمة فيؤدى التسخين إلى تجمع بروتين الخلية بالإضافة للتأثير المميت للأحماض أو القلويات على الخلية.

3-7-2 إعادة استخدام المياه المعالجة

إن عملية إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي المعالجة قد بدأت في الانتشار في الصناعات المختلفة وذلك لرخص تكاليفها كمصدر للمياه، ويمكن استخدام هذه المياه في عمليات الري والتشجير.

ونظراً لاحتمال وجود بعض الكيماويات الخطرة أو السامة في المياه المعالجة لذلك يجب إجراء بعض طرق المعالجة الثلاثية المنتشرة حالياً عالمياً وذلك لإزالة جميع الأخطار الصحية المتوقعة وحتى تتوافق المياه المعالجة مع المقاييس الموضوعة لإعادة استخدام مياه الصرف، وفيما يلى وصف لأهم تقنيات المعالجة الثلاثية التي تستعمل لإعادة استخدام المياه في مصر.

- ***تقنيات المعالجة المتقدمة (المعالجة الثلاثية)***

أ- الترشيح

وتشمل أجهزة الترشيح المرشح الخرطوشى (Cartridge Filter)، المرشح السليكونى (diatomaceous earth filter)، المرشحات ذو الوسط الحبيبى (Granular – media filters) ونادراً ما يستخدم المرشح الخرطوشى في عمليات معالجة المياه وذلك لأسباب اقتصادية

- ***المرشحات ذو الوسط الحبيبى***

ويستخدم هذا النوع من المرشحات بتوسع في عمليات معالجة المياه وذلك لإزالة كل من المواد العالقة العضوية والغير عضوية. ويمكن لهذه المرشحات أن تعمل إما بالجاذبية الأرضية أو بالضغط وكلاهما يستعمل في الصناعة.

وأكثر هذه المرشحات استعمالا هى المرشحات ثنائية أو ثلاثية الوسط، حيث تتكون المرشحات ثنائية الوسط من طبقة من الرمل قطره 0,5 مم تعلوها طبقة من فحم الانتراسيت (Anthracite) بقطر 0,9 مم، بينما تحتوى المرشحات ثلاثية الوسط على طبقة من حجر السيلان (garnet) ذو قطر يتراوح من 30-40 ميش أسفل طبقة الرمل. ويمكن للمرشحات أن تستخدم أنواع مختلفة من الطبقات وبأقطار فعالة مختلفة.

ويتم حجز المواد الصلبة بواسطة الطبقات المختلفة مما يوجب إزالتها بالكشط وبالغسيل العكسى (Back wash).

- ***الإمتزاز الكربونى***

وتستخدم هذه الطريقة لإزالة أنواع معينة من الملوثات العضوية والتى لم يمكن إزالتها باستخدام طرق المعالجة الأولية والثانوية وتشمل المركبات العضوية السامة والملوثات المقاومة للمعالجة البيولوجية.
وفي بعض الأحيان تستخدم هذه الطريقة لاسترجاع بعض الملوثات القيمة والتى تتواجد في الصرف العضوى.

كما تستخدم أعمدة الكربون في إزالة المركبات العضوية المتطايرة (VOC_s)من مياه الصرف حيث أن هذه المركبات يمكن امتصاصها بسهولة على سطح الكربون.

وتقوم بعض الشركات التي تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم في مصانعها وهى عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة، ويمكن التخلص من الكربون المستعمل ولكن بطريقة سليمة حيث أنه يصنف كمخلف خطر مما يرفع من تكلفة التخلص.

وتتم عملية تنشيط الكربون بتمرير تيار من البخار خلاله أو عن طريق تسخينه في أفران، وينتج عن كلتا الحالتين تيار من المركبات العضوية المتطايرة وبالتالى يجب التخلص منها بطريقة صحيحة. وفي الغالب يتم تكثيف البخار وإما حرقة في أفران أو إرساله إلى مدفن المخلفات الخطرة.

ويمكن تنشيط الكربون النشط باستخدام البخار، أو التسخين، أو الغسيل بمذيب أو حمض أو صودا، أو باستخدام منشط مؤكسد رطب ويمكن ترتيب المركبات من حيث قابليتها للامتزاز بواسطة الكربون كالآتي:

- الأحماض العضوية
- الألديهيد
- الإسترات
- الكيتونات
- الكحوليات
- الجليكول

هذا وتستخدم بعض الصناعات في مصر طريقة الترشيح باستخدام الوسط الحبيبى والامتزاز على سطح الكربون ثم التطهير لإعادة استخدام المياه في الرى.

ب- الفصل باستخدام الأغشية (Membranes)

وتستخدم هذه التقنية لإزالة الجزيئات الصغيرة جداً ولتحلية المياه، وقد تم مؤخراً تطوير هذه العملية لتتمكن من إزالة المواد العضوية مثل الزيوت والمواد الأخرى التى كانت تسبب إنسدادات وتدمير للأغشية في السابق.

وتصنع هذه الأغشية من مواد مختلفة كلها ذات أحجام مسامية متماثلة تسمح بمرور الجزيئات ذات الأحجام الأصغر وتحجز الجزيئات الأكبر.

ويمكن اعتبار الأغشية كمرشحات تعمل كعائق طبيعى ذو حجم مسامى محدد ومعروف.

- الترشيح الغشائى (Ultra Filtration)

تعتمد طريقة الترشيح الغشائى على استخدام الأغشية في عملية الترشيح، وغالباً ما تكون الجزيئات المفصولة ذات وزن جزيئى يتراوح من 500 إلى 1000 ويكون الداخل للمرشح هو مياه الصرف والخارج المخفف هو المياه المرشحة والخارج المركز هو المواد الصلبة المركزة ويجب أن يسبق عملية الترشيح الغشائى عملية ترشيح تقليدية أو ترشيح خرطوش وذلك لمنع انسداد الأغشية. ويتم تنظيف وغسيل الأغشية بطريقة دورية حيث يمكن تكوين طبقة هلامية على الأغشية تعوق عملية السريان هذا ويوجد ثلاث أنواع من الأغشية وهى الأغشية ذات الطور الانعكاس والغشاء track-etched والغشاء Anopore inorganic.

ويوجد نوع متطور من الترشيح الغشائي والذى يستخدم فيها الغسيل بالهواء قبل الغسيل بالماء ولذلك فنادراً ما يحدث انسدادات في هذا النوع والذى يستخدم في المعالجة الثلاثية لمياه الصرف ويمكن وضعه كبديل للمروق لإزالة العكارة بكفاءة عالية.

- ***التناضح العكسى (Reverse Osmosis)***

لقد تم في الآونة الأخيرة إجراء العديد من التطوير على الأغشية بجعلها أرفع وذلك لتقليل مقاومة السريان إلى أدنى حد.

وتستخدم هذه الطريقة في الصناعة لاسترجاع المواد القيمة من مياه الصرف، فمثلاً في صناعة الجبن يحتوى الشرش (وهو السائل المتبقى من اللبن بعد صناعة الجبن) على 93% مياه، ونظراً لأن الأكسجين الحيوى الممتص للشرش يبلغ أكثر من 30,000 ملجم/لتر فبالتالى لايمكن لشبكة الصرف الصحى تحمله.

أما إذا تم تمرير الشرش على وحدة التناضح العكسى فسيتم تركيز البروتين بينما يتبقى اللكتوز والمركبات الأخرى في المياه، ثم يمرر الناتج المخفف (Permeate) على غشاء أخر ليخرج محتوياً على أكسجين حيوى ممتص يقل عن 1000ملجم/لتر بينما يخرج الخارج المركز (Concentrate) غنى باللكتوز.

ويوجد في الأسواق ثلاث أنواع من الأغشية وهى:

- نظام الأغشية الأنبوبية (Tubular Membrane System)
- نظام الأغشية الحلزونية (Spiral Wound Membrane System)
- نظام الأغشية النسيجية المجوفة (Hollow Fine Fiber Membrane System)

ويمكن استخدام هذه الطريقة لتركيز المعادن الثقيلة والأملاح ولاسترجاع كيماويات المحاليل المخففة، كما تستخدم كمعالجة تمهيدية قبل وحدة التبادل الأيونى وذلك لزيادة كفاءتها عن طريق تركيز مياه الصرف.

موجز عن عمليات

التصنيع الدوائي

وأهم المواد المستخدمة

إن عمليات التصنيع الصيدلانية تشمل التصنيع و الاستخلاص و التنقية و تحضير لمواد الكيميائية و تعليبها و تعبئتها كدواء.

إن مياه صرف معامل الأدوية تنشأ بشكل رئيسي عن تصنيع و تشكيل العقاقير حيث أن معظم العناصر الفعالة تسوق و تباع كعقاقير و تصنع بواسطة تراكيب كيميائية و إن التراكيب الكيميائية هي عمليات التصنيع للمواد لصيدلانية عن طريق تفاعلات كيميائية عضوية أو غير عضوية.

تقنيات التصنيع الكيميائي المستخدمة في عمليات التصنيع للمواد الصيدلانية :

التخمير: و هي تفاعلات بيوكيميائية تحدث ضمن المفاعل و ذلك بوجود أحياء دقيقة فعالة خاصة أو بوجود أنزيمات و تنفذ التفاعلات تحت ظروف كيميائية و فيزيائية وتنتج عقاقير مختلفة بواسطة التخمير كالمضادات الحيوية و الأنزيمات و الهرمونات و الفيتامينات و اللقاحات وتكون مياه الصرف لهذه المرحلة ذات نسبة كبيرة من COD/BOD5

الاصطناع العضوي:

تنتج أعداد كبيرة من المنتجات الصيدلانية بواسطة الاصطناع العضوي إن الاصطناع العضوي يشمل على عدة خطوات أو مراحل مثل: الأكسدة–الارجاع– النترتة و الكبرتة و الأسترة و الهدرجة و الترسيب. و المنتجات لتي تنتج بواسطة الاصطناع العضوي كثيرة مثل: أدوية مرضى السكر و الملاريا..... وتنتج مياه صرف ملوثة بشكل كبير وتتميز بارتفاع BOD5 و TKN و S.S وتكون نسبة COD/BOD5 أصغر مكن مرحلة التخمير.

الاصطناع الكيميائي:

تعتبر هذه المرحلة أكثر المراحل خطورة وأكثرها تلويثاً للبيئة وينتج العديد من الملوثات عن هذه المرحلة مثل كلورفورم– كلور المتان – كلورالبنزين والبنزن والفينولات و التولوين و السيانيد.حيث يستخدم التولوين بشكل واسع كمذيب عضوي و ذلك لأنه مركب ثابت و لا يتفكك بسهولة في التفاعلات الكيميائية.حيث أنه تستخدم المذيبات في عمليات الاصطناع الكيميائي و ذلك لتذويب أو لحل المواد الصلبة والغازية والغروية كذلك تفيد المذيبات في نقل الحرارة إلى أو من الجزيئات المتفاعلة.

و بعض المذيبات تستخدم لضبط حرارة التفاعل و العديد من محطات المعالجة للمياه الصرف الصيدلانية تعمل على استعادة المذيبات حيث أنها تنقي المذيبات من الملوثات ليعاد استخدامها. هذه الوحدات تشمل على أجاء لاستعادة المذيبات و التي عادة تحتوي على أعمدة تقطير و كذلك قد تشمل على عمليات

استخلاص (مذيب– مذيب حيث يتم فيها استخدام مذيب وفيذ هذه العمليات تنتج فضلات سائلة ذات صفة مشبعة جزئياً جزئياً أو كلياً بالمذيبات المتبقية).

المياه الملوثة تنتج بشكل عام عن وحدات التعديل الكيميائي التي تتطلب ملئ و تفريغ الكمية المتفاعلة هذه المياه الملوثة يمكن أن تحتوي على مواد خام غير متفاعلة بالاضافة إلى بعض المركبات ذات السلسلة الطويلة الملتصقة بمركبات أخرى نتيجة اختلاف الطبيعة الكيميائية و ذلك نتيجة التفاعلات الكيميائية الناتجة (النترتة–الأمينات–الهالوجينات....)

■ إن الملوثات الموجودة في التدفق المياه الملوثة الخارجة من عمليات الاصطناع الكيميائي تختلف بالسمية و بقابلية التحلل العضوي و كذلك عمليات الانتاج يمكن أن تنتج حموض و معادن و ملوثات أخرى بينما ماء الغسيل يمكن أن تحتوي على بقايا مذيبات عضوية .

العملية	بعض الملوثات	طريق المعالجة المفضلة
الاصطناع العضوي	BOD5,TKN,S.S مركبات كبريتية	معالجة هوائية على مراحل أو معالجة لا هوائية أو الاثنتين معاً
التخمير	COD,BOD5, S.S العديد من المركبات العضوية المعقدة	معالجة لاهوائية أو معالجة فيزيوكيمائية
الاصطناع الكيميائي	فينولات –بنزين –التولويين– السيانيد– كلوروفورم	استخلاص المذيبات– معالجة فيزيوكيمائية– معالجة لاهوائية

بعض المواد المستخدمة في التصنيع الدوائي :

١) مواد مستخدمة في صناعة العقاقير: حموض عضوية ومعدنية – خمائر– بكتريا– كلوريدات – هيدروكربونات – المحلات العضوية(البيريدين) – مواد مخدرة(مركبات عضوية)– خمائر– برومات –أنزيمات – مذيبات– نترات – فيتامينات– أمينات.....

٢) بعض المركبات المستخدمة في إجراء التحاليل في المخابر: كلورالألمنيوم– كبريتات الألمنيوم – يود الأمونيوم– أوكسيد الزرنيخ– بروميد الأمونيوم– فلورالأمونيوم – سيانيد البوتاسيوم –

كبريتات النحاس– نترات الرصاص– كربونات الرصاص– نترات القضة–أحمر كلور الفينول– يود الكادميوم – فينول فتالين.

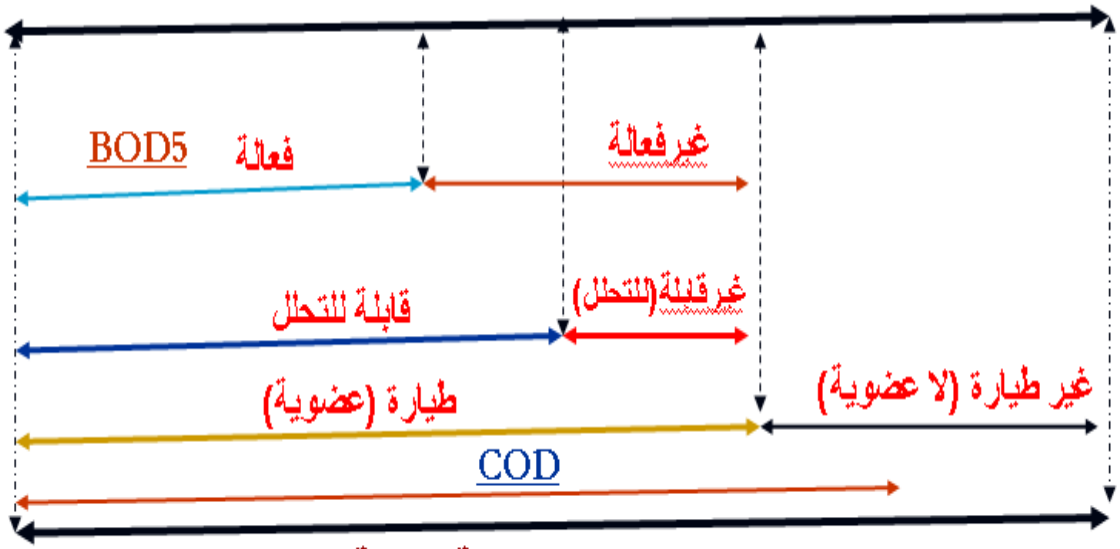
مصادر المياه الملوثة في الصناعات الدوائية :

١) مياه التفاعل: و هي المياه الناتجة عن التفاعلات الكيماوية.
٢) مياه عمليات المذيب: يستخدم المياه لنقل المواد الكيماوية المتضمنة خلال التفاعلات و هذا المياه عادة يزال من العمليات خلال فصل الحمأة و ذلك عن طريق الطرد المركزي أو التجفيف أو...
٣) العمليات على مياه التغذية: يضاف عادة المياه ذو الصفة الحامضية أو القلوية على المجرى بشكل ضئيل مما قد يسبب في تلوث المجرى هذا المياه يكون ناتجاً عن فصل المزيج.
٤) المياه الناتجة عن الغسيل: و هو الماء المضاف إلى التفاعل لتنقية المنتجات الوسطية او المنتجات النهائية و ذلك لغسل الشوائب أو هو المياه المستخدم لغسل المنتجات النهائية بعد أن تم إزالتها من المفاعل الوسطي
٥) المياه الحمضية و القلوية: و التي يمكن أن تنتج من عمليات التصنيع حيث يضاف أحياناً عناصر محفزة ذات صفة حامضية أو قلوي للتفاعلات مما ينتج عنه مياه ملوثة ذات صفة حامضية أو قلوية...
٦) مصادر المياه الملوثة في الصناعات الدوائية
٧) المياه الناتجة عن التكثيف: حيث يتم استخدام المياه أحياناً لإنشاء وسط معتدل أو تستخدم المياه من أجل استعادة المذيبات أو من أجل معالجة مياه الصرف...
٨) المياه الملوثة الناتجة عن جهاز السكروبر:(لغسل الغازات لمنع تلوث البيئة). حيث يتم استخدام مياه أو مركبات حامضية أو قلوية و ذلك بحيث تنفث بشكل رزاز من أجل التقاط الغازات الضارة في جهاز السكروبر و ذلك للتحكم بالاطلاقات الناتجة عن التفاعل أو فرن الترميد أو أحواض التخزين...
٩) المياه الناتجة عن معدات و تجهيزات الغسيل: و هو المياه الناتج عن غسل التجهيزات و ذلك عند توقف العمل خلال العطل أو الانسكابات الناتجة عن التنظيف الاعتيادي..
١٠) المياه الناتجة عن المضخة الملقمة: و هي المياه الناتجة عن التبريد للمضخات و عن .....المضخات .....حيث يتم أحياناً تنظيف المضخات و أحياناً غسيل غرف المضخات التي تكون أرضها ملوثة.

١١) بالاضافة إلى المياه الملوثة السابقة هناك أنواع أخرى من المياه الملوثة يمكن أن يوجد مثل: مياه الصرف المنزلي (للتواليتات)– مياه مطرية– مياه غسيل البراميل–مياه المراجل الساخنة...

نسبة COD/BOD5 في مياه الصرف الناتجة عن معامل الأدوية :

أولاً يجب أن نعلم أن الأمور BOD5 يعبر عن الاحتياج الأوكسيجيني اللازم لأكسدة المواد العضوية الفعالة سهلة التأكسد حيث أن المواد الصلبة المعلقة(لمياه صرف منزلية) تتركب كمايلي:



تركيب المواد الصلبة المعلقة

أما في حالة مياه صرف تحتوي على مواد مثبطة للنشط البكتيري(كالمضادات الحيوية)عندئذ تكون نسبة المواد العضوية غير القابلة للتحلل هي الأكبر لذلك فإن COD هو المعبر الأدق عن التلوث العضوي لذلك تكون نسبة COD/BOD لهذه المياه مرتفع جداً تصل حتى عشرة أضعاف ولهذا السبب تصمم محطات المعالجة لمعامل الأدوية ومعامل تجفيف البصل على كفاءة إزالة COD وتقد الأحمال العضوية بناءً عليه إذاً الأمر الأكثر أهمية في معالجة مياه الصرف الناتجة عن معامل الأدوية هو إزالة COD وأحياناً OIL ,S.S

التجارب التي يجب إجراؤها عند معالجة مياه صرف معامل الأدوية :

١) الفينولات : تجرى لمرة واحدة فقط عند بدء تصميم المحطة وفي الحالات الخاصة ;Pb;CN Cr;Cd

٢) COD , BOD5 ,T S.S , TKN , PH , T.D.S ، P(TOTAL) ، OIL ، T(C^0) :
يجرى بشكل دوري.

معالجة مياه صرف معامل الأدوية :

بعض ما ورد عن منظمة EPA حول الفضلات الصيدلانية السائلة: صنفت قابلية المعالجة حسب اقتراح EPA إلى صنفين رئيسيين هما:

معالجة بيولوجية و معالجة بالتجريد البخاري (Steam Stripping): حيث تستخدم المعالجة بالتجريد بالتبخير عندما يكون تركيز المذيبات كبيراً في المياه المصرفة بينما تستخدم المعالجة البيولوجية عندما يمكن استخدامها و ذلك يتعلق بنسبة COD/BOD5.

و عندما قامت EPA بوضع تقاريرها حول الصناعات الدوائية لقد صنفت الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصيدلانية إلى أقسام عديدة هي:

١) ملوثات تقليدية: مثل BOD ; COD ; PH; S.S ; OIL و الكلوروفورم حيث قامت بتنظيم و ضبط معايير: BOD; COD ;SS; PH ; بينما لم تهتم بمشكلة الزيوت و الكلوروفورم لأنها اعتبرت ظهور هذه الملوثات هو مشكلة استثنائية في معامل المنتجات الصيدلانية .
٢) ملوثات غير تقليدية: الفينولات والأسيتون والبنزن والإيتانول.

أمثلة واقعية وعملية لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن معامل الأدوية

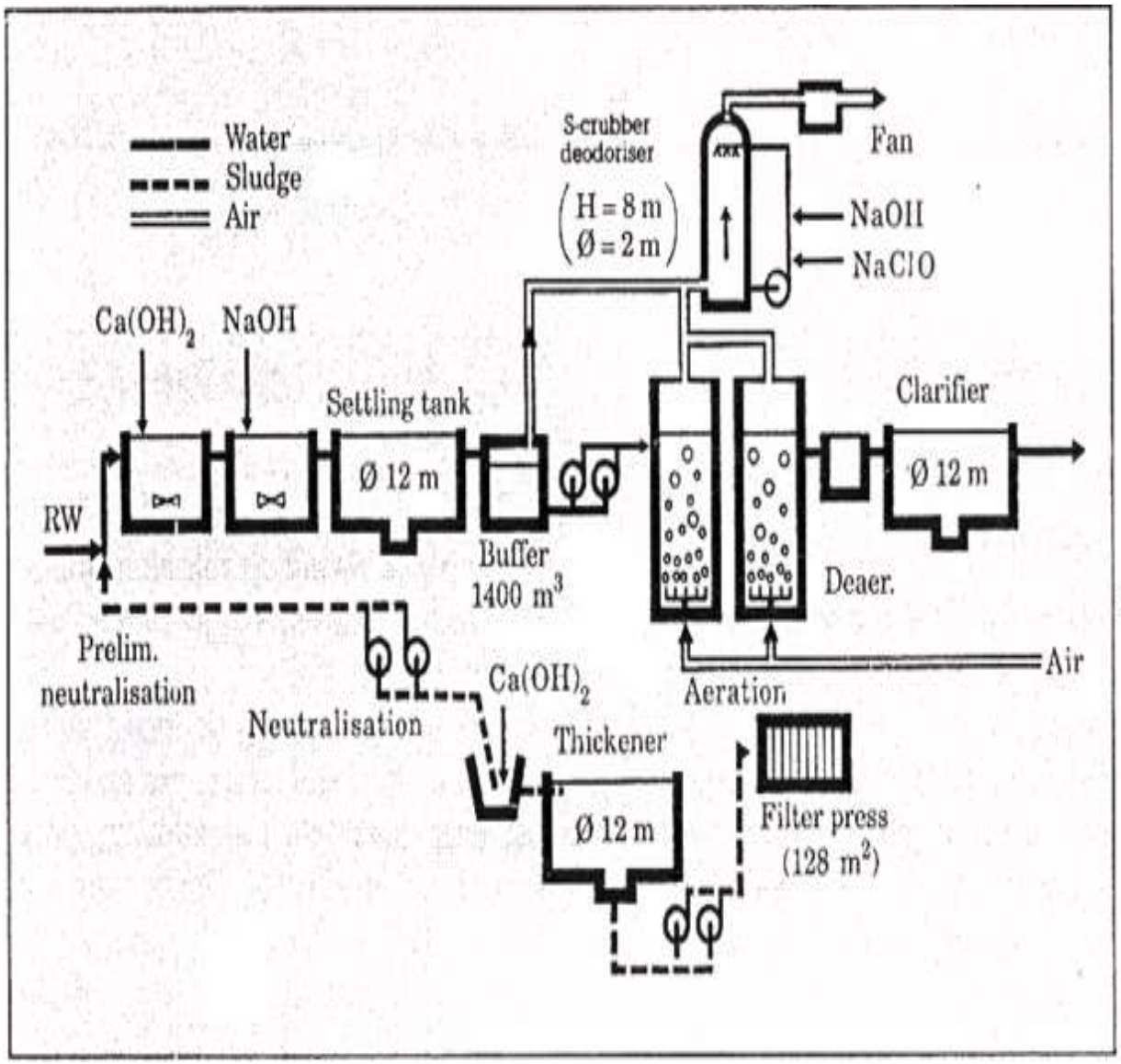
مصنع الجمعية الكيميائية "روش" بقرية نوف في شرق فرنسا :

هذا المصنع ينتج بشكل رئيسي الفيتامينات ومواد مختلفة تستعمل كعلف للحيوانات و خاصة مادة ا لكاروتين (Carotin).إن حجم الماء المعالج يوميا في هذا المصنع يبلغ حوالى/ 720 m3/ الانتاج السنوي للحمأة يصل إلى /850 ton/ كل عام.

و النتائج لهذا المعمل موضحة بالجدول التالي :

اسم التجربة	القيمة قبل المعالجة	القيمة بعد المعالجة
COD(mg/L)	3200	400
BOD5(mg/L)	2200	25

مخطط محطة معالجة مياه الصرف لمصنع شركة روش في شرق فرنسا :



نلاحظ بأن المعالجة فيزيوكيمائية

مصنع (he Rexim Company in Ham,North France):

١) هذا المصنع ينتج بشكل رئيسي الحموض الأمينية (Amino Acids)

٢) يبلغ حجم المياه المعالجة يوميا حوالي(3600m3) .

٣) نتائج معالجة المياه لهذا المصنع موضحة في الجدول التالي :

اسم التجربة و واحدتها		*Raw water*	*Treated water*	*Effiency*
COD	$mg.l^{-1}$	7100	1000	85
BOD_5	$mg.l^{-1}$	4140	200	95
Organic N	mg.l-1	2300	250	90
N-NH4+	mg.d-1	2460	25	99
N-NO3	mg.d-1	-	1000	-
Total N	mg.d-1	-	-	80

مخطط محطة معالجة مياه الصرف لمصنع ريكسام للأدوية في شمال فرنسا

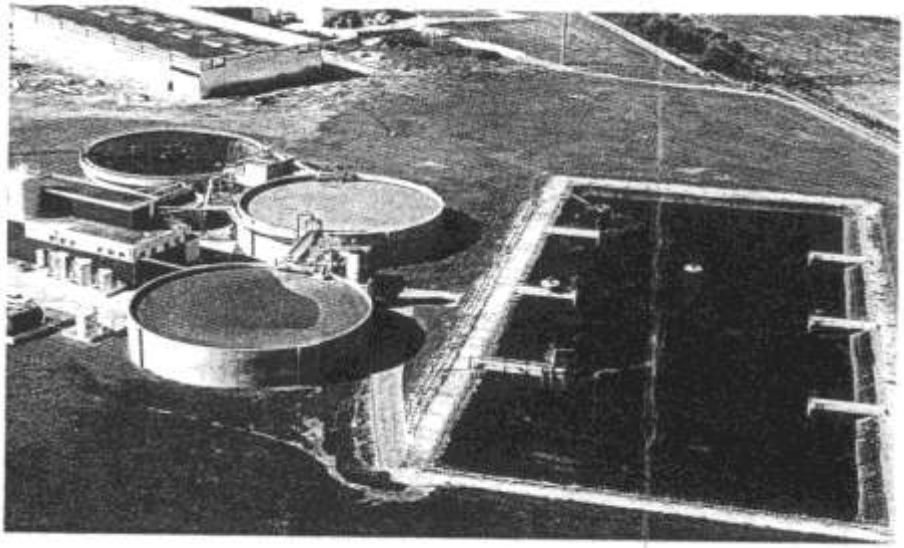


Figure 972. The Rexim company in Ham, Northern France. General view of the treatment plant.

كمية (COD) المتبقية:

إن نسبة المواد المعقدة غير المفككة حيويا تؤدي إلى وجود(COD) الباقي في المياه المعالجة (COD/BOD5>10 بعد المعالجة البيولوجية) و هذا يبرر المعالجة الثلاثية المتطورة(عند الرغبة في استعمال هذه المياه للري).

القسم العملي
وتصميم المحطة

(الشركة العربية الطبية – تاميكو)

بفرعيها

فرع صناعات أغذية الأطفال و فرع صناعة المستحضرات الصيدلانية

خط الأدوية :

- قسم الكبسول
- قسم المضغوطات
- الأملاح
- التحاميل
- الشرابات السائلة و المعلقة و الجافة
- القطرات
- المراهم
- الأمبول .

خط الأغذية :

أغذية أطفال عالية البروتين التي تؤمن للطفل نمواً متوازناً و التي تؤخذ بالملعقة ابتداءً من الشهر الرابع، و مكوناتها الأساسية دقيق القمح و الأرز و الحليب و زيت الزبدة و خليط الفيتامينات و الأملاح .

التحضير للتصميم :

تم أخذ عينة لقياس مؤشرات التلوث للحصول على القيم المراد التصميم وفقاً لها فكانت النتائج على الشكل التالي :

المؤشر (mg / L)	معمل الأدوية	معمل الأغذية	التركيز المشترك النهائي	حدود السماح بالري بها
الناقلية الكهربائية (µs / cm)	2240	53000	**27620**	غير محدد
الـــ PH	6.64	5.95	**6.3**	6 – 9
TSS	170	564	**367**	30
COD	5400	1800	**3600**	150
BOD	0	300	**150**	40
TDS	-	-	**13760**	1200
DO	2.4	4.8	**3.6**	4
Na^+	-	-	**-**	-
K^+	-	-	**-**	-
CN^-	-	-	**-**	0.1
S^{--}	-	-	**-**	1
الزيوت والشحوم	-	-	**-**	10
الفينول	-	-	**-**	0.02
CL^-	-	-	**-**	1
ZN	1.3	2.3	**1.8**	2
Cd	0.03	0.03	**0.03**	0.05
Cr	-	-	**-**	0.5
Pb	0	0	**0**	0.2
AS	0.003	0	**0.001**	0.1
Ni	1.7	1.5	**1.6**	0.3

1	**0.02**	0.02	0.02	Cu
1	**-**	-	-	Ag
0.05	**-**	0.1	0.2	ABS
35	**44.231**	149.6	5.72	NO^{-}_{3}-n
		96.69	2.85	NO_2-n
		11.59	2.44	NH_3-n
		12.255	2.58	NH_4-n
20	**0.87**	3.978	1.345	PO_4-P
-	**100**	110	90	القلوية كـــ $CaCO_3$

وبالتالي :

التركيز الكلي الموجود لدينا من N = L \ 44.231 mg .

والتركيز الكلي لدينا من P = L \ 0.87 mg .

كما نرى التركيز المراد التصميم عليها : TSS و COD و BOD و TDS وخفضها للقيم المسموحة للري.

بدء التصميم :

✓ تصميم حوض التوازن والتجميع :

تأتي المياه إلى حوض التوازن من حفر الضخ حيث يوجد هناك جورتي ضخ واحدة منهما لخط معمل الأدوية ومرفقاته وواحدة لخط معمل الأغذية ومرفقاته وحيث يتم الضخ في الجور بشكل متساوي بواسطة مضخات غاطسة حيث يوجد في كل جورة مضختين واحدة للعمل المباشر وواحدة احتياط .

حجم حوض التوازن يساوي التدفق اليومي :

. $V = 50\ m^3$, $H = 3\ m$

$$A = \frac{V}{h} = \frac{50}{3} = 16.67\ m^2$$

فيكون لدينا : الطول = 4 m و العرض = 4.17 m .

يود في حوض التوازن مضختين غاطستين أحدهما احتياط والأخرى قيد العمل وذلك لضخ المياه من الحوض إلى المفاعل اللاهوائي **ASBR** .

✓ تصميم المفاعل اللاهوائي الـــ ASBR :

معطيات التصميم :

==========

COD_m ، COD_F : هما الناتج عن خطي الأدوية والأغذية على التوالي .

- $Q = 50\ m^3 \setminus Day$.
- $COD(Total) = 3600\ g \setminus m^3$.

$$COD_S = \frac{COD_F * 0.6 + COD_M}{2} = \frac{5400 * 0.6 + 1800}{2} = 3240\ \ g \setminus m^3$$

$COD_{NS} = 3600 - 3240 = 360\ g \setminus m^3$

- $\frac{COD}{TSS} = \frac{3600}{367} = 9.81$

- F_d = 0.15 عامل الصدمة
- للأمان = SRT * 1.5
- VSS = 0.85 TSS = 0.85 * 367 = 311.95 g \ m^3
- N = 12 % VSS , P = 2.4 % VSS .
- MLSS = 6000 g \ m^3
- تركيب الغاز = 65 % CH_4 + 35 % CO_2

الآن :

بفرض أن نسبة الإزالة % 83 في المفاعل اللاهوائي (تجريبياً) :

==========

COD المتبقي = (1 – 0.83) * 3600 = 612 g \ m^3

TSS بعد المفاعل = 30 g \ m^3

$COD_{TSS} = TSS * \frac{COD}{TSS} = 294.3$ g \ m^3

S_e المذاب COD المسموح من = COD المتبقي - COD_{TSS} = 612 - 294.3 = 317.7 g \ m^3 .

حساب الـــ SRT : عمر الحمأة :

==========

$SRT = \left(\frac{\mu_m . S_e}{K_S + S_e} - K_d\right)^{-1}$ =

μ_m = 0.2 g \ g . d , K_s = 900 mg \ L , K_d = 0.03 g \ g . d

SRT = 45.08 day .

SRT_{design} = 45.08 * 1.5 = 68 day .

حساب إنتاج الحمأة :

==========

COD_{NS} = 3600 – 3240 = 360 g \ m^3.

COD_{TSS} الغير منحل كـــ = 360 / 9.81 = 36.7 g \ m^3 .

$COD_{NS\,TSS}$ نسبة تخفيض الـــ = 80 % .

$COD_{NS\,TSS}$ المتبقي من = 0.2 * 36.7 = 7.34 g \ m^3 .

$$P_{X.TSS} = \frac{Q.Y.(S_0 - S)}{[1+K_d.SRT].0.85} + \frac{F_d.(K_d).Q.Y.(S_0 - S).SRT}{[1+K_d.SRT].0.85} + Q.COD_{NSTSS}$$

S_0 - S = COD - $COD_{NS\,TSS}$ - S_e = 3600 - (7.34 * 9.81) - 317.7 =

= 3210.39 g \ m^3

$$Y = \frac{VSS}{COD} = 0.08 \quad , \quad K_d = 0.03 \text{ g \ g . d}$$

$$P_{X.TSS} = 4969.5 + 1520.7 + 50 * 7.34 = 6857.2\ g \setminus day$$

حساب حجم المفاعل وزمن المكوث :

==========

$$V = \frac{P_{X.TSS}.SRT}{X_{TSS}} = \frac{6857.2 * 68}{3600} = 129.5 = 130\,m^3$$

$$h = 5\ m \quad \Rightarrow \quad A = 26\ m^2 \quad \Rightarrow \quad D = 5.75\ m$$

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{130}{50} = 2.6\ day$$

حساب معدل إنتاج الغاز الكلي :

==========

35c عند الدرجة = 0.4 m^3 CH_4 / Kg COD .

وعند الدرجة 25c = $0.4 \frac{(273.15 + 25)}{(273.15 + 35)} = 0.39\ m^3 / kg COD$

معدل إنتاج الكلي CH_4 = $\frac{0.39\ (S_0 - S)^* Q}{1000} = 133.72\ m^3 \backslash day$

معدل إنتاج الغاز = $\frac{133.72}{0.65} = 205.72\ m^3 / day$

الطاقة المحتواة في الغاز في الدرجة 25 c :

==========

حجم مول واحد من الغاز V = $\frac{1 mole\ (0.082057 atm.\ l / mole\ .\ K)\ .\ (273.15 + 25)}{1\ atm}$

= 24.5 L / mole .

عدد مولات الميتان يومياً = $\frac{133.72}{24.5 / 1000} = 5458\ mole / day$

كتلة الميتان يومياً = 5458 * 16 = $8.7 * 10^4$ g / day

الطاقة المحتواة في غاز الميتان = $8.7 * 10^4$ * 50.1 (KJ / g)

= $4.3 * 10^6$ KJ / day .

حساب المطلوب من العناصر المغذية :

==========

إنتاج الكتلة الحيوية = $P_{X.TSS}$ الحد الأول والثاني من قانون

= 4969.5 + 1520.7 = 6490.2 g / day .

المطلوب من N = 6490.2 * 0.12 * 0.85 = 662 g / day .

المطلوب من P = 6490.2 * 0.24 * 0.85 = 133.2 g /day .

الكمية الموجودة لدينا من هذه العناصر :

N = 44.231 * Q = 44.231 * 50 = 2211.55 g / day > 662

P = 0.87 * 50 = 43.5 g / day < 132.4 ???????

لذا نحتاج هنا لإضافة فوسفور لتتم المعالجة :

كمية الفوسفور المضافة يومياً = 132.4 - 43.58 = 88.9 g / day .

حساب القلوية المطلوبة :

==========

القلوية المطلوبة في الدرجة 25 c هي (عندما الـ CO_2 يعادل 35 %) :

= 1500 mg / L as $Ca\,CO_3$

القلوية الموجودة لدينا 100 mg / L .

القلوية المضافة = 1500 - 100 = 1400 mg / L * 50 = 70 kg / day .

المغذي الكربوني المطلوب :

==========

$$CH_3COOH = \frac{60(g\,CH_3COOH / Eq) * 1400}{50\ (g / eq\,CaCO_3)} = 1680\ g / m^3$$

$$CH3COOH / day = \frac{1680 * 50}{1000} = 84\ kg / day .$$

✓ **تصميم حوض التهوية والمعالجة البيولوجية :**

في المفاعل اللاهوائي السابق يتم تخفيض الـ BOD بنفس نسبة تخفيض الـ COD وهي 83 % فيكون :

BOD المتبقي = (1 - 0.83) * 150 = 25.5 mg / L .

لكي نصمم حوض التهوية على الـــ BOD يجب أن يكون :

$$\frac{COD}{BOD} \le 2 \quad \Rightarrow \quad \frac{COD}{BOD} = 2 \quad , \quad COD = 612 \ mg / L$$

$$\Rightarrow \ BOD = 306 \ mg / L .$$

إذاً يجب رفع الـــ BOD بمقدار :

306 - 25.5 = 280.5 mg / L .

يتم الرفع حسب النسبة : 1 / 5 / 100 = BOD / N / P .

$$\Rightarrow \ BOD = 100 P \quad \Rightarrow \ 280.5 = 100 P \ \Rightarrow \ P_{add} = 2.8 \ mg / L$$

$$\Rightarrow \ N_{add} = 5 P = 14 \ mg / L .$$

سنصمم حوض التهوية بطريقة الحمأة المنشطة ذات المزج الكامل :

عناصر التصميم :

Q = 50 m^3 / day , $\mathbf{BOD_i = S_i}$ = 306 mg / L , $\mathbf{BOD_e = S_e}$ = 40 mg / L

SS = 70 mg / L , **VSS** = 0.85 TSS = 0.85 * 30 = 25.3 .

a = 0.73 , **a** = 0.52 , **b** = 0.075 , **b** = 0.15 , $\mathbf{X_a = MLSS}$ = 3000 .

$\mathbf{X_v}$ = MLVSS = 0.85 MLSS = 0.85 * 3000 = 2550 mg / L .

X_u = 10 000 mg / L , $(X_v)_e$ = 20 mg / L , f = 0.4 , f = 0.53 .

F / M = 0.4 kg BOD / Kg MLVSS / day .

BOD = 306 $\Rightarrow$ BOD / N / P = 100 / 5 / 1 $\Rightarrow$ **P_i = 3.06 , N_i = 15.3**

$\Rightarrow$ C = 260.1 mg / L .

STE () للهواء المذرر فقاعات صغيرة = 0.1 O_2 / Hp / hr .

حساب زمن الحجز الهيدروليكي :

$$T = \frac{24 S_i}{X_v . (F/M)} = \frac{24*306}{2550*0.4} = 7.2 \approx 8\ hr$$ الزيادة في الزمن بسبب التدفق المتغير

حساب حجم حوض التهوية :

$$V = Q . \frac{t}{24} = \frac{50 * 8}{24} = 16.67 = 17\ m^3$$

H = 3 m , $\Rightarrow$ A = 5.67 m^2 .

حساب الاحتياج الأوكسجيني :

O_2 = a . Sr . Q . 10^{-3} + b . X_v . 10^{-3} =

0.52 * (306 - 40) * 50* 10^{-3}+ 0.15 * 2550 *17 *10^{-3}=13.42 kg/ day

الأوكسجين المعطى لكل 1 kg مزال من الـــ BOD :

$$\frac{Kg\,O_2/day}{Kg\,BOD/day} = \frac{O_2}{Q . Sr * 10^{-3}} = \frac{13.42}{50*(306-40)*10^{-3}} = 1 < 1.25$$

لذا نأخذ القيمة 1.25 .

O_2 = 1.25 . Q . Sr . * 10^{-3} = 22.88 kg/ day .

تصميم المهويات بالهواء المذرر :

$$OTE = STE . \frac{(C_s)_T . \beta . P - C_L}{9.17} * \alpha * (1.02)^{T-20}$$

$\alpha = \beta = 0.9$, $STE = 0.1$, $T = 25c$, $(C_s)_{25} = 8.2\,mg/L$, $C_L = 2$

$P = 1\ Bar$

$$OTE = 0.1 * \frac{8.2*0.9*1-2}{9.17} * 0.9\ (1.02)^{25-20} = 0.058$$

حيث :

α , β : نسبة انتقال الأوكسجين من مياه المجاري إلى المياه العذبة .

OTE : مردود انتقال الأوكسجين في الشروط السائدة .

C_L : تركيز الأوكسجين المنحل كحد أدنى 2 mg / L .

حجم الهواء اللازم لكل $1\ m^3$ من مياه المجاري :

$$R_a = \frac{O'_2}{OTE * V * 0.21 * 1} = \frac{22.88}{0.058*7 * 0.21} = 110.5\ m^3\ air\ /\ m^3\ water$$

وزن الهواء اللازم تأمينه من قبل النوافخ :

$$\text{Kg air / s} = \frac{Kg\,O_2 / day}{OTE\,(0.21)*86400} = 0.022\ Kg\ /\ s.$$

بفرض استخدام نافخ واحد فيكون وزن الهواء الواجب تأمينه Kg / S :

$$W_a = \frac{Kg\,air / s}{n} = \frac{0.22}{1} = 0.022\ Kg\ /s$$

استطاعة النافخ الواحد :

$$P_b = \frac{W_a\ .\ R\ .\ T}{29.7\ n'\ e}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{0.283} - 1\right]$$

R: وهو ثابت الغازات R = 8.314 Kj / K mole . K

T : درجة الحرارة المطلقة بالـــ K حيث : T = 25 + 273

N = 0.283 ، e = (0.7 - 0.9) ، P_1 : الضغط المطلق عند مدخل النافخ ويساوي 1 bar ، P_2 : الضغط المطلق عند مخرج النافخ باعتبار ارتفاع الماء 3 m .

$P_2 = 1 + 0.3 + 0.13 = 1.43$ bar .

$$P_b = \frac{0.022\ .\ 8.314\ .\ 298}{29.7.0.283.\ 0.8}\left[\left(\frac{1.43}{1}\right)^{0.283} - 1\right] = 0.85 \approx 1\ KW$$

حساب إنتاج الحمأة :

$$\Delta X_V = [a*Sr*Q - b*X_V*V + Q*VSS*f + Q*(SS - VSS)]*10^{-3}$$
$$= [0.73*(3.6-40)*50 + 0.075*2550*17 + 50*25.5*0.4 + 50*(70-25.5)]*10^{-3}$$
$$= 9.2 \text{ Kg / day .}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{Kg\ Solid/day}{Kg\ BOD/day} = \frac{\Delta X_V}{Q*Sr*10^{-3}} = \frac{9.2}{50*266*10^{-3}} = 0.7 \geq (0.5-0.7) .$$ محققة

تعيين احتياج الأغذية المساعدة :

N المطلوب = 0.123 ΔX_V = 0.123 * 9.2 = 1.13 Kg / day .

N الموجود = N_i * Q * 10^{-3} = 15.3 * 50 * 10^{-3} = 0.77 Kg / day .

N المطلوب > N الموجود $\Rightarrow$ N المضافة = 1.13 – 0.77 = 0.36 Kg / day .

==========

P المطلوب = 0.026 ΔX_V = 0.026 * 9.2 = 0.24 Kg / day .

P الموجود = P_i * Q * 10^{-3} = 3.06 * 50 * 10^{-3} = 0.153 Kg / day .

P المطلوب > P الموجود $\Rightarrow$ P المضافة = 0.24 – 0.153 = 0.084 Kg / day .

تعيين نسبة تدوير الحمأة :

$$\frac{Q_R}{Q} = \frac{X_a}{X_u - X_a} \Rightarrow \frac{Q_R}{50} = \frac{3000}{10000-3000} = 0.43 \Rightarrow Q_R = 50*0.43 = 21.5 M^3/day.$$

حيث:

Qr : تدفق الحمأة الراجع .

Xu : تركيز المواد الصلبة في الحمأة .

حساب زمن الاحتفاظ بالكتلة الحيوية (SRT) :

$$SRT = \frac{V*X_a}{\Delta X_V}*10^{-3} = \frac{50*3000}{9.2}*10^{-3} = 16.3 days.$$

حساب قيمة الـــ BOD الكلية للمياه المعالجة :

$BOD_e = S_e + 0.84 * (X_V)_e . f . 0.53 = 40 + 0.84 * 20 * 0.53 = 49 \text{ mg / L}$

✓ تصميم حوض الترسيب :

نختار زمن مكوث وليكن T = 6 hours :

$$V = \frac{Q*T}{24} = \frac{50 * 6}{24} = 12.5 M^2 .$$

نفرض الارتفاع h = 3 m $\Rightarrow$ A = $\frac{12.5}{3} = 4.17 m^2 \Rightarrow D = 2.3 \ m$

معدل التحميل السطحي $\frac{Q}{A} = \frac{50}{4.17} = 12 \ m^3 / m^2 . day .$

نريد تصميم حوضي الترسيب والتهوية ضمن حوض واحد مشترك :

$V_{tot} = 12.5 + 17 = 29.5 = 30 \ m^3$.

$\Rightarrow$ h = 3 m $\Rightarrow$ A = 10 m^2 $\Rightarrow$ D_{tot} = 3.6 m

$\Rightarrow$ $D_{\text{للترسيب}}$ = 2.3 m $\Rightarrow$ 3.6 - 2.3 = 1.3 m .

حساب حجم الحمأة من جميع مراحل المعالجة في اليوم الواحد :

نأخذ الحمأة الناتجة من حوض الترسيب إلى المفاعل اللاهوائي من أجل الهضم حيث يتم التخفيض بنسبة 60 % :

SP1 وزن الحمأة بعد التخفيف اللاهوائي = (1 – 0.6) * 9.2 = 3.68 Kg / day .

SP2 الحمأة القادمة من المفاعل اللاهوائي(معالجة لا هوائية) = 6.9 Kg / day .

SP وزن الحمأة الكلي = 6.9 + 3.68 = 10.58 Kg / day .

Qs حجم الحمأة الواردة يومياً = $\frac{SP}{\gamma_S . C_0} = \frac{10.58}{1050 * 0.025} = 0.4 \ m^3 / day$

γ_S : الوزن النوعي للحمأة Kg / m^3 كمواد صلبة .

C_0 : نسبة المواد الصلبة في الحمأة الخارجة .

✓ تصميم أحواض تجفيف الحمأة :

$Q = 0.4\ m^3 / day$.

حساب الزمن اللازم للتجفيف :

$$T = \frac{30 * H * C_o}{a.E - b*R}\left(\frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_F}\right) + t_d$$

H : سماكة الحمأة المطبقة في الحوض Cm .

C_o : التركيز الأولي للمواد الصلبة في الحمأة $C_0 = 2.5\ \%$.

a : عامل تصحيح معدل التبخر من أجل الحمأة حوالي 0.75 .

E : معدل تبخر الماء العذب $10\ cm / month$.

b : جزء الماء المطري الممتص من قبل الحمأة حوالي 0.57 .

R : معدل كمية الأمطار خلال الشهر الرطب $5\ cm / month$.

C_t : تركيز المواد الصلبة في الحمأة بعد Td يوم .

C_F : التركيز النهائي للمواد الصلبة في الحمأة .

T_d : عدد الأيام للوصول للتركيز في المخبر .

$$T = \frac{30 * 30 * 0.025}{0.75.10 - 0.57*5}\left(\frac{1}{0.2} - \frac{1}{0.3}\right) + 6 = 14\,day.$$

حساب المساحة السطحية اللازمة SA لحوض التجفيف :

$$SA = \frac{Q_S * T * 100}{H} = \frac{0.4 * 14 * 100}{30} = 18.67 \approx 20\ m^2$$

حساب وزن المواد الصلبة الجافة في السنة :

$DTPY = 365 * Q_S . C_0 . T . \gamma = 365 * 0.4 * 0.025 * 1.05 = 3.83\ ton$.

حيث : γ الوزن النوعي للمواد الصلبة في الحمأة Ton / m^3 .

✓ تصميم جهاز التناضح العكسي من أجل إزالة الأملاح :

لدينا TDS = 13760 mg / L , Q = 50 m^3 / day .

Q_{PASS} * 13760

Q_{RO} * 1 $\Rightarrow$ 1200 * Q

حيث :

Q_{PASS} : التدفق الذي يذهب دون المرور بجهاز التناضح العكسي

Q_{RO} : التدفق المار بجهاز التناضح العكسي .

$Q = Q_{RO} + Q_{PASS} \Rightarrow Q_{RO} = 50 - Q_{PASS}$

$Q_{PASS} * 13760 + Q_{RO} * 1 = 50 * 1200$

$Q_{PASS} * 13760 + (50 - Q_{PASS}) * 1 = 50 * 1200$

$\Rightarrow$ Q_{RO} = 4.35 m^3 / day للاحتياط نأخذ $\Rightarrow$

Q_{RO} = 46 m^3 / day .

$\Rightarrow$ Q_{PASS} = 4 m3 / day .

بحيث زمن المكوث في حوض التجميع للـــ RO = 3 hour .

V = Q . T = 50 / 24 * 3 = 6.25 m^3 .

H = 2 m , A = 3.125 m^2 .

ولدينا مضخة الـــ RO : Q_{RO} = 46 m^3 / day

التصميم الهيدروليكي للمحطة :

سنقوم بحساب الضياعات الخطية والموضعية للأنابيب الواصلة بين وحدات المعالجة وبالتالي نستطيع تحديد المضخات اللازمة .

وذلك باستخدام معادلة هازن وليامس لحساب **الضياعات الخطية** :

$$H_L = \frac{10.7 \cdot Q^{1.85} \cdot L}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}}$$

C : ثابت يتعلق بالخشونة للأنبوب وهو للحديد الجديد 130

Q : التدفق M^3 / S .

D : قطر الأنبوب .

L : طول الأنبوب .

ومعادلة حساب **الضياعات الموضعية** :

$$H_m = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

حيث K عامل يتحدد وفق التالي :

نوع التغير	K
مدخل أنبوب	1
مخرج أنبوب	0.5
كوع 90	0.3

ونحسب الضياعات الكلية من العلاقة التالية :

$$H_{total} = Z + H_L + H_m$$

Z : فرق الارتفاع الجغرافي .

- **الأنبوب القادم من جورة الضخ رقم 1 إلى حوض التوازن :**

Q = 25 m^3 / day = 0.3 L / S , L = 100 m

سنقوم عموماً بتشغيل المضخات 6 ساعة يومياً (ساعتين ضخ تليها 6 ساعات راحة)

إذاً فسيكون التدفق اللازم = 1.2 L / S ليتم ضخ الـ 25 m^3 في 6 ساعات .

بفرض D = 2 inch = 5 cm = 0.05 m .

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.2 * 10^{-3}}{\left[\frac{\Pi (0.05)^2}{4}\right]} = 0.62 m / s$$ (0.4 - 1.2) m / s

والآن سنحسب الضياع الخطي والموضعي
لهذا الأنبوب :

$$H_L = \frac{10.7 \,.\, 1.2*10^{-3\ 1.85} \,.\, 100}{130^{1.85} \,.\, 0.05^{4.87}} = 1.2\ m$$

نوع التغير	K
مدخل أنبوب	1
مخرج أنبوب	0.5
كوع 90 عدد 5	0.3 * 5
المجموع	**3**

$$H_m = 3 \,.\, \frac{0.62^2}{2*9.81} = 0.06\ m$$

الآن سنحسب الضياع الكلي :

$$H_{total} = 3 + 1.2 + 0.06 = 4.26 \cong 4.5\ m$$

سنضع مضختين إحداهما عاملة والأخرى احتياط : **2 * PS1(1.2 L / s , 4.5 m)** .

- **الأنبوب القادم من جورة الضخ رقم 2 إلى حوض التوازن :**

Q = 25 m^3 / day = 0.3 L / S , L = 100 m

سنقوم عموماً بتشغيل المضخات 6 ساعة يومياً (ساعتين ضخ تليها 6 ساعات راحة)

إذاً فسيكون التدفق اللازم = 1.2 L / S ليتم ضخ الـ 25 m^3 في 6 ساعات .

بفرض D = 2 inch = 5 cm = 0.05 m .

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1.2 * 10^{-3}}{\left[\frac{\Pi (0.05)^2}{4}\right]} = 0.62 m / s$$

(0.4 - 1.2) m / s

والآن سنحسب الضياع الخطي والموضعي لهذا الأنبوب :

$$H_L = \frac{10.7 \,.\, 1.2*10^{-3\ 1.85} \,.\, 150}{130^{1.85} \,.\, 0.05^{4.87}} = 1.7\ m$$

نوع التغير	K
مدخل أنبوب	1
مخرج أنبوب	0.5
كوع 90 عدد 6	0.3 * 6
المجموع	**3.3**

$$H_m = 3.3 \,.\, \frac{0.62^2}{2*9.81} = 0.065\ m$$

الآن سنحسب الضياع الكلي :

$$H_{total} = 3 + 1.7 + 0.065 = 4.765 \cong 5\ m$$

سنضع مضختين إحداهما عاملة والأخرى احتياط : **2 * PS2 (1.2 L / s , 5 m)** .

- **الأنبوب القادم من حوض التوازن إلى المفاعل اللاهوائي :**

Q = 50 m^3 / day = 0.6 L / S , Z = 8 m , L = 10 m , D = 1.25 inch = 0.03125 m

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{50}{\left[\frac{\Pi(0.03125)^2}{4}\right]} = 0.8 m / s$$

$$H_L = \frac{10.7 \,.\, 0.6*10^{-3\ 1.85} \,.\, 10}{130^{1.85} \,.\, 0.03125^{4.87}} = 0.3\ m$$

نوع التغير	K
مدخل أنبوب	1
مخرج أنبوب	0.5
كوع 90 عدد 2	0.3 * 2
المجموع	**2.1**

$$H_m = 2.1 \,.\, \frac{0.8^2}{2*9.81} = 0.07\ m$$

$$H_{total} = 8 + 0.63 + 0.07 = 8.37 \cong 10\ m$$ عملياً

سنختار ثلاث مضخات 2 عاملة بالتناوب و 1 احتياط : **3 * PS3 (0.6 L / s , 10 m)** .

- **الأنبوب القادم من المفاعل اللاهوائي إلى حوض التهوية :**

Q = 50 m^3 / day = 0.6 L / S , L = 5 m , D = 1.25 inch = 0.03125 m

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{50}{\left[\frac{\Pi(0.03125)^2}{4}\right]} = 0.8 m / s$$

$$H_L = \frac{10.7 \,.\, 0.6*10^{-3\ 1.85} \,.\, 5}{130^{1.85} \,.\, 0.03125^{4.87}} = 0.153\ m$$

نوع التغير	K
مدخل أنبوب	1
مخرج أنبوب	0.5
كوع 90 عدد 1	0.3 * 1
المجموع	**1.8**

$$H_m = 1.8 \,.\, \frac{0.8^2}{2*9.81} = 0.058\, m$$

$$H_{total} = 0.153 + 0.058 = 0.22\ \ m$$

ولكن لدينا ضاغط فرق الارتفاع بين المفاعل اللاهوائي وحوض التهوية : Z = 5 – 3 = 2 m

فالضاغط أكبر من الضياع .

نحتاج أيضاً لمضخة لسحب الحمأة (النهائية بعد التخفيف) من المفاعل اللاهوائي إلى حوض تجفيف الحمأة ونشرها وذلك بتدفق $Q_s = 0.4\ m^3 / day$.

- **الأنبوب القادم من التهوية والترسيب المشترك إلى حوض تجميع الـــ R.O :**

Q = 50 m^3 / day = 0.6 L / S , L = 10 m , D = 1.25 inch = 0.03125 m

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{50}{\left[\frac{\Pi(0.03125)^2}{4}\right]} = 0.8 m / s$$

$$H_L = \frac{10.7 \,.\, 0.6*10^{-3\ 1.85} .10}{130^{1.85} \,.\, 0.03125^{4.87}} = 0.3\, m$$

مدخل أنبوب	1
مخرج أنبوب	0.5
المجموع	**1.5**

$$H_m = 1.5 \cdot \frac{0.8^2}{2*9.81} = 0.05\ m$$

$$H_{total} = 0.3 + 0.05 = 0.35\ m$$

ولكن لدينا ضاغط فرق الارتفاع بين حوض الترسيب ومدخل حوض تجميع الـــ R.O :

Z = 2.5 – 2 = 0.5 m

فالضاغط أكبر من الضياع .

نحتاج هنا مضخة للتدفق المعاد من حوض الترسيب إلى حوض التهوية فنأخذ مضخة تدفقها :

Qr = 21.5 m^3 / day = 0.25 L / S .

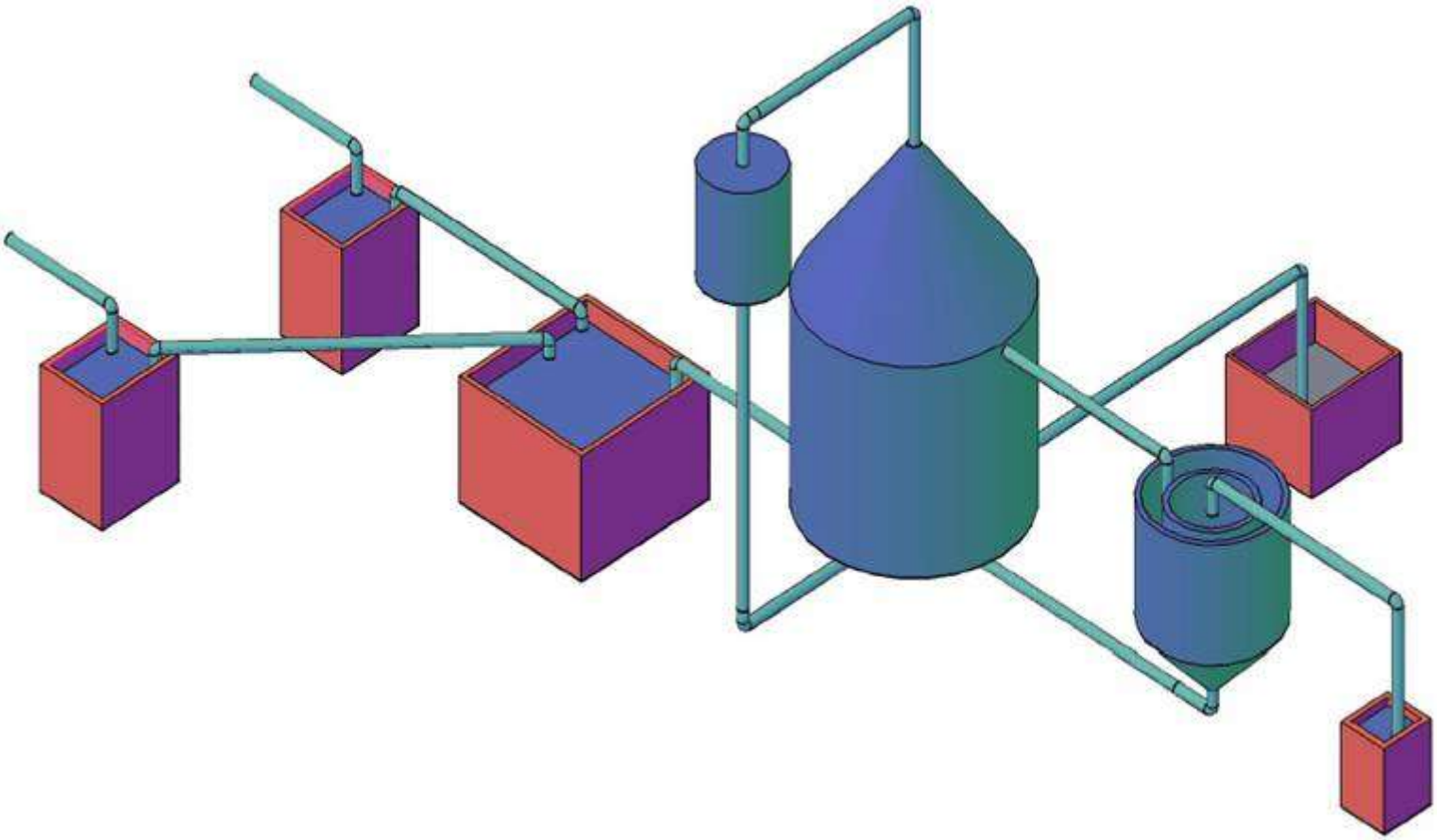
وكذلك نحتاج مضخة لسحب الحمأة من حوض الترسيب إلى المفاعل اللاهوائي وذلك للتخفيض والهضم :

V = 9.2 Kg / day

$$\frac{SP}{\gamma_S \cdot C_0} = \frac{9.2}{1050 * 0.01} = 0.88\ m^3/day = 0.01\ L/S$$

- **وأخيراً بالنسبة لمضخة الـــ R.O :**

Q_{RO} = 46 m^3 / day .



========== نهاية المشروع ==========