

معالجة مياه الصرف الصناعي في الوطن العربي

Industrial Wastewater Treatment
in Arabic World



الدكتور المهندس عبد الله صغير

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

د. م. عبد الله صغير

معالجة مياه الصرف الصناعي
في الوطن العربي

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

يعتبر علم «مياه الصرف الصناعي» من العلوم الحديثة التي بدأت تطرق البلدان العربية وقد بدأت الدول العربية في الربع الأخير من القرن العشرين الاهتمام الجدي بهذا الملف الذي لا بد للدول من تفعيله من أثر اقتصادي واجتماعي وصحي على البيئة التي يعيش بها الإنسان.

إن موضوع المياه يعتبر من الأمور الهامة جداً في العالم عموماً وفي الوطن العربي خصوصاً نظراً لمحدودية الموارد المائية في الوطن العربي ولوقوعه في المنطقة الجافة وشبه الجافة، حيث تشكل المساحات الجافة وشبه الجافة حوالي 85-92% من مساحة الوطن العربي.

وفي كلمة الأمين العام للجامعة العربية الدكتور عصمت عبد المجيد وفي «مؤتمر الأمن المائي» في القاهرة جاء: «إن قضية المياه في الوطن العربي تكتسب أهمية خاصة نظراً لطبيعة الموقع الاستراتيجي للأمة العربية، حيث تقع منابع حوالي 60% من الموارد المائية خارج الأراضي العربية، مما يجعلها خاضعة لسيطرة دول غير عربية، وما يزيد الأمر تعقيداً يكمن فيما يعانيه الوطن العربي من فقر مائي يصل في وقت قريب إلى حد الخطر مع تزايد الكثافة السكانية وعمليات التنمية المتواصلة».

معالجة
مياه الصرف
الصناعي
في الوطن
العربي

د. م. عبد الله صغير



www.nwf.com
جميع كتبنا متوفرة على الإنترنت
في مكتبة نيل وهران، كوم
www.nwf.com

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb - www.aspbooks.com



**معالجة مياه الصرف الصناعي
في الوطن العربي**

**Industrial Wastewater Treatment
in Arabic World**

معالجة مياه الصرف الصناعي في الوطن العربي

Industrial Wastewater Treatment
in Arabic World

إعداد

الدكتور المهندس عبد الله صغير

المدقق اللغوي

الدكتور خالد حمدو



الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L.

الطبعة الأولى: نيسان/أبريل 2017 م - 1438 هـ

ردمك 9-2207-01-614-978

جميع الحقوق محفوظة

توزيع

 facebook.com/ASPARabic
 twitter.com/ASPARabic
 www.aspbooks.com
 asparabic

الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L



عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (1-961+)

ص.ب: 13-5574 شوران - بيروت 1102-2050 - لبنان

فاكس: 786230 (1-961+) - البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb

الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

يمنع نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافي والتسجيل على أشرطة أو أقراص مقروعة أو بأية وسيلة نشر أخرى بما فيها حفظ المعلومات، واسترجاعها من دون إذن خطي من الناشر.

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن رأي الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل

تصميم الغلاف: علي القهوجي

التتضيد وفرز الألوان: أجد غرافيكس، بيروت - هاتف 785107 (1-961+)

الطباعة: مطابع الدار العربية للعلوم، بيروت - هاتف 786233 (1-961+)

المحتويات

كلمة المؤلف	11
الفصل الأول: مقدمة عامة عن مصادر المخلفات الصناعية وخصائصها	13
1-2- تعريف الصرف الصناعي والصرف الصحي.....	15
1-3- مصادر المخلفات الصناعية السائلة.....	15
1-4- نوعية وكمية الملوثات التي تصدر عن الأنشطة الصناعية.....	16
1-5- خطر التلوث على صحة الإنسان	16
1-6- تأثير مياه الصرف الصناعي على تلوث الأنهار والمزروعات والتربة.....	19
1-7- تأثير مياه الصرف الصناعي على شبكة المجاري العامة ومحطات المعالجة	20
1-8- أهم الصناعات في الدول العربية.....	20
1-9- الخواص الفيزيائية والفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصناعي وأهم المؤشرات	23
الفصل الثاني: مقدمة عامة عن ميكروبيولوجيا معالجة مياه الصرف الصحي.....	31
2-1- البكتيريا والفطور	31
2-2- النمو.....	34
2-3- العوامل المؤثرة على نمو الكائنات الدقيقة.....	36
2-4- بنية الخلية البكتيرية.....	38
2-5- الكربون ومصادر الطاقة.....	39
2-6- متطلبات التغذية والنمو	39
2-7- آلية النمو البيولوجي.....	40
2-8- المعالجة البيولوجية اللاهوائية للمياه ذات الحمل العضوي الكبير	40
2-9- مقارنة بين عمليات المعالجة الهوائية واللاهوائية.....	49
2-10- المعالجة البيولوجية اللاهوائية في المفاعل ذي الجريان الصاعد عبر طبقة الحمأة	
المعلقة (UASB (Upflow Anaerobic Sludge -Blanket Process)	50

الفصل الثالث: المعالجة البيولوجية المتقدمة لمياه الصرف الصحي

67.....(advanced wastewater treatment)

3-1- المركبات المعيقة لنشاط البكتيريا في طريقة الحمأة المنشطة أو المركبات التي

70.....تسبب السمية.

3-2- المعالجة البيولوجية المتقدمة لمياه الصرف الصحي

71.....(advanced biological wastewater treatment)

3-3- آليات إزالة المغذيات.....

3-4- إزالة الفوسفور من مياه المجاري بالطرق البيولوجية.....

3-5- إزالة النتروجين من مياه المجاري.....

3-6- الإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور بالطرق البيولوجية.....

3-7- مقارنة بين عمليات الإزالة المشتركة للفوسفور والنتروجين بيولوجياً.....

3-8- مثال تطبيقي.....

3-9- مثل تصميمي محطة معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة A2/O.....

137..... الفصل الرابع: المعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصناعي

4-1- المصافي.....

4-2- تجانس وخط مياه الصرف.....

4-3- تعديل الحموضة.....

4-4- إزالة الزيوت والشحوم.....

175..... الفصل الخامس: المعالجة الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصناعي

5-1- عملية تشكيل الندف.....

5-2- تصميم أحواض الترسيب أفقية الحركة.....

5-3- مثال.....

201..... الفصل السادس: الملوثات الموجودة في مياه صرف بعض الصناعات وطرق معالجتها

6-1- تراكيز الملوثات في مياه صرف بعض الصناعات.....

223..... الفصل السابع: أهم الصناعات المنتشرة في البلدان العربية وطرق معالجتها

7-1- مراحل العمل في ذبح الذبائح.....

7-2- المنصرفات السائلة الناتجة عن المسلخ الفني في محافظة حلب.....

- 2263-7- مواصفات مياه الصرف الناتجة عن المسالخ الفنية.
- 2284-7- دراسة تأثير مياه الصرف الصناعي المصروفة من المذبح الفني على محطة معالجة مدينة حلب.
- 2295-7- دراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه صرف المذبح الفني بحلب بيولوجياً.
- 2306-7- استعراض بعض التجارب العالمية في معالجة مياه صرف المذابح الفنية.
- 2427-7- بدائل معالجة مياه صرف المذابح الفنية.
- 2438-7- مثال تصميمي لمحطة معالجة لمياه صرف المذابح الفنية بغرض استخدام المياه المعالجة لأغراض الري.
- 2669-7- صناعة دباغة الجلود.
- 29310-7- المصابغ.
- 32911-7- مياه صرف معامل الخميرة.
- 34112-7- صناعة الألبان والأجبان.
- 35013-7- الصناعات الدوائية.

الفصل الثامن: إزالة الشوارد المنحلة في المياه بالترشيح الغشائي والمواد العضوية..... 365

- 3651-8- إزالة الشوارد المنحلة بالترشيح الغشائي.
- 3792-8- الامتزاز (Adsorption).

الفصل التاسع: الإدارة الاستراتيجية لتقليل ومنع التلوث بالنفايات السائلة..... 385

- 3861-9- المنهجية المتبعة من وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA لتقليل ومنع التلوث الناتج عن الفضلات الصناعية السائلة.
- 3882-9- تجارب دولية في ترشيد استهلاك المياه في الاستخدامات الصناعية.

الفصل العاشر: معالجة الحمأة..... 401

- 4011-10- معالجة الحمأة.
- 4012-10- تكثيف الحمأة.
- 4063-10- تجفيف الحمأة.
- 4193-10- ساحات تجفيف الحمأة.

الملحق: بعض المواصفات القياسية العربية الخاصة بتصريف مياه الصرف الصناعي إلى

425 الشبكة العامة للصرف الصحي
441 الرموز
443TERMINOLOGY- المصطلحات
451المراجع العربية (من الأحدث إلى الأقدم)
453المراجع الأجنبية

كلمة المؤلف

يعتبر علم "مياه الصرف الصناعي" من العلوم الحديثة التي بدأت تطرق البلدان العربية وقد بدأت الدول العربية في الربع الأخير من القرن العشرين الاهتمام الجدي بهذا الملف الذي لا بد للدول من تفعيله من أثر اقتصادي واجتماعي وصحي على البيئة التي يعيش بها الإنسان.

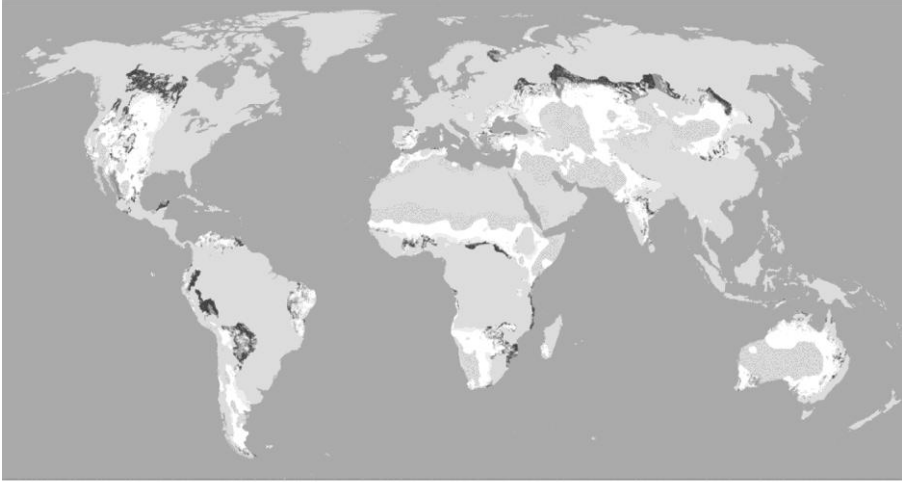
منذ عام 2008 بدأت أفكر بإعداد كتاب خاص بمعالجة مياه الصرف الصناعي لأنني وجدت أن المكتبة العربية فقيرة في هذا المجال وبالفعل بدأت منذ عام 2008 بإعداد هذا الكتاب وبسبب الظروف التي مرت على سوريا منذ عام 2011 توقفت عن إعداد هذا الكتاب، وفي منتصف عام 2016 بدأت من جديد بإنجاز هذا الكتاب الذي أرجو من الله أن يجعله أحد الكتب المفيدة التي يرجع إليها المهندس والطالب وأصحاب القرار، وحاولت في هذا الكتاب التركيز على الأمثلة العملية وقمت بالاهتمام بشكل خاص ببعض الصناعات واسعة الانتشار في البلدان العربية، ولا يسعني في مطلع هذا الكتاب إلا أن أشكر أساتذتي الذين لهم فضل عليّ إلى يوم القيامة الذين وجدت في مؤلفاتهم كنوزاً ثمينة ثم اقتبست منها الكثير، وأخص بالشكر: الأستاذة الدكتورة سلوى حجار - الأستاذة الدكتور فيصل الأصفري - الأستاذة الدكتور محمود فطامة - الأستاذة الدكتور أجمد مراد آغا - الأستاذة الدكتور عبد الحكيم بنود.

مقدمة عامة عن مصادر المخلفات الصناعية وخصائصها

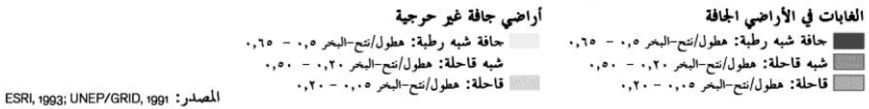
إن موضوع المياه يعتبر من الأمور الهامة جداً في العالم عموماً وفي الوطن العربي خصوصاً نظراً لمحدودية الموارد المائية في الوطن العربي ولوقوعه في المنطقة الجافة وشبه الجافة، حيث تشكل المساحات الجافة وشبه الجافة حوالي 85-92% من مساحة الوطن العربي.

وفي كلمة الأمين العام للجامعة العربية الدكتور عصمت عبد المجيد وفي "مؤتمر الأمن المائي" في القاهرة جاء: «إن قضية المياه في الوطن العربي تكتسب أهمية خاصة نظراً لطبيعة الموقع الاستراتيجي للأمة العربية، حيث تقع منابع حوالي 60% من الموارد المائية خارج الأراضي العربية، مما يجعلها خاضعة لسيطرة دول غير عربية، وما يزيد الأمر تعقيداً يكمن فيما يعانيه الوطن العربي من فقر مائي يصل في وقت قريب إلى حد الخطر مع تزايد الكثافة السكانية وعمليات التنمية المتواصلة».

ويتم استهلاك نسبة كبيرة جداً من المياه في القطاع الزراعي والقطاع الصناعي، وإلى الآن لا يوجد تقديرات دقيقة لحجم المياه المستهلكة في الصناعة في الوطن العربي، ولكن لا شك أنها أرقام كبيرة فمثلاً في مدينة حلب في سوريا كان استهلاك المياه للأغراض الصناعية حوالي 200000 م³/يوم خلال عام 2010 وهو رقم كبير جداً يعادل استهلاك المياه للمليوني شخص وذلك على فرض أن استهلاك الشخص في اليوم هو 100 لتر.



ترسيم الأراضي الجافة بحسب اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر



الشكل (1-1): صورة توضح ترسيم الأراضي الجافة بحسب اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر

ولا تكمن المشكلة فقط في الاستهلاك الكبير للمياه للأغراض الصناعية بل إن قسماً كبيراً من هذه المياه يعود إلى البيئة كميهاه صرف صناعي ملوثة تسبب أضراراً اقتصادية وبيئية وصحية وجمالية وتعاني البلدان العربية وبلدان العالم الثالث بشكل عام من مشكلة التلوث بمياه الصرف الصحي والصناعي خصوصاً في العقدين الماضيين، مما انعكس سلباً على الصحة العامة، ولهذا بدأت جميع البلدان في القرن الحادي والعشرين بالتشديد على ضرورة تطبيق المعايير البيئية والصحية السليمة في المنشآت الصناعية.

وفي السنوات القليلة الماضية تطورت وبشكل متسارع تقنيات وأساليب جديدة في معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي في العالم لما لها من أثر بيئي واقتصادي، إن تركيب وتركيز الملوثات في مياه الصرف الصناعي تختلف من صناعة إلى صناعة ومن منشأة إلى أخرى ضمن الصناعة الواحدة ومن وقت إلى آخر ضمن المصنع الواحد، لقد كان هذا الاختلاف تحدياً لمهندسي وفنيي معالجة

المياه ليعتمدوا طرقاً وتكنولوجيات نوعية لمعالجة مياه الصرف الصناعي، واعتماد هذه الطرق كجزء من الإدارة البيئية.

إن معالجة مياه الصرف الصناعي لا يمكن فصلها عن إدارة التلوث الصناعي، ويمكن للعامل ومدير المصنع أن يحد من تأثير التلوث الناتج عن منشأته عبر الإدارة البيئية الرشيدة وعبر استخدام تكنولوجيا صديقة للبيئة.

1-2- تعريف الصرف الصناعي والصرف الصحي:

تصمم عادة شبكات الصرف الصحي ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي عادة لاستقبال مياه المجاري المنزلية وقسم مياه الصرف الصناعي، بحيث لا تسبب هذه المياه أي أضرار لكل من الشبكة ومحطات الرفع ومحطات المعالجة - أما مياه الصرف الصناعي والمصرفة إلى شبكات الصرف الصحي المنزلية، فإن تركيبها يختلف اختلافاً كلياً عن تركيب مياه الصرف الصحي فهي تحتوي على نسبة كبيرة من المواد العالقة القابلة للترسيب أو غير القابلة للترسيب ونسبة عالية من المواد العضوية مثل الزيوت والشحوم والمواد الكربوهيدراتية والبروتينات وغيرها من المواد معقدة التركيب هذا بالإضافة إلى الأحماض والقلويات وبعض العناصر السامة مثل الفينول والسيانيد، وكذلك المعادن الثقيلة مثل الكروم السداسي والنيكل والكوبالت والكادميوم والزنك والرصاص والزرنيق.

1-3- مصادر المخلفات الصناعية السائلة:

من المعروف أن المياه هي من الخامات الرئيسية المستخدمة في معظم خطوات التصنيع في الصناعات المختلفة وجزء بسيط جداً من هذه المياه قد يظهر كمنتج صناعي أو جزء من منتج في بعض هذه الصناعات إلا أن معظم المياه يمر في خطوات التصنيع ويتم التخلص منه بعد ذلك بعد أن يكون قد تم تلوثه بنسب متفاوتة وبأنواع مختلفة من الملوثات الناتجة من الصناعات المختلفة مثل الصناعات الغذائية والصناعات المعدنية والنظائر المشعة.

1-4- نوعية وكمية الملوثات التي تصدر عن الأنشطة الصناعية:

تختلف نوعية وكمية الملوثات التي تصدر عن الأنشطة الصناعية، وتتبع لعدة عوامل أهمها:

- 1- نوع الصناعة.
- 2- حجم المصنع وعمره ونظام الصيانة فيه.
- 3- نظام العمل بالمصنع وكمية الإنتاج.
- 4- التقنيات المستخدمة في العمليات الصناعية.
- 5- نوعية الوقود والمواد الأولية المستخدمة.
- 6- وجود الوسائل المختلفة للحد من إصدار الملوثات ومدى كفاءة العمل بها.

1-5- خطر التلوث على صحة الإنسان:

يؤدي التخلص من مياه الصرف الصناعي دون معالجة إلى إحداث تلوث كيميائي وبيولوجي وحراري إضافي في مياه الصرف الصحي أو في مسطحات المياه المستقبلية لها وتختلف نوعية وحدة هذا التلوث تبعاً للتركيب الكيميائي والبيولوجي لمياه الصرف، وكذلك تبعاً لمساحة ونوعية المسطح المائي الذي تصرف فيه.

إن معظم المعايير التي وضعتها منظمة الصحة العالمية والدول المتقدمة لبعض الملوثات الرئيسية هي معايير "إرشادية" تعكس معلوماتنا الحالية عن تأثيرات هذه الملوثات، وتجري مراجعة هذه المعايير في بعض الدول المتقدمة كلما توافرت معلومات جديدة عن آثارها الصحية.

إن الآثار الصحية لمياه الصرف الصناعية على الإنسان غالباً ما تكون نتيجة لتناول الماء والغذاء الملوث، فسوء طرح مياه الصرف الصناعية على الأرض وفي المجاري المائية قد أحدث تلويثاً للمياه الجوفية والمياه السطحية في مناطق كثيرة في العالم، كما أن طرحها في الأنهار والبحيرات ومياه البحار الساحلية قد يؤدي إلى تراكم بعض الملوثات الكيميائية في الأحياء المائية (خاصة الأسماك والصدفيات)

التي إذا ما تناولها الإنسان سببت له أضراراً صحية مختلفة، والجدول رقم (1-1) يبين بعض مصادر الملوثات وأثرها على الصحة، أما الجدول (2-1) فيبين أهم الملوثات وطرق المعالجة المناسبة لها.

الجدول (1-1): يبين بعض مصادر الملوثات وأثرها على الصحة

المصادر	الأثر الصحي	الملوثات
البراز الآدمي والروث الحيواني	تعتبر البكتريا الكوليفورم دليل للكائنات المسببة للنزلات المعوية، الحمى، الدوسنتاريا، التهاب الكبد الوبائي، التيفود، الكوليرا وخلافه	TOTAL COLIFORM الكوليفورم الكلي
المواد البرازية للحيوان والإنسان	المغص	ENTERK VIRUSES فيروس الأنترك
براز الحيوان والإنسان	تقلصات معوية، مغص معوي	الجارديا GIARDIA LAMBIA
مخلفات التآكل	تؤثر على كفاءة عمليات تعقيم المياه	العكارة
المناجم، بقايا المبيدات، مخلفات الصناعة، عمليات الصهر للمعادن	تسمم الجهاز العصبي - الالتهاب الجلدي	الزرنخ
أعمال المناجم، صهر المعادن	يؤثر على وظائف الكلي	الكادميوم
مثل الكادميوم	يؤثر على وظائف الكلي والكبد	الكروم
صناعة معجون الأسنان، الأصبغة	تآكل العظام	الفلور
التآكل من مواسير الرصاص على ووصلات الرصاص علي خطوط المواسير	تدمير الجهاز العصبي/الكلي/شديد السمية للأطفال والحوامل	الرصاص
في صناعة الورق، مستخدم في المطهرات	إرباك الجهاز العصبي/يؤثر على الكلي	الزئبق
المناجم، الخامات الجيولوجية	مرض الطفل الأزرق نتيجة تغيرات في الدم	النترات

المصادر	الأثر الصحي	الملوثات
مناجم، محاجر	نزلات معوية	السلينيوم
مثل السلينيوم	تغير لون الجلد	الفضة
المبيدات للحبوب والتربة، ولحماية الأخشاب	الجهاز العصبي، الكلي	إندرين ENDRIN
مبيدات أشجار الفاكهة والخضروات	مثل الأندرين - الجهاز العصبي - الكبد	ميثوكس كلور
مبيدات القطن، والمحاصيل	احتمالات حدوث السرطان	التكسفين TOXAPHENE
مبيدات للحشائش	التأثيرات على وظائف الكلي والكبد	D-2.4
مبيدات للحشائش	مثل D-2.4	T-2.4.5
الوقود، المذيبات، البويات، المبيدات، العقاقير، اللدائن	السرطان	البنزين BENZENE
مواد لتنظيف، مخلفات الصناعة، المبردات	مخاطر السرطان ضرر لوظائف الكبد	رابع كلوريد الكربون
يستخدم في المبيدات، صناعة وقود البنزين	مخاطر السرطان	DICHLORO 1.2 ETHYLENE
مخلفات صناعة المبيدات، البويات، الورنيشات، مزيلات الشحوم من المعادن، الشحوم	مخاطر سرطان	TRICHLORO ETHYLENE
يستخدم في المبيدات، ملصقات الرائحة للهواء	مخاطر سرطان	PARADICHLORO BENZEN
صناعة الأصباغ، البلاستيك، العطور، البويات	يؤثر على الجهاز العصبي	DICHLORO ETHYLENE
صناعة مواد التعبئة للأغذية - الألياف الصناعية	الجهاز العصبي	TRICHLORO ETHYLENE
مخلفات صناعة البلاستيك والمطاط الصناعي	السرطان	كلوريد الفينيل
المخلفات المشعة، رواسب اليورانيوم	السرطان	المواد المشعة GROSS DELTA
المخلفات المشعة، الجيولوجيا	سرطان العظام	المواد المشعة راديوم 266، 228

الجدول (1-2): أهم الملوثات وطرق المعالجة المناسبة لها

الملوثات	عمليات المعالجة المقترحة
BOD5	- معالجة هوائية - حمأة منشطة - مستنقعات مهواة - مرشحات بيولوجية - الأقراص البيولوجية الدوارة - أحواض الأكسدة - بحيرات - السرير المميع.
مواد عضوية قابلة للتفكيك	- معالجة لاهوائية - ترشيح لاهوائي - سرير مميع لاهوائي .UASB.
المواد الكلية الصلبة المعلقة TSS	- ترسيب - ترشيح - تصفية - تخبث وترويب وترسيب. تطويف.
المواد العضوية صعبة التفكيك (COD, TOC) والنتروجين	- الامتزاز بالكربون - الأكسدة الكيميائية - النترجة - إزالة النتروجين - تبادل أيوني - الكلورة وصولاً إلى نقطة التحطيم break point chlorination.
الفوسفور	- الترسيب - معالجة بيولوجية متقدمة - تبادل أيوني.
المعادن الثقيلة	- الترشيح بالأغشية - التخبث - الديليزة الكهربائية - الترسيب الكيميائي - التبادل الأيوني.
المواد غير العضوية المنحلة	- تبادل أيوني - تناضح عكسي - الديليزة الكهربائية.
الدهون والزيوت والشحوم	- تخبث وترويب وترسيب - تطويف - الترشيح فائق الدقة.
المركبات العضوية الطيارة	- التهوية - الأكسدة الكيميائية - الامتزاز - النزع (stripping) - معالجة بيولوجية.

1-6- تأثير مياه الصرف الصناعي على تلوث الأنهار والمزروعات والتربة:

إن التركيب الحيوي الطبيعي للأحياء الموجودة في مياه النهر قد يتغير بتغير الزمان والمكان على طول النهر، فمواصفات الماء في نهاية الجرى المائي تختلف بشكل ملحوظ عنها في بداية الجرى، لذلك قد يكون من الصعب أحياناً قياس التغير في المواصفات الطبيعية لمياه النهر من الناحية الكيميائية، ولكن هذا التغير غالباً ما ينعكس على تغير محتوى المياه من الأحياء المائية التي تتواجد فيه لهذا يصبح من السهل تقصي وقياس مدى تلوث الجرى بالطرائق البيولوجية. وبما أن مياه النهر استعمالات كثيرة غير كونه يحتوي العديد من الكائنات الحية، وتلوث

النهر يغير من طبيعة مياهه وينعكس ذلك على استعمالاته التي اعتاد الإنسان عليها مهما كانت هذه الاستعمالات، من ري أو سباحة أو صيد أو استئجار لتوفير المياه العذبة أو للاستعمالات الصناعية والمنزلية.

وبما أن الكثير من مصادر مياه الصرف الصناعية تتصف بارتفاع تركيز الملوحة فإن التخلص من مياه الصرف الصناعي أو استخدامها في الري يؤدي إلى تراكم الأملاح وبعض المركبات مما يؤدي إلى تغيير التركيب البيئي للتربة وتدني خواصها الزراعية (المسامية، قابلية النفوذ للماء، الأس الهيدروجيني..). وقد تخرج التربة عن الصلاحية للزراعة. إذ أن وجود الأملاح والمعادن الثقيلة التي تمتصها جذور النباتات يؤدي إلى تخفيض الإنتاج الزراعي، إضافة إلى أن العديد من المعادن الثقيلة تتراكم بيولوجياً وتنتقل عن طريق المحاصيل العلفية إلى الحيوانات ومنها إلى الإنسان.

1-7- تأثير مياه الصرف الصناعي على شبكة المجاري العامة

ومحطات المعالجة:

إن طرح مياه الصرف الصناعية بدون معالجة أولية في شبكة المجاري سيؤدي لوصول أحمال كبيرة تزيد عن الطاقة التصميمية لمحطة المعالجة، كما أن وجود معادن ثقيلة في مياه الصرف الصناعية الواصلة عن طريق شبكة المجاري العامة يمكن أن يثبط عمل البكتريا التي تقوم بالمعالجة. والحماة الناتجة عن المعالجة قد ترتفع فيها تراكيز المعادن الثقيلة مما يجعلها غير صالحة للاستخدامات الزراعية، ويلزم التخلص منها بطرائق قد تكون مكلفة اقتصادياً كالطمر الصحي.

1-8- أهم الصناعات في الدول العربية:

تطورت الصناعة في البلدان العربية في العقدين الماضيين في أغلب البلدان العربية بشكل ملحوظ، ولكن المؤسف أنه لا يزال موضوع ضبط التلوث في هذه البلدان غير فعال بشكل جيد، فالكثير من المصادر المائية أصبحت ملوثة

واستنزاف المياه بشكل جائر أصبح من المشكلات الرئيسية التي تعاني منها البلدان العربية، وفيما يأتي نستعرض أهم الصناعات في عدد من الدول العربية:

- 1- سوريا: تمتاز سوريا بإنتاج صناعي متنوع جيد ومن أبرز الصناعات في سوريا والأسمدة والإسمنت والدباغة وصباغة الأقمشة، والصناعات الأساسية ومنتجات النفط والغاز والمنتجات القطنية وتعليب الفواكه والخضراوات ومنتجات الألبان والسكر وطواحين الدقيق ومعاصر الزيت والزيتون إضافة إلى صناعة الأدوية والزجاج والمذابح (المسالخ).
- 2- مصر: صناعة النفط إضافة إلى صناعة الغزل والنسيج والمنتجات الغذائية وصناعة الحديد والصلب والألومنيوم والمنتجات المعدنية والهندسية ومنتجات الأسمدة والمنتجات الكيماوية والدوائية ومنتجات مواد البناء والإسمنت والفوسفات والمذابح الفنية.
- 3- السعودية: النفط والغاز والصناعات الغذائية والإسمنت والمذابح الفنية.
- 4- فلسطين: الصناعات الغذائية وصناعة الصابون والمذابح الفنية.
- 5- قطر: النفط والغاز والأسمدة وصناعة الحديد الصلب والإسمنت والمنظفات والصبغ والجبس ومستحضرات التجميل والصناعات التحويلية والمذابح الفنية.
- 6- الجزائر: النفط والغاز الطبيعي وصناعة الحديد والصلب والبتروكيماويات والصناعات الغذائية والصناعات التحويلية والصناعات الاستخراجية والمذابح الفنية.
- 7- عمان: تكرير النفط والغاز إضافة إلى صناعة النحاس والبتروكيماويات والألمنيوم والأسمدة والمذابح الفنية.
- 8- اليمن: صناعة تكرير البترول وصناعة المنتجات الغذائية والمشروبات والأسماك المعلبة والنسيج وصناعة منتجات المعادن وصناعة الإسمنت والصناعات التحويلية والصناعات الاستخراجية والمذابح الفنية.
- 9- الكويت: صناعة تكرير النفط إضافة لصناعة البتروكيماويات والمنتجات المعدنية والصلب والإسمنت وصناعة مواد البناء والمواد

- الغذائية إضافة إلى بعض الصناعات الخفيفة والمذابح الفنية.
- 10- ليبيا: صناعة النفط والغاز إضافة إلى صناعة البتروكيماويات والأسمدة والحديد والصلب والإسمنت إضافة إلى بعض الصناعات الخفيفة والمذابح الفنية.
- 11- الإمارات: صناعة النفط والغاز وصناعة الحديد والصلب والألمنيوم والكيماويات والبتروكيماويات ومواد البناء والزجاج والأصبغ وصناعة الغزل والنسيج والملابس والجلود والمذابح الفنية.
- 12- البحرين: صناعة النفط والغاز والألمنيوم والحديد والصلب والصناعات الخفيفة والمتوسطة وإصلاح السفن والمذابح الفنية.
- 13- المغرب: صناعة الفوسفات ومنتجات النسيج والألبسة والصناعات الغذائية والجلود والأحذية والورق ومصنوعاته والصلب والحديد ومنتجات منجمية مصنعة ومنتجات معدنية وكيماويات ومعدات كهربائية وإلكترونية ومنتجات المطاط والبلاستيك والمذابح الفنية.
- 14- تونس: صناعة المنسوجات والألبسة والصناعات الغذائية والجلود والأحذية ومواد البناء والمعدات الكهربائية والإلكترونية إضافة إلى صناعة الفوسفات وتكرير النفط والإسمنت والمذابح الفنية.
- 15- الأردن: صناعة الفوسفات والبوتاس والمنتجات البترولية والإسمنت والصناعات الغذائية والنسيجية والكيماوية والأدوية والمذابح الفنية.
- 16- موريتانيا: صناعة صيد الأسماك إضافة إلى صناعة تعدين خامات الحديد والجبصين والنحاس والذهب إضافة إلى صناعة النفط.
- 17- لبنان: صناعة المنسوجات ولألبسة والورق ومصنوعاته والصناعات الغذائية وصناعة الأحجار الكريمة والمعادن الثمينة والصناعات المعدنية والأجهزة الكهربائية ومنتجات الصناعات الكيماوية والإسمنت وصناعة الجلود والأحذية والمذابح الفنية.
- 18- جيبوتي: صناعة المأكولات والمشروبات والأساس والألبان والورق ومواد البناء وتعبئة المياه والمصنوعات الحرفية والمذابح الفنية.

19- السودان: الصناعات النسيجية وصناعة تكرير السكر وشحن الدقيق وإنتاج الزيوت النباتية والصناعات الجلدية والإسمنت والصناعات الصغيرة والمذابح الفنية.

20- العراق: صناعة النفط والفوسفات والصلب والحديد والبتر وكيمياويات والصلب والأسمدة والألمنيوم والصناعات التقنية والهندسية والمذابح الفنية.

21- الصومال: صناعة المنتجات الزراعية كتكرير السكر وتعليب اللحوم وتصنيع الأسماك والدباغة إضافة إلى تكرير النفط والمذابح الفنية.

1-9- الخواص الفيزيائية والفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

الصناعي وأهم المؤشرات:

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

- الروائح:

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

- درجة الحرارة:

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عملية المعالجة وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها، وكذلك تؤثر على الأحياء المائية، فمثلاً ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدي إلى اختلاف في فصائل الأسماك المتواجدة في البيئة المائية المستقبلية لمياه الصرف.

بما أن انحلال الأوكسجين يتناقص مع ارتفاع درجة حرارة المياه، بينما يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية فإن ارتفاع الحرارة قد يؤدي إلى نفاذ حاد لتركيز الأوكسجين المنحل في المياه. وعند حدوث أي تغير مفاجئ لدرجة الحرارة قد ينتج عنه ارتفاع معدل الوفيات في الأحياء المائية، كما أن الارتفاع غير الطبيعي لدرجة الحرارة قد يؤدي إلى ازدياد نمو بعض النباتات المائية غير المرغوب فيها والفطريات. وتقاس درجة حرارة مياه الصرف في الموقع بأجهزة بسيطة محمولة تعطي مباشرة قيمة درجة الحرارة.

- اللون:

ويمكن قياس لون مياه الصرف مخبرياً بأجهزة تعمل على مبدأ الامتصاص الذري سبكتروفوتومتر، يختلف لون مياه الصرف الصناعي تبعاً لنوع الصناعة، ولا يمكن لطرائق المعالجة البيولوجية إزالة اللون ولكن يمكن لبعض وحدات المعالجة الثانوية مثل الحمأة المنشطة المتبوعة بالترشيح الرملي إزالة نسبة معينة لبعض أنواع المواد الملونة، وفي بعض الأحيان تحتاج إزالة المواد الملونة إلى عمليات الأكسدة الكيميائية.

- العكارة:

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختيار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الغروية العالقة، ويمكن قياس لون مياه الصرف مخبرياً بأجهزة تعمل على مبدأ الامتصاص الذري سبكتروفوتومتر وواحدة العكارة .NTU.

- المحتوى العضوي:

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأوكسجين وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفوسفور والحديد. وقد تحتوي مياه الصرف الصناعي على

كميات قليلة من جزيئات عضوية تركيبية والتي يتباين تركيبها الكيميائي تبايناً كبيراً مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والمركبات العضوية الرئيسية ومركبات VOCs والمبيدات الزراعية. وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصناعي لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجياً أو تتحلل ببطء شديد وأهم مؤشرات المحتوى العضوية لمياه الصرف هما BOD_5 و COD.

أ- الأوكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية (BOD_5):

يعتبر هذا المؤشر من أكثر مؤشرات التلوث العضوية استخداماً في مجال مياه الصرف وعادة ما يتكون الأوكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية بسبب المواد العضوية الغروية، ويلزم توفير الأوكسجين اللازم لنمو البكتيريا لتقوم بأكسدة المواد العضوية، ويحتاج الحمل الزائد للأوكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية الناتج من الزيادة في الملوثة العضوية إلى زيادة النشاط البكتيري والأوكسجين بالإضافة إلى زيادة استطاعة وحدة المعالجة البيولوجية.

يتم تحديد الأوكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية بقياس الأوكسجين المنحل المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة في عملية الأكسدة البيوكيميائية للمواد العضوية، ولقياس الأوكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية يتم عمل تخفيفات لمياه الصرف بماء مشبع بالأوكسجين في زجاجات خاصة. ويتم وضع الزجاجات في حضانة لمدة خمسة أيام بدرجة $20^{\circ}C$ ، وبذلك تسمى (BOD_5) ويقدر بوحدة ملغ/لتر.

ب- الأوكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية (COD):

يستخدم اختبار الأوكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية القياس المواد العضوية في مياه الصرف الصناعي والتي يصعب تفكيكها عن طريق البكتيريا، ويتم بأكسدة المركبات العضوية والمختزلة في مياه الصرف بواسطة الديكرومات في وسط حمضي وبدرجة حرارة عالية.

ويمكن تعيينه خلال 3 ساعات فقط بالمقارنة بالأوكسجين المستهلك للأوكسدة البيوكيميائية والذي يلزم لتقديره خمسة أيام، وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأوكسجين المستهلك للأوكسدة الكيميائية يمكن استخدامها كمؤشر لكفاءة عمليات التشغيل والتحكم في محطات المعالجة.

إن نسبة الأوكسجين المستهلك للأوكسدة الكيميائية إلى الأوكسجين المستهلك للأوكسدة البيوكيميائية تتراوح بين 1.5:3 في مياه الصرف الصناعي التي تحتوي على مواد تتحلل بيولوجيا (مثل صناعة الأغذية). أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من 3، فإنه يمكن اعتبار أن المواد الموجودة في العينة صعبة التحلل البيولوجي ويمكن قياس COD لمياه الصرف الخام باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر Spectrophotometer ويقدر بوحدة ملغ/ل.

- الزيوت والدهون والشحوم Fate, oil and grease

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتاً حيث إنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا، وتسبب الزيوت المعدنية مشاكل في الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح. وإذا لم تتم إزالة الزيوت والشحوم قبل طرح المياه إلى البيئة الخارجية، فإنها قد تؤثر عكسياً على الحياة البيولوجية في المياه السطحية مسببة طبقة من المواد الطافية، وتعتبر الزيوت والشحوم مادة اختبار لتحديد مكونات المواد الهيدروكربونية الموجودة بمياه الصرف الصناعي. وهذه الاختبارات تتضمن شحوم وزيوت حرة وشحوم وزيوت مستحلبة، وتتم إزالة الزيوت والشحوم الحرة بالطفو أو الكشط باستخدام جهاز فصل الزيوت بالجاذبية في حين يتم إزالة الزيوت المستحلبة باستخدام نظام التعويم بالهواء المنحل بعد التكسير الكيميائي للزيوت المستحلبة، وتقاس الزيوت والشحوم والدهون بوحدة ملغ/ل.

- المنظفات الصناعية:

المنظفات الصناعية هي المواد الخافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي 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، ويقاس المركب ABS (alkyl benzene sulfonate) ويقاس بوحدة ملغ/ل، ويمكن قياسه باستخدام جهاز سيكتروفوتومتر Spectrophotometer.

- الفينولات:

تنتج مركبات الفينول مع مياه صرف معاصر الزيتون وتصرف أيضاً من الصناعات البتروكيمياوية وتأخذ طريقها إلى المياه السطحية عند التخلص من مياه الصرف الصناعي، وتقاس بوحدة ملغ/ل، ويمكن قياسه باستخدام جهاز سيكتروفوتومتر Spectrophotometer.

- المركبات العضوية الطيارة VOCs:

هي المركبات العضوية التي لها نقطة غليان أقل من 100 درجة مئوية أو ضغط بخار أقل من 1 مم زئبق عند درجة حرارة 25 درجة مئوية أو كليهما. إن وجود هذه المركبات في المجاري أو في محطات المعالجة قد تؤثر سلباً على صحة العاملين بشبكات الصرف ومحطات المعالجة وتقاس بوحدة ملغ/ل، ويمكن قياسه باستخدام جهاز سيكتروفوتومتر Spectrophotometer.

- الأس الهيدروجيني (pH):

إن تركيز الأيون الهيدروجيني يعتبر أحد المؤشرات الهامة لمياه الصرف، ويعتبر مجال التركيز المناسب لتواجد معظم الحياة البيولوجية صغيراً وحرماً بين (6.5 و 8.5)، ويمكن أن يقاس الأس الهيدروجيني مباشرة في الحقل.

- النيتروجين:

نظراً 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 الصناعي قابلة للمعالجة البيولوجية. ولكي يتم التحكم في نمو الطحالب في المياه المستقبلية

فإن إزالة النتروجين في مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة. ويشمل النتروجين الكلي على العديد من المركبات مثل النشادر وأيون الأمونيوم والنترات والنتريت واليوريا والنتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات).

- شاردة الأمونيوم NH_4^+ :

توجد هذه الشاردة في مياه الصرف الصحي وكذلك في مياه صرف المذابح الفنية ومعامل الخميرة بتراكيز عالية تصل حتى 500 ملغ/ل، وعند قياس تركيز هذه الشاردة بالأجهزة التي تعمل وفق سبيكتروفوتومتر Spectrophotometer وبوحدة ملغ/ل، فإنه يمكن تطبيق المعادلات الآتية:

$$\text{NH}_3(\text{mg/l}) = 1.22 \times \text{N-NH}_3(\text{mg/l})$$

$$\text{NH}_4(\text{mg/l}) = 1.29 \times \text{N-NH}_4(\text{mg/l})$$

- شاردة الفوسفات الثلاثية PO_4^{3-} :

وتوجد في مياه الصرف المنزلي نتيجة استخدام المنظفات الفوسفاتية وكذلك توجد في مياه صرف المصابغ والمكاحات، وعند قياس تركيز هذه الشاردة بالأجهزة التي تعمل وفق سبيكتروفوتومتر Spectrophotometer وبوحدة ملغ/ل، فإنه يمكن تطبيق المعادلات الآتية:

$$\text{P-PO}_4^{3-} (\text{mg/l}) = \text{PO}_4^{3-} (\text{mg/l}) \times 0.33$$

- مركبات الكبريت SO_4^{2-} , S^2 :

وتوجد بشكل في مياه الصرف المنزلي، مياه صرف الطلاء الغلفاني للمعادن وفي مياه صرف المصابغ ومياه صرف معامل الخميرة، ويمكن أن تقاس هذه الشوارد مخبرياً بجهاز Spectrophotometer وبوحدة ملغ/ل، يتم اختزال الكبريتات حيويًا تحت ظروف لاهوائية إلى الكبريتيد، والذي بدوره يمكن أن يرتبط بالهيدروجين ليكون كبريتيد الهيدروجين حيث يتصاعد هذا الغاز في الهواء المحيط بمياه الصرف.

- المركبات السامة غير العضوية:

تعتبر أيونات السيانيد والكروم السداسي أيونات سامة وتظهر هذه الأيونات في مياه الصرف الصناعي الناتجة عن طلاء المعادن ويجب إزالتها من البداية بالمعالجة المسبقة في المصنع وعدم خلطها بمياه الصرف الأخرى. ويتواجد الفلورايد بشكل شائع في مياه الصرف الناتجة من صناعات الإلكترونيات، ويعتبر هذا العنصر ساماً للأحياء الدقيقة إذا وجد بتراكيز كبيرة، ويمكن أن تقاس هذه الشوارد مخبرياً بجهاز Spectrophotometer وبوحدة ملغ/ل.

- المعادن الثقيلة:

إن المعادن الثقيلة كالنيكل والمنغنيز والرصاص والكروم والكاديوم والزنك والنحاس وغيرها.

توجد في مياه صرف العديد من الصناعات كصناعة الطلاء الغلفاني للمعادن والدباغة والصبغة وغيرها من الصناعات، ووجود مثل هذه المعادن بقيم أكبر من القيم المسموحة ستؤثر على أداء محطات معالجة مياه الصرف الصحي وعلى استخدام المياه المعالجة في الزراعة، لذلك يفضل دائماً أن يتم قياس تركيز هذه المواد في المياه والتحكم بها، ويمكن تقاس هذه الشوارد مخبرياً بجهاز Spectrophotometer وبوحدة ملغ/ل.

- المواد الصلبة الكلية (TS) والمواد المنحلة الكلية (TDS):

نأخذ 30 مل من المياه المراد دراستها ونضعها في جفنة فارغة وذلك بعد القيام بوزن الجفنة بواسطة ميزان إلكتروني ونسجل الوزن (A) ثم نضع الجفنة في الفرن المبين ذي درجة حرارة 104 درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة، وبعدها نضع الجفنة في جهاز امتصاص الرطوبة وذلك حتى تصبح حرارتها من حرارة الغرفة ثم نزنها مرة ثانية باستخدام الميزان الإلكتروني ونسجل الوزن (B)، الفرق بين وزني الجفنة يعطي وزن الأجسام الصلبة الكلية ومنها نحسب تركيز الأجسام الصلبة الكلية بوحدة ملغ/ل بالعلاقة: $TS = (A-B)/V$.

لحساب الأجسام الصلبة المنحلة نرشح 30 مل من المياه المراد دراستها ونضعها في جفنة فارغة وذلك بعد القيام بوزن الجفنة على ميزان إلكتروني ثم نضعها في فرن ذي درجة حرارة 104 درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة، وبعدها نضع الجفنة في جهاز امتصاص الرطوبة وذلك حتى تصبح حرارتها من حرارة الغرفة ثم نزنها مرة ثانية باستخدام الميزان الإلكتروني ونسجل الوزن D، الفرق بين وزني الجفنة يعطي وزن الأجسام الصلبة المنحلة ومنها نحسب تركيز الأجسام الصلبة المنحلة بوحدة ملغ/ل: $TDS = (A-D)/V$.

مقدمة عامة عن ميكروبيولوجيا معالجة مياه الصرف الصحي

2-1- البكتريا والفتور:

تعتبر البكتريا من أدق أنواع الحياة ومن أبسط الكائنات وتستطيع أن تحصل على الطاقة اللازمة لنموها عن طريق أكسدة المواد.

تعتبر البكتريا من أبسط الكائنات الحية وتستعمل الغذاء السائل وتستطيع الانقسام بشكل ذاتي، وتلعب البكتريا دوراً أساسياً في الاستقرار العضوي للفضلات لذلك هي تلعب دوراً هاماً في المعالجة الحيوية، وتنقسم البكتريا من الناحية الغذائية إلى نوعين: عضوي التغذية (Heterotrophic Bacteria)⁽¹⁾ وذاتي التغذية (Autotrophic Bacteria)⁽²⁾ وهناك أنواع تستطيع استعمال نوعي التغذية.

البكتريا عضوية التغذية تستعمل المركبات العضوية لإنتاج الطاقة وللحصول على الكربون اللازم لبناء الخلية وهي تنقسم إلى ثلاثة أقسام حسب طريقة تنفسها:

بكتريا هوائية وتحتاج إلى الأوكسجين الحر المنحل لتعيش وتتكاثر (Aerobes).

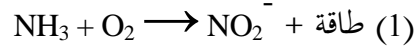
Heterotrophic bacteria Bacteria that derives it's cell carbon from organic carbon; most pathogenic bacteria are heterotrophic bacteria. (1)

Autotroph bacteria Organism that derives its cell carbon from carbon dioxide and: oxidize inorganic compounds for energy. (2)

بكتريا لاهوائية وتعيش في غياب الأوكسجين الحر المنحل وتستفيد من الأوكسجين المركب في المواد العضوية وغيرها مثل NO_3 وتسبب تفككها. بكتريا متقلبة أو اختيارية وهي تستطيع الحياة بوجود وفي غياب الأوكسجين المنحل الحر ومثال عليها العصيات الكولونية (*Escherichia Coli*)، والمكورات العنقودية وغيرها، بالإضافة إلى نوع آخر من البكتريا وهي البكتريا التي تحتاج إلى كمية ضئيلة من الأوكسجين مع وجود كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون.

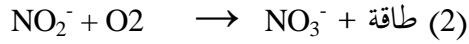
أما البكتريا ذاتية التغذية فهي تستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون وهي تؤكسد مواد غير عضوية للحصول على الطاقة ومثال عليها البكتريا المنتزعة (*Nitrifying*) والبكتريا الكبريتية والبكتريا الحديدية (*Iron Bacteria*)، فالبكتريا المنتزعة تقوم بالتفاعل التالي:

NITROSOMONAS



طاقة + نترت → أو كسجين + أمونيا

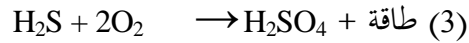
NITROBACTER



طاقة + نترات → أو كسجين + نترت

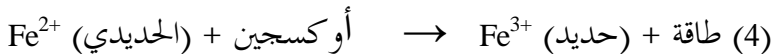
تقوم البكتريا الكبريتية ذاتية التغذية بالتفاعل الآتي:

thiobacillus



طاقة + حمض الكبريت → أو كسجين + كبريت الهيدروجين

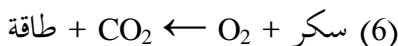
ويحدث إنتاج حمض الكبريت بمساعدة البكتريا بوجود رطوبة كثيفة في جوانب جدران وقمة البالوعات التي تنقل الفضلات المائية الحاوية على البكتريا. أما البكتريا ذاتية التغذية الحديدية فهي تؤكسد الحديد غير العضوي لإنتاج الطاقة وتتواجد في المياه التي تحمل الحديد وعندما تموت هذه البكتريا فإنها تتعفن مسببة رائحة وطعماً كريهين للماء.



أما الفطور فهي كائنات لا تعيش على التركيب الضوئي وهي تضم الخمائر والعفن وأهم الخمائر في التخمرات الصناعية الساكارومايز وهي خميرة شائعة يستخدمها الخبازون وصانعو خميرة البيرة وهي خلية صغيرة تتكاثر بالتبرعم وهذه الخمائر تنتج الكحول في الظروف اللاهوائية حيث يتم التفاعل التالي:



وفي الظروف الهوائية يتم التفاعل التالي:



وإنّ الطاقة الناتجة عن التفاعل الهوائي أكبر بكثير من الناتجة عن التفاعل اللاهوائي.

- الطحالب (الأشنيات):

الطحالب هي نباتات ميكروسكوبية تعتمد على التمثيل الضوئي المبين في المعادلة التالية:

(7)



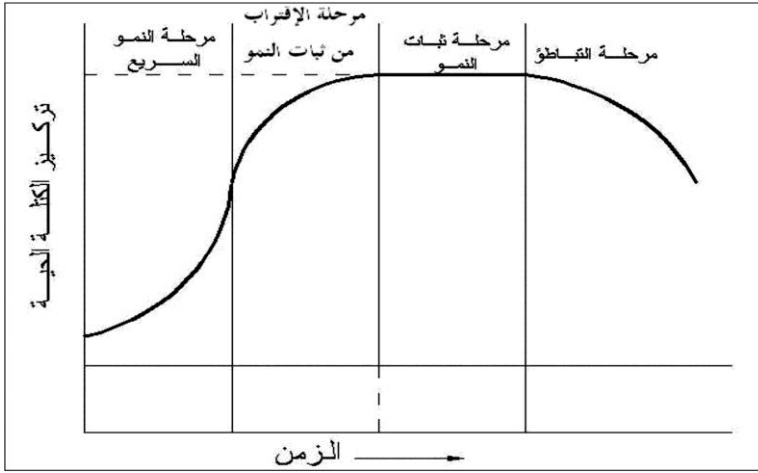
وهذا التفاعل يتم لإنتاج حياة نباتية جديدة وزيادة عدد الأشنيات. والأشنيات ذاتية التغذية وتستعمل ثاني أكسيد الكربون (أو البيكروونات الموجودة في المحلول) كمصدر للكربون، وتحتاج الأشنيات لتغذيتها إلى الفوسفور (كالفوسفات) والنيتروجين كـ (الأمونيا أو النتريت أو النترات) وذلك لتأمين نموها.

وهناك نوع من الطحالب خضراء - مزرقة تستطيع التقاط النتروجين من الجو، الطحالب بشكل عام تستمد الطاقة للتمثيل الضوئي من أشعة الشمس عن طريق صبغات توجد فيها والتي أكثرها شيوعاً هو الكلوروفيل ذو اللون

الأخضر، بالإضافة إلى هذا فإن الطحالب تحتاج إلى مقدار ضئيل من مواد مغذية أخرى مثل المغنيزيوم والكبريت والكوبالت والكالسيوم والمولبيديوم.

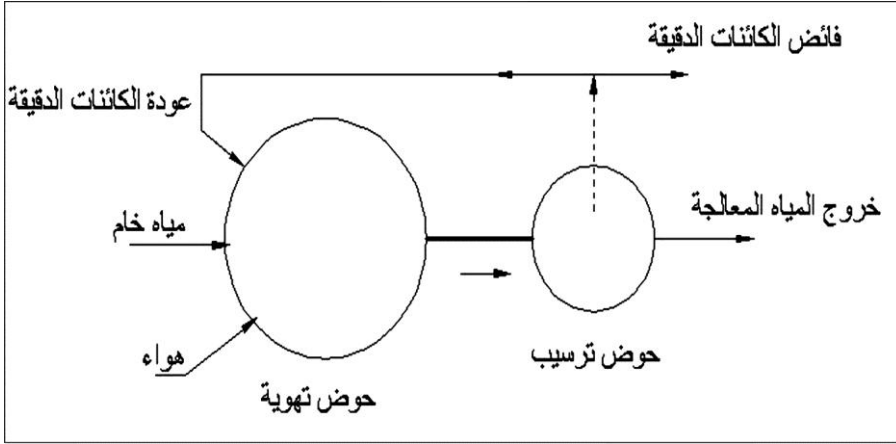
2-2- النمو:

يظهر الشكل (1-2) رسماً نموذجياً لنمو خلايا عضوية صغيرة في مزرعة بقعية، فبعد الزرع بمدة وجيزة تبدأ البكتريا بالتكاثر بشكل سريع بالانقسام الثنائي مما يسبب زيادة في عدد وحجم الخلايا، وهذه السرعة في النمو تتناسب مع كمية الغذاء المؤمن وطبعاً كلما كان النمو أسرع كان هناك نقص في المواد الغذائية أكثر عندها يأتي طور الاقتراب من نهاية النمو وفيه تكون المواد الغذائية قد نقصت، مما يوقف النمو السريع حتى يتوقف النمو تماماً لفترة.



الشكل (1-2): رسماً نموذجياً لنمو خلايا عضوية صغيرة في مزرعة بقعية

لكن هذا النموذج في المزرعة البكتيرية السابقة لا ينطبق تماماً على ما يحدث في عمليات المعالجة البيولوجية إذ إنه في المعالجة البيولوجية لا تنفذ المواد المغذية مثل الحمأة المنشطة التي تحتوي على تغذية مستمرة وبالتالي يظل حجم البكتريا وعددها متزايداً دائماً وكثيراً ويمثل الشكل (2-2) مخططاً مبسطاً لمنشأة معالجة بوساطة الحمأة المنشطة.



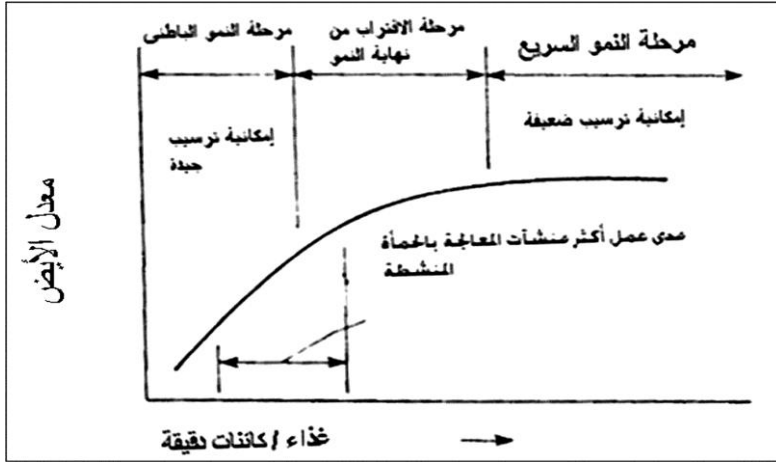
الشكل (2-2): مخطط مبسط لمنشأة معالجة بوساطة الحمأة المنشطة

حيث يتعرض الغذاء (مياه المجاري الداخلة) إلى التهوية مع الكائنات الدقيقة الممزوجة والمعادة وذلك لفترة زمنية كافية لتسمح لتكوين عضويات الفضلات في الخلايا الحية وبعدها يرسب خارج حوض التهوية (في المرسبات النهائية) لفصلها عن المياه حيث يعاد جزء من الحمأة مرة ثانية إلى أحواض التهوية، لتنشيط عملية المعالجة البيولوجية والإبقاء على توازن ثابت بين الغذاء والكتلة البكتيرية F/M في حوض التهوية.

$$F/M = \frac{\text{Food}}{\text{Microorganism}} = \frac{\text{الغذاء}}{\text{الكائنات الدقيقة}}$$

ويصرف فائض الحمأة المنشطة من حوض الترسيب ليخضع إلى معالجة لاحقة.

ففي حالة وجود نسبة عالية من F/M فالكائنات الحية تكون حسب مخطط الشكل (1-2) في طور النمو السريع وهي حسب مخطط الشكل (2-3) في أعلى نسبة من الأيض (metabolism).



الشكل (3-2): F/M مخطط علاقة الأيض مع نسبة

في حالة انخفاض نسبة F/M تكون فعالية الأيض في طور النمو الداخلي، ومع أن نسبة الأيض تكون قليلة في هذا الطور ولكن الكائنات الدقيقة تترسب بسرعة بفعل الثقالة وهذا يوضح أن عملية المعالجة في هذا الطور تكون أفضل، والشكل (3-1) يبين المدى الأفضل للمعالجة البيولوجية بين مرحلة الاقتراب من نهاية النمو وبين مرحلة النمو البطيء.

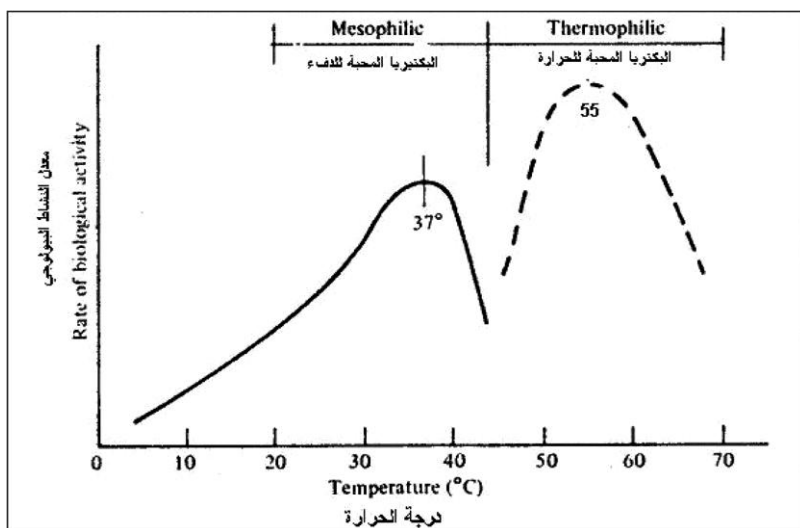
3-2- العوامل المؤثرة على نمو الكائنات الدقيقة:

هناك عوامل كثيرة تؤثر على نمو الكائنات الدقيقة أهمها درجة الحرارة ودرجة الحموضة pH وتوفر الغذاء والإمداد بالأوكسجين ووجود سموم ونوع الوسط المغذي وأشعة الشمس بالنسبة إلى الكائنات التي تعتمد على التركيب الضوئي.

وتقسم البكتيريا حسب درجة الحرارة المثالية لنموها إلى محبات البرد Psychrophilic ومحبات الدفء Mesophilic ومحبات الحرارة العالية Thermophilic.

أما المحبة للبرد فأهميتها في مجال الهندسة الصحية ضعيفة وهي تنمو في درجة حرارة (4-10)°م، أما البكتيريا محبة لدرجة الحرارة العالية فتعيش بدرجة مثالية

مقدارها (50-55)°م، ولها أهمية في مجال حفظ الأغذية، وتنمو البكتريا المحبة للدفء في درجة حرارة (20-40)°م وأغلب الجراثيم الممرضة هي محبة للدفء، وكذلك فإن أغلب منشآت المعالجة الحيوية تعمل في مجال درجات الحرارة الدافئة إذ تسخن أحواض التخمر إلى درجة (35)°م وتعمل أحواض التهوية والمرسبات النهائية بين درجتى (15-25)°م. وبشكل عام فإن النشاط الحيوي يتضاعف لكل ارتفاع (10-15)°م في الحرارة في مدى (5-35)°م الشكل (2-4).

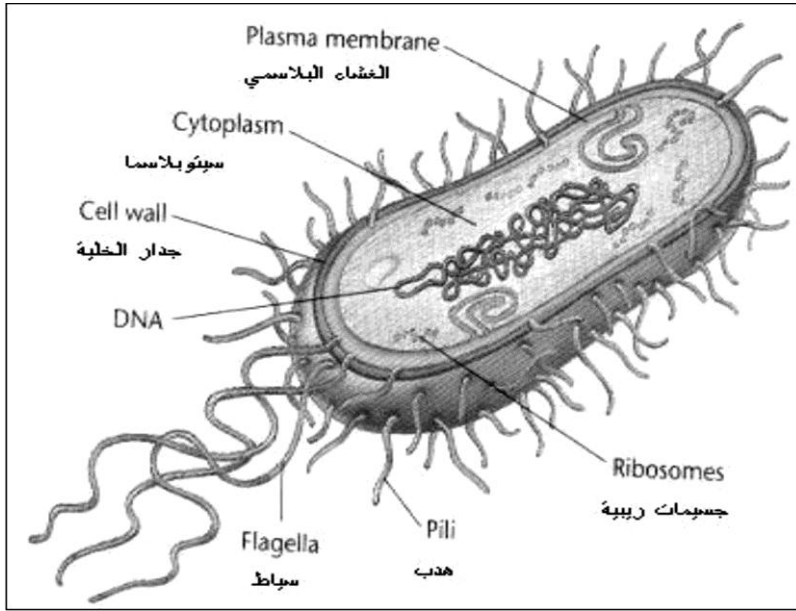


الشكل (2-4): معدل النشاط البيولوجي تبعاً لدرجة الحرارة

وفوق درجة الحرارة (40)°م فإن البكتريا المحبة للدفء تنقص بشكل حاد ويبدأ نشاط البكتريا المحبة للحرارة وحتى درجة (55)°م. أما بالنسبة إلى رقم pH للماء فأكثر الكائنات الحية تكون في أشد نشاطها في الوسط القلوي، وأكثر نشاط الحمأة المنشطة يكون في درجة pH بين 6.5 وبين 8.5 ومن أجل قيمة لـ pH تساوي 9 فما فوق فإن الفعالية البكتيرية تتناقص وتحت قيمة لـ pH مقدارها 6.5 تنشط الفطور أكثر من البكتريا.

4-2- بنية الخلية البكتيرية:

إن معظم الخلايا البكتيرية هي ذات بنية متشابهة كما في الشكل (2-5) وداخل الخلية يسمى سيتوبلازما ويحتوي على سائل ذي معلقات غروانية بروتينية وكاربوهيدراتية وغيرها من المركبات العضوية المعقدة، إن المنطقة السيتوبلازمية تحتوي على الحمض النووي الريبوزي (RNA)، والذي دوره الأساسي هو تركيب البروتين وأيضاً يوجد داخل السيتوبلازما منطقة النواة التي هي غنية بـ DNA الذي يحتوي على المعلومات الوراثية الضرورية لإعادة إنتاج كل مركبات الخلية بإذن الله تعالى ويمكن أن يعتبر برنامج عمل الخلية.



الشكل (2-5): بنية الخلية البكتيرية

وإن الصيغة التقريبية للجزء العضوي من الخلية البكتيرية $C_5H_7O_2N$ ، وكما هو مبين من الصيغة المذكورة فإن حوالي 53% من وزن الجزء العضوي هو كربون، كما أنه يمكن أن تستعمل الصيغة $C_{60}H_{87}O_{23}P$ عندما يؤخذ الفوسفور بعين النظر وإن المركبات التي تؤلف الجزء غير العضوي تتضمن ما

يأتي: P_2O_5 (50%) و SO_3 (15%) و Na_2O (11%) و CaO (9%) و MgO (9%) و K_2O (6%) و Fe_2O_3 (1%) وبما أن هذه العناصر يجب أن تستمد من البيئة فإن نقصان أي منها سوف يحدد نمو الخلية وفي بعض الحالات فإن هذا النقصان قد يغير النمو.

2-5- الكربون ومصادر الطاقة:

إن تصنيف المتعضيات المجهرية تبعاً لمصدر الطاقة والكربون هي ملخصة في الجدول (1-2) الذي يبين التصنيفات العامة للمتعضيات المجهرية تبعاً لمصادر الطاقة والكربون.

الجدول (1-2): التصنيفات العامة للمتعضيات المجهرية تبعاً لمصادر الطاقة والكربون

التصنيف	مصدر الطاقة	مصدر الكربون
:Autotrophic		
Photoautotrophic	الضوء تفاعل أكسدة -	CO_2
Hemoautotrophic	إرجاع غير عضوي	CO_2
:Heterotrophic	تفاعل أكسدة - إرجاع	كربون عضوي
Chemoheterotrophic	عضوي	
Photoheterotrophic	الضوء	

2-6- متطلبات التغذية والنمو:

إن المواد المغذية غير العضوية واللازمة للمتعضيات المجهرية هي [K, P, S, N, Fe, Mg, Ca, Na, C]، كما أن المعادن النادرة ذات أهمية تتضمن [Zn, Mo, Se, Co, Cu, Ni]، بالإضافة إلى المواد غير العضوية المذكورة أعلاه فإن المواد المغذية العضوية قد تلزم أيضاً من أجل بعض المتعضيات وهي معروفة بعوامل النمو وتختلف من متعضية لأخرى ولكن الأصناف الرئيسية لعوامل النمو هي: 1- الحموض الأمينية، 2- ألبورينات (purines)، 3- البيريميدين (pyrimidines)، 4- الفيتامينات.

2-7- آلية النمو البيولوجي:

إن الظروف البيئية للنمو البيولوجي يمكن التحكم بها من خلال ضبط pH وضبط درجة الحرارة وإضافة المواد المغذية وإضافة أو استهلاك الأوكسجين والمزج المناسب وإن ضبط الظروف البيئية سوف تؤمن وسطاً مناسباً لنمو المتعضيات.

كما أنه لكي نضمن بأن المتعضيات سوف تنمو يجب أن تبقى في النظام لفترة كافية وهذه الفترة تتعلق بمعدل نمو المتعضيات والذي يتعلق مباشرة بمعدل الأيض أو استخدام الفضلات مع افتراض التحكم المناسب بالظروف البيئية، كما أن التثبيت الفعال للفضلات يمكن التحكم به بضبط معدل نمو المتعضيات وبالتالي يجب الاهتمام بآلية نمو المتعضيات.

- تأثير درجة الحرارة على آلية النمو البيولوجي:

إن اعتماد ثوابت معدل النمو على درجة الحرارة هو هام جداً في تقييم كفاءة عمليات المعالجة البيولوجية، إن درجة الحرارة لا تؤثر على الفعاليات الخلوية للتعداد الجرثومي ولكن لها تأثير كبير على بعض العوامل مثل معدل نقل الغاز وخصائص الترسيب للمواد الصلبة البيولوجية، إن تأثير الحرارة على معدل التفاعل للعمليات البيولوجية يعبر عنه بالشكل التالي:

$$r_T = r_{20}\theta^{(t-20)}$$

حيث r_T معدل التفاعل عند T °C.

r_{20} معدل التفاعل عند درجة حرارة مقدارها 20 درجة مئوية.

θ معامل فعالية درجة الحرارة.

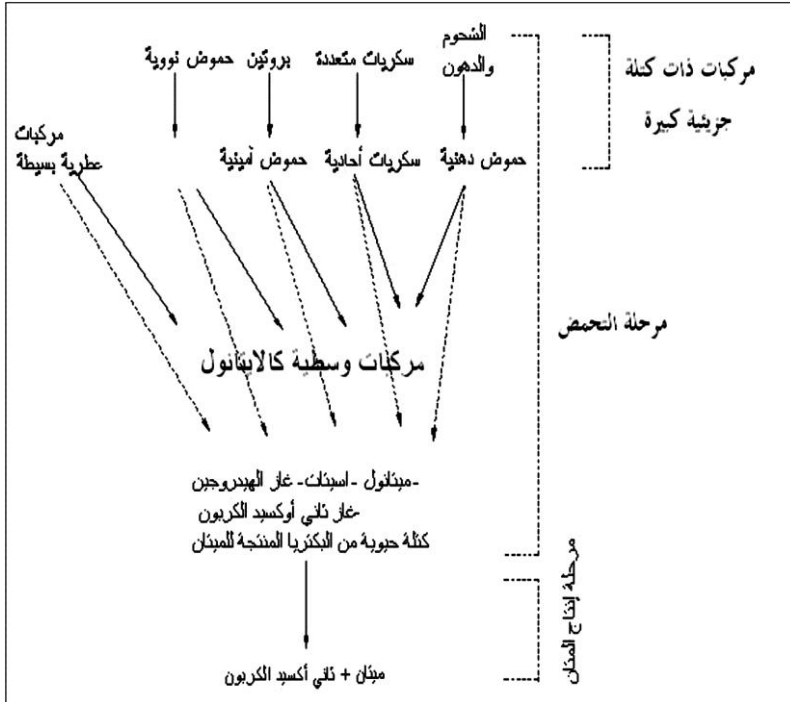
T درجة الحرارة °C.

2-8- المعالجة البيولوجية اللاهوائية للمياه ذات الحمل العضوي الكبير:

خلال العقود الثلاثة الماضية تطور العديد من عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية للحماة ومعالجة مياه الصرف ذات الحمل العضوي العالي.

إن أكثر العمليات شيوعاً في العصر الحالي طريقة المزج الكامل بالهضم اللاهوائي.

ويعتقد أن التحول البيولوجي للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف المعرضة للمعالجة اللاهوائية يتم عبر مراحل ثلاث كما في الشكل (2-6).



الشكل (2-6): مراحل التحول البيولوجي للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف المعرضة للمعالجة اللاهوائية

حيث تتضمن المرحلة الأولى (كما هو مبين في الشكل (2-6) عملية التحلل في وسط أنزيمي للمركبات ذات الكتلة الجزيئية الكبيرة، عملية التحلل هذه تحول هذه المركبات إلى مركبات ملائمة لاستعمال البكتريا كمصدر للطاقة وكمصدر لكاربون الخلية البكتيرية.

تتضمن المرحلة الثانية من مراحل التحول البيولوجي تحويل المركبات التي نتجت من المرحلة الأولى إلى مركبات وسطيّة أقل كتلة جزيئية ويمكن أن

تدعى هذه المرحلة بمرحلة التخمض.

تتضمن المرحلة الثالثة (مرحلة إنتاج الميثان) التحويل البكتيري للمركبات الوسيطة إلى منتجات نهائية أكثر بساطة هي الميثان وثنائي أكسيد الكربون. في مفاعل الهضم اللاهوائي يعمل مزيج منسجم من المتعضيات اللاهوائية لإنجاز المراحل المذكورة أعلاه، حيث تكون هناك مجموعة من المتعضيات الدقيقة مسؤولة عن تحويل البولييميرات والدهون والشحوم إلى زمر ذات صيغ إنشائية مبسطة مثل أحاديات السكر والحموض الأمينية والمركبات المتعلقة بها.

تقوم مجموعة ثانية من البكتيريا اللاهوائية بتخمير المنتجات المتفككة إلى حموض عضوية مبسطة والتي من أكثرها شيوعاً هو حمض الخل، هذه المجموعة من المتعضيات والتي توصف بأنها غير صانعة للميثان هي بكتيريا اختيارية وبكتيريا لاهوائية وهي تعرف بأنها صانعة الحمض.

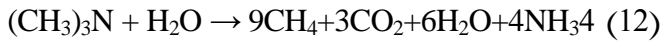
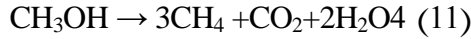
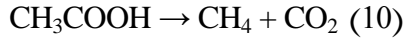
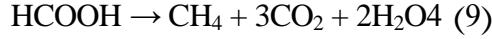
بالإضافة إلى ذلك فهناك مجموعة ثالثة من المتعضيات الدقيقة تحول الهيدروجين وحمض الخل المتشككين من قبل صانعات الحمض إلى ميثان وثنائي أكسيد الكربون وإن البكتيريا المسؤولة عن هذا التحول هي لاهوائية بشكل صارم وتدعى البكتيريا صانعة الميثان، وإن من أهم البكتيريا صانعة الميثان هي البكتيريا التي تستهلك الهيدروجين وحمض الخل.

هذه الأنواع من البكتيريا بشكل عام ذات معدل نمو بطيء جداً مما يعتبر من الأمور السلبية في مجال معالجة مياه الصرف، وبشكل عام فإننا يمكن أن نعتبر أنه قد تم الحصول على استقرار جيد للحمأة عندما نحصل على إنتاج الميثان وثنائي أكسيد الكربون في منشأة المعالجة.

إن غاز ثاني أكسيد الكربون هو غاز شديد الانحلال في الماء أما غاز الميثان فهو ضعيف الانحلال في الماء وبالتالي فإن انطلاقه من الماء يعني أن المعالجة قد وصلت إلى حد جيد.

من المهم أن نلاحظ أن البكتيريا صانعة الميثان تستطيع أن تستعمل كمية محدودة فقط من المواد العضوية والمغذيات (Substrate) من أجل تشكيل الميثان

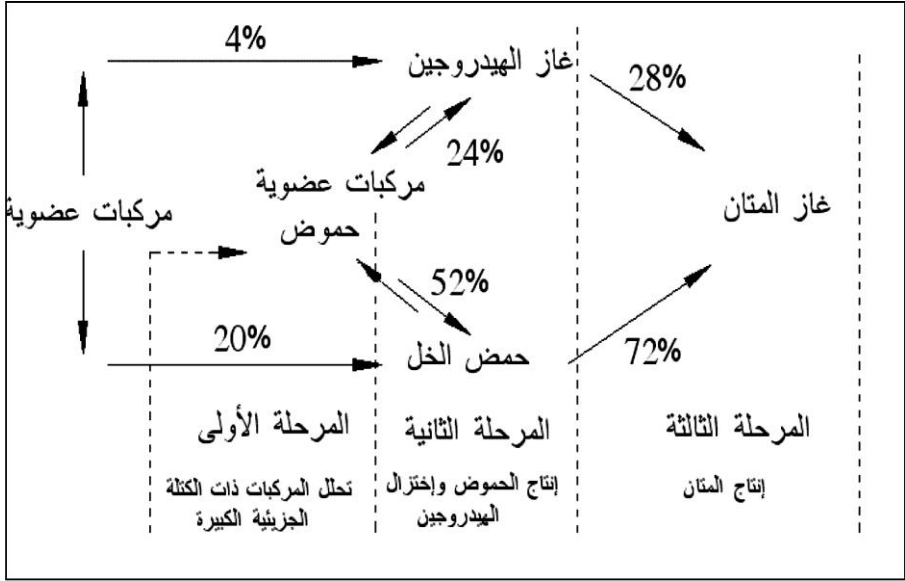
فهي تستهلك فقط H_2 و CO_2 بالإضافة إلى الحموض والميتانول وأمينات الميثيل وأحادي أكسيد الكربون، وإن تفاعلات التحول النموذجية التي تنتج الطاقة هي كما يأتي:



وفي مفاعل المعالجة اللاهوائية فإن الطريقتان الرئيسان لتشكيل الميثان هما:

1- تحويل الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون إلى ميثان وماء كما في المعادلة (8).

2- تحويل الأسيتات (الخلاات) إلى ميثان وثاني أكسيد الكربون كما في المعادلة (10) وكما في الشكل (2-7)، وفي منشآت معالجة مياه الصرف اللاهوائية يجب أن نحافظ على توازن دائم بين البكتريا صانعة الميثان وغير صانعة الميثان لكي نحصل على كفاءة معالجة جيدة، ولكي نؤمن هذا التوازن فإن المفاعل يجب أن يكون خالياً من الأوكسجين المنحل ويجب أن لا يحوي السائل على كميات كبيرة من المعادن الثقيلة والكبريتات، وأيضاً يجب أن تكون قيمة pH للسائل متراوحة بين 6.6 وبين 7.6 وأن تكون هناك كمية كافية من المركبات القلوية في الماء لكي نضمن عدم انخفاض pH عن 6.2 لأن بكتريا الميثان لن تستطيع أن تنشط تحت قيمة pH أقل من 6.2.



الشكل (2-7): مراحل تشكل غاز الميثان في المعالجة اللاهوائية

2-8-1- المواد ذات قابلية التفكك البيولوجي اللاهوائي:

تتميز المعالجة البيولوجية اللاهوائية بقابلية تفكيكها لمجال واسع من المواد العضوية فهي قادرة على تفكيك السكريات الأحادية والسكريات المتعددة وقادرة على تفكيك البروتينات والحموض الأمينية مثل بروتين البطاطا والبروتينات الموجودة في الحليب وغيرها، ولها القدرة على تفكيك الدهون والحموض الدهنية ذات السلاسل الكبيرة وكذلك لها القدرة على تفكيك مركبات الكحول البسيطة مثل الميثانول والإيثانول، ولها القدرة أيضاً على تفكيك مركبات فورمالدهيد ومركبات الفينول وحموض البنزن والألدهيدات وكلورات الفينولات والمركبات العطرية.

2-8-2- المواد المعيقة للبكتريا المنتجة للميثان:

كما مر معنا إن المعالجة البيولوجية اللاهوائية تتم عبر ثلاث مراحل المرحلة الثالثة منها هي مرحلة صناعة الميثان أي التحويل البكتيري للمركبات الوسطية إلى منتجات نهائية أكثر بساطة هي الميثان وثاني أكسيد الكربون، ومع ذلك فإن

هناك مواد وعناصر يمكن أن تحد من فعالية البكتريا المنتجة للميتان هذه المواد والعناصر يمكن تلخيصها بالجدول الآتي:

الجدول (2-2): معيقات عمل البكتريا المنتجة للميتان

ملاحظات	السمية	تصنيف المركبات
IC50 = 500-1250 ملغ/ل	سامة	الدهون والحموض الدهنية ذات السلاسل الطويلة
غير سامة عند pH يتراوح بين 7 و 8 والسمية تعتمد على pH الناتج عن الحموض الدهنية الطيارة غير المتشردة فمثلاً: IC50 للاسيتات والبروبيونات هي 6-16 ملغ/ل من الحموض الدهنية الطيارة غير المتشردة	سامة	الحموض الدهنية الطيارة
IC50 = 1 ملغ/ل للحمأة غير المتكيفة IC50 = 25 ملغ/ل للحمأة المتكيفة	شديد السمية جداً	السيانيد
IC50 = 100 ملغ/ل للحمأة غير المتكيفة IC50 = 400 ملغ/ل للحمأة المتكيفة	شديد السمية	فورم الدهيد
السمية تعتمد على pH مياه الصرف الناتج عن الأشكال غير المتشردة لمركبات الكبريتيد أي H ₂ S الحر الموجودة في مياه الصرف = IC50 250 ملغ/ل من الكبريت الموجود في H ₂ S الحر تكون الكبريتات سامة فقط في التراكيز العالية IC50 = 3300 ملغ/ل من الكبريت الموجود في شاردة SO ₄ ²⁻ IC50 = 50 ملغ/ل من الكبريت الموجود في شاردة SO ₃ ²⁻	شديد السمية جداً غير سامة شديدة السمية جداً	مركبات الكبريت غير العضوية 1- الكبريتيد (سولفيد) 2- الكبريتات 3- شاردة الكبريتيت الثلاثية (السولفيت)
السمية تعتمد على pH مياه الصرف الناتج عن الأشكال غير المتشردة لمركبات الأمونيا أي NH ₃ الحر IC50 = 50 ملغ/ل من النتروجين الموجود في شاردة NH ₃	سامة جداً	الأمونيا

ملاحظات	السمية	تصنيف المركبات
بعض المعادن الثقيلة شديدة السمية وخصوصاً عندما تكون بالشكل المنحل مثل النحاس المنحل والذي له قيمة $IC_{50} = 10-75$ ملغ/ل ولكن غالباً ما تزال سمية المعادن الثقيلة في أنظمة المعالجة اللاهوائية وذلك بترسيبها على شكل كبريتات أو كربونات المعادن الثقيلة	شديدة السمية جداً	المعادن الثقيلة
فقط في التراكيز العالية $IC_{50} = 4700-7600$ ملغ/ل	سامة	الأملاح (مثل Na^+ , K^+ , Ca^{2+})
على سبيل المثال: البنزن $IC_{50} = 1970$ ملغ/ل إيتل البنزن $IC_{50} = 340$ ملغ/ل	سامة	المركبات العطرية 1- الهيدروكربونية
$IC_{50} = 1300$ ملغ/ل	سام	2- الفينول
$IC_{50} >> 4250$ ملغ/ل	سامة	3- حموض البنزن
--	سام	4- ألدهيد البنزن
بتا كلورالدهيد $IC_{50} = 1$ ملغ/ل	شديدة السمية	5- كلوريدات الفينول
---	جداً	6- كلور البنزن
على سبيل المثال: مركب نترو البنزن $IC_{50} = 10$ ملغ/ل	شديد السمية	7- مركبات النترو العطرية
على سبيل المثال: مركب الأنيلين $IC_{50} = 900$ ملغ/ل	شديدة السمية جداً سامة	8- الأمينات العطرية
على سبيل المثال: مركب الكلوروفورم $IC_{50} = 0.5$ ملغ/ل للحمأة غير المتكيفة $IC_{50} = 45$ ملغ/ل للحمأة المتكيفة	شديدة السمية جداً	المركبات الأليفاتية المركبات الهيدروكربونية الأليفاتية الكلورة
المنظفات موجبة أو سالبة الشحنة $IC_{50} = 20-50$ ملغ/ل	سامة جداً	المركبات ذات الفعالية السطحية
شديدة التغيير	سامة/أو غير سامة	أصبغة آزو

ملاحظات	السمية	تصنيف المركبات
على سبيل المثال مركبات جيوكول IC50 = 2200 ملغ/ل	غير سامة	مركبات الفيتو كيميائية
السلاسل الكربونية يوجينول الفينول IC50 = 264 ملغ/ل	سامة جداً	1- بوليمر ليجنين ذي الوزن الجزئي الكبير
على سبيل المثال باينين IC50 = 180 ملغ/ل على سبيل المثال الأبيتان IC50 = 140 ملغ/ل	شديدة السمية جداً	2- مركبات بوليمر أحادي الهجين
على سبيل المثال حمض التانيك الداغ IC50 = 350 ملغ/ل	شديد السمية جداً	3- التربينات الطيارة
مركبات حمض التانيك ذات الكتلة الجزئية الكبيرة غير سامة	سام جداً	4- راتنج الخشب 5- حمض التانيك

IC50: التركيز المؤدي لإعاقة 50% من البكتيريا أو بمعنى آخر هو التركيز الذي يثبط نشاط البكتيريا بنسبة 50% من فعاليتها.

2-8-3- محاسن ومساوئ معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي بالطرق اللاهوائية:

أ- محاسن المعالجة اللاهوائية:

■ الطاقة اللازمة لتشغيل المفاعلات اللاهوائية لمعالجة مياه الصرف صغيرة جداً مقارنة مع طرق المعالجة الهوائية أو الاختيارية لأنه في طرق المعالجة الهوائية نحتاج 0.5-0.7 كيلو واط ساعي لإزالة 1 كيلوغرام COD أما في المعالجة اللاهوائية فلا حاجة لوجود أجهزة تهوية في المفاعلات.

■ تعطي كمية قليلة من الحمأة حيث إن كل 1 كغ COD مزال في الطريقة اللاهوائية يتحول أكثر من 90% إلى غاز ميثان والباقي والذي هو أقل من 10% يتحول إلى حمأة بينما في طرق المعالجة الهوائية 1 كغ COD مزال يتحول إلى 50% حمأة والباقي غاز CO₂ وبحار الماء،

وبالتالي فإن كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة اللاهوائية تعادل 20% من كميتها في المعالجة الهوائية.

- يمكن تشغيل المفاعلات البيولوجية اللاهوائية على معدلات تحميل عضوية أكبر بـ 5-10 مرات من معدلات تشغيل المفاعلات الهوائية مما يصغر حجم المفاعلات عند استخدامها في معالجة مياه الصرف الناتجة عن الصناعات شديدة التلوث.
- يمكن في المعالجة اللاهوائية تحويل العديد من المذيبات الخطرة كالكلوروفورم إلى أشكال سهلة التفكك.
- مقاومة للمواد السامة والمواد المثبطة لنمو البكتريا بشكل أكبر بكثير من البكتريا الهوائية.

ب- مساوي المعالجة اللاهوائية:

- زمن إقلاع المفاعلات اللاهوائية كبير بالمقارنة مع المفاعلات الهوائية وذلك بسبب صغر معدل الاضطناع الحيوي (إنتاج الحمأة) وبالتالي تحتاج المفاعلات اللاهوائية زمناً كبيراً من أجل تحقيق الحالة المستقرة.
- زمن استعادة الحالة المستقرة في المفاعلات اللاهوائية كبير بالمقارنة مع المفاعلات الهوائية فالمفاعلات اللاهوائية التي يحدث فيها أحياناً خروج للحمأة خارج المفاعل بشكل غير صحيح أو التي تتعرض لصدّات من مواد سامة تحتاج لوقت أطول من المفاعلات الهوائية لاستعادة حالتها المستقرة.
- تحتاج المفاعلات اللاهوائية مواد مغذية خاصة ليتم عملها بشكل فعال فمثلاً البكتريا المنتجة للميثان تحتاج إلى بعض الشوارد المعدنية الخاصة كشوارد الحديد وشوارد الكوبالت لكي تعمل بشكل فعال.
- أكثر تأثراً بالشروط البيئية من البكتريا الهوائية وخصوصاً البكتريا المنتجة للميثان فهي أكثر تأثراً بتغير قيمة pH أو درجة الحرارة... من البكتريا الهوائية.

- تتأثر فعالية البكتيريا المنتجة للميثان بوجود شوارد الكبريت والكبريتات في مياه الصرف الغنية بالكبريتات.
- صفات مياه الصرف الناتجة عن المعالجة اللاهوائية أقل جودة من صفات مياه الصرف الناتجة عن المعالجة الهوائية وذلك لأن التركيز الأصغري للملوثات الواجب توفرها في مياه الصرف حتى تعمل البكتيريا اللاهوائية بشكل فعال وتحافظ على بقائها أكبر منه مقارنة مع البكتيريا الهوائية لذلك فإنه قد تبقى بعض المواد العضوية في مياه الصرف المعالجة بالطرق اللاهوائية غير متفككة الأمر الذي قد لا يحقق الشروط البيئية الخاصة بتصريف مياه الصرف المعالجة.
- عند معالجة مياه الصرف الغنية بالبروتين أو النتروجين بالطرق اللاهوائية يبقى النتروجين في مياه الصرف دون معالجة وذلك لأن تفكيك وتحلل البروتين يعطي أمينات والتي سرعان ما تتفكك لتعطي أخيراً النتروجين الذي يتطلب معالجة هوائية لتحويل هذا النتروجين إلى مركبات نترات وأخيراً نحتاج إلى معالجة منقوصة الأوكسجين للتخلص من هذا النترات.

2-9- مقارنة بين عمليات المعالجة الهوائية واللاهوائية:

الجدول (2-3): المقارنة بين طرق المعالجة الهوائية واللاهوائية

المعالجة اللاهوائية	المعالجة الهوائية	مجال المقارنة
مرتفع في عمليات المعالجة اللاهوائية وذلك للمفاعلات UASB وAF... ويتراوح بين 10-40 كغ COD/م ³ .يوم	منخفض في عمليات الحمأة المنشطة ويتراوح بين 0.5-1.5 كغ COD/م ³ .يوم	معدل التحميل العضوي في واحدة الحجم
منخفض ويتراوح بين -0.05-0.15 كغ VSS/كغ COD	مرتفع ويتراوح بين 0.37-0.46 كغ VSS/كغ COD	معدل إنتاج البيوماس (الكتلة الحيوية)
طويل وهو حوالي: 1-2 شهر في درجة حرارة 35-40 درجة مئوية	قصير ويتراوح بين 1-2 أسبوع	زمن الإفلاع

المعالجة اللاهوائية	المعالجة الهوائية	مجال المقارنة
كبير وذلك ضروري للحفاظ على النمو البطيء للبكتريا المنتجة للميثان ضمن المفاعل	4-10 يوم يكفي في عمليات الحمأة المنشطة	زمن مكوث المواد الصلبة في المفاعل (SRT)
تتم عبر مراحل متعددة للأحياء الدقيقة وعبر مراحل متلاحقة	غالباً ما يسيطر نوع واحد من الأحياء الدقيقة ضمن المفاعل الهوائي	ميكروبيولوجيا النظام
شديدة التأثير	قليلة التأثير	التأثر بالظروف البيئية

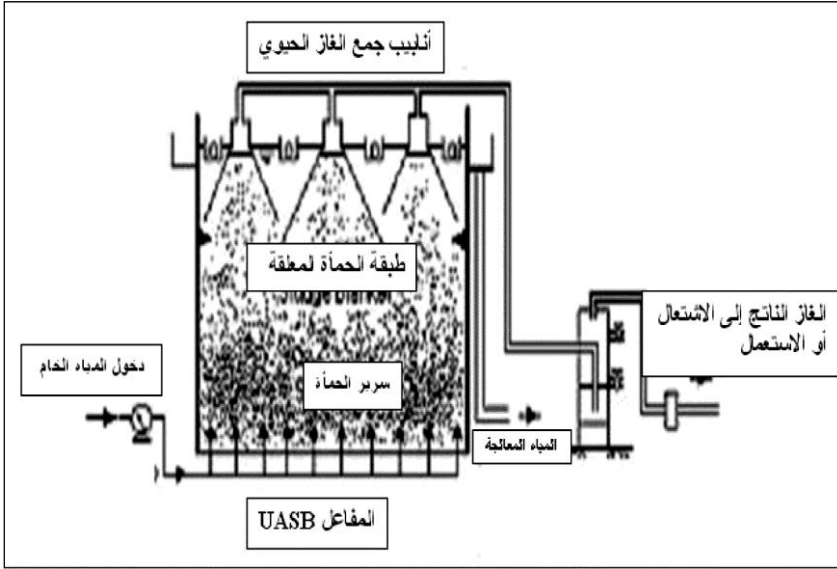
2-10-10- المعالجة البيولوجية اللاهوائية في المفاعل ذي الجريان

الصاعد عبر طبقة الحمأة المعلقة

:UASB (Upflow Anaerobic Sludge -Blanket Process)

2-10-1- عملية المعالجة في المفاعل UASB:

في مفاعل UASB يدخل الماء المطلوب معالجته من قاع المفاعل ويجري باتجاه الأعلى عبر طبقة الحمأة المؤلفه من حبيبات أو جزيئات متشكلة بيولوجياً، حيث يمكن أن يوصف المفاعل UASB كنظام تمر فيه مياه الصرف أولاً عبر سرير حمأة ممتد يحتوي على تركيز كبير من الكتلة الحيوية، ويمكن أن توجد هذه الحمأة في المفاعل بشكل حبيبات، وإن القسم الأعظم من المعالجة يحدث في سرير الحمأة هذا، وإن القسم المتبقي من الملوثات في الماء يمر بعد ذلك عبر ما يدعى بطبقة الحمأة المعلقة أو بطانة الحمأة والتي هي أقل كثافة من سرير الحمأة كما في الشكل (2-8).



الشكل (2-8): مقطع رأسي لمفاعل UASB

وإن تأمين حجم كاف لطبقة الحمأة المعلقة فوق سريير الحمأة هو أمر ضروري لتأمين معالجة لاحقة للملوثات مياه الصرف والتي مرت عبر سريير الحمأة بدون معالجة بسبب تشكل أقنية عشوائية في سريير الحمأة في بعض المواقع، وطبقة الحمأة المعلقة هذه ستحافظ على استقرار التدفق الخارج من المفاعل وإن الغازات الناتجة عن العملية (والتي هي بشكل رئيس غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون) تسبب حركة دوران داخلية تساعد في تشكيل الحبيبات البيولوجية والحفاظ عليها.

إن بعض فقاعات الغاز المتشكل ضمن طبقة الحمأة تبقى ملتصقة على الحبيبات البيولوجية، التي ترتفع إلى أعلى المفاعل وتصطدم بالسطح السفلي للصفائح المشكلة لحجرات تجميع الغاز مما يسبب تحرر فقاعات الغاز منها، بعد ذلك تهبط الجزيئات التي تخلصت من فقاعات الغاز إلى سطح طبقة الحمأة أما الغاز ومياه الصرف المعالجة فيغادران المفاعل.

وإن التصميم الصحيح للمفاعل يؤمن حجز أكبر كمية ممكنة من الحمأة بحيث نحافظ على مدة بقاء للمواد الصلبة فيه تتراوح بين 50 وبين 100 يوم أو

أكثر، بحيث نحافظ على زمن بقاء هيدروليكي للسائل في المفاعل قصير قدر الإمكان مما يسمح بتقليص حجم المفاعل اللازم. وبشكل عام فإن سرير الحمأة يشغل عادة ما يتراوح بين 30 وبين 60% من حجم المفاعل وتشغل طبقة الحمأة المعلقة ما يتراوح بين 20 وبين 30% من حجم المفاعل ويشغل فاصل الغازات عن السائل وعن المواد الصلبة 15-30% من الحجم الكلي.

2-10-2- لمحة تاريخية عن المفاعل UASB:

قام الدكتور (Gatze Lettinga) وزملاؤه في نهايات السبعينات من جامعة (Wageningen) في هولندا بتطوير هذا المفاعل وأعيد التركيز على أهمية هذا المفاعل من قبل الدكتور (Perry McCarty) من جامعة ستانفورد في الولايات المتحدة الأمريكية.

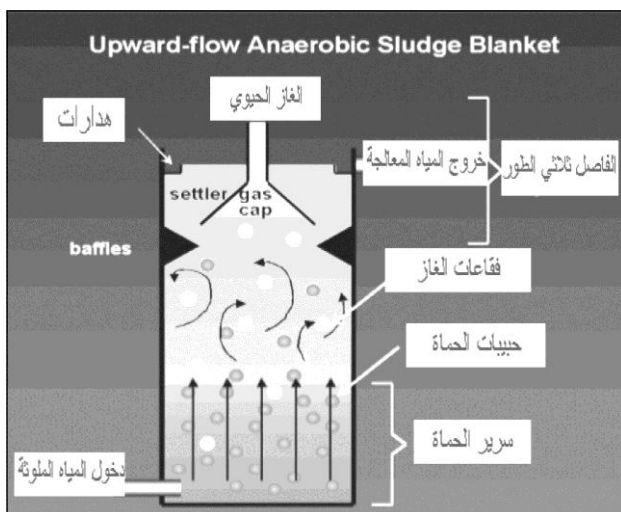
كان فريق ليتنغا يقوم بتجارب مستخدماً مبدأ المرشح اللاهوائي (AF) (Anaerobic Filter) في مفاعل لاهوائي عالي المردود والذي يثبت غشائه الحيوي فوق حشوة سرير ذات حبيبات خاملة، وأثناء القيام بتجارب الـ (AF) لاحظ ليتنغا أنه بالإضافة إلى الغشاء الحيوي الملتصق على حبيبات الحشوة فقد ساهمت نسبة عالية من الكتل الحيوية في زيادة عدد إجمالي الحبيبات الحرة.

تجسد مبدأ عمل الـ (UASB) أثناء رحلة قام بها ليتنغا إلى جنوب أفريقيا حين لاحظ في منشأة لمعالجة مياه صرف صناعي ذي حمل عضوي عالي أن الحمأة كانت تتحول إلى حبيبات مترابطة ضمن ما يدعى الهاضم المروك (Clarigestor) الذي يمكن اعتباره كسلف لـ (UASB)، وكان القسم العلوي منه مكشوفاً دون قمع غازي.

نتج مبدأ الـ (UASB) من الاعتقاد بأن النواة المكونة من حبيبات الحشوة ليست لازمة للوصول لمستويات عالية للحمأة النشيطة في المفاعل، وإنه يمكن الاعتماد على مستويات عالية من النواة الحيوية التي تشكل حبيبات الحمأة وتبقى معلقة ضمن المفاعل.

وقد تم تركيب أول محطة معالجة من النوع UASB من أجل معالجة المياه الملوثة الناتجة عن صناعة مطاحن السكر في هولندا، وبعد ذلك فقد تم تركيب مفاعل UASB في عدد كبير من المعامل في هولندا مثل معامل نشاء البطاطا ومعامل إعادة تصنيع الورق.

أول منشورات حول مبدأ تصميم الـ (UASB) ظهرت باللغة الهولندية في المجالات التقنية في نهايات السبعينات وأول ظهور عالمي كان في عام 1980 كما الشكل (2-9):



الشكل (2-9): مفاعل UASB

2-10-3- تصميم نظام دخول المياه الخام إلى المفاعل UASB:

من الضروري في المفاعل UASB الحصول على تماس أمثل بين الحمأة الموجودة ضمن المفاعل والمياه الخام الداخلة إلى المفاعل، وكذلك أيضاً من الضروري تجنب تشكل أقنية تمر فيها المياه بدون معالجة عبر سرير الحمأة لذلك يجب تصميم نظام دخول وتوزيع المياه الخام ضمن المفاعل بشكل جيد.

وإن تصميم نظام دخول وتوزيع المياه الخام ضمن المفاعل يتعلق بالعوامل الطبوغرافية وتصميم محطة الضخ واحتمال انسداد أنابيب دخول وتوزيع المياه

الخام إلى داخل المفاعل لذلك توجد طريقتان لإدخال وتوزيع المياه الخام ضمن المفاعل:

الطريقة الأولى: وهي إدخال وتوزيع المياه الخام ضمن المفاعل بنظام الثقالة وذلك عبر أنابيب تغذية تدخل من أعلى المفاعل لتوزع المياه أسفل المفاعل، ويفضل استخدام هذا النظام لمياه الصرف ذات التركيز الكبير من المواد المعلقة.

الطريقة الثانية: وهي ضخ مياه الصرف الخام من أسفل المفاعل عبر أنبوب رئيسي وأنابيب جانبية مضاعفة ويفضل استخدام هذا النظام في حالة المياه المحتوية على تركيز صغير من المواد المعلقة، وتبعاً لتوصيات ليتنغا وهوسلوف تحدد عدد فتحات التغذية بالمياه الخام تبعاً لتركيز الحمأة داخل المفاعل ومعدلات التحميل.

وبشكل عام كل فتحة تغذية تستطيع تغذية مساحة تتراوح بين 1-3م² من سطح المفاعل والقيمة 1م² يمكن تطبيقها عندما يكون معدل الحمولة العضوية في واحدة الحجم هو 1 كغ COD/م³.يوم وأما القيم 2-3م² فيمكن تطبيقها عندما يكون معدل التحميل العضوي في واحدة الحجم أكبر من 2 كغ COD/م³.يوم. وبغض النظر عن عدد فتحات التغذية والتوزيع فإن السرعة الأصغرية والأعظمية للتدفق الخارج من فوهات التوزيع يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في التصميم حيث أن السرعة الأعظمية لخروج المياه الخام من فوهات التوزيع يجب أن لا تزيد عن 4م/ثانية والسرعة الأصغرية يجب أن لا تقل عن 0.5م/ثانية.

2-10-4- تصميم نظام جمع المياه المعالجة في المفاعل UASB:

إن تدفق المياه المعالجة يجب أن يخرج من المفاعل عبر عدة أقنية موزعة في منطقة تفرغ المياه المعالجة، وإن تصميم أقنية جمع المياه المعالجة لا يختلف عن تصميم الهدارات بحيث يصمم بناء على معدل التحميل على هدرات المخرج، ويجب أن لا يتجاوز القيمة 185م³/م.يوم، إن عرض أقنية الجمع يجب أن لا يقل عن 2. سم وذلك من أجل تسهيل عمليات الصيانة وأحياناً تتشكل طبقة من الزبد في أعلى المفاعل ويمكن أن يحدث أيضاً تراكم للحمأة في أقنية جمع التدفق المعالج لذلك يجب تنظيف هذه الأقنية بشكل متكرر لمنع انسدادها.

2-10-5- إقلاع المفاعل UASB:

إن من إحدى مساوئ المعالجة البيولوجية اللاهوائية هي زمن الإقلاع الكبير بالمقارنة مع المفاعلات الهوائية، وذلك بسبب صغر معدل الاصطناع الحيوي (إنتاج الحمأة) وبالتالي تحتاج المفاعلات اللاهوائية إلى زمن كبير من أجل تحقيق الحالة المستقرة، وقد يستغرق زمن إقلاع المفاعلات اللاهوائية حتى 3 أشهر، وهذا يتعلق بشكل أساس بدرجة الحرارة والحمل الهيدروليكي فمثلاً عندما تكون درجة الحرارة أكبر من 20 درجة مئوية فمن المتوقع أن يتم إقلاع المفاعل خلال فترة لا تزيد عن 3-4 أسابيع أما في حال انخفاض درجة الحرارة فقد يستغرق إقلاع المفاعل 3-4 أشهر.

وهناك أربع طرق للإقلاع وصولاً للحالة المستقرة وهي:

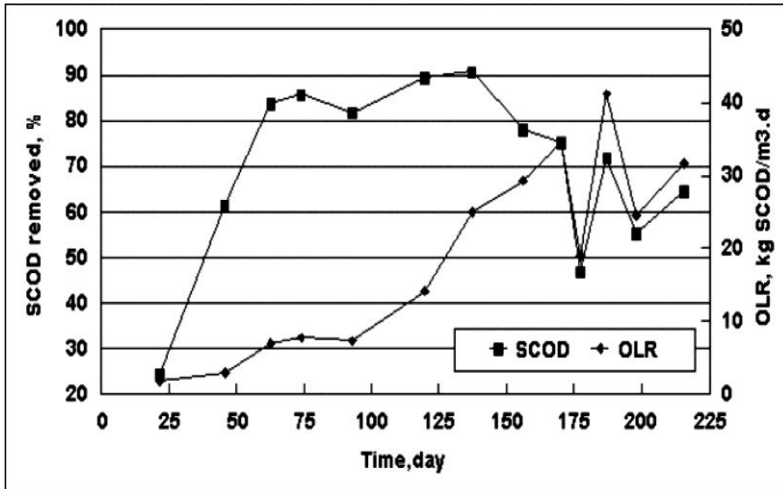
- (1) جعل زمن المكوث الهيدروليكي أثناء إقلاع في المفاعل معادلاً لضعف زمن المكوث التصميمي أي يتم تشغيل المفاعل على تدفق يعادل نصف التدفق التصميمي.
- (2) إعادة تدوير المياه المعالجة الخارجة من المفاعل بالكامل أي يصبح المفاعل كجملعة مغلقة يتم فيها إعادة تدوير المياه المعالجة على شكل حلقة شبه مغلقة وتمتاز هذه الطريقة بتحقيق الإقلاع بأقصر وقت ممكن وذلك بسبب الحفاظ على تركيز عال من الكتلة الحيوية (حمأة + مواد مغذية) ضمن المفاعل وضمن مياه الصرف الداخلة إلى المفاعل.
- (3) جعل المفاعل يعمل وكأنه قد وصل إلى الحالة المستقرة أي يكون زمن المكوث فيه أثناء فترة الإقلاع مماثلة لما سيكون في الحالة المستقرة وتمتاز هذه الطريقة بسهولة العمل ولكنها تستغرق وقتاً طويلاً لحدوث الإقلاع.
- (4) تمديد المياه الخام الداخلة إلى المفاعل: ينصح بتمديد المياه الخام في مرحلة إقلاع المفاعل عند معالجة مياه صرف فيها تركيز COD أكبر من 4000-5000 ملغ/ل وذلك من أجل الحصول على تشكّل جيد للحمأة داخل المفاعل.

2-10-6- العوامل التصميمية والتشغيلية المؤثرة على كفاءة المعالجة في المفاعل: UASB

2-10-6-1- تأثير التحميل العضوي في واحدة الحجم

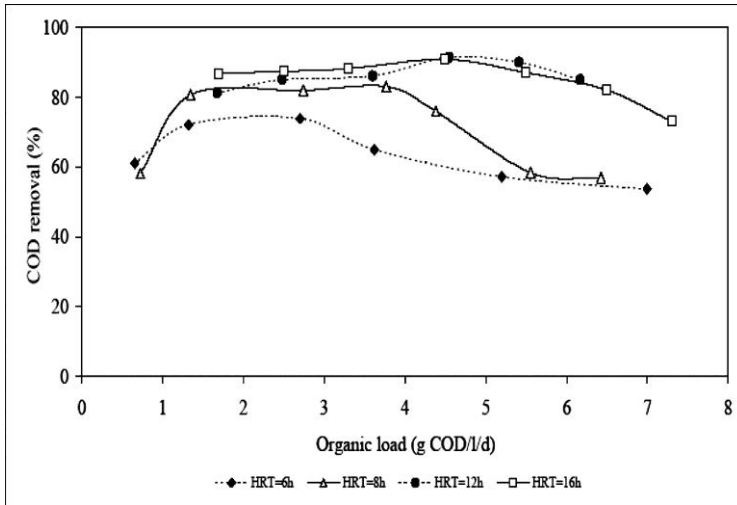
(Organic Load Rate) على كفاءة المعالجة في المفاعل UASB:

- إن كلاً من التحميل الهيدروليكي والتحميل العضوي الملائم للمفاعل UASB يتعلق بخصائص مياه الصرف ونوعية وكمية الأحياء الدقيقة.
- فقد بين سيتوسو (1997) بأنه يمكن تحقيق كفاءة لإزالة الـ COD تصل حتى 85% وذلك لمعدل تحميل عضوي 30 كغ COD/م³.يوم.
 - وفي دراسة مشابهه لرويز (1997) أكد بأنه يمكن الحصول على كفاءة معالجة جيدة في المفاعل UASB وذلك من أجل معدل تحميل عضوي 1-6.5 مرة من معدل التحميل العضوي للمعالجة اللاهوائية بالترشيح.
 - وفقاً للبحث الذي قامت به جامعة شريف فإن معدل التحميل العضوي وعلاقته بالكفاءة موضحة بالشكل رقم (2-3) حيث تم الدراسة على مياه الصرف الناتجة عن عمل المسالخ الفنية والذي يمكن منه استنتاج ما يلي:



الشكل (2-10): العلاقة بين معدل الحمولة العضوية الحجمية وكفاءة إزالة SCOD

- في الأشهر الثلاثة الأولى لتشغيل المفاعل تم زيادة معدل التحميل العضوي وذلك من أجل السماح بتطور جيد لأعداد البكتيريا اللاهوائية حيث كان معدل الحمولة العضوية حوالي 6 كغ COD/م³.يوم في اليوم 65 من بدء التشغيل والكفاءة كانت بحدود 33%.
 - بعد ظهور الحمأة اللاهوائية وتكيفها تم زيادة معدل التحميل العضوي إلى 14.2 كغ COD/م³.يوم وذلك في الأيام 109-130 وفي اليوم 131-143 يوم تم زيادة معدل التحميل العضوي إلى 25 كغ COD/م³.يوم ومع ذلك لم تنخفض كفاءة إزالة SCOD حيث بقيت الكفاءة تتراوح بين 70-83% وذلك عند درجة حرارة 31-35 مئوية.
- وتجدر الإشارة إلى أن هناك علاقة مباشرة بين ثلاث متحولات وهي: درجة الحرارة ضمن المفاعل وزمن المكوث الهيدروليكي فيه ومعدل التحميل العضوي (Organic Load Rate) والذي يرمز له OLR فلكل زمن مكوث هيدروليكي في درجة حرارة ثابتة هناك معدل مثالي للتحميل العضوي يتوافق معه وهذا ما أكدته الدراسة التي قامت بها إحدى الجامعات البرتغالية على مياه الصرف الناتجة عن معامل الألبان والشكل (2-11) يوضح النتائج التي حصلوا عليها في بحثهم:



الشكل (2-11): العلاقة بين معدل التحميل العضوي وكفاءة إزالة COD في أزمنة مكوث هيدروليكية مختلفة

ونلاحظ من الشكل (2-11) ما يلي:
القيمة المثلى لـ ORL (التي تعطي أكبر إزالة لـ COD) بدلالة زمن
المكوث الهيدروليكي:

■ لزمن مكوث 6 ساعات هي 2.6 غ COD/ليتر/يوم وكفاءة إزالة
COD هي 73%.

■ لزمن مكوث 8 ساعات هي 3.8 غ COD/ليتر/يوم وكفاءة إزالة
COD هي 85%.

■ لزمن مكوث 12 ساعات هي 4.8 غ COD/ليتر/يوم وكفاءة إزالة
COD هي 92%.

■ لزمن مكوث 16 ساعات هي 4.8 غ COD/ليتر/يوم وكفاءة إزالة
COD هي 92%.

ويلاحظ: من أجل قيمة معينة $ehfjm$ لـ OLR ازدياد كفاءة الإزالة
بازدياد زمن المكوث الهيدروليكي.

2-10-6-2- تأثير زمن المكوث الهيدروليكي (Hydraulic Retention

Time) والذي يرمز له بـ HRT على كفاءة المعالجة في المفاعل: UASB

يعتبر زمن المكوث الهيدروليكي من أهم العوامل التصميمية التي تحكم
كفاءة المعالجة

فزمن المكوث الهيدروليكي يرتبط بالتدفق الهيدروليكي
بالعلاقة:

زمن المكوث الهيدروليكي = التدفق/حجم المفاعل

التدفق = مساحة مقطع المفاعل × السرعة الشاقولية

وبالتالي فإنه من الضروري عند تصميم المفاعل UASB اختيار زمن

المكوث الهيدروليكي المناسب الذي يحقق سرعة شاقولية مناسبة من أجل
تأمين زمن ملائم للتماس بين المياه الخام وكريات الحمأة الموجودة ضمن
المفاعل.

وقد قامت جامعة أفيرو البرتغالية بدراسة تأثير زمن المكوث الهيدروليكي لمياه الصرف الناتجة عن صناعة الألبان ومن أجل الدراسة تم اختيار أربعة أزمنة مكوث هيدروليكية (HRT) (6-8-12-16) ساعة ومعدل تحميل عضوي يتراوح في المجال (1-8) كغ. COD/م³. يوم ودرجة الحرارة كانت تتراوح بين (34-36) درجة مئوية والسرعة الشاقولية هي 0.11-0.27 (م/ساعة) وتبين ما يلي:

1- من أجل زمن مكوث هيدروليكي يقع ضمن المجال (6-16) ساعة فإن ازدياد زمن البقاء الهيدروليكي من 6-12 ساعة ينتج عنه تحسين كبير في كفاءة المعالجة للمفاعل UASB.

2- عند ازدياد زمن المكوث الهيدروليكي في المجال 12-16 ساعة فإن معدل الإزالة تحسن بشكل ضئيل جداً في بعض الحالات وفي بعض الحالات انخفض أيضاً بشكل ضئيل. حيث لوحظ أن كفاءة المعالجة معبراً عنها بإزالة COD عند قيمة ORL = 5 كغ COD/م³. يوم لزمن مكوث 6 ساعات هي 56% ولزمن مكوث 8 ساعات هي 63% ولزمن مكوث 12 ساعة هي 92% ولزمن مكوث 16 ساعة هي 90%.

نستنتج: بحسب ما وقع بين أيدينا من مراجع أنه في المعالجة اللاهوائية هناك زمن مكوث أمثل أو اقتصادي يحقق أفضل معالجة مقبولة بزمن مكوث مقبول مما يؤدي إلى تصغير حجم المفاعلات اللاهوائية، وزمن المكوث الأمثل يتعلق بعدة عوامل أهمها تركيز الـ COD للمياه الخام ومعدل التحميل العضوي (ORL) والسرعة الشاقولية في المفاعل ويبين الجدول (2-4) أسس تصميم المفاعل UASB:

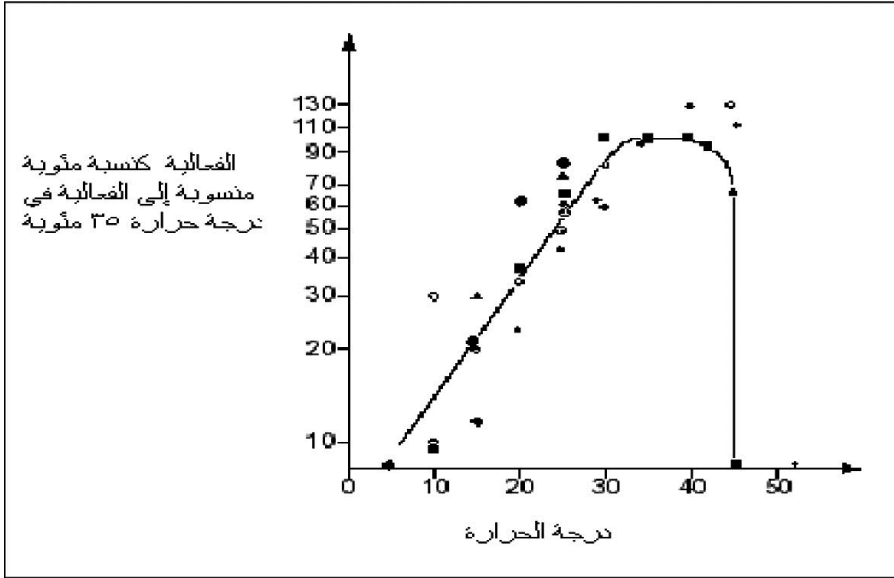
الجدول (2-4): أسس تصميم المفاعل UASB

الكفاءة المتوقعة %	السرعة الشاقولية للجريان م/ساعة	زمن المكوث الهيدرووليكي (ساعة)	معدل التحميل العضوي Kg COD/m ³ .day	تركيز COD للمياه الخام ملغ/ل	تصنيف مياه الصرف
75-70	0.7-0.25	18-6	3-1	أقل أو يساوي 750	منخفضة التلوث
90-80	0.7-0.25	24-6	5-2	3000-750	متوسطة التلوث
85-75	0.7-0.15	24-6	10-5	-3000 10000	شديدة التلوث
80-75	----	أكبر من 24	15-5	أكبر من 10000	فائقة التلوث

2-10-6-3- تأثير درجة حرارة المياه ضمن المفاعل على كفاءة المعالجة

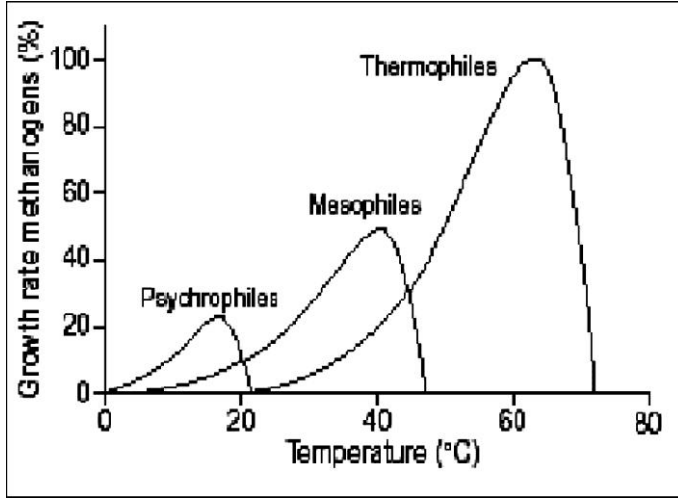
في المفاعل: UASB

إن لدرجة الحرارة دوراً هاماً جداً في عملية المعالجة إذ أن تعداد ونوع البكتيريا التي تنمو في المفاعل ومدى نشاطها يرتبطان بإذنه تعالی بشكل وثيق بدرجة الحرارة، وتقسم البكتيريا حسب درجة الحرارة المثالية لنموها إلى محبات البرد Psychrophilic ومحبات الدفء Mesophilic ومحبات الحرارة العالية Thermophilic، وبشكل عام فإن العمليات الحيوية تتضاعف لكل ارتفاع 10 درجات مئوية في المجال (5-35) درجة مئوية ويبين الشكل (2-5) قيم الفعالية البكتيرية كنسبة مئوية من الفعالية العائدة لدرجة الحرارة 35 درجة مئوية.



الشكل (2-12): فعالية نشاط البكتريا تبعاً لدرجة الحرارة

من الشكل السابق نلاحظ أن درجة الحرارة المثلى التي يتم فيها أفضل فعالية لنشاط البكتريا وبالتالي أفضل كفاءة إزالة لـ COD تتراوح بين الدرجة 35-40 درجة مئوية وذلك في ظروف البكتريا المحبة للدفء، وكذلك عند تشغيل المفاعل في درجات الحرارة العالية (50-55) درجة مئوية أي في ظروف البكتريا المحبة لدرجة الحرارة العالية (Thermophilic) فإن درجة الحرارة المثلى لعمل المفاعل هي 55 درجة مئوية ويمتاز النظام الذي يعمل بظروف درجة الحرارة العالية بأنه غير مستقر وذلك لأن البكتريا المحبة لدرجة الحرارة العالية تتميز بمعدل اضمحلال كبير مما يجعل عملية التحكم وضبط النظام صعبة، وبشكل عام فإن معدل النمو للبكتريا محبة لدرجة الحرارة العالية أكبر بحوالي 50-100% من معدل نمو البكتريا المحبة للدفء (Mesophilic) كما هو موضح بالمخطط الآتي:



الشكل (2-13): العلاقة بين درجة الحرارة وبين معدل نمو البكتيريا المنتجة للميثان

2-10-6-4- تأثير قيمة الـ pH ضمن المفاعل على تشغيل وكفاءة

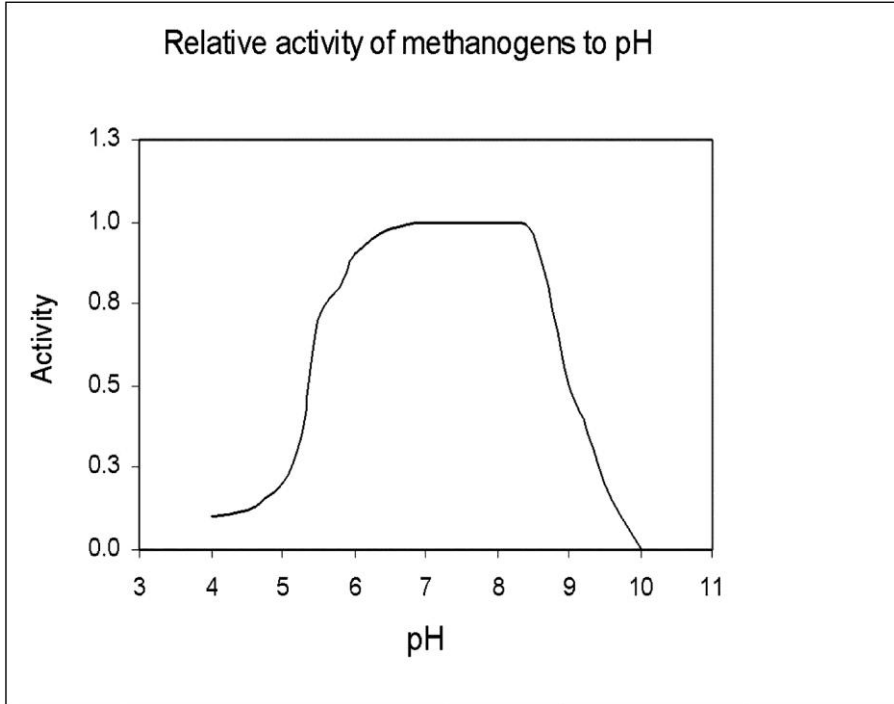
المعالجة في المفاعل: UASB

إن وجود نوعين من البكتيريا ضمن المفاعل البكتيريا المنتجة للحموض والبكتيريا المنتجة للميثان يتطلب وجود قيمتين لـ pH ضمن المفاعل حتى يعمل كلا النوعين بشكل فعال فقيمة الـ pH المثالية لعمل البكتيريا المنتجة للحموض هي 5.5-6.5 وقيمة الـ pH المثالية لعمل البكتيريا المنتجة للميثان هي 7.8-8.2.

لكن من المستحيل تأمين قيم مزدوجة لـ pH في آن واحد ضمن المفاعل تناسب عمل البكتيريا المنتجة للحموض والبكتيريا المنتجة للميثان بشكل أمثل لذلك فإن القيمة العملية لـ pH المياه ضمن المفاعل هي 6.8-7.4 وبذلك نضمن وجود كلا نوعي البكتيريا المنتجة للحموض والمنتجة للميثان في المفاعل بشكل مقبول.

إن القيم المنخفضة لـ pH للمياه ضمن المفاعل تؤثر سلباً على البكتيريا المنتجة للميثان مسببة تراكم كبيراً للحموض العضوية الطيارة ولغاز الهيدروجين ضمن المفاعل.

لحل هذه المشكلة يضاف في المفاعل مواد كيميائية لضبط قيمة الـ pH ومن هذه المواد مائعات الصوديوم والكلس الحي أو أي مادة قلوية أخرى والشكل الآتي (2-7) يوضح علاقة pH للمياه الخام ضمن المفاعل مع فعالية البكتريا المنتجة للميثان:

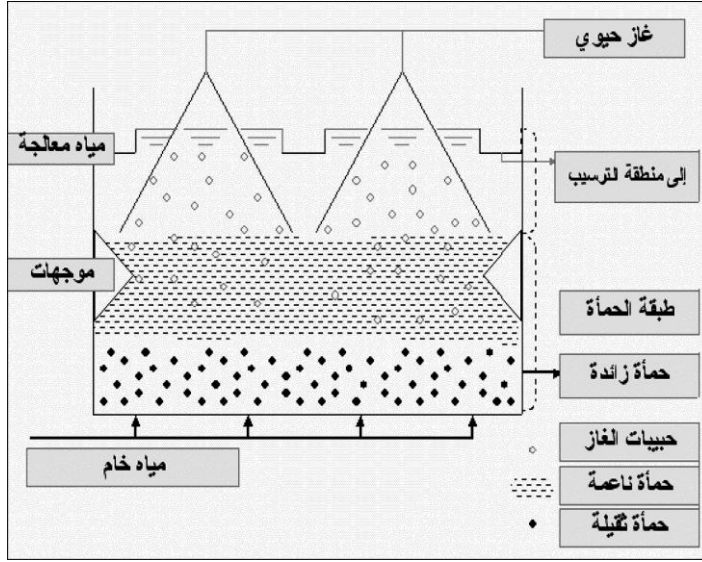


الشكل (2-14): علاقة pH للمياه الخام ضمن المفاعل مع فعالية البكتريا المنتجة للميثان

2-10-6-5- تأثير عمر سرير الحمأة على كفاءة المعالجة في المفاعل

:UASB

المقصود بسرير الحمأة هو طبقة الحمأة في المفاعل UASB والتي تتكون من حمأة ناعمة وحمأة ثقيلة كما هو موضح في الشكل (2-15).



الشكل (2-15): مخطط توضيحي لمفاعل UASB يظهر أنواع طبقات الحمأة

وتشير نتائج بعض الدراسات التي أجريت على المفاعل UASB أنه يمكن أن يكون هناك تأثيراً لعمر سرير الحمأة على كفاءة المعالجة في المفاعل UASB فبحسب الدراسة السابقة إن أداء المفاعل UASB خلال 230 يوم يمكن أن يمر بثلاث مراحل وهي:

- مرحلة الإقلاع وتبدأ في اليوم الأول وتنتهي في اليوم السابعين من عمر سرير الحمأة.
- مرحلة التشغيل العادي وتبدأ من اليوم 71 وتنتهي في اليوم 166.
- مرحلة التحميل الأعظمي على المفاعل وتبدأ من اليوم 167 وتنتهي في اليوم 230 من عمر المفاعل وفي هذه الفترة يكون قد تم الحصول على

حبيبات من الحمأة الثقيلة تتراوح أبعادها بين 1-4 مم ويمكن زيادة معدل التحميل العضوي من 14 إلى 25 كغ COD/م³.يوم وذلك بكفاءة إزالة COD تتراوح بين 75-80%، ويمكن تفسير ذلك بأنه عند وصول المفاعل UASB إلى الحالة الثابتة يظهر شكلان من الحمأة الشكل الأول هو الحمأة الخفيفة المعلقة والشكل الثاني هو الحمأة الثقيلة التي تكون مترسبة ومع الزمن تصبح النسبة الأكبر من الحمأة على شكل حمأة ثقيلة تتراوح أبعادها بين 1-4 مم والتي من المحتمل أن تكون أكثر فاعلية من الحمأة المعلقة.

إن تأثير عمر سرير الحمأة على كفاءة إزالة COD في مفاعل UASB هو من الأمور الدقيقة والحديثة التي لا يزال يدرس تأثيرها على أداء المفاعل UASB، ولا تزال الأبحاث تنجز في أنحاء من العالم لتطوير المفاعل UASB واختبار فاعلية هذه الطريقة في معالجة مياه الصرف الصناعي وبعضاً من هذه الأبحاث مبنية في الجدول الآتي:

الجدول (2-5): بعض الأبحاث المنجزة على المفاعل UASB لاختيار كفاءة المعالجة فيه عند معالجة مياه الصرف الصناعي

الباحث والمنطقة	مصدر مياه الصرف وقيمة COD لمياه الصرف الخام	الحمولة العضوية في واحدة الحجم Kg. COD/m ³ .day	زمن المكوث الهيدروليكي (ساعة)	كفاءة المعالجة %	الحرارة ومجال الاختبار
رويز في إسبانيا عام 1997	مذابح وقيمة COD للمياه الخام هي 11400-5200 ملغ/ل	6.58-1.03	156-28.8	93-59	37 درجة مئوية، L
كاليزني في المكسيك عام 1998	بطاطا الشيبس وقيمة COD للمياه الخام	13.89-0.63	144-15.6	-63.4 81.3	35 درجة مئوية، L

الباحث والمنطقة	مصدر مياه الصرف وقيمة COD لمياه الصرف الخام	الحمولة العضوية في واحدة الحجم Kg. COD/m ³ .day	زمن المكوث الهيدروليكي (ساعة)	كفاءة المعالجة %	الحرارة ومجال الاختبار
	هي 5500- 18100 ملغ/ل				
جوندا ليز في كوبا عام 1998	صناعة السكر من قصب السكر وقيمة COD للمياه الخام هي 3820-3640 ملغ/ل	7.15-2.3	39.6 - 12.48	91-59.9	P, 32-24
حجار وصغير في جامعة حلب سوريا 2007	معمل الخميرة وقيمة COD للمياه الخام هي 10200-16320 ملغ/ل	6.67-4	36-18	-36.6 51.3	37-9 درجة مئوية، L
حجار وصغير في جامعة حلب سوريا 2011	المذابح الفنية وقيمة COD للمياه الخام هي 2500-4700 ملغ/ل	10.2-2.97	36-6	-35.8 83.4	31-29 درجة مئوية، P

L: تدل على أن حجم المفاعل المستخدم في التجارب هو أصغر من 10 ليتر، P: تدل على أن حجم المفاعل المستخدم في التجارب يتراوح بين 10-100 ليتر.

المعالجة البيولوجية المتقدمة لمياه الصرف الصحي (advanced wastewater treatment)

إن الغرض من أعمال المعالجة البيولوجية هو تحويل المواد العضوية المنحلة والمعلقة ضمن المياه الملوثة والتي - لم تترسب ضمن أحواض الترسيب الأولية - إلى مواد ثابتة عالقة قابلة للترسيب وذلك عن طريق تنشيط البكتريا والكائنات الدقيقة الحية في شروط هوائية وذلك بتأمين الأوكسجين اللازم لها عن طريق تعريضها للهواء الجوي، أو إدخال الهواء المضغوط داخل المياه الملوثة، كما يتم تنشيط البكتريا عن طريق إعادة جزء من الحمأة المترسبة ضمن أحواض الترسيب النهائية بنسبة معينة حيث تعمل على إمداد البكتريا المنشطة بالعناصر اللازمة لنموها.

تعتبر طريقة الحمأة المنشطة من أهم طرق المعالجة الهوائية المتبعة لمعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي لما تتمتع به من مميزات تجعلها في مقدمة طرق المعالجة.

وتجرى حالياً العديد من الأبحاث وفي الكثير من أنحاء العالم لتطوير هذه الطريقة، وخصوصاً فيما يتعلق بإزالة الفوسفور والنروجين، ويبين الجدول (1-3) القيم النموذجية للعوامل الحركية لعمليات الأكسدة الكربونية في طريقة الحمأة المنشطة، كما يبين الجدول (2-3) قيم معامل فعالية درجة الحرارة للبكتريا عضوية التغذية في طريقة الحمأة المنشطة ويبين الجدول (3-3) المؤشرات المختلفة لكل طريقة من طرق الحمأة المنشطة.

الجدول (1-3): القيم النموذجية للعوامل الحركية لعمليات الأكسدة الكربونية في طريقة الحمأة المنشطة لمعالجة مياه الصرف الصحي

المعامل	الواحدة	المجال	القيمة النموذجية ⁽¹⁾
k	غرام bsCOD/غرام × (VSS يوم)	10-2	5
K _s	ملغ/ل معبراً عنه بـ BOD ₅	100-25	60
	ملغ/ل معبراً عنه بـ bsCOD	60-10	40
Y	ملغ BOD ₅ /ملغ VSS	0.8-0.4	0.6
	ملغ bsCOD/ملغ VSS	0.6-0.3	0.4
k _d	غرام VSS/غرام × VSS يوم	0.2-0.06	0.12
μ _m	غرام VSS/غرام × VSS يوم	13.2-3	6

الجدول (2-3): قيمة معامل فعالية درجة الحرارة للبكتريا عضوية التغذية⁽²⁾ (Heterotrophic Bacteria) في طريقة الحمأة المنشطة

قيمة معامل فعالية درجة الحرارة (θ)		المعامل
القيمة النموذجية	المجال	
1.07	1.08-1.03	μ _m
1.04	1.08-1.03	k _d
1	1	K _s

- (1) هذه القيم في درجة حرارة 20 درجة مئوية.
(2) تستخدم هذه القيمة أيضاً عند حساب المعاملات الحركية في الحوض المنقوص الأوكسجين.

الجدول (3-3): المؤشرات المختلفة لكل طريقة من طرق الحمأة المنشطة

نسبة التدفق المتدفق المواد إلى التدفق الوسطي Q_2/Q_1	زمن الكروث العيبر، وركلي ضمن حوض التهوية V/Q_{th}	MLSS (mg/l)	احموة العضوية الخجمية kg BOD ₅ /m ³ .day	F/M (kg BOD ₅ /kg MLVSS.day)	عمر الحمأة (زمن مكوث الحطايا) t_{th} بالأيام	نوع الجريان	نوع العملية
1-1.5	3-1.5	1000-2000	2.4-1.2	2-1.5	2-0.5	دقيقي	ذات المعامل العالي للتهوية
1.5-0.5	(1-0.5)	(3000-1000)	1.3-1	0.6-0.2	10-5	دقيقي	التثبيت بالتعاسم
	(4-2)	(10000-6000)					
0.5-0.25	3-1	5000-2000	3.2-1.3	1-0.5	4-1	دقيقي	ذات الأوكسجين عالي الفعارة
0.75-0.25	8-4	3000-1000	0.7-0.3	0.4-0.2	15-3	دقيقي	تقليدية ذات جريان دقيقي
0.75-0.25	5-3	4000-1500	1-0.7	0.4-0.2	15-3	دقيقي	التقليدية على مراحل
1-0.25	5-3	4000-1500	1.6-0.3	0.6-0.2	15-3	مرج كامل	ذات المزج الكامل
1.5-0.5	30-20	5000-2000	0.3-0.1	0.1-0.04	40-20	دقيقي	التهوية المبدية
1.5-0.75	30-15	5000-3000	0.3-0.1	0.1-0.04	30-15	دقيقي	جنادق الأوكسدة
NA	40-15	5000-2000	0.3-0.1	0.1-0.04	30-10	متقطع	الفاعل ذو الدلفعات التسلسلية (Sequencing) batch reactor
NA	40-20	5000-2000	0.3-0.1	0.1-0.04	25-12	متقطع	التفريغ على دفعات Batch Decant
0.75-0.25	40-15	4000-2000	0.3-0.1	0.1-0.04	30-10	دقيقي	نظام التهوية بالبار العاكس Countercurrent aeration system

- (1) الجريان الدقيقي Plug Flow ويسمى أحياناً بالجريان الأنبوبي كما يسمى بالجريان البستوني.
- (2) في حالة التدرجة يمكن زيادة هذه القيمة بمقدار 25-50%.
- (3) في حالة التدرجة يمكن زيادة هذه القيمة بمقدار 25-50%.
- (4) اختلافات MLSS تعتمد على نسبة دورة التشغيل.
- (5) NA: غير قابل للتطبيق أو غير عملي.
- (6) اختلافات MLSS تعتمد على نسبة دورة التشغيل.

3-1- المركبات المعيقة لنشاط البكتريا في طريقة الحمأة المنشطة أو المركبات التي تسبب السمية:

إن المعادن الثقيلة تعتبر من أخطر المواد التي تسبب إعاقة لنشاط البكتريا أو تسبب السمية، وإن وجود المعادن الثقيلة بالشكل المنحل في مياه الصرف سيؤدي إلى انخفاض كفاءة المعالجة وتخرج أيضاً هذه المواد السامة مع المياه المعالجة، لذلك فإن مياه الصرف الحاوية على تلك المعادن تسبب تثبطاً لنشاط البكتريا في محطة المعالجة، لذلك يجب إزالة هذه المواد السامة من مصادرها أو عن طريق معالجتها بمحطات معالجة خاصة تؤمن معالجة أولية قبل إجراء المعالجة في محطة المعالجة الرئيسية، وإن تراكيز المواد المعيقة لنشاط البكتريا في طريقة الحمأة المنشطة موضحة في الجدول رقم (3-4):

الجدول (3-4): تركيز بعض العناصر والمواد التي تسبب سمية وإعاقة لنشاط البكتريا في عمليات الحمأة المنشطة

التركيز المسبب للإعاقة (inhibitory) (ملغ/ل)		الملوث
عملية الترتة	الإزالة الكربونية (إزالة BOD ₅ والمواد العضوية)	
	26-15	الألمنيوم
	480	الأمونيا
	0.1	الزرنينخ
	100-10	الكادميوم
	2500	الكالسيوم
0.25	10-1	الكروم السداسي
	50	الكروم الثلاثي
0.5-0.005	1	النحاس
0.34	5-0.1	السيانيد
	1000	الحديد
	10	المنغنيز
50		المغنزيوم

التركيز المسبب للإعاقة (inhibitory) (ملغ/ل)		الملوث
عملية الترتة	الإزالة الكربونية (إزالة BOD ₅ والمواد العضوية)	
	5-0.1	الزئبق
0.25	2.5-1	النيكل
	5	الفضة
500		الكبريتات
0.5-0.08	10-0.8	الزنك
10-4	200	الفينولات
16-4		الفينول
150		الكريسول
		4-2 دي نترو فينول

3-2- المعالجة البيولوجية المتقدمة لمياه الصرف الصحي (advanced biological wastewater treatment):

يقصد بالمعالجة البيولوجية المتقدمة (advanced biological wastewater treatment) - كما ورد في بعض المراجع، إزالة الفوسفور والنروجين من مياه الصرف الصحي بطرق بيولوجية بحتة دون إضافة مركبات كيميائية أو اعتماد مراحل فيزيائية تتبع مرحلة المعالجة الثانوية لمياه المجاري، وقد يستخدم المصطلح (advanced wastewater treatment) في بعض المراجع للدلالة على إضافة مرحلة معالجة ثالثة لمياه المجاري كإضافة مرحلة معالجة كيميائية أو فيزيائية أو كليهما معاً لإزالة المواد الصلبة الذائبة والفوسفور والنروجين والشوارد المختلفة.

إذن إضافة كلمة بيولوجي (biological) قبل المصطلح (advanced wastewater treatment) هي الدالة على استخدام طريقة بيولوجية لإزالة الفوسفور والنروجين من مياه الصرف.

إن ظاهرة النمو الطحلي (بسبب التوفر الغذائي) هي عملية نمو طبيعي ضمن المياه بسبب تزايد النشاط الحيوي وتنصف المياه ذات النمو الطحلي بوجود أعشاب مائية وأشنيات طحلية ضمنها بتراكيز عالية، إن اضمحلال هذه

العضويات يؤدي إلى ترسيبها إلى القاع ومن ثم تحللها وتأكسدها مما يؤدي في النهاية إلى استهلاك الأوكسجين المنحل المتوفر بالمياه وبالتالي ظهور حالات لاهوائية في القاع مترافقة مع روائح كريهة.

إنّ الفوسفور والآزوت هما المغذيان الرئيسيان المسببان لظاهرة النمو الطحلي ولذلك فإنّ إزالتها ضمن محطات المعالجة سيحد من هذه الظاهرة، إن مهندسي البيئة يعتبرون أن التخلص من هذه المواد المغذية ضمن محطات المعالجة الطريقة الأكثر فاعلية للتحكم بهذه الظاهرة.

3-3- آليات إزالة المغذيات:

تمثل هذه الآليات بتوفير الظروف المناسبة لتكاثر البكتريا المسؤولة عن المعالجة والحد من الظروف غير المناسبة التي تؤدي إلى تموت هذه البكتريا، وتعتمد درجة المعالجة على عدد من الأنواع المحددة من البكتريا ولذلك يجب الأخذ بالحسبان متغيرات معينة مؤثرة أثناء تصميم العملية وتشغيلها.

3-4- إزالة الفوسفور من مياه المجاري بالطرق البيولوجية:

في معظم مياه الصرف يزال حوالي 10% من الفوسفور طبيعياً بالترسيب الأولي ما عدا الكمية الداخلة في نسيج الخلية، إن الإزالة الإضافية المنجزة في المعالجة البيولوجية التقليدية هي أصغريه لأنه غالباً كل الفوسفور الموجود بعد الترسيب الابتدائي يكون بشكل منحل (orthophosphate, polyphosphate) بالإضافة إلى الفوسفور المرتبط عضوياً في نسيج الخلية.

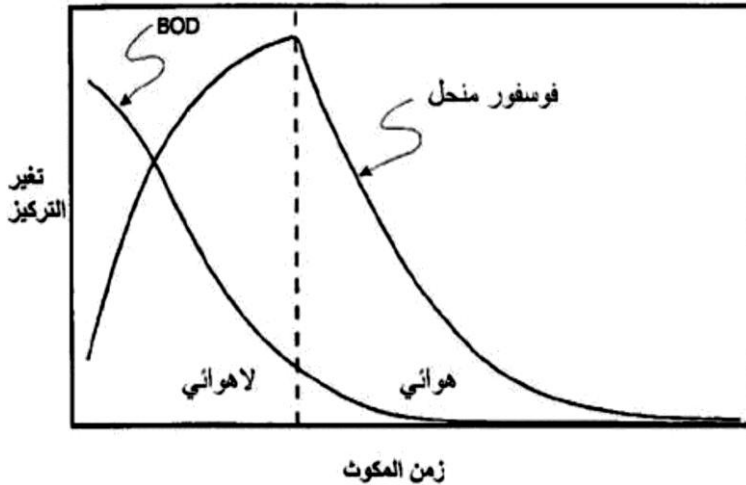
إن محتوى نسيج الخلية من الفوسفور يشكل حوالي خمس محتوى النتروجين، محتوى الفوسفور الحقيقي يمكن أن يتغير من 1/71 إلى 1/31 من قيمة النتروجين اعتماداً على ظروف بيئية نوعية، وتتراوح قيمة نسبة الفوسفور المزال الموجود في الحمأة الزائدة خلال المعالجة الثانوية بين (10-30)% من تركيز الفوسفور الداخل إلى المعالجة الثانوية.

إن مفتاح إزالة الفوسفور بيولوجياً هو تعريض الكائنات الحية إلى الظروف الهوائية واللاهوائية الاختيارية وإن هذا التعريض المتناوب يجعل امتصاص

الكائنات الحية للفوسفور أعلى من الطبيعي، إن الفوسفور لا يستخدم فقط من أجل تركيب وبقاء الخلية ونقل الطاقة ولكن يخزن أيضاً من أجل الاستخدام اللاحق من قبل الكائنات الحية، وإن الحمأة المحتوية على الفوسفور الفائض يتم التخلص منها أو تزال عبر معالجة جانبية (side stream) لتحرير الفائض.

لقد تم البحث في ظاهرة إزالة الفوسفور حيويًا Enhanced Biological Phosphorus Removal (EBPR) بواسطة الحمأة المنشطة في فترة الستينات وأشير إليها على أنها من متطلبات عمليات الاستقلاب الخلوي للحمأة، ولقد تم إنجاز العديد من الدراسات منذ أوائل السبعينات على أشكال متنوعة من الآليات التي تتحكم بهذه العملية وقد وجد أنه يجب أن تخضع المعالجة الحيوية للعمليات اللاهوائية لفترة محددة قبل عملية التهوية.

ومن المتطلبات الأساسية لعملية EBPR الاختيار المناسب للعضويات، وإحضار الحمأة مع مياه الصرف إلى دورة هوائية/لاهوائية وبشكل متعاقب فإن المتعضيات الدقيقة القادرة على تخزين الفوسفور في كتلتها الحيوية على شكل متعدد فوسفات (Poly-P) تتكاثر بالانقسام في هذا النظام، يظهر الشكل (1-3) المنحني النظامي لتراكيز BOD والفوسفور أثناء عملية الإزالة البيولوجية لهما في حوضين لاهوائي وهوائي.



الشكل (1-3) التوضيح البيولوجي للتغير الحاصل لـ BOD & P أثناء إزالتها

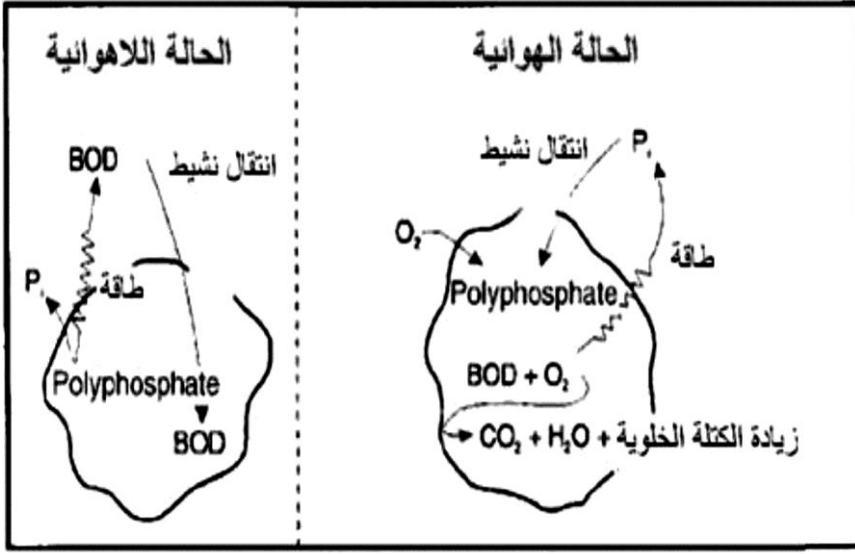
إنّ تحرير الفوسفور المعقد المتواجد ضمن الخلايا البكتيرية إلى الوسط المائي يعكس الامتصاص السريع للمواد العضوية BOD في البيئة اللاهوائية، وفي المنطقة الهوائية يتم امتصاص الفوسفات المنحلة ضمن الوسط (المياه) لتصل لتراكيز منخفضة جداً بالتزامن مع الإزالة المستمرة لـ BOD.

لقد طرح العالم Hong et. al في عام 1982 تفسيراً لهذه الآلية الحيوية، إن تحطم البولي فوسفات في المنطقة اللاهوائية يولد طاقة تلزم لنقل الملوثات إلى داخل الخلايا البكتيرية التي يتجمع فيها الفوسفور وهذا يفسر تغيرات تركيز BOD والفوسفات في المعالجة اللاهوائية. وكنتيجة لذلك فإن هذه البيئة تعمل كمنطقة اختيارية والبكتريا المجمعّة للفوسفات تعرف بالأسيتوبكتريا (Acinetobacter) وتتكاثر بالانقسام ضمن هذا النظام.

حالمًا يصل تجمع الخلايا المجمعّة للفوسفات وبقية الكائنات الدقيقة إلى البيئة الهوائية فإن أغلب المواد العضوية BOD سهلة التأكسد تنتقل إلى داخل البكتريا المخزونة للفوسفات. وحالمًا تتأكسد المواد العضوية BOD فإن الطاقة الناتجة تستخدم لتركيب البولي فوسفات وتشكل خلايا جديدة وهذه الخلايا الجديدة هي المسؤولة عن إزالة الفوسفور في النظام.

إن العملية المتبادلة للحياة الهوائية واللاهوائية تعطي مياه معالجة ذات تراكيز منخفضة من BOD والفوسفور المنحل كما أنّها تنتج حمأة غنية بالبولي فوسفات.

افترض العالمان (Tracy and Flammino) تفسيراً أكثر تفصيلاً للعلاقة بين استقلاب الملوثات والبولي فوسفات المخترن كما في الشكل (3-2)، ويجب إن تكون المتعضيات المخزونة من البولي هيدروكسي بيوتيرات (Polyhydroxybutyrate) أو اختصاراً (PHB).



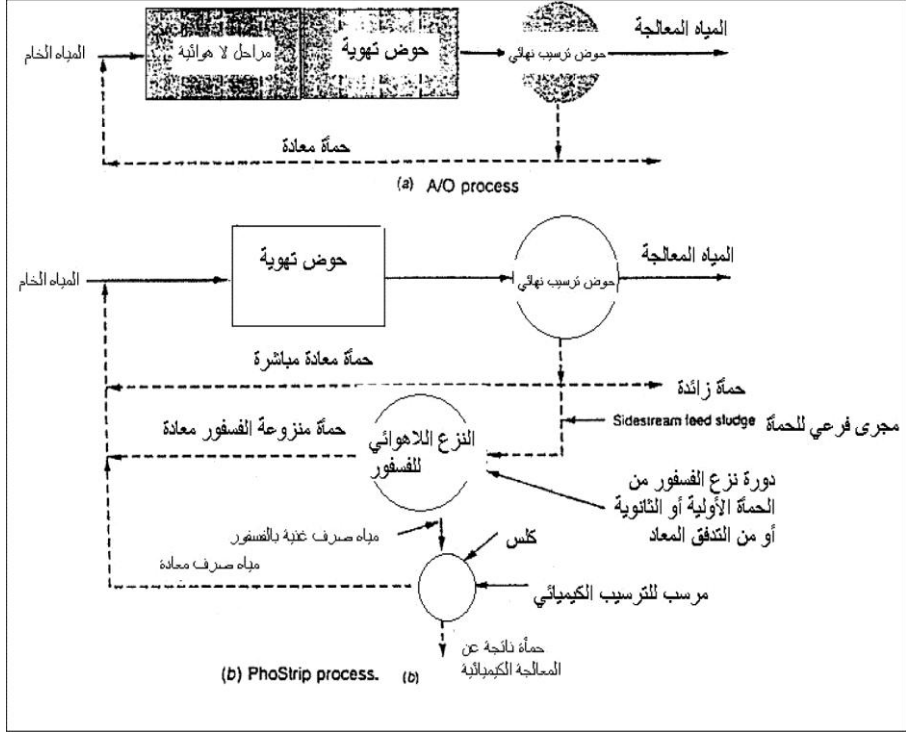
التفاعلات الخلوية

الشكل (2-3) شرح تخطيطي لعملية إزالة المغذيات بيولوجياً

وتظهر الدراسات أن الحموض الدسمة ذات الوزن الجزيئي المنخفض كالحلات هي المصدر المفضل للكربون، إضافة إلى أن أنواع الكاتيونات كالبتاسيوم والمغنزيوم ضرورية لتركيب البولي فوسفات. ووفقاً لخصائص مياه الصرف يصمم نظام EBPR لمعدل F/M أعلى ويحقق هذا عموماً درجة إزالة أعلى للفوسفور، إن نظاماً يعمل بمعدل أعلى من الـ F/M ينتج كتلة أكبر من الحمأة لضم الفوسفور، وبما أن إنتاج الحمأة واستهلاكها هو المسؤول عن الإزالة الصافية للفوسفور فإن هذا المتغير هو المفتاح للنجاح بإزالة الفوسفور بيولوجياً.

وكمعظم التفاعلات الحيوية تميل العضويات في عملية EBPR إلى pH معتدل، وقد أظهرت الدراسات المخبرية الشاملة أن معدل الامتصاص الأعلى للفوسفور يتحقق في مجال pH من 6.8-7.4، وتنخفض المعدلات تدريجياً بحدود 70% عند pH يساوي 6 وتحت هذه القيمة تنخفض المعدلات بسرعة حتى تنعدم الإزالة عند pH = 5.

ويظهر الشكل (3-3) مخططاً توضيحياً لطريقتين من الطرق البيولوجية لإزالة الفوسفور:



الشكل (3-3): بعض البدائل لأنظمة إزالة الفوسفور

3-4-1- عملية النزاع المباشر للفوسفور

A/O (Main Stream Phosphorus Removal)

تستخدم عملية A/O من أجل الأكسدة الكربونية وإزالة الفوسفور من مياه الصرف وهذه العملية تندرج تحت نظام النمو المعلق ذي المرحلة الواحدة والذي تشترك فيه مراحل لاهوائية وهوائية على التوالي كما في الشكل (3-3). ويجب عمل تدابير احتياطية في هذه الطريقة من أجل الترتة وذلك بتأمين المدة الزمنية اللازمة في المرحلة الهوائية وتعاد الحمأة المرسبة إلى بداية المفاعل وتمزج مع المياه الخام الداخلة.

تحت الظروف اللاهوائية إنَّ الفوسفور المحتوى في مياه الصرف والكتلة الحية المعادة يتحرر على شكل فوسفات منحل، وبعدها يمتص الفوسفور من قبل الكتلة الحية في المنطقة الهوائية وهكذا سيزال الفوسفور من التدفق في الحمأة الفائضة، وإن تركيز الفوسفور في التدفق الخارج يعتمد بشكل رئيسي على نسبة BOD₅/P لمياه الصرف المعالجة وقد سجل بأن هذه النسبة عندما تزيد عن 10 فإن الفوسفور المنحل في التدفق الخارج ستكون 1 ملغ/ل، وفي الحالات التي تكون فيها نسب BOD₅/P أقل من 10 فإنه يمكن إضافة أملاح المعادن للحصول على تراكيز منخفضة للفوسفور في التدفق الخارج.

3-4-2 عملية النزح الجانبي

Phostrip process (Side stream phosphorus removal)

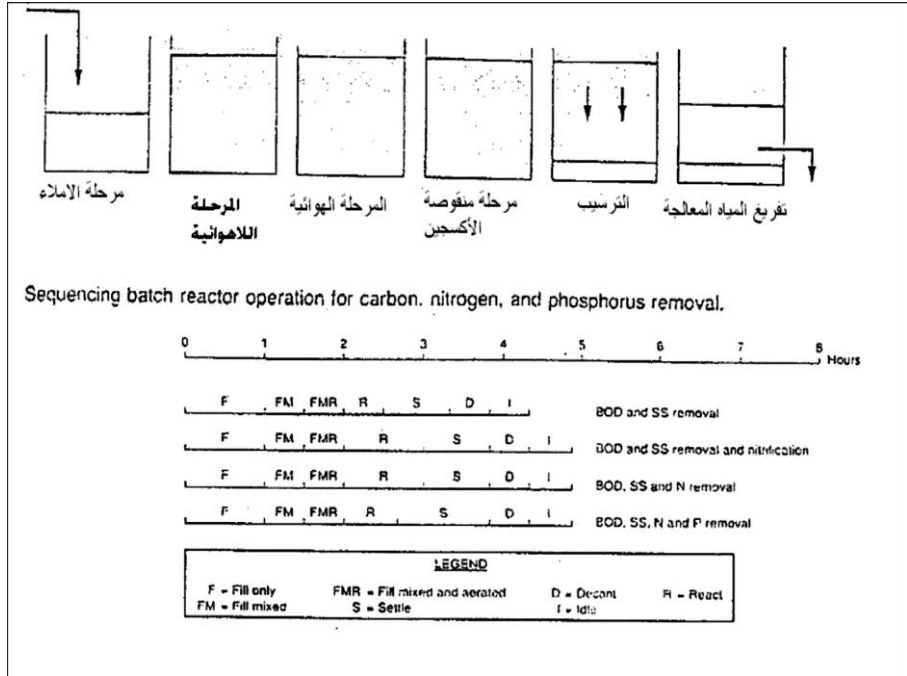
في هذه العملية يقاد قسم من الحمأة المنشطة المعادة من قاع المرسب النهائي إلى حوض نزح الفوسفور اللاهوائي، إن المدة الزمنية اللازمة في حوض النزح تتراوح ما بين 8-12 ساعة، والفوسفور المحرر في حوض النزح يخرج من الحوض مع الحمأة المنشطة الفقيرة بالفوسفور، ويعاد إلى حوض التهوية، إن السائل الطافي (فوق الحمأة) في حوض نزح الفوسفور والغني بالفوسفور يعالج بالكلس أو أي مادة مروبة في حوض منفصل ويتم التخلص منها إلى أحواض الترسيب الابتدائية أو إلى أحواض ترسيب وترويق منفصلة لفصل المواد الصلبة ويزال الفوسفور من النظام بالترسيب الكيميائي، إن أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية المترافقة مع عمليات نزح الفوسفور قادرة على الوصول إلى تركيز فوسفور الكلي في مياه الصرف المعالجة إلى أقل من القيمة 1.5 ملغ/ل دون أي عملية ترشيح.

3-4-3- المفاعل الدفقي المتعاقب (SBR) Sequencing batch reactor:

إن نظام SBR يمكن أن يشغل للحصول على الأكسدة الكربونية وإزالة الفوسفور والنيتروجين أيضاً كما هو موضح في الشكل رقم (3-4)، وإن إنقاص هذه الملوثات يمكن إنجازها بإضافة مواد كيميائية أو بدونها وذلك بتغيير دورة

التشغيل في المفاعل، وإن الفوسفور يمكن أن يزال بإضافة مروبات أو بيولوجياً بدون إضافة مروبات.

إن المرحلة اللاهوائية تحدث تحريراً للفوسفور واستهلاكاً لـ BOD_5 ومن ثم تتم إزالة الفوسفور في المرحلة الهوائية مع الحمأة الزائدة. ويمكن أن تتم عملية التترتة وإزالة التترات في هذا المفاعل كما هو موضح في الشكل (3-4) وذلك بحسب مراحل العمل.



الشكل (3-4): مراحل تشغيل طريقة SBR لإزالة الكربون والنيتروجين والفوسفور

ويظهر الجدول (3-5) معلومات تصميمية نموذجية للإزالة البيولوجية للفوسفور:

الجدول (3-5): المعلومات النموذجية لإزالة البيولوجية للفوسفور

العملية			الواحدة	المؤشرات التصميمية
Sequencing batch reactor (SBR)	Phostrip	A/O		
0.5-0.15	0.5-0.1	0.7-0.2	كغ BOD / كغ MLVSS. يوم	نسبة الغذاء/عدد الأحياء الدقيقة (F/M)
	30-10	25-2	يوم	زمن مكوث المواد الصلبة θ_c
3000-2000	5000-600	4000-2000	ملغ/ل	تركيز المواد المعلقة في السائل المزوج MLSS
3-1.8 4-1	12-8 10-4	1.5-0.5 3-1	ساعة	زمن المكوث الهيدروليكي - المنطقة اللاهوائية - المنطقة الهوائية
--	50-20	40-25	نسبة مئوية من التدفق الداخل	نسبة إعادة الحمأة
---	20-10	----	نسبة مئوية من التدفق الداخل	التدوير الداخلي

وإنّ محاسن ومساوئ الطرق البيولوجية السابقة لإزالة الفوسفور مبيّنة في الجدول (3-6):

الجدول (3-6): محاسن ومساوئ الطرق البيولوجية لإزالة الفوسفور

المساوئ	الخاصات	العملية
<p>- غير قادرة على الوصول لمستويات عالية من إزالة النتروجين والفوسفور بنفس الوقت.</p> <p>- تحقيق كفاءة الإزالة الجيدة في ظروف التشغيل في الطقس البارد غير مؤكدة.</p> <p>- يجب أن تكون BOD/P كبيرة، وزمن صغير لعمر حمأة.</p> <p>- يمكن أن تكون محدودة مرونة ضبط العملية محدودة.</p>	<p>- التشغيل بسيط نسبياً مقارنة مع العمليات الأخرى.</p> <p>- الحمأة الفائضة ذات محتوى عال نسبياً من الفوسفور (3-5%) وذات قيمة سمادية.</p> <p>- زمن مكوث هيدروليكي قصير نسبياً.</p> <p>- يمكن الوصول إلى نترتة كاملة وتحقيق كفاءة إزالة مقبولة للفوسفور.</p>	عملية A/O
<p>- تتطلب الكلس من أجل ترسيب الفوسفور.</p> <p>- تتطلب تركيزاً من الأوكسجين المنحل أعلى في السائل الممزوج لمنع تحرر الفوسفور في المرسب.</p> <p>- تحتاج إلى حوض تخزين إضافي من أجل عملية النزع.</p> <p>- استخدام الكلس يمكن أن يسبب مشكلة في الصيانة.</p>	<p>- يمكن أن تدمج بسهولة في محطات الحمأة المنشطة المنفذة سابقاً.</p> <p>- العملية مرنة.</p> <p>- عملية إزالة الفوسفات غير محكومة بنسبة BOD/P.</p> <p>- استخدام المواد الكيميائية أقل بكثير من عملية الترسيب الكيميائي.</p> <p>- يمكن الحصول على تراكيز من أورثو الفوسفات أقل من 1.5 ملغ/ل.</p>	عملية PHOSTRIP
<p>- مناسبة فقط من أجل التدفقات الصغيرة.</p>	<p>- العملية مرنة جداً من أجل الإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور.</p> <p>- العملية بسيطة التشغيل.</p>	عملية: SBR

كذلك يمكن إزالة الفوسفور من مياه المجاري بالطرق الفيزيائية كالترشيح والتناضح العكسي والامتصاص الكربوني وبالطرق الكيميائية كالترسيب بواسطة الكلس أو الأملاح المعدنية ولن نتطرق لهذه الطرق لأنّ بحثنا فقط بالطرق البيولوجية لإزالة الفوسفور من مياه صرف المذابح الفنية، والجدول الآتي (3-7) يوضح تأثيرات عمليات المعالجة وغيرها على إزالة الفوسفور:

الجدول (3-7): تأثير طرق المعالجة على نزع الفوسفور من المياه الملوثة

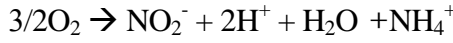
فعالية إزالة الفوسفور %	طريقة المعالجة
	* المعالجة التقليدية:
20-10	- المعالجة الأولية.
25-10	- الحمأة المنشطة.
12-8	- المرشحات الحجرية.
12-8	- الأفراس البيولوجية الدوارة.
	- النزع البيولوجي للفوسفور فقط.
90-70	- النزع المباشر (main stream treatment).
90-70	- النزع الجانبي (side stream treatment).
90-70	* النزع البيولوجي المشترك للفوسفور والنترجين
	النزع الكيميائي:
90-70	- الترسيب باستخدام الأملاح المعدنية.
90-70	- الترسيب باستخدام الكلس.
	النزع الفيزيائي:
50-20	- الترشيح.
100-90	- التناضح العكسي.
30-10	- الامتصاص الكربوني.

3-5- إزالة النتروجين من مياه المجاري:

3-5-1- النتزرة (تحويل الأمونيا إلى نترات):

هي عملية تتم بواسطة بكتريا ذاتية التغذية حيث إن الطاقة اللازمة لنمو البكتريا يتم الحصول عليها من أكسدة مركبات النتروجين وبشكل أساسي من مركبات الأمونيا.

وتتم العملية على مرحلتين وفق التفاعلين التاليين:
في الخطوة الأولى: تتحول الأمونيا إلى نترت كما في المعادلة بواسطة بكتريا نترزوموناس:

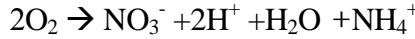


وفي الخطوة الثانية: يتحول النترت إلى نترات بواسطة بكتريا نتروباكتري:

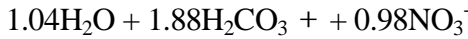
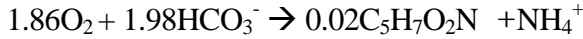


حيث تستخدم البكتريا الطاقة المتحررة من هذين التفاعلين من أجل نموها وبقائها.

ويمكن دمج المعادلتين كما يلي:



حيث إن الصيغة (C₅H₇O₂N) تستخدم للتعبير عن التركيب الكيميائي لخلايا البكتريا، وبالتالي يمكن تمثيل كامل عملية الأكسدة للأمونيا والتركيب الخلوي للبكتريا من خلال التفاعل التالي:



ويمكن إزالة كافة أشكال النتروجين الموجود في مياه الصرف سواء أكان النتروجين عضوياً أم غير عضوي وسواء أكان بصيغة NO_x⁻ أم كان بصيغة NH_x⁺ في محطات المعالجة البيولوجية والكيميائية والفيزيائية وتختلف نسب الإزالة كما هو موضح في الجدول (3-8):

الجدول (3-8): تأثير عمليات المعالجة المختلفة وعمليات التشغيل على إزالة مركبات النتروجين

مركبات النتروجين				عملية المعالجة
النسبة المتوقعة ⁽¹⁾ للإزالة الكلية للنتروجين الداخلى إلى العملية	NO_3^-	$NH_3-NH_4^+$	النتروجين العضوي	
5-10%	- لا تأثير	- لا تأثير	- تزيل من 10-20%	المعالجة التقليدية المعالجة الأولية
10-30%	- تأثير طفيف	- تزيل أقل من 10%	- تزيل ⁽²⁾ من 15-50% يتم تحويل ⁽³⁾ Urea → $NH_3-NH_4^+$	المعالجة الثانوية
30-70%	- ضئيل	- إزالة 40-70%	- لا تأثير	العمليات البيولوجية - الهضم البكتيري (Bacterial assimilation)
70-95%	- إزالة 80-90%	- لا تأثير	- لا تأثير	إزالة النتروجين
50-80%	- تحويل إلى خلايا	- تحويل إلى خلايا	- تحويل جزئي إلى $NH_3-NH_4^+$	حصاد الطحالب
5-20%	- تحويل إلى خلايا - لا تأثير	- تحويل إلى NO_3^-	- تأثير محدود	النترة

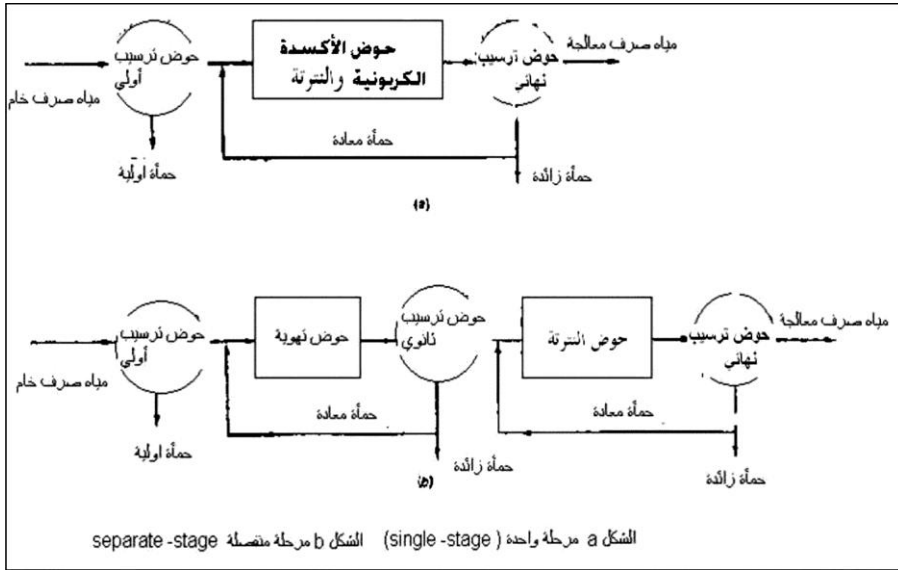
- (1) اعتماداً على نسبة النتروجين الداخلى الذي تتأثر به العمليات ومراحل المعالجة في محطة المعالجة.
- (2) النتروجين العضوي المنحل بشكل اليوريا والأحماض الأمينية حيث تنقص بشكل أساسي بالمعالجة الثانوية.
- (3) السهم يدل على التحول إلى.

مركبات النتروجين				عملية المعالجة
النسبة المتوية ⁽¹⁾ للإزالة الكلية للنتروجين الداخل إلى العملية	NO_3^-	$NH_3-NH_4^+$	النتروجين العضوي	
20-90%	إزالة جزئية عن طريق النترة وإزالة النتروجين	- إزالة جزئية بالتجريد	تحويل جزئي إلى $NH_3-NH_4^+$	برك الأكسدة
80-95% 20-30% 10-20%	- لا تأثير تأثير ضئيل تأثير ضئيل	- يزيل 90-100% تأثير ضئيل تأثير ضئيل	- غير محدد - يزيل 50-70% - يزيل حوالي 30-50%	العمليات الكيميائية - الكلورة الحدية الترويب الكيميائي الامتزاز بالكربون
70-95%	لا تأثير	- يزيل 80-97%	- ضئيل، غير محدد	تبادل أيوني انتقائي للأمونيا
70-90%	- يزيل 75-90%	- تأثير ضئيل	- تأثير ضئيل	- تبادل أيوني انتقائي للنترات
20-40%	تأثير ضئيل	تأثير ضئيل	- يزيل 30-95% من الكربون العضوي المعلق	عمليات الترشيح الفيزيائي
50-90%	لا تأثير	يزيل 60-95%	- لا تأثير	التجريد بالهواء
40-50%	يزيل 30-50%	يزيل 30-50%	- يزيل 100% من الكربون العضوي المعلق	الديزلة الكهربائية
80-90%	يزيل 60-90%	يزيل 60-90%	- يزيل 60-90%	التناضح العكسي

3-5-2- تصنيف عمليات النترية:

يمكن تصنيف عمليات النترية اعتماداً على درجة الفصل بين النترية والأكسدة الكربونية حيث إن الأكسدة الكربونية والنترية يمكن أن تحدثا معاً في مفاعل واحد ويعبر عن ذلك بالمرحلة الواحدة (single stage)، أما في المراحل المنفصلة (separate stage) فإن عملية الأكسدة الكربونية والنترية تحدثان في مفاعلات منفصلة.

وأيضاً فإن مفاعلات النمو المتصق أو النمو المعلق يمكن أن تستخدم لكلاً من النظامين نظام المرحلة الواحدة ونظام المراحل المنفصلة، وذلك موضح بالشكل (3-5):



الغالب في عمليات المعالجة البيولوجية الهوائية أن تكون الكائنات التي تقوم بعملية النترية موجودة ولكن بأعداد محدودة، وإن قابلية مختلف عمليات الحمأة المنشطة للنترية تتعلق بنسبة TKN/BOD_5 ، حيث إنه من أجل نسب TKN/BOD_5 تتراوح بين 1-3 والتي تتوافق مع عدد غير محدد مع الأنظمة

ذات الترتة بمراحل منفصلة.

في معظم عمليات الحمأة المنشطة التقليدية فإن الجزء من الكائنات الحية التي تقوم بعمليات الترتة سيكون أقل من 0.083 كما هو مبين في الجدول (3-9) وقد وجد أنه عندما تكون النسبة BOD_5 مقسوماً على TKN < 5 فإن العملية يمكن أن تصنف كعملية مشتركة للأكسدة الكربونية والترتة (مرحلة واحدة)، وعندما تكون هذه النسبة أقل من 3 فإنها تصنف كعملية تررتة ذات مراحل منفصلة.

الجدول (3-9): العلاقة بين نسبة الأحياء الدقيقة المنترتة

وبين نسبة BOD_5 إلى TKN

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	BOD_5 إلى TKN
0.029	0.033	0.037	0.043	0.054	0.064	0.083	0.12	0.21	0.35	نسبة الترتة

3-5-3 عملية النمو المعلق:

من الخبرة والدراسات المخبرية وجد بأن العوامل التي تؤثر بشكل مهم على عملية الترتة هي: تركيز الأمونيا والنترت ونسبة TKN/BOD_5 وتركيز الأوكسجين المنحل ودرجة الحرارة وقيمة pH مياه الصرف وإن تأثير هذه العوامل مبين في الجدول (3-10).

الجدول (3-10): العوامل المؤثرة على عملية النترنة

المؤشر	وصف التأثير
- تركيز الأمونيا والنترت والأوكسجين المنحل:	لقد لوحظ بأن تركيز الأمونيا والنترت يؤثر على معدل النمو الأعظمي لكل من النتروزوموناس والنتروباكتريا ويمكن تمثيل هذا التأثير بالمعادلة الحركية التالية: $\mu_n = \mu_{nm} \times (N/(K_n + N)) \times (DO/(K_o + DO)) - k_{dn}$ <p>حيث أن μ_n: معدل النمو النوعي للأحياء الدقيقة المنترنة بوحدة (يوم⁻¹): μ_{nm} معدل النمو الأعظمي للبكتريا المنترنة بوحدة يوم⁻¹ N: تركيز النتروجين (غرام/م³). وبما أن معدل نمو النتروباكتريا أكبر بشكل ملحوظ من النتروزوموناس فإن معدل النترنة يقاس عادة (بحسب) باستخدام تحول الأمونيا إلى نترت كخطوة محددة للمعدل. K_n: ثابت سرعة النصف ويمثل تركيز المواد العضوية والمغذيات (المحددة للنمو) عند نصف معدل استعمال المواد العضوية والمغذيات النوعي الأعظمي (غرام/م³). k_{dn}: معامل اضمحلال الأحياء الدقيقة المنترنة بوحدة يوم⁻¹. كما وجد أن مستوى DO المنحل يؤثر على معدل النمو الأعظمي النوعي للأحياء المنترنة كما في المعادلة المذكورة أعلاه، K_o: معامل التثبيط للأوكسجين (Oxygen inhibition coefficient) بوحدة ملغ/ل.</p>
النسبة BOD ₅ /TKN	إن الجزء من الأحياء المنترنة المتواجدة في السائل المعلق في عملية النترنة والأكسدة الكربونية بمرحلة واحدة متعلق بالنسبة TKN/BOD ₅ .
درجة الحرارة:	إن لدرجة الحرارة تأثير هام على ثابت معدل النترنة وهذا الثابت يتناقص مع تناقص درجة الحرارة ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة التالية: $\mu_{nm} = \mu_{nm\theta}^{(T-20)}$ <p>حيث T: درجة الحرارة مقدره بالدرجات المتوية θ: معامل فعالية درجة الحرارة وهو ثابت تجريبي قيمته النموذجية هنا هي 1.07.</p>
تأثير pH مياه الصرف:	إن عملية النترنة حساسة جداً لقيمة pH مياه الصرف، ومعدل النترنة يهبط بشكل ملحوظ عند قيمة أقل من 6.8 لـ pH مياه الصرف، عند قيم لـ pH مياه الصرف تتراوح بين 5.8 إلى 6 يكون معدل النترنة أقل بـ (10-20)% من معدل النترنة عند قيمة pH لمياه الصرف تساوي 7، إن القيم المثلى لـ pH مياه الصرف من أجل إحداث عملية النترنة تقع في المجال (7.5-8)، وعادة يتم الحفاظ على قيمة pH مياه الصرف بين القيم (7-7.2) من أجل إحداث عملية النترنة.

إنّ تطبيق المعاملات الحركية النموذجية لعملية التترتة ذات النمو المعلق في مفاعل كامل المزج تتضمن الخطوات التالية:

1- اختيار عامل أمان مناسب للتعامل مع الحمولات اليومية والعبارة والذروة (أصغر عامل أمان مقبول هو (2) بالنسبة لعمر الحمأة وهو مطلوب للتأكد من حدوث نترجة الأمونيا خلال الذروات اليومية في الحمولات).

2- اختيار أصغر تركيز للأوكسجين المنحل في السائل الممزوج وإنّ أقل مستوى لـ DO هو 2ملغ/ل وهو مطلوب لتجنب تأثيرات المستويات المنخفضة من DO على معدل التترتة.

3- تحديد قيمة pH التشغيلية وإذ إن قيمة pH المثلى يجب أن تقع ضمن المجال (7.2-9)، وكل 1 ملغ/ل من NH_4^+-N مؤكسدة تسبب تحطيم 7.14 ملغ/ل من القلوية معيراً عنها مثل CaCO_3 .

4- تحديد معدل النمو الأعظمي للكائنات الحية المترتة المتناسب مع ظروف درجات الحرارة والأوكسجين المنحل و pH.

5- تحديد عمر الحمأة الأصغري (زمن بقاء الكتلة الحية) اعتماداً على معدل النمو المقترح والمحدد في الخطوة (4).

6- تحديد عمر الحمأة التصميمي باستخدام عامل الأمان المحدد في الخطوة (1).

7- تحديد تركيز النتروجين في التدفق الخارج.

8- تحديد زمن المكوث الهيدروليكي للحصول على التركيز الضروري للنتروجين في التدفق الخارج.

9- تحديد معامل استعمال المادة العضوية (U) عندما تكون العملية المستخدمة للتترتة والأكسدة الكربونية هي ذات مرحلة

واحدة.

إنّ المعاملات الحركية النموذجية لعمليات التترتة التي تحدث في طريقة النمو المعلق مبيّنة في الجدول (3-12).

القيم النموذجية للعوامل الحركية لعمليات النترية في طريقة النمو المعلق (قيم تعود إلى مزرعة جرثومية صافية)⁽¹⁾:

الجدول (3-11): المعاملات الحركية لعملية النترية الخاصة بالحماة المنشطة لمعالجة مياه الصرف الصحي

القيمة		الواحدة	المعامل
القيمة النموذجية ⁽²⁾	المجال		
0.75	0.9-0.2	غرام/VSS × يوم	μ_{nm}
0.74	1-0.5	غرام/ NH_4-N م ³	K_n
0.12	0.15-0.1	غرام/VSS × غرام/ NH_4-N	Y_n
0.08	0.15-0.05	غرام/VSS × يوم	k_{dn}
0.5	0.6-0.4	غرام/م ³	K_o

الجدول (3-12): قيمة معامل فعالية درجة الحرارة

قيم معامل فعالية درجة الحرارة (θ)		المعامل
القيمة النموذجية	المجال	
1.07	1.123-1.06	μ_n
1.053	1.123-1.03	K_n
1.04	1.08-1.03	k_{dn}

3-5-4- مقارنة بدائل النترية:

إن الجدول الآتي (3-13) يوضح محاسن ومساوئ بدائل أنظمة النترية والأكسدة الكربونية المشتركة:

(1) القيم للأحياء الدقيقة المنتجة في نظام الحماة المنشطة يأخذ قيم أصغر من الموضحة في الجدول.

(2) هذه القيم في درجة حرارة 20 درجة مئوية.

الجدول (3-13): المقارنة بين بدائل النترجة

المساوي	المحاسن	نوع النظام
<ul style="list-style-type: none"> - لا يوجد حماية من السمية. - ثبات التشغيل غير كبير - الثبات مرتبط بتشغيل المروق الثانوي بسبب دورة الكتلة الحية المعادة. - تحتاج حجوم أكبر للأحواض في الطقس البارد. 	<ul style="list-style-type: none"> - معالجة مشتركة للأمونيا والكربون في مرحلة واحدة - إمكانية أن تكون الأمونيا في التدفق منخفضة. 	النترجة ذات المرحلة الواحدة في النمو المعلق:
<ul style="list-style-type: none"> - لا توجد حماية ضد السمية. - التشغيل ذو ثبات متوسط - الأمونيا الخارجة مع التدفق عادة هي بتركيز 1-3 ملغ/ل (ما عدا مفاعل RBC). - في معظم الحالات ليس من المستحسن التشغيل في الطقس البارد. 	<ul style="list-style-type: none"> - معالجة مشتركة للأمونيا والكربون في مرحلة واحدة - ثبات غير مرتبط بالمروق الثانوي لأن الأحياء ملتصقة بالوسط. 	في النمو الملتصق:
<ul style="list-style-type: none"> - مخزون الحمأة يتطلب ضبطاً حذراً عندما تكون النسبة BOD_5/TKN منخفضة. - استقرار التشغيل مرتبط بتشغيل المروق الثانوي بسبب الحمأة المعادة. - تتطلب عدداً أكبر من وحدات المعالجة منها في حالة النترجة والأكسدة الكربونية المشتركة. - تركيز الأمونيا في التدفق الخارج من العملية عادة 1-3 ملغ/ل وتحتاج إلى وحدات أكثر منها لعمليات الإزالة المشتركة للكربون والنترجة. 	<ul style="list-style-type: none"> - حماية جيدة ضد معظم المواد السامة - تشغيل مستقر. - مستوى منخفض للأمونيا في التدفق الخارج. - حماية جيدة ضد معظم المواد السامة. - ثبات في التشغيل لأن المعالجة غير مرتبطة بالمرسب النهائي والأحياء الدقيقة مرتبطة بالوسط الحامل. 	النترجة ذات المرحلة المنفصلة: النمو المعلق: النمو الملتصق

3-5-5- إزالة النترات (denitrification) من مياه الصرف الصحي:

إن معدل إزالة النترات يمكن أن يعبر عنه في بالمعادلة التالية:

$$U_{DN} = U_{DN} \times 1.09^{(T-20)} (1-DO)$$

U_{DN} : المعدل العام لإزالة النترات، U_{DN} المعدل النوعي لإزالة النترات معبراً

عنه بـ:

T: درجة حرارة مياه الصرف (درجة مئوية)، $kgNO_3-N/kgMLVSS$

DO: تركيز الأوكسجين المنحل في الحوض المنقوص الأوكسجين بوحدة (ملغ/ل).

إن مؤشر الأوكسجين المنحل DO في المعادلة السابقة يشير إلى أن معدل إزالة النترات (تحويلها إلى غاز النتروجين) يتناهى بشكل خطي إلى الصفر عندما يصل تركيز الأوكسجين المنحل إلى 1 ملغ/ل، هذا وإن معدلات إزالة النترات النوعية لمختلف مصادر الكربون مبينة في الجدول (3-14) وإن هذه القيم تابعة أيضاً إلى درجة الحرارة.

أمّا قيم المعاملات الحركية الخاصة بإزالة النترات لمياه الصرف المنزلي فهي مبينة في الجدول (3-15):

الجدول (3-14): المعدلات النموذجية لإزالة النتروجين لأنواع مختلفة

من مصادر الكربون

درجة الحرارة (درجة مئوية)	المعدل النوعي إزالة النترات U_{DN} $kg NO_3^- - N/kg Vss.d$	مصدر الكربون
25	0.32-0.21	الميثانول
20	0.9-0.12	الميثانول
27-15	0.11-0.03	مياه صرف صحي
20-12	0.048-0.017	الأيض الذاتي (endogenous metabolism)

إن المعاملات الحركية لإزالة النترات موضحة في الجدول الآتي:

الجدول (3-15): المعاملات الحركية لإزالة النترات

القيمة		الواحدة	العامل
القيمة النموذجية ⁽¹⁾	المجال		
0.3	0.9-0.3	غرام VSS/(غرام × يوم) VSS	μ_m
0.1	0.2-0.06	غرام NO_3^- -N/ل	K_s
0.8	0.9-0.4	غرام NO_3^- -N/غرام VSS	Y
0.04	0.08-0.04	غرام VSS/(غرام × يوم) VSS	k_d

3-5-5-1 - النترنة وإزالة النترات:

3-5-5-1-1 - نظام (single-stage):

لقد طورت العمليات التي دجت فيها خطوات الأكسدة الكربونية والنترنة وإزالة النترات في عملية واحدة مستخدمة الكربون الموجود في مياه الصرف بشكل طبيعي وذلك بسبب الكلفة العالية لمصادر الكربون العضوي الخارجية.

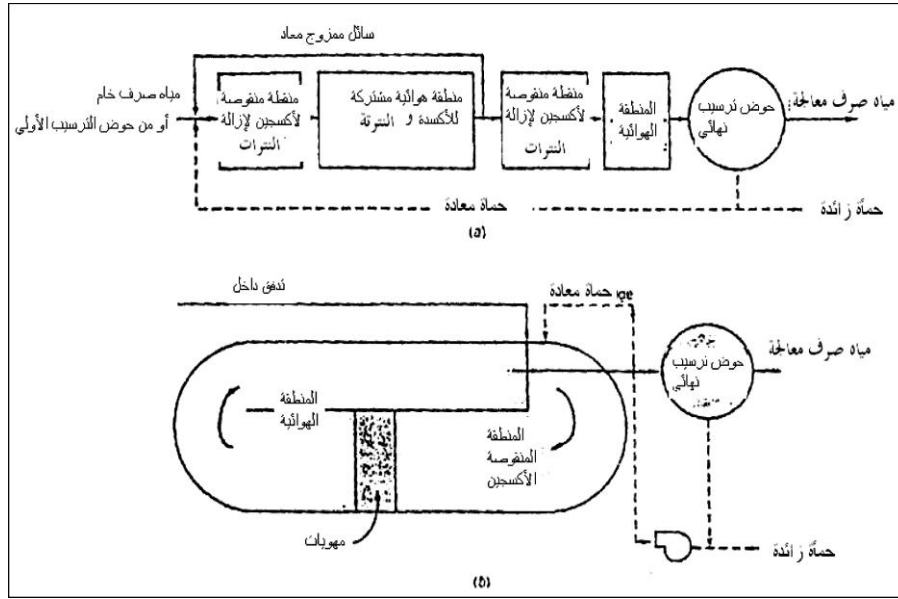
المحاسن النوعية لهذه العمليات تتضمن:

- إنقاص حجم الهواء المطلوب للوصول إلى النترنة وإزالة BOD_5 .
 - إلغاء الحاجة إلى مصادر إضافية من الكربون العضوي مثل الميثانول لإزالة النترات.
 - معظم هذه الأنظمة قادرة على إزالة النتروجين الكلي بنسبة (60-80%) وقد سجلت معدلات إزالة تتراوح بين (85-95%).
- توجد أمثلة على هذه العمليات في مخططات الشكل (3-6) في هذه العمليات المشتركة يستخدم كل من الكربون الموجود في مياه الصرف والكربون المتبقي في أجزاء نسيج الخلايا البكتيرية الميتة لتحقيق إزالة للنترات.

(1) هذه القيم في درجة حرارة 20 درجة مئوية.

فمن أجل إزالة النترات استخدمت سلسلة من المراحل التبادلية الهوائية ومنقوصة الأوكسجين بدون ترسيب وسطي كما في الشكل (3-6) a. بما يسمى عملية (Bardenpho).

إن المناطق المنقوصة الأوكسجين يمكن أن تنفذ في خنادق الأكسدة بضبط مستويات الأوكسجين كما في الشكل (3-6) b.



الشكل (3-6): أنظمة مشتركة تحوي على مرحلة النترية وإزالة النترات
الشكل (a): عملية Bardenpho ذات المراحل الأربعة، الشكل (b): خنادق الأكسدة

كما أن عملية SBR يمكن أن تكون أيضاً مهيأة بشكل خاص لتؤمن فترات زمنية هوائية ومنقوصة الأوكسجين (Anoxic) خلال دورة التشغيل. إن المعدلات الأعظمية لإزالة النترات لمياه الصرف في نظام إزالة النترات ذو المرحلة الواحدة يتراوح بين:

$$0.075 \rightarrow 0.115 \text{kgNO}_3\text{-N/kgMLVSS}$$

في الدرجة 20 درجة مئوية في المفاعل المنقوص الأوكسجين تحت الظروف الكربونية المحدودة، معدلات إزالة النترات في الأنظمة ذات المرحلة الواحدة تقريباً

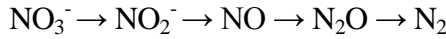
تساوي نصف المعدل للنظام المنفصل.
 باستخدام الكربون الناتج عن التفسخ كمصدر للطاقة فإن معدلات الإزالة
 تتراوح بين:

$$0.017 \rightarrow 0.048 \text{kgNO}_3\text{-N/kgMLVSS}$$

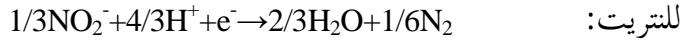
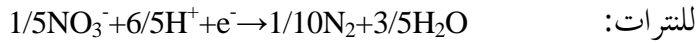
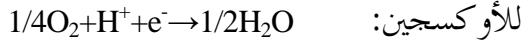
إن المعدلات المنخفضة لإزالة النترات تحدث في الأنظمة ذات أعمار حمأة
 مرتفعة.

3-5-5-1-2- الآلية الكيميائية لإزالة النترات:

في الحوض المنقوص الأوكسجين يتم اختزال النترات إلى نتروجين ينطلق في
 الجو وفق المعادلة:

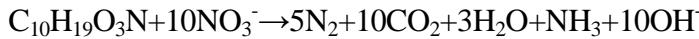


ويتم ذلك وفقاً للمعادلات الآتية:

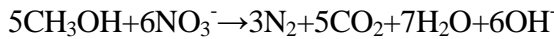


بحسب مصدر الكربون المتوفر فإن الآلية الكيميائية لإزالة النترات في النظام
 المنفصل يمكن وصفها كما يلي:

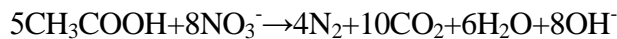
مصدر الكربون مياه الصرف:



مصدر الكربون الميثانول:



مصدر الكربون حمض الخل:



عملياً إن (25-30%) من كمية الميثانول المطلوب للطاقة مطلوب للتركيب
 الخليوي.

على أية حال فمياه الصرف المعاملة بيولوجياً والتي ستخضع لعملية إزالة النترات يمكن أن تحتوي على نترات أو أكسجين منحل، وحيث إن النترات والنترات والأكسجين المنحل موجودون فإن الميثانول المطلوب يمكن أن يحسب باستخدام المعادلة التجريبية:

$$C_m = 2.47N_0 + 1.53N_i + 0.87DO$$

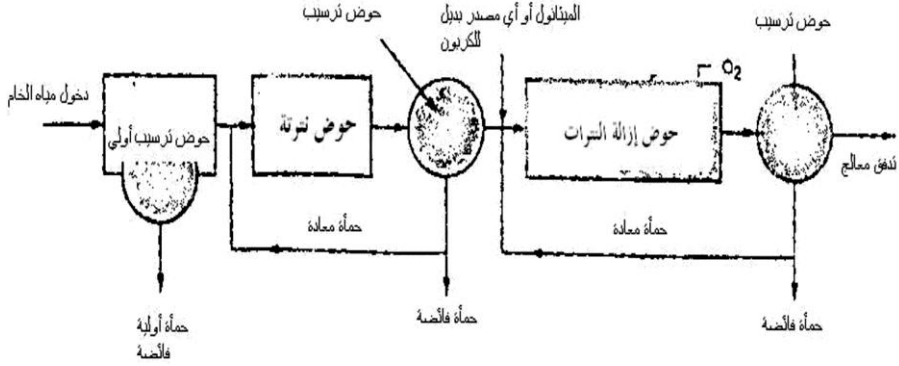
حيث إن C_m : تركيز الميثانول المطلوب mg/l
 N_0 : تركيز NO_3^- -N الأولي، N_i : تركيز NO_2^- -N الأولي، DO: تركيز الأكسجين المنحل الأولي.

3-1-5-5-3 أنظمة النمو المعلق لإزالة النترات:

إن تصميم أنظمة إزالة النترات في النمو المعلق مشابهة في الكثير من التفاصيل لتصميم أنظمة الحمأة المنشطة المستخدمة لإزالة الكربون العضوي وقد استخدم كلا النوعين من المفاعلات ذات المزج الكامل والجريان الدفقي وبما أن غاز النتروجين يتحرر خلال عملية إزالة النترات فالعملية تصبح غالباً مرتبطة بالمواد الصلبة البيولوجية.

إن إزالة فقاعات غاز النتروجين المرتبطة يمكن إتمامها في كل من القنوات المهواة التي تستخدم للوصل بين المفاعل البيولوجي ومنشآت الترسيب أو في حوض منفصل حيث تتم فيه تهوية المواد الصلبة لفترة قصيرة (5-10) دقائق.

يوضح الشكل (3-7) أحد المخططات المنهجية التي استخدمت لإزالة النتروجين من مياه الصرف بمراحل منفصلة، وهذا المخطط أيضاً يمكن أن يستخدم لإزالة الفوسفور كما أن هذه التقنية يمكن أن تستخدم أيضاً للتغلب على صعوبات فصل الكائنات الحية النامية غير المرغوبة وإن التدفق الخارج من مرحلة إزالة النترات يمكن أن يرشح أو تضاف إليه الشبة قبل الترشيح من أجل إزالة الفوسفور المتبقي والمواد الصلبة المعلقة.



الشكل (3-7): مخطط الجريان لعملية معالجة بيولوجية ذات مرحلتين لإزالة النتروجين

إن المؤشرات التصميمية لعملية المعالجة البيولوجية ذات المرحلتين لإزالة النتروجين من مياه الصرف المنزلي مبينة في الجدول (3-16):

الجدول (3-16): المؤشرات التصميمية لعملية المعالجة البيولوجية ذات المرحلتين لإزالة النتروجين من مياه الصرف المنزلي

معامل درجة الحرارة ⁽³⁾	pH	MLVSS (ملغ/ل)	زمن المكوث الهيدروليكي ⁽²⁾ بالساعة	عمر الحمأة ⁽¹⁾ θ_c بوحدة (يوم)	نوع المفاعل	عملية المعالجة
1.1-1.08	8-7	3500-2000	15-6	20-8	جريان دفقي	نترتة مرحلة واحدة
1.16-1.14	7-6.5	2000-1000	2-0.2	5-1	جريان دفقي	إزالة النترات

(1) هذه القيم في درجة حرارة 20 مئوية.

(2) هذه القيم في درجة حرارة 20 مئوية.

(3) علاقة معامل درجة الحرارة المستخدمة لحساب هذه القيم تعطى بالعلاقة: $\theta(t-20) \times$

$$.Kt = K20$$

إن الأجسام الصلبة الطيارة المعلقة في المزيج في مفاعلات الترتة تحتوي على الكائنات الحية المسؤولة عن تحويل الكربون العضوي (إزالة BOD) وتلك المسؤولة عن عملية الترتة.

إن تأثيرات المتغيرات البيئية والتشغيلية على عملية إزالة التترات ذات المراحل المنفصلة مسجلة في الجدول (3-17).

الجدول (3-17): تأثير المتغيرات البيئية والتشغيلية الأساسية على عملية إزالة التترات

العامل	وصف التأثير
تركيز التترات	لقد لوحظ أن تركيز التترات سوف يؤثر على نمو الكائنات الحية المسؤولة عن عملية إزالة التترات وهذا التأثير لتركيز التترات قد حسب باستخدام العلاقة $U'D = U_{mD} CN / (CN + K_{CN})$
تركيز الكربون	إن تأثير تركيز الكربون حسب أيضاً باستخدام علاقة مونود $U'D = U_{mD} M / (M + K_M)$ حيث M تركيز الميثانول بوحدة ملغ/ل K_M : ثابت نصف الإشباع للميثانول بوحدة ملغ/ل
pH	إن المجال المثالي يقع ضمن المجال (6.5-7.5) والظروف المثالية تكون بقيمة لـ pH مساوية إلى 7

3-6- الإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور بالطرق البيولوجية:

لقد طورت العديد من العمليات البيولوجية من أجل الإزالة المشتركة للفوسفور والنتروجين وكثير منها تستخدم عملية الحمأة المنشطة، ولكن تؤمن ارتباطات لمناطق أو وحدات هوائية ولاهوائية ومنقوصة الأوكسجين للحصول على إزالة للفوسفور والنتروجين، وإن أكثر هذه الطرق شيوعاً والمستخدمة لإزالة النتروجين والفوسفور هي:

1- A²/O (Anaerobic Anoxic Oxidation)

2- Bardenpho ذات المراحل الخمس

3- UCT (Named for University Of Cape Town)

4- VIP (Named for Virginia Initiative Plant in Norfolk Virginia)

5- UASBAO (UASB Anoxic Oxidation)

3-6-1- عملية A²/O:

إن عملية A²/O هي تعديل لعملية A/O ومزودة بمنطقة منقوصة الأوكسجين من أجل إزالة النترات كما في الشكل (3-8)، إن مدة المكوث في المنطقة المنقوصة الأوكسجين هي تقريباً ساعة وهذه المنطقة ذات تركيز ضعيف من الأوكسجين المنحل ولكن الأوكسجين المرتبط كيميائياً على شكل نترات وتريت هو متوفر بسبب تدوير السائل الممزوج من الجزء الهوائي.

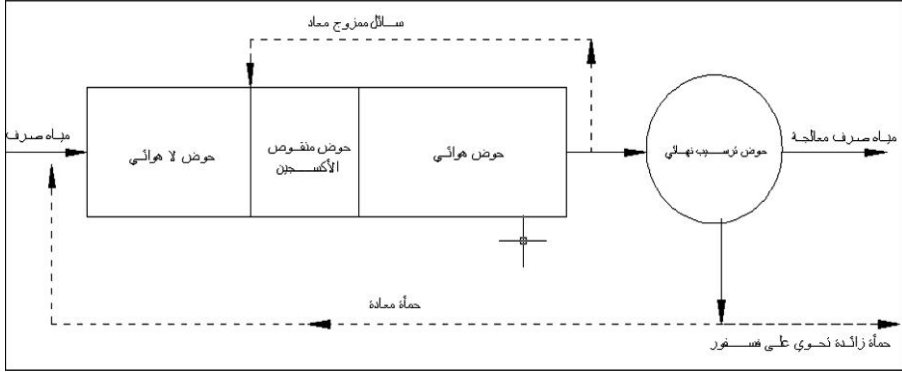
تراكيز الفوسفور المتوقعة في التدفق الخارج أقل من 2 ملغ/ل مياه الصرف المنزلي بدون ترشيح التدفق الخارج وإذا أضفنا عملية الترشيح يمكن أن نحصل على تركيز أقل من 1.5 ملغ/ل، وفي هذه الطريقة تتم إعادة الحمأة من حوض الترسيب النهائي إلى بداية المرحلة اللاهوائية وتحت الظروف اللاهوائية فإن الفوسفور الموجود في عضويات ماء الصرف وفي كتلة الخلايا المعادة ينتقل إلى شكل الفوسفات القابل للانحلال في الماء، ويحصل في المرحلة اللاهوائية إنقاص واضح لقيمة BOD₅، بعد ذلك يستهلك الفوسفور المنحل في الماء بشكل فوسفات من قبل كتلة الخلايا في المرحلة الهوائية، يزال الفوسفور بعد ذلك من السائل مع الحمأة المصرفة من قاع المرسب النهائي بعد أن أصبح هذا الفوسفور جزءاً من تركيب الكتلة الخلوية المترسبة إلى قاع حوض الترسيب النهائي.

وإن إزالة الفوسفور هذه تعتمد على نسبة BOD₅ إلى الفوسفور في ماء الصرف المعالج، وهناك تقارير تشير إلى أن هذه النسبة عندما تتجاوز 10 إلى 1 فإننا يمكن أن نتوصل إلى قيمة للفوسفور في الماء المعالج 1 ملغ/ل أو أقل.

وعندما تنتقل المياه إلى المرحلة المنقوصة الأوكسجين يتم هناك إزالة النتروجين الذي كان بالأصل بشكل مركبات النشادر في المرحلة اللاهوائية وهذه المركبات عندما تمر إلى المرحلة الهوائية تتحول إلى مركبات التريت والنترات وعندما نعيد نسبة 100% إلى 300% من التدفق إلى المنطقة المنقوصة الأوكسجين مع البكتريا الهوائية التي تم تنشيطها في المرحلة الهوائية تصبح هذه البكتريا فاقدة الأوكسجين الجزئي في المرحلة المنقوصة الأوكسجين مما يجعلها ترجع مركبات NO₂⁻، NO₃⁻ إلى NO ثم N₂O ثم N كما هو مبين في المعادلة التالية:



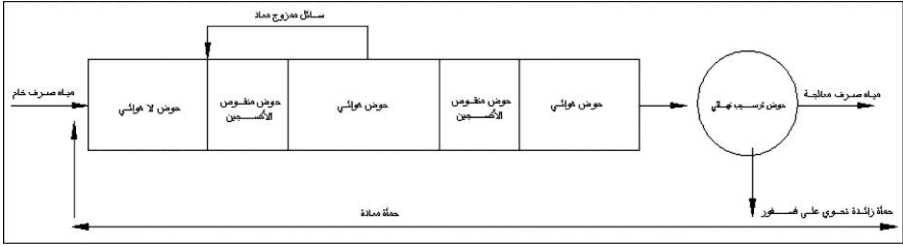
وهذه المركبات الثلاثة الأخيرة هي مركبات غازية تنطلق في الهواء الجوي مما يؤدي في نهاية المرحلة المنقوصة الأوكسجين إلى نقصان واضح في كمية النتريت والنترات.



الشكل (8-3): طريقة A²/O

3-6-2 - عملية Bardenpho (خمس مراحل):

يمكن أن تعدل لإزالة مشتركة للفوسفور والنتروجين وإن التعاقب المرحلي وطريقة التدوير مختلفة عن عملية A²/O كما هو مبين في الشكل (3-9)، إن نظام الخمس مراحل يؤمن مراحل هوائية و - منقوصة الأوكسجين - ولاهوائية لإزالة كل من الكربون والنتروجين والفوسفور، إن المرحلة المنقوصة الأوكسجين الثانية تزود من أجل إزالة إضافية للنترات باستخدام النترات المنتجة في المرحلة الهوائية كمستقبل للإلكترون والكربون العضوي كمعطي للإلكترون، أما المرحلة الهوائية النهائية فإنها تستخدم لنزع غاز النتروجين المتبقي من المحلول ولتقليل تحرير الفوسفور في المروق النهائي.



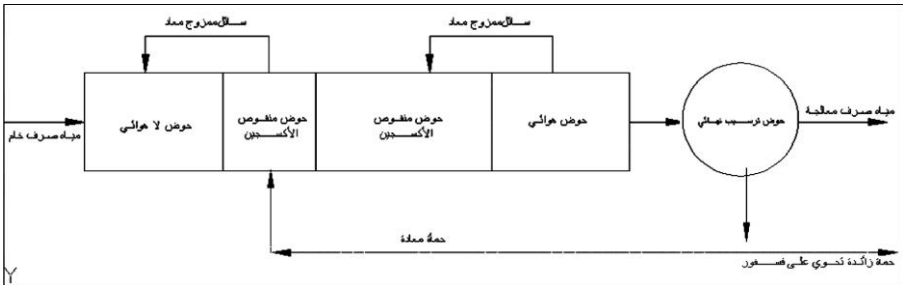
الشكل (3-9): Bardenpho (خمس مراحل)

3-6-3 - عملية UCT:

إن عملية UCT المطورة في جامعة Cape Town مشابهة لعملية A^2/O ولكن مع اختلافين كما هو مبين في الشكل (3-10) هما الحمأة المنشطة المعادة التي تعاد إلى المرحلة المنقوصة الأوكسجين بدلاً من المرحلة اللاهوائية، والدورة الداخلية (دورة السائل المعاد) تكون من المرحلة المنقوصة الأوكسجين إلى المرحلة اللاهوائية.

وبإعادة الحمأة المنشطة إلى المرحلة المنقوصة الأوكسجين فإن إدخال النترات إلى المرحلة اللاهوائية سوف يُلغى وبالتالي هذا سيحسن تحرر الفوسفور في المرحلة اللاهوائية.

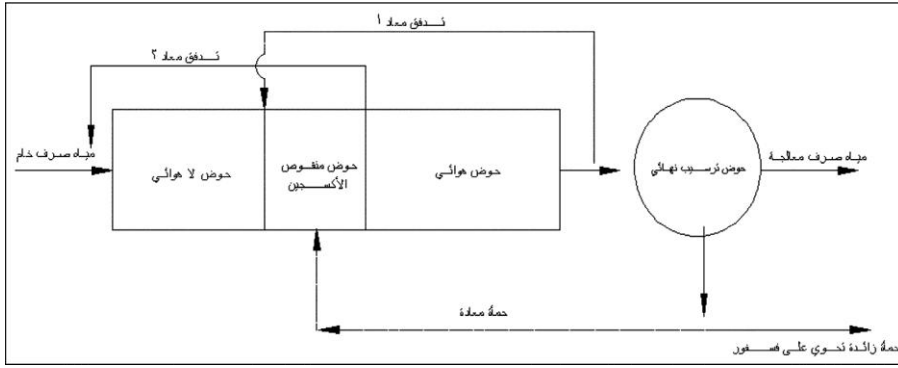
إن ميزة الدورة الداخلية تدعم الاستفادة العضوية المتزايدة في المرحلة اللاهوائية.



الشكل (3-10): عملية UCT

3-6-4- عملية VIP:

إن عملية VIP (اسم محطة فرجينيا في نور فورك- فيرجينيا) وهي مشابهة لعمليات UCT و A^2/O ما عدا الطرق المستخدمة لأنظمة التدوير كما هو بين في الشكل (3-11)، حيث تدخل الحمأة المنشطة المعادة إلى بداية المنطقة المنقوصة الأوكسجين مع الدورة المترتة (السائل المعاد الحاوي على نترات) من المنطقة الهوائية، السائل المزوج من المنطقة المنقوصة الأوكسجين يعاد إلى بداية المنطقة اللاهوائية.



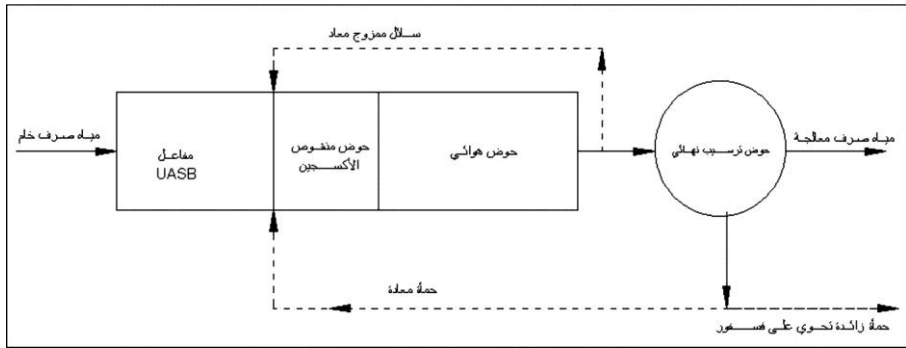
الشكل (3-11): عملية VIP

3-6-5- طريقة UASBAO (UASB Anoxic Oxic):

لقد تم ابتكار طريقة جديدة من المعالجة تعتبر نموذج هجين من ثلاث طرق معالجة:

- طريقة المعالجة اللاهوائية في المفاعل ذي طبقة الحمأة المعلقة وذي التدفق إلى الأعلى (UASB (Anaerobic Sludge-Blanket Process) (up-flow).
- طريقة: A^2/O .
- طريقة: VIP

وذلك لما تتمتع به طريقتا A^2/O و VIP من إزالة عالية للملوثات العضوية وإزالة عالية للفوسفور والنيتروجين، وباستبدال الجزء اللاهوائي منهما بمفاعل UASB للاستفادة من خصائص المعالجة البيولوجية اللاهوائية في مفاعل UASB من أجل تقليل كمية الحمأة، وتقليل طاقة التهوية اللازمة لحوض التهوية كما هو مبين في الشكل رقم (3-12).



الشكل (3-12): مخططاً تكنولوجياً لطريقة المعالجة بطريقة UASBAO

وتم اختبار هذه الطريقة في سوريا في جامعة حلب في الفترة بين عام 2008 حتى عام 2012 من قبل الباحثان البروفسورة سلوى حجار والدكتور عبد الله صغير، حيث أنجزت الكثير من التجارب عليها للتأكد من جودة المعالجة، وحيث تمت معالجة مياه صرف المذابح بالفنية معالجة بيولوجية لاهوائية في المفاعل UASB للمياه المصرفة من المذابح الفنية متبوعاً بحوض منقوص الأوكسجين ثم حوض تهوية ثم حوض ترسيب نهائي، وبينت التجارب التي أجريت على الجهاز المخبري المبتكر أنه يمكن الحصول على كفاءة إزالة عالية لكافة الملوثات عند أزمئة مكوث هيدروليكية في أجزاء منشأة المعالجة كما يأتي: مفاعل UASB: 24 ساعة، الحوض المنقوص الأوكسجين: 12 ساعة، حوض التهوية: 24 ساعة، حوض الترسيب النهائي: 3 ساعات على الأقل، وذلك بدرجة حرارة (27 ± 1) درجة مئوية في الحوض المنقوص الأوكسجين وحوض التهوية، وبتدفق حمأة معادة من المرسب النهائي إلى بداية الحوض المنقوص الأوكسجين مقداره 100%

من تدفق المياه الخام وبتدفق سائل ممزوج معاد من حوض التهوية إلى الحوض المنقوص الأوكسجين مقداره 300%، حيث كانت كفاءة إزالة المؤشرات المختلفة وفق ما يلي: COD، BOD₅، TS، TDS، TSS، NH₄⁺، PO₄³⁻، NO₃⁻، هي على التوالي: 97.3%، 96.9%، 52.9%، 47.9%، 91.2%، 73%، 83.6%، 93% كما هو مبين في الجدول رقم (3-18)، وبواسطة هذه الطريقة من المعالجة يمكن أن يتولد الغاز الحيوي، وإنتاج حمأة تستخدم كمحسن للتربة، وإعادة استخدام المياه المعالجة في عمليات غسيل الأراضي في المذبح الفني وسقاية المزروعات.

الجدول (3-18): نتائج المعالجة الموافقة لأزمة الكوث الهيدروليكية في مفاعل UASB والحوض المنقوص الأوكسجين وحوض التهوية (24، 12، 24) ساعة على الترتيب في طريقة UASBAO

المؤشر		مصدر المياه الملوثة							
NO_3^- (ملغ/ل)	NH_4^+ N (ملغ/ل)	PO_4^- (ملغ/ل)	TSS (ملغ/ل)	TDS (ملغ/ل)	TS (ملغ/ل)	BOD_5 (ملغ/ل)	COD (ملغ/ل)	PH	
160	326	125	323	2477	2800	2761	5310	6.64	وسطي قيم مؤشرات مياه الصرف الخام
11	88	20.5	28.4	1289.8	1318.3	86	143	8.67	وسطي قيم مؤشرات مياه الصرف المعالجة
80-70	-	20	150	-	-	150	300		القيمة المسموحة لري الخاصل الزراعية (ملغ/ل)
93	73	83.6	91.2	47.9	52.9	96.9	97.3		وسطي كفاءة الإزالة%

وعند المقارنة بين نتائج الطريقة UASBAO وبين طرق المعالجة البيولوجية الأخرى نجد ما يأتي:

أ- المقارنة بالنسبة لإزالة BOD₅:

إنَّ المقارنة بين طريقة المعالجة المقترحة في بحثنا مع طرق المعالجة الأخرى من حيث كفاءة إزالة BOD₅ مبينة في الجدول الآتي:

الجدول (3-19): المقارنة بين طريقة UASBAO مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى بالنسبة لإزالة BOD₅

نوع عملية	كفاءة إزالة BOD ₅ %	كفاءة إزالة BOD ₅ % لطريقتنا المقترحة	المناقشة
تقليدية ذات جريان جبهتي مستمر	85-95	96.9	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
ذات المزج الكامل	85-95	96.9	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
تغذية على مراحل	85-95	96.9	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
معدلة التهوية	60-75	96.9	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
التثبيت بالتماس	80-90	96.9	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
التهوية المديدة	75-95	96.9	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.

المناقشة	كفاءة إزالة BOD ₅ % لطريقتنا المقترحة	كفاءة إزالة % BOD ₅	نوع عملية
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	96.9	90-75	التهوية ذات المعدل العالي
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	96.9	95-85	عمليات كراوس
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	96.9	95-85	الأوكسجين النقي
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	96.9	95-75	خنادق الأكسدة
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	96.9	95-85	النتيجة بمرحلة واحدة
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	96.9	95-85	النتيجة بمرحلتين منفصلتين

ب- المقارنة بالنسبة لإزالة الفوسفور معبراً عنه بـ PO_4^{3-} :

إنّ المقارنة بين طريقة المعالجة المقترحة في بحثنا مع طرق المعالجة الأخرى من حيث كفاءة إزالة PO_4^{3-} مبيّنة في الجدول الآتي:

الجدول (3-20): المقارنة بين طريقة UASBAO مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى بالنسبة لإزالة PO_4^{3-}

طريقة المعالجة	فعالية إزالة الفوسفور % بطريقتة UASBAO	فعالية إزالة الفوسفور %	المنافشة
المعالجة التقليدية: - الحمأة المنشطة. - المرشحات الحجرية. - الأقراص البيولوجية الدوارة.	25-10 12-8 12-8	83.6	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
الترع البيولوجي للفوسفور فقط - طريقة المعالجة بالجرى الرئيسي (main stream treatment) - طريقة المعالجة بجرى جانبي (side stream treatment)	90-70 90-70	83.6	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث تشابه هذه الطرق من حيث كفاءة إزالة الفوسفور.
الترع البيولوجي المشترك للفوسفور والنترجين	90-70	83.6	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث تشابه هذه الطرق من حيث كفاءة إزالة الفوسفور.

ج- المقارنة بالنسبة لإزالة نتروجين الأمونيا:

إنّ المقارنة بين طريقة المعالجة المقترحة في بحثنا مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى من حيث كفاءة إزالة نتروجين الأمونيا مبينة في الجدول الآتي:

الجدول (3-21): المقارنة بين طريقة UASBAO مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى بالنسبة لإزالة نتروجين الأمونيا

نوع العملية	فعالية إزالة نتروجين الأمونيا %	فعالية إزالة نتروجين الأمونيا %	المناقشة
المعالجة التقليدية الثانوية	تزيل أقل من 10	73	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.
العمليات البيولوجية - الاستيعاب البكتيري Bacterial (assimilation)	- إزالة 40-70	73	طريقة المعالجة مقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.

د- المقارنة بالنسبة لإزالة نتروجين النترات:

إنّ المقارنة بين طريقة المعالجة المقترحة في بحثنا مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى من حيث كفاءة إزالة نتروجين النترات مبينة في الجدول (3-22):

الجدول (3-22): المقارنة بين طريقة UASBAO مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى بالنسبة لإزالة نتروجين النترات

عملية المعالجة	فعالية إزالة نتروجين النترات %	فعالية إزالة نتروجين النترات %	المناقشة
المعالجة التقليدية الثانوية	تأثير طفيف	93	طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل بكثير.

المناقشة	فعالية إزالة نتروجين النترات % بطريقة UASBAO	فعالية إزالة نتروجين النترات %	عملية المعالجة
طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث ذات مردود إزالة أفضل.	93	- ضعيل - إزالة 80-90	العمليات البيولوجية - الاستيعاب البكتيري Bacterial (assimilation) - إزالة النتروجين

3-7- مقارنة بين عمليات الإزالة المشتركة للفوسفور والنتروجين بيولوجياً:

إنّ مقارنة مختلف عمليات الإزالة للفوسفور والنتروجين بيولوجياً موجودة في الجدول (3-24).

إنّ المحاسن المشتركة بين جميع هذه العمليات هي: كميات الحمأة الناشئة مساوية لما ينشأ من الحمأة في أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية، والمتطلبات الكيميائية قليلة أو معدومة من أجل إزالة الفوسفور، إنّ محاسن ومساوئ عمليات الإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور موضحة في الجدول الآتي:

الجدول (3-24): محاسن ومساوئ عمليات الإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور

المساوئ	المحاسن	العملية
الأداء في ظروف التشغيل في الطقس البارد غير موثوق وهي أكثر تعقيداً من A/O.	- الحمأة الفائضة ذات محتوى عال من الفوسفور نسبياً (3-5%) ولها قيمة كسماد. - تعطي قدرة أفضل على إزالة النترات من عملية A/O.	A ² /O
- إنّ التدوير الداخلي الكبير يزيد من متطلبات الضخ وعمليات الصيانة، والمتطلبات من أجل الإضافة الكيميائية غير مؤكدة. - تتطلب حجم مفاعل أكبر من عملية A ² /O، إنّ الترتيب الأولي	- تنتج حمأة قليلة أقل من كل أنظمة إزالة الفوسفور البيولوجية وهذه الحمأة ذات محتوى عالي نسبياً من الفوسفور وذات قيمة كسماد. - النتروجين الكلي ينقص إلى	عملية (Barodenpho):

<p>ينقص قدرة العملية على إزالة النتروجين والفوسفور.</p> <p>- يطلب لهذه العملية نسبة مرتفعة لـ BOD\P.</p> <p>- إن تأثيرات درجة الحرارة على أداء العملية ليست معروفة بشكل جيد.</p>	<p>مستويات أخفض من معظم العمليات الأخرى.</p> <p>هذه الطريقة مستخدمة بشكل واسع في جنوب أفريقيا.</p>	
<p>- إن التدوير الداخلي الكبير للسائل المعاد يزيد من متطلبات طاقة الضخ وعمليات الصيانة، كما أن متطلبات إضافة المواد الكيميائية غير معروفة.</p> <p>- كما يطلب نسبة عالية من BOD\P، وإن تأثير درجة الحرارة على أداء العمليات غير معروفة بشكل جيد.</p>	<p>إن إعادة الحمأة من قاع المرسب النهائي إلى المنطقة المنقوصة الأوكسجين تؤمن ظروفاً أفضل لإزالة الفوسفور في الحوض اللاهوائي.</p>	<p>عملية UCT:</p>
<p>- التدوير الداخلي الكبير للسائل المعاد يزيد من متطلبات طاقة الضخ وعمليات الصيانة.</p> <p>- درجات الحرارة المنخفضة تنقص من قابلية إزالة النتروجين.</p>	<p>- دورة التترات المعادة إلى المنطقة المنقوصة الأوكسجين تنقص من المتطلبات الأوكسجينية ومن استهلاك القلوية، إن الدورة المعادة للتندفج الخارج من المنقطة المنقوصة الأوكسجين إلى المنطقة اللاهوائية تنقص من حمولة التترات على المنطقة الهوائية.</p> <p>- الطريقة ملائمة لإزالة الفوسفور على مدى العام وإزالة فصلية للتترات.</p>	<p>عملية VIP:</p>

إن معلومات التصميم النموذجية للإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور بالعمليات البيولوجية من مياه الصرف المنزلي موضحة رقم (3-25):

الجدول (3-25): معلومات التصميم النموذجية للإزالة المشتركة للنتروجين والفوسفور بالعمليات البيولوجية من مياه الصرف المنزلي

العملية				الواحدة	المؤشر التصميمي
VIP	UCT	عملية خمس (Bardenpho) مراحل	A ² /O		
0.2-0.1	0.2-0.1	0.2-0.1	0.25-0.15	/Kg BOD ₅ KgMLVSS.DAY	نسبة الغذاء/الأجسام الدقيقة (F/M)
10-5	25-10	20-10	25-5	يوم	زمن مكوث المواد الصلبة
3000-1500	4000-3000	4000-3000	4000-3000	ملغ/ل	MISS
2-1 2-1 6-4	2-1 4-2 12-4	1.5-0.5 3-1 12-4	1.5-0.5 1-0.5 8-4	ساعة	زمن المكوث الهيدروليكي - الحوض اللاهوائي - الحوض المقفول الأوكسجين - حوض التهوية
100-80	100-50	100-50	100-25	نسبة مئوية من تناقص مياه الصرف الخام	الحمأة المشطية المعادة
300-100	600-100	400-200	400-100	نسبة مئوية من تناقص مياه الصرف الخام	إعادة السائل المبروج والدورة اللاحقة

3-8- مثال تطبيقي:

يطلب تصميم محطة معالجة مدمجة لجامعة كبيرة ذات تدفق $125 \text{ m}^3/\text{day}$ لمياه الصرف، ووفقاً للمعطيات التالية:

البارامتر	القيمة قبل المعالجة	القيمة الواجب الحصول عليها بعد المعالجة
BOD	250 mg/l	20 mg/l
T.S.S	250 mg/l	20 mg/l
T.K.N	40 mg/l	5 mg/l

الفرضيات:

- 1- درجة حرارة مياه الصرف الدنيا 17 مئوية.
- 2- إنتاج الحمأة الصافي BODr 0.76 kg MLss/kg .
- 3- تركيز الأوكسجين الأصغري في حوض التهوية 12 ملغ/ل.
- 4- العوامل الخاصة بالأوكسجين:
 أ- $\text{kgO}_2/\text{kgBODr} = 1.28$
 ب- $\text{kgO}_2/\text{kgNH}_3\text{-N} = 4.6$
 ج- عوامل انتقال الأوكسجين إلى الماء:
 $A = 0.85$ (من أجل نافثات فقاعات هواء خشنة)
 $B = 0.95$ (من أجل مياه الصرف المنزلي)
- 5- زمن المكوث الهيدروليكي في حوض التهوية = 1 day.
- 6- معدل التحميل الهيدروليكي في منطقة ترسيب الحمأة (أقل من $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$).
- 7- تركيز المواد المعلقة في السائل المزوج (MLSS) يقع ضمن المجال: (3000-6000) ملغ/ل.
- 8- زمن مكوث المواد الصلبة = 25 days.
- 9- نسبة المواد المغذية على نسبة الأحياء الدقيقة F/M تقع ضمن المجال: (0.05-0.3).
- 10- معدل انتقال فقاعات الهواء الخشنة هو: $30 \text{ kg O}_2/\text{KW-day}$.

الحل:

- حساب حجم حوض التهوية وحساب كافة الأجزاء الخاصة بهذا الحوض:

أ- حساب كمية BOD_r الـ BOD₅ المزال يومياً ضمن هذا الحوض:

$$BOD_r(\text{kg/day}) = Q \times (BOD_i - BOD_e)/1000$$

التدفق اليومي Q: m³/day

BOD_i: تركيز BOD₅ الداخلى إلى حوض التهوية:

BOD_e: تركيز BOD₅ الخارج التهوية (mg/l):

$$BOD_r(\text{kg/d}) = 125 \times (250 - 20)/1000 = 29\text{kg/day}$$

ب- حساب إنتاج الحمأة:

$$\text{Sludge production (kg/day)} =$$

$$\text{Net sludge yield (kg MLSS/Kg BOD}_r) \times BOD_r(\text{kg/d})$$

$$\text{Net sludge yield (kg MLSS/Kg BOD}_r) = 0.76 \text{ إنتاج الحمأة الصافي}$$

$$\text{Sludge production} = 0.76 \times 29 = 22\text{kg/d}$$

ج- حساب الكتلة الحيوية في حوض التهوية:

$$\text{System Mass (kg)} = \text{sludge production} \times \text{solids retention (d)}$$

$$= \text{زمن مكوث المواد الصلبة باليوم} \times \text{إنتاج الحمأة} =$$

$$22 \times 25 = 550\text{kg}$$

- حساب الطاقة اللازمة للتهوية:

أ- حساب تراكيز الأمونيوم:

$$\text{NH}_3\text{-N (مؤكسد)} = \text{TKNi -synthesis N -TKNe}$$

$$\text{TKNi} = 40\text{mg/l} \text{ الداخلى إلى حوض التهوية}$$

$$= 5\text{mg/l} \text{ (الخارج من حوض التهوية) TKNe (إنتاج الحمأة في طريق}$$

$$\text{الحمأة المنشطة)} \times 5\% =$$

$$\text{Synthesis N (المصطنع عن طريق تشكيل الخلايا)}$$

$$\text{Synthesis N} = 0.05 \times 22(\text{kg/l}) = 1.1\text{kg/d}$$

$$\text{Synthesis N(mg/l)} = 1.1(\text{kg/d}) \times 10^6(\text{mg/day})/125 \times 10^3(\text{l/day}) = 8.8\text{mg/l}$$

$$\text{NH}_3\text{-N (مؤكسد)} = 40(\text{mg/l}) - 8.8(\text{mg/l}) - 5(\text{mg/l}) = 26.2\text{mg/l}$$

$$\text{NH}_3\text{-N(Kg/d)} = 26.2 \cdot 10^6(\text{kg/l}) \times 125 \times 10^3(\text{l/d}) = 3.28\text{kg/day}$$

ب- حساب احتياج الأوكسجين الفعلي (اللازم):

$$\text{AOR} = 1.28(\text{kgO}_2/\text{kgBODr}) \times \text{Synthesis N (kg/day)} +$$

$$4.6(\text{kgO}_2/\text{kgNH}_3\text{-N}) \times \text{NH}_3\text{-N (مؤكسد)} (\text{kg/d})$$

$$\text{AOR} = 1.28(\text{kgO}_2/\text{kgBODn}) \times 1.1(\text{kgBODn/d}) + 4.6(\text{kgO}_2/\text{kgNH}_3\text{-N}) \times 3.28(\text{KgNH}_3\text{-N/d})$$

$$\text{AOR} = 16.5\text{kgO}_2/\text{day.}$$

AOR الاحتياج الفعلي للأوكسجين

ج- حساب الاحتياج الفعلي المعياري للأوكسجين:

$$\text{SAOR} = \text{AOR} \times \text{CS}(\text{mg/l}) / (a (B \times \text{Csw} - \text{Co})) \times O^{(20-T)}$$

CS: (تركيز الأوكسجين في حالة الإشباع عند درجة الحرارة والضغط المعياريان)

CSW: (معامل التصحيح من أجل الارتفاع)

$$\text{Csw} = 9.02 - 0.0003 \times \text{elevation}$$

Co (تركيز الأوكسجين المنحل المطلوب في حوض التهوية) = 2mg/l

$$A = 0.85, B = 0.95, T = 17\text{c}$$

$$\text{SAOR} = 16.5(\text{kgO}_2/\text{d}) \times 9.02(\text{mg/l}) \times 1.024^{(20-17)} / 0.85(0.95 \times 8.88(\text{mg/l}) - 2(\text{mg/l})) = 29.2\text{kgO}_2/\text{day}$$

د- احتياج الطافي للمهويات (مراوح التهوية):

$$\text{Motor requirements (KW)} = \text{SAOR}(\text{kg O}_2/\text{d}) / \text{O}_2(\text{transfer rate})$$

$$(\text{kgO}_2/\text{kw-d}) = 29.2(\text{kgO}_2/\text{d}) / 30(\text{kgO}_2/\text{kw-d}) = 1\text{kw}$$

بشكل عام إن كفاءة مراوح التهوية لا تزيد عن 50% لذلك نختار مهويين باستطاعة 3.75kw وذلك من أجل تأمين متطلبات التهوية ولتحقيق الهضم الهوائي للحمأة.

تصميم حوض التهوية:

$$Q = V/T \quad V = Q.T \text{ حجم حوض التهوية}$$

T: زمن المكوث/اليوم

Q: التدفق (م³/يوم)

$$V = 125 \times 1 = 125 \text{m}^3$$

نختار ارتفاع الحوض 3m فتكون المساحة $A = 125/3 = 41.67 \text{m}^2$

وباعتبار أن $L/B = 4$ (طول الحوض) B (عرض الحوض)

$$A = L.B = 4.B.B = 41.67$$

L = 12.9 = 13m فيكون طول الحوض B = 3.225m = 3.3m إذاً

إذاً طول الحوض 13m وعرضه 3.3m وارتفاعه 3m.

- حساب أبعاد منطقة حوض الترسيب وتجميع الحمأة:

نفترض بأنه لدينا مخرطين لترسيب الحمأة بأبعاد:

$$1- \text{البعد العلوي} = \text{عرض الحوض} = 3.3 \text{m}$$

2- البعد السفلي = 5.33m فتكون المسافة العلوية لمخرطين ترسيب الحمأة:

$$A_2 = 2 \times 3.3 \times 3.3 = 21.78 \text{m}^2$$

فيكون معدل التحميل الهيدروليكي في مخرطين ترسيب الحمأة:

$$10 < (m^3/m^2-d) = 5.74 = 125(m^3/d)/21.78(m^2) = \text{مقبول}$$

على فرض أن ارتفاع الترسيب فوق المخروطين مساوياً إلى 0.3m فيكون

$$\text{ارتفاع المخروط مساوياً إلى } H_h = 3 - 0.3 = 2.7 \text{m}$$

ويكون حجم المخروط:

$$V = 1/3(A_1 + A_2 + (A_1 \times A_2)^{0.5}) \cdot \text{depth} \\ = 1/3(3.3^2 + 0.3^2 + 3.3 \times 0.3) \times 2.7 = 9.88 \text{m}^3$$

- الحجم الكلي للمخروطين:

$$VT = 2 \times 9.88 = 19.76 \text{m}^3$$

حساب حجم حوض للهضم الهوائي للحمأة = حجم مخروطين تجميع الحمأة

$$H = 3m \quad L = 3.3m \quad B = 2m$$

- حساب حوض التماس مع الكلور:

نختار زمن مكوث حوالي (10-75) دقيقة للأمان ولصغر التدفق نختار زمن مكوث كبير 75 دقيقة فيكون حجم حوض الكلور:

$$V = 125 \times (75/60)/24 = 6.5m^3$$

نختار عمق الحوض مساوياً لـ 0.8م:

$$L = 3.3m \quad B = 6.5/3.3 \times 0.8 = 2.46m$$

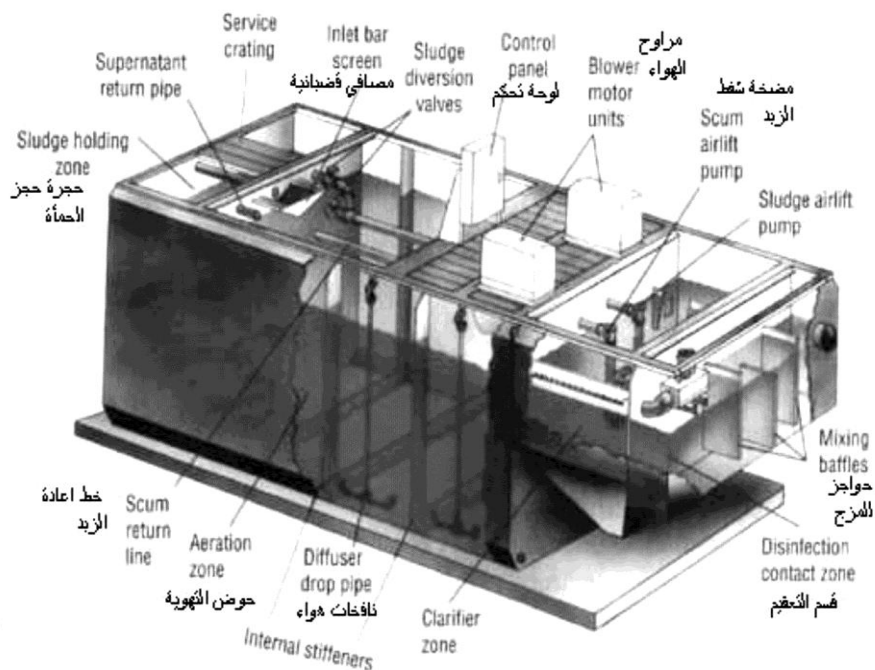
إذا أبعاد حوض الكلورة:

$$H = 0.8m \quad \text{الارتفاع} \quad B = 2.46m \quad \text{العرض} \quad L = 3.3m \quad \text{الطول}$$

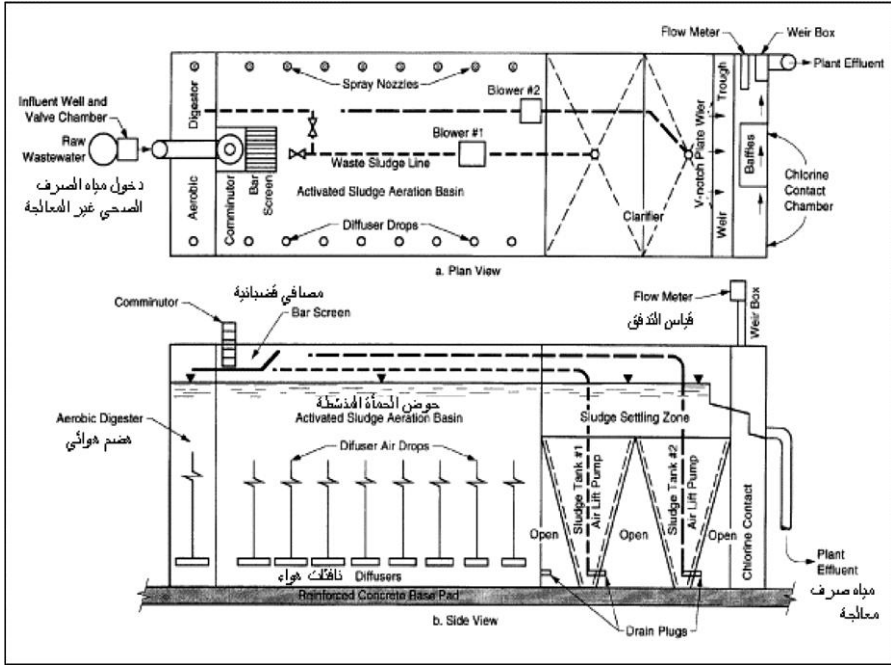
توصيات عامة:

- 1- محطات المعالجة المدبجة لا تحتاج إلى حوض فصل الرمال أو حوض ترسيب وإنما تحتاج فقط حفرة تجميع صغيرة ومضخة.
- 2- قطر أنبوب دخول مياه الصرف على محطة المعالجة المدبجة لا يقل عن 15 سم ويجب أن يصرف مباشرة على مصافي دقيقة أو فرامات للمواد الصلبة وتكون المصافي والفرامات متوضعة عند مقدمة أعلى حوض التهوية.
- 3- إن ضغط مراوح التهوية يجب أن لا يقل عن 0.5 بار (5m) وذلك لضمان تركيز أصغري للأوكسجين المنحل 2 ملغ/ل في جميع الأوقات.
- 4- لا يقل عدد نافثات الهواء عن 44/ نافثة في قاع حوض التهوية بالإضافة إلى أنه يجب أن نضع نافثات عدد 6/ في حوض الهضم الهوائي للحمأة وواحدة في حوض الكلورة.

- 5- يجب وضع مقياس تدفق يسجل التدفقات اليومية الداخلة إلى المحطة.
- 6- يجب أن يجهز كل مخروط لجمع الحمأة بمضخة إرجاع الحمأة المنشطة إلى حوض التهوية ذات فتحة 15 سم (6 إنش).
- 7- أنبوب نقل الحمأة لا يقل عن 7.5 سم (3 إنش).
- 8- يجب تجهيز لوحة تحكم من أجل مراوح التهوية والمضخات.
- 9- يجب وضع قواشط للزبد عند مخرج حوض التهوية قبل حوض الكلورة.
- 10- يجب أن تصنع المحطة إما من الستانلس ستيل الصناعي أو الكروم الصناعي أو من الحديد المطلي بالإيوكسي أو من البيتون المسلح المقوى بمواد مانعة للتسرب.



الشكل (3-13): شكل ثلاثي الأبعاد يبين محطة المعالجة التي تم تصميمها



الشكل (3-14): يبين مسقط محطة المعالجة التي تم تصميمها

3-9- مثل تصميمي محطة معالجة لمياه الصرف الصحي بطريقة

:A²/O

لدينا ضاحية سكنية عدد سكانها 3000 نسمة واستهلاك الفرد الواحد 115 لتر/يوم يطلب تصميم محطة معالجة لمياه الصرف الصحي علماً أن شبكة الصرف الصحي في الضاحية السكنية من النوع المنفصل ولن يدخل إلى هذه المحطة إلا مياه صرف صحي (شبكة الصرف الصحي تنقل فقط مياه الصرف الصحي المنزلي).

- التعداد السكاني:

يتم تصميم محطة المعالجة من أجل استيعاب الغزارة السكانية الحالية وذلك لأن التجمع السكني هو ضاحية عمالية محدودة العدد ولا تزيد بشكل تدريجي لذلك يتم التصميم على عدد السكان الحالي والبالغ 3000 نسمة مع لحظ مساحة كافة للتوسع المستقبلي وهذه المساحة المستقبلية تماثل المساحة الحالية.

ويجب الانتباه إلى أنه في الضواحي السكنية تتم الزيادة السكانية بشكل قفزات وليس بشكل تدريجي وذلك يتعلق بالتوسع السكني في تلك الضواحي.

- الغزارات:

تمّ اعتماد معدل استهلاك الفرد لمراحل الدراسة بحدود (115) ليتر للشخص في اليوم ونقوم بحساب الغزارات وفق ما يلي:

حيث:

$$Q_{av} = \frac{VPE \cdot (0.8)}{86.400} \quad \text{أ- الغزارة الوسطية ل/ثا:}$$

PE: عدد السكان ويمثل في حالتنا هذه مجموع عدد السكان للقرى

V: معدل استهلاك الفرد ل/يوم/للشخص ويساوي 115 ليتر/يوم.

- حساب تراكيز الملوثات في المياه الخام:

تراكيز الملوثات موضحة في الجدول الآتي: من دفتر الشروط تم إعطاء قيم الملوثات: وبالتعويض بالمعطيات يمكننا أن نكتب الجدول الآتي:

المؤشرات التصميمية:

2016	الفترة التصميمية
3000	عدد السكان
115	استهلاك الفرد l/d
0.8	عامل الصرف للاستهلاك
92	معدل التصريف اليومي ليتر/يوم
8	بفرض دخول مياه غربية بمعدل 8 ليتر للشخص
300	الغزارة اليومية الوسطية $m^3/d(Q_{av})$
400	تركيز BOD5 الداخل mg/l
20	تركيز BOD5 الخارج mg/l
450	تركيز SS الداخل mg/l
20	تركيز SS الخارج mg/l
110	تركيز TN الداخل mg/l

2016	الفترة التصميمية
15	تركيز TKN الخارج mg/l
25	تركيز PO ₄ الداخلى mg/l
6.5	تركيز PO ₄ الخارج mg/l
20	تركيز NO ₃ -N الخارج mg/l

والمواصفات القياسية السورية رقم 2752 الخاصة بأغراض الري.

- تصميم المصافي الخشنة والناعمة على المجرى:

نضع مصفاة خشنة شاقولية عدد /1/ ذات تنظيف يدوي التباعد بين القضبان هو 3 سم وعرض القضيب هو 1 سم وعرض المصفاة 50 سم وارتفاع المصفاة 70 سم وهي كافية لهذه المحطة.

نضع مصفاة ناعمة شاقولية عدد /1/ ذات تنظيف يدوي بفتحات 8 × 8 مم وعرض المصفاة 50 سم وارتفاع المصفاة 70 سم وهي كافية لهذه المحطة وهذه المصفاة تلي المصفاة الخشنة وتنظفان بالتناوب بحيث تبقى واحدة ضمن المجرى.

- حساب طول قناة المصافي:

حيث نفترض أن زاوية توسع غرفة المصافي 20 درجة مئوية.

L1: هو الطول قبل المصفاة في منطقة التوسع القناة المائلة عند المصافي حيث

يكون عرض القناة قبل المصافي 50 سم.

L2: هو طول القناة قبل المصفاة مباشرة ولا يقل عن 0.5م ونعتمده 0.5م.

L3: طول غرفة المصافي بعد نهاية المصافي ونعتمده 1م.

L4: هو الطول الأفقي في منطقة التوسع في نهاية غرفة المصافي.

$$L1 = 1.37 \times (Bp-b) = 1.37 \times (0.5-0.50) = 0m$$

$$L2 = 0.5 m$$

$$L3 = 1m$$

$$L4 = 0.5 \times L1 = 0 = 0m$$

$$L = L1 + L2 + L3 + L4 + LS$$

$$L = 0 + 0.5 + 1 + 1 = 2.5m$$

- خزان توازن ويمكن استخدامه عوضاً عن بئر الضخ:

زمن المكوث 4 ساعات

$$\text{حجم حوض التوازن: } 4 \times 24/300 = 50 \text{ م}^3$$

ونختار أبعاد:

ارتفاع المياه هو: 3.25م والارتفاع الكلي هو 3.75 ونختاره بشكل مربع فتكون أبعاده الداخلية 4 × 4م وهو موضح بالمخططات المرفقة.

فوائد خزان التوازن: نظراً لتوارد الملوثات في مياه الصرف بتراكيز مختلفة فإن إنشاء خزان توازن بحجم كاف من شأنه أن يحقق تجانساً للملوثات التي ترد إليه أوقات مختلفة الأمر الذي سوف يؤدي إلى حدوث استقرار في عملية المعالجة البيولوجية في محطة المعالجة.

إن تدفق مياه الصرف يرد عبر المجرور العام إلى محطة المعالجة بقيم غير منتظمة، فأحياناً تتضاعف إلى ثلاثة أضعاف التدفق الوسطي وذلك في ساعات الذروة وكذلك تنحسر قيمته إلى ربع قيمة التدفق الوسطي أو أدنى من ذلك وبالتالي وجود خزان التوازن ضروري لكي تعمل محطة المعالجة على تدفق معادل للتدفق الوسطي التصميمي الأمر الذي يؤدي إلى حدوث استقرار بيولوجي وهيدرولوجي في وحدات المعالجة البيولوجية.

- **تصميم المضخات الرئيسية:**

$$\text{التدفق الساعي الوسطي هو: } 24/300 = 12.5 \text{ م}^3/\text{ساعة}$$

ضغط الرفع = فرق منسوب تركيب المضخات ومنسوب الضخ = 3م (حيث تركيب المضخات على منسوب + 25 سم عن قاع خزان التجميع) + ارتفاع الحوض اللاهوائي عن خزان التجميع وهو 3م + 0.5م ضياعات
إذاً:

لدينا 3/ مضخات: 2 تعملان بالتناوب + 1 واحدة احتياط

تدفق المضخة 12.5 م³/ساعة و ضغط الرفع حوالي 6م كحد أدنى.

- تصميم أحواض حجز الرمال المهواة والزيوت الطافية غير المنحلة:

نظراً لصغر التدفق فلا داعي لإنشاء أحواض خاصة لفصل الزيوت والشحوم ولا لفصل الرمال حيث تترسب الرمال لتخرج مع الحمأة إلى أحواض تجفيف الحمأة وبالنسبة للزيوت والشحوم فهي تتفكك والقسم غير المتفكك يجمع مع الزبد ليذهب إلى ساحات تجفيف الحمأة.

المعالجة الثانوية المتقدمة لمياه الصرف الصحي للضاحية

- طريقة المعالجة المعتمدة: هي طريقة A^2/O :

ونلاحظ في هذه الطريقة (لمياه الصرف المنزلي) أن نسبة إعادة الحمأة تتراوح بين 20-50% في طريقة A^2/O .

"- نسبة التدفق المعاد في طريقة A^2/O هي 100-300%.

- مدة البقاء لمياه الصرف في المنطقة اللاهوائية هي 0.5-1.5 ساعة في طريقة A^2/O .

- مدة البقاء لمياه الصرف في المنطقة منقوصة الأوكسجين هي 0.5-1 ساعة في طريقة A^2/O .

- مدة البقاء مياه الصرف في المنطقة الهوائية هي 3.5-6 ساعة في طريقة A^2/O .

- مدة بقاء المواد الصلبة هي 4-27 يوم في طريقة A^2/O .

- قيمة MLSS هي 3000-5000 ملغ/ل في طريقة A^2/O "⁽¹⁾.

- تصميم الحوض اللاهوائي والذي هو القسم الأول من طريقة A^2/O :

يصمم الحوض اللاهوائي على زمن مكوث مقداره 0.5-1.5 ساعة بناء على التدفق الأعظمي الساعي الجفاف في كل مرحلة⁽²⁾ (من المرجع M&E الطبعة 3) هذا من أجل تحقيق إزالة للفوسفور ونسبة إعادة الحمأة من حوض الترسيب

(1) من المرجع M&E الطبعة 3.

(2) من المرجع M&E الطبعة 3 الصفحة 734 الجدول 11-27.

النهائي تتراوح بين 20-50% في طريقة A²/O، ومن أجل عمليات الضبط والتحكم أثناء التشغيل يختار نسبة إرجاع للحمأة 50% من التدفق وذلك للحصول على نسبة إزالة جيدة للفوسفور الموجود في الحمأة المعادة إلى حوض الترسيب. ولكن هنا في تصميم هذه المحطة سوف نعتد أيضاً على المرحلة اللاهوائية في تخفيف الأحمال العضوية الواردة إلى محطة المعالجة لذلك فإن زمن المكوث سوف يتغير وسوف نصمم المرحلة لاهوائية وفق أسس تصميم المفاعل اللاهوائي ذي التدفق إلى الأعلى وذي طبقة الحمأة المعلقة - Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process والذي يرمز له بـ (UASB)، وهذه الأسس هي:

- حساب أبعاد المفاعل (UASB) باعتماد طريقة معدل التحميل العضوي (Organic Loading Rate) (OLR):

إذا كانت قيمة COD للمياه الداخلة هي (COD: 5000-15000mg/l) فإن معدل التحميل العضوي في المفاعل يؤخذ بقيمة (OLR: 4-12 kgCOD/m³.d). ويكون زمن المكوث الهيدروليكي (HRT: 4-12h) (Hydraulic Retention Time):

اختيار ارتفاع طبقة الحمأة	
ارتفاع طبقة الحمأة المعلقة HS	للمياه الداخلة إلى المفاعل COD
3-5m	> 3000 mg/l
5-7m	< 3000 mg/l

وآنذاك يحسب حجم المفاعل من العلاقة $V = C \times Q / OLR$ و C: هو الفرق بين تركيز COD للمياه الداخلة إلى المفاعل والخارجة منه. Q: تدفق المياه الخام.

ويكون ارتفاع طبقة الحمأة $H_s = U \times HRT$

U: سرعة التدفق الشاقولية متراوحة بين (0.6-0.9 m/h)

ارتفاع منطقة الترسيب ($H_{se} \geq 1.2m$) (المنطقة المحاورة لفاصل الغازات)

والارتفاع الكلي للمفاعل يحسب من العلاقة: $H = H_s + H_{se}$

- حساب أبعاد المفاعل اعتماداً على السرعة:

عندما تكون (COD < 5000mg/l) في التدفق الداخل تكون طريقة (ORL) لحساب أبعاد المفاعل غير دقيقة لذلك نستخدم الطريقة الآتية:

$$(U = 0.5\text{m/h}) \text{ سرعة الصعود}$$

زمن المكوث الهيدروليكي يكون عادة في هذه الحالة (HRT = 4h)

نختار ارتفاع طبقة الحمأة المعلقة من الجدول السابق (Hs = 3-5m)

نختار ارتفاع منطقة الترسيب (Hse = 1.2m)

$$\text{حجم المفاعل (UASB)} = (V = Q \times \text{HRT})$$

$$\text{مساحة المفاعل (UASB)} = (A = Q/U)$$

نستنتج⁽¹⁾: بحسب ما وقع بين أيدينا من مراجع أن في المعالجة اللاهوائية هناك زمن مكوث أمثلي أو اقتصادي يحقق أفضل معالجة مقبولة بزمن مكوث مقبول مما يؤدي إلى تصغير حجم المفاعلات اللاهوائية وزمن المكوث الأمثل هذا يتعلق بعدة عوامل أهمها تركيز الـ COD للمياه الخام ومعدل الحمولة العضوية في واحدة الحجم (ORL) والسرعة الشاقولية في المفاعل وأسس تصميم المفاعل UASB قد مرت معنا في الجدول (2-4).

وبالنسبة لتصميم هذه المحطة إن تركيز BOD₅ الداخل إلى محطة الضخ هو 400 ملغ/ل وإذا فرضنا أن:

$$\text{COD/BOD}_5 = 1.8$$

$$\text{فيكون } \text{COD} = 400 \times 1.8 = 720\text{mg/l}$$

وبالتالي زمن المكوث يكون حوالي 6-18 ساعة والكفاءة 70-75% بناء على الجدول السابق وبناء على المرجع 4 و5 و6 فإن زمن المكوث لمدة 6 ساعات كافي لتحقيق إزالة جيدة للـ COD ولكن في تصميمنا سوف نفرض نسبة الإزالة لن تزيد عن 50%.

الغزارة الوسطية في الطقس الجاف (m³/d) للمرحلة الأولى: 300م³/يوم.

(1) د. سلوى حجار - م. عبد الله صغير رسالة ماجستير في كلية الهندسة المدنية جامعة حلب عام 2004.

لتحقيق إزالة جيدة في الحوض اللاهوائي لكافة الملوثات زمن المكوث نختاره 6 ساعات بناء على التدفقين الأساسي والمعاد ولتحقيق إزالة جيدة أيضاً للملوثات العضوية.

فيكون حجم الأحواض في المرحلة الأولى:

$$= 300/24 \times 6 = 75\text{m}^3$$

نختار حوضين مربعين الشكل بارتفاع كلي 4.5م وبطول 3م وبعرض 3م وجريان المياه يكون من الأسفل إلى الأعلى، وتكون كفاءة إزالة الـ COD لا تقل عن 50%.

تحقيق شرط السرعة الشاقولية:

$$V_v = Q/A = 300/(24)/(3 \times 3 \times 2) = 0.694 \text{ m/h OK } (0.25-0.7)$$

ويعطى للمفاعل أيضاً ارتفاع حر إضافي غير مغمور مقداره 0.5م فيكون ارتفاعه الكلي 4.5م وأما الغازات الناتجة فيمكن حلها بالمياه الموجودة في حوض التهوية ويمكن الاستفادة من غاز الميثان في حال أمكن ذلك مستقبلاً.

ويعاد إلى هذا الحوض حمأة من حوض الترسيب النهائي بمعدل 30-50% من قيمة التدفق الأساسي الوارد إلى محطة الضخ ولا ضرورة لحساب الحمأة المعلقة الزائدة في هذا المفاعل حيث أن نسبتها قليلة جداً لا تشكل سوى (10-20%) من وزن الـ COD وعندما يزداد تركيزها فإنها سوف تخرج مع التدفق الخارج لتسحب من حوض الترسيب النهائي كحمأة زائدة.

- تصميم الحوض منقوص الأوكسجين Anoxic:

وفق المرجع (M&E)، الطبعة الثالثة، إن زمن المكوث في هذا الحوض هو 0.5-1 ساعة.

ونسبة إعادة السائل الممزوج تتراوح بين (100-300%) من التدفق ويمكن حساب زمن المكوث بناء على معدل إزالة النتروجين في هذا الحوض من العلاقات التالية:

$$UDN^- = UDN \times 1.09^{(T-20)} \times (1-DO)$$

الثالثة، ص (712-713).

UDN⁻: إجمالي معدل إزالة النتروجين.

حيث DO: هو الأوكسجين المنحل في مياه الصرف.

UDN: معدل إزالة النتروجين المحدد وواحدته lb NO₃-N/lb MLVSS.D

وقيمته لمياه الصرف هي 0.11-0.03

T: درجة حرارة مياه الصرف بوحدة درجة مئوية.

نفترض أن درجة الحرارة هي 15 درجة مئوية؛ ونفترض قيمة:

$$= \text{lb NO}_3\text{-N/lb MLVSS.D UDN } 0.08$$

نفترض أن قيمة الأوكسجين المنحل هي 0.1 ملغ/ل.

إن قيمة UDN(20⁰) هي:

$$0.1 \text{ day}^{-1} = \text{UDN}(20^0)$$

نعوض في العلاقة السابقة فنجد:

$$\text{UD} \sim \text{N} = 0.1 \times 1.09^{(15-20)} \times (1-0.1) = 0.0585 \text{ day}^{-1}$$

$$U = (S_0 - S)/(t \times X)$$

T: زمن المكوث بالأيام.

S₀: تركيز النترات الداخلة إلى الحوض = 25 ملغ/ل (فرضي).

S: تركيز النترات المتوقع خروجه من الحوض ونفترض قيمته هي 3 ملغ/ل.

X تركيز البيوماس في الحوض (حوض منقوص الأوكسجين) = MLVSS

$$= 2000 \text{ ملغ/ل.}$$

نعوض فنجد:

$$0.0585 = (25-3)/(t \times 2000)$$

$$T = 0.196 \text{ day} = 4.72 \text{ hour}$$

وهذا لا يتناقض مع كون زمن المكوث 0.5-1 ساعة لأن هذا الزمن

المحسوب السابق وهو 4.72 ساعة هو بناء على جميع التدفقات وهي Q الأساسي

+ Q المعاد من حوض الترسيب + Q الناتج عن إعادة الحمأة.

بينما الزمن 0.5-1 ساعة فهو محسوب بناء على التدفق Q فقط.

- حساب نسبة التدفق المعاد من حوض التهوية:

$$IR = NO_x / N_E - 1 - R$$

IR: نسبة إعادة السائل المزوج من حوض التهوية إلى حوض منقوص الأوكسجين.

NO_x: النتروجين الناتج في المنطقة الهوائية ويمكن حسابه من العلاقة⁽¹⁾:

$$NO_x = 0.8 \times TKN = 0.8 \times 85 = 68 \text{mg/l}$$

ملاحظة: TKN لمياه الخام هي بحدود 85 ملغ/ل (وهذه القيمة كبيرة جداً) ونفترض عدم حدوث تخفيض مهم لهذه القيمة في المفاعل اللاهوائي بالتالي القيمة الداخلة إلى حوض منقوص الأوكسجين هي 85 ملغ/ل.
NE: قيمة N NO₃- المسموحة في المياه بعد المعالجة وتساوي 20 ملغ/ل وكعامل أمان إضافي.

نعوض في المعادلة السابقة على فرض قيمة 20 %R =

$$IR = 68/15 - 1 - 0.2 = 2.2$$

وعملياً نسبة إعادة السائل المزوج في طريقة A2/O تتراوح بين (100-300%) من التدفق الأساسي لتحقيق إزالة جيدة في الحوض اللاهوائي لكافة الملوثات.

زمن المكوث نختاره 4.72 ساعات بناء على التدفقين الأساسي والمعاد ولتحقيق إزالة جيدة أيضاً للملوثات العضوية.
فيكون حجوم الأحواض هو:

$$59 = 4.72 \times 24/300 = m^3$$

نختار حوضين مربعي الشكل بارتفاع 3.6م وبطول 3م وبعرض 3م. ويعطى للمفاعل أيضاً ارتفاع حر إضافي غير مغمور مقداره 0.4م فيكون ارتفاعه الكلي 4م فيكون الحجم الفعلي لهذين الحوضين.

وتجهز المفاعلات اللاهوائية بمضخات غاطسة لتقوم بتحقيق خلط المياه الصرف في المفاعل ويكتفى بوضع مضخة غاطسة واحدة تعمل بشكل متقطع.

(1) ص 714 (M, E) الطبعة رقم 4.

ويعاد إلى هذا الحوض سائل ممزوج بمعدل يتراوح بين 100%-300% من قيمة التدفق الأساسي الوارد إلى محطة الضخ.

- تصميم أحواض التهوية: /تهوية مديدة/ (حسب دفتر الشروط):

معطيات التصميم:

- زمن المكث ويتراوح من (18-36) ساعة.
- تركيز المواد المعلقة في السائل الممزوج: $MLSS(3000-6000) \text{ mg/l}$
- $F/M = (0.04-0.15) \text{ Kg BOD}_5/\text{kg MLVSS}$
- زمن مكوث المواد الصلبة: 20-30 يوم.
- الغزارة الوسطية: $Q_{av} = 300 \text{ m}^3/\text{day}$ إن نسبة إزالة BOD_5 في المفاعل اللاهوائي وحوض منقوص الأوكسجين لا تقل عن 50% وبالتالي فإن تركيز الـ BOD_5 الداخلى إلى حوض التهوية هو:

$$(BOD_5)_i = 0.5 \times 400 = 200 \text{ mg/l}$$

وكمعامل أمان إضافي ولمواجهة تغيرات الحمولة العضوية المتوقعة كنتيجة تقنين المياه أحياناً في فصل الصيف نزيد هذا التركيز بمقدار 15% وبالتالي يصبح $(BOD_5)_i$ التصميمي لحوض التهوية هو:

$$(BOD_5)_I = 1.15 \times 200 = 230 \text{ mg/l}$$

$$(BOD_5)_e = 20 \text{ mg/l}$$

$$j = (0.65-0.85)$$

نختار زمن المكوث 1 يوم فيكون حجم الحوض:

$$V = 300 \times 1 = 300 \text{ m}^3$$

نفرض أن تركيز المواد المعلقة في السائل الممزوج هو 4000 ملغ/ل فيكون:

$$MLSS = 4000 \text{ mg/l}$$

$$MLVSS = 0.75 \times 4000 = 3000 \text{ mg/l}$$

نحقق نسبة F/M

$$F/M = (230-20) \times 300 / (300 \times 3000) = 0.07 \text{ OK}$$

إذا حجم حوض التهوية هو 300م³ نختار حوضين متجاورين بحجم كل واحد هو 150م³، ارتفاع المياه في كل حوض هو: 3.7م عرض 3م الحوض الطول 6.75م ويعطي ارتفاعاً حراً جافاً مقداره 0.4م فيكون ارتفاع الحوض هو 4.1م.

- حساب وزن الحمأة الفائضة:

- بناء على كتاب الدكتور أحمد فيصل أصفري حصيلة الأجسام الصلبة في الحمأة الناتجة عن الحمأة المنشطة ذات التهوية المديدة بحدود (0.15) كغ أجسام صلبة لكل كغ BOD مزال وكذلك الحال في طريقة المعالجة اللاهوائية بالمفاعل UASB فتكون كمية الحمأة الكلية اليومية:

$$BODr = ((BOD5)_i - (BOD5)_e) X Q_{AV} X 10^{-3} = \text{kg/day}$$

$$15.75 = 300 \times 1000 / (20 - 400) \times 0.15 \text{kg/day}$$

وهذه الحمأة مواصفاتها جيدة ويمكن القول بأنها مثبتة نتيجة زمن المكوث الكبير في حوض التهوية وأيضاً لأن طريقة A²/O تعطي حمأة جيدة المواصفات.

- حساب حجم الحمأة الزائدة:

بفرض نسبة المواد الصلبة: (80%) يكون حجم الحمأة الزائدة (المراد تكثيفها): $Q_x = 15.75 / (1000 \times 0.0075) = 1.97 \text{m}^3/\text{day}$ وبما أن كمية الحمأة قليلة جداً فإننا نقوم بجعل الحمأة تتكثف ضمن حوض الترسيب النهائي ومن ثمّ تضخ إلى ساحات تجفيف الحمأة وبذلك نكون قد وفرنا كلفة إنشاء حوض تكثيف الحمأة.

- حساب استطاعة أجهزة التهوية:

المرحلة الأولى حتى عام 2025:

نفترض أن تركيز نيتروجين الأمونيوم الداخل إلى حوض التهوية هو 43 ملغ/ل

$$O_2 = [1.08 \times (BOD5)_r + 4.57 (NH_4)_r] \times Q_{av} \times 10^{-3}$$

$$O_2 = [1.08 \times (230 - 20) + 4.57 (43)] \times 300 \times 10^{-3} = 127 \text{kg O}_2/\text{day}$$

- حجم الهواء المطلوب:

$$= 127 \times 5 = 635 \text{m}^3/\text{day}$$

- من أجل النفثات الناعمة يكون نقل الهواء محدود (12%)
الهواء المطلوب $1187.5/0.12 = 5291\text{m}^3/\text{d} = 220\text{m}^3/\text{hour}$ بما أنه
لدينا حوضين فيكون نصيب كل حوض من الهواء:

$$220/2 = 110\text{m}^3/\text{hour}$$

نأخذ ضاغط هواء عدد (2): (1) عامل بالشكل متقطع حسب الحاجة،
(2) احتياط فيكون التدفق في كل ضاغط هو $220\text{m}^3/\text{hour}$ ولضمان حدوث
عملية الترتجة بشكل كامل وعدم بقاء وجود تروجين نضع خط هواء بمقدار
محدد في حوض الكلورة النهائي بتدفق $20\text{m}^3/\text{ساعة}$ هذا الخط يحقق تماس جيد بين
الكلور وبين الملوثات ويرفع تركيز DO في مياه الصرف المعالجة ويجول التريت
إلى نترات إن وجد.

الضياعات الناجمة + عمق الماء = فيكون الضاغط

- عمق الماء (3.7) م الضياعات الناتجة هي محدود $0.8\text{م} = 4.5\text{م} = 450$
مليار فتكون كمية الهواء الكلية هي $240\text{م}^3/\text{هواء}$.

تحديد عدد النفثات:

بفرض أنه لدينا نفثات دقيقة تعطي $9\text{م}^3/\text{هواء/ساعة}$ فيكون عدد النفثات هو:
 $9/260 = 29$ نافثة ولكن عملياً نضع في كل حوض 14 نافث هواء لتحقيق
خلط جيد ضمن الحوض.

ونضع نافثين في حوض الكلورة لكل حوض توزع ضمن مسافات
متساوية وإجمالي عدد النفثات للحوضين هو 30 نافث.

- تصميم أحواض الترسيب الثانوي:

المعطيات:

- كتلة المواد الصلبة: $4\text{g/l} = \text{MLSS}$ - التحميل السطحي الوسطي:
 $\alpha_{av} = (24-32)\text{m}^3/\text{m}^2.\text{day}$ - حمل المواد الصلبة الوسطي:
 $\text{SLR}_{av} = (80-120)\text{Kg}/\text{m}^2.\text{day}$ - حمل المواد الصلبة الأعظمي:
 $\text{SLR}_{max} < 160\text{Kg}/\text{m}^2.\text{day}$ - زمن المكوث: $\text{Tx} = (1.5-4)\text{hours}$.

التصميم:

يتم التصميم على أساس الغزارة الوسطية من العلاقة:

$$Q_{av} = Q_{av} + Q_{R1} + Q_{R2} - Q_S$$

طريقة A^2/O هو عبارة عن مجموع ثلاث تدفقات هي:

$$Q_{AV}: \text{التدفق الوسطي الوارد إلى محطة الضخ من مجرور القرية ويساوي}$$

$$300 \text{ م}^3/\text{يوم} = 12.5 \text{ م}^3/\text{ساعة}.$$

Q_{R1} : وهو تدفق السائل الممزوج المعاد من بعد حوض التهوية إلى بداية

حوض منقوص الأوكسجين ويساوي (100-300)% من قيمة Q_{AV} ونأخذ وسطياً القيمة 200%.

Q_{R2} : وهو تدفق الحمأة المعاد من حوض الترسيب النهائي إلى بداية حوض

الترسيب ويساوي (30-50)% من قيمة Q_{AV} ونعتمد وسطياً القيمة 40%.

Q_S : تدفق الحمأة الذاهب إلى عمليات تكثيف الحمأة ونهمله لصغره

وكمعامل أمان إضافي.

إذاً التدفق التصميمي لحوض الترسيب هو:

$$Q_{av} = Q_{av} + Q_{R1} + Q_{R2} - Q_S = 2.4 \times Q_{av}$$

$$30 \text{ م}^3/\text{h} = 2.4 \times 24/300 =$$

نفرض زمن المكوث 3.5 ساعات ونحقق بقية البارامترات:

$$V = Q \times T = (30) \times 3 = 90 \text{ م}^3$$

نفرض الارتفاع الفعال لحوض الترسيب هو 3.3 فتكون مساحته السطحية

هي:

$$A = V/H = 90/3.3 = 27.27 \text{ م}^2$$

وبفرض أن لدينا حوضين مستطيلي الشكل الشكل فتكون مساحة كل

منهما هي:

$$A1 = 27.27/2 = 13.6 \text{ م}^2$$

أبعاد كل منهما هي: الطول = 6.25 م العرض 2.2 م

نحسب معدل التحميل السطحي الذي هو Q/A :

$$Q/A = 300 \times 2.4 / (2 \times 6.2 \times 2.2) = 26.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day} \quad \text{ok}$$

ولا داعي في طريقة A²/O التحقق على التدفق الأعظمي لأنه تم تصميم حوض الترسيب على تدفق مقدارها $Q_{AV} \times 2.4$ وكذلك عندما تصبح نسبة التدفق المعاد حوالي 100% نكون أيضاً في حالة تصميم سليمة. نحسب معدل تحميل المواد الصلبة:

$$S.L.R = [Q][MLSS]/A = 300 \times 4 / (2 \times 6.25 \times 2.2) = 44 \text{ kg/m}^2.\text{day}$$

OK (25-160)

تزود أحواض الترسيب بقواشط سطحية لجمع الزبد والتحكم ثم يجمع الزبد ليعالج مع الحمأة.

- تصميم أحواض الكلورة:

إن المياه المعالجة والناجمة عن وحدات المعالجة الثانوية هي مياه صالحة للطرح ضمن المسيلات المتوفرة في المنطقة ومنها إلى النهر ومزال منها حوالي 50-70% من الملوثة البكتريولوجية الممرضة، ونستطيع إضافة وحدة تعقيم جديدة الغاية منها تعقيم المياه المعالجة للحصول على مياه معالجة تصلح لسقاية النباتات التي تؤكل نيئة وكذلك المساحات الخضراء ضمن حرم المحطة، وذلك لأن مثل هذه الوحدات قادرة على خفض نسبة التلوث البكتريولوجي بإزالة 99% من الجراثيم والمتعضيات الممرضة التي تتواجد ضمن مياه الصرف الصحي وعادة تتألف وحدة التعقيم من:

- الغزارة الوسطية اليومية للمرحلة الأولى: $Q_{av} = 300 \text{ m}^3/\text{day}$
- زمن المكث من أجل الغزارة الوسطية لا يقل عن 20 دقيقة.
- جرعة الكلور الحر CL_2 المطلوبة تتراوح ما بين (2-8mg/l) من أجل الغزارة الوسطية.
- حساب الحجم من أجل الغزارة المتوسطة:

$$V = Q \times t$$

$$V = 20/60 \times (300/24) = 4.2 \text{ m}^3$$

- بفرض ارتفاع الماء: 1م

تكون المساحة اللازمة: $A = V/H = 4.2/1 = 4.2m^2$

العرض الكلي: 2.4م الطول الكلي: 4.8م

إذا أبعاد حوض الكلورة هي:

ويمكن إضافة هيبوكلوريت الصوديوم أو هيبوكلوريت الكالسيوم كمادة حاوية على الكلور وذلك من أجل تأمين (2-8) ملغ من الكلور لكل 1 لتر من مياه الصرف المعالجة.

ومن المفضل وضع نافثات هواء على الأقل نافثة في كل شوط لتحقيق اختلاط جيد لمياه الصرف المعالجة مع الكلور المضاف. ويضاف ارتفاع حر فوق سطح الماء مقداره 0.3م.

- معالجة الحمأة وتكثيفها:

سوف يتم معالجة الحمأة وفق المراحل التالية:

- 1- التكثيف الثقالي للحمأة في أحواض التكثيف الثقالي.
- 2- التجفيف في ساحات تجفيف خاصة.

- تصميم أحواض التكثيف الثقالية:

يتم التصميم بالاعتماد على المعايير التصميمية التالية:

- معدل التحميل السطحي الهيدروليكي $d \cdot m^3/m^2 \cdot (4-8)$ ويمكن زيادة معدل التحميل السطحي الهيدروليكي إلى قيم أكبر من $15m^3/m^2 \cdot يوم$ وذلك نتيجة إضافة البولي إلكتروليت.
- نسبة المواد الصلبة في الحمأة الداخلة (0.2-1.5%).
- نسبة المواد الصلبة في الحمأة المكثفة 5%.
- حجم الحمأة المراد تكثيفها: $Q_w = 1.97 m^3/day$ بفرض التحميل السطحي الهيدروليكي: $OFR = 6 m^3/m^2 \cdot day$
- بفرض ارتفاع الحمأة ضمن أحواض التكثيف: $h = 2.5 m$

$$A = \frac{Q_w}{OFR} = \frac{1.97}{6} = 0.33 m^2$$

- نختار عدد المكثفات: $n=1$
- نفرض قطر المكثف: $D = 0.8\text{m}$
- المساحة الفعلية: $3.14 \times 0.8 \times 0.8/4 = 0.5\text{m}^2$
- حجم الحوض اللازم: $V = 2.5 \times 0.5 = 1.25 \text{ m}^3$ زمن المكث من أجل المرحلة الأولى:

$$T = V/Q_w \times 24 = 1.25/1.97 \times 24 = 15.2\text{h}$$

- كمية الحمأة المكثفة: بفرض نسبة المواد الصلبة: 5% يكون حجم الحمأة الزائدة:

$$Q_x = 15.75/(1000 \times 0.05) = 0.315\text{m}^3/\text{day}$$

- أحواض تجفيف الحمأة: هي وحدة معالجة للحمأة الناتجة عن أحواض تكثيف الحمأة بهدف خفض نسبة رطوبتها وذلك بتجفيفها لدرجة تسهل حمل ونقلها إلى مكان التخلص النهائي (أراضي زراعية - استصلاح الأراضي بإسمادها) وتصمم وفقاً للمواصفات التالية.

نقترح ساحات تجفيف وفقاً للمواصفات التالية:

- سماكة الحمأة المطروحة $18\text{cm}=H$ وزمن التجفيف اللازم للوصول إلى رطوبة مقبولة بحدود (50-70) هو 14 يوم فتكون المساحة اللازمة هي:

$$A = 0.315/0.18 = 1.75\text{m}^2$$

الطول 2.5م والعرض 0.7م

عدد الساحات هي 14 ساحة كل واحدة هو:

$$24.5 = 2.5 \times 1.75 \times 14\text{m}^3$$

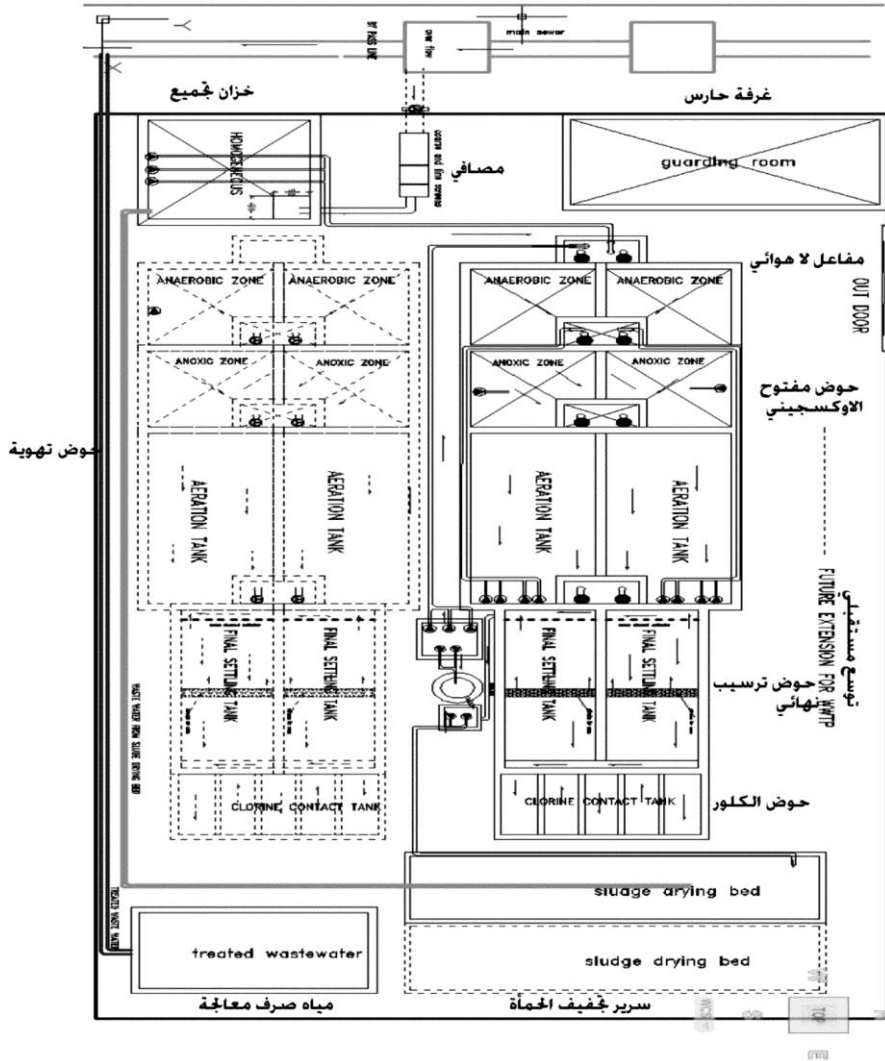
$$A1 = 1.75 \times 14 \times 2.5 = 24.5\text{m}^2$$

نختار أبعاد الساحة هو:

$L = 9.8 \text{ m}$ طول الساحة المقترح

$B = 2.5 \text{ m}$ عرض الساحة المقترح

وأخيراً: يفضل وضع خزان تجميع للمياه المعالجة، ويمكن الاستفادة من المياه الموجودة فيه في عمليات سقاية المزروعات في محطة المعالجة نفسها ويمكن الاستفادة منه في تغذية شبكة إطفاء الحريق الموجودة في محطة المعالجة ونختار هذا الخزان بسعة حوالي 50م³ بأبعاد الطول 5.5م والعرض 3م وارتفاع الماء 3م. ملاحظة هامة جدا: تزود محطة المعالجة بمضخة غاطسة مجهزة بخرطوم طويل من أجل تفريغ الأحواض في حالات الطوارئ.

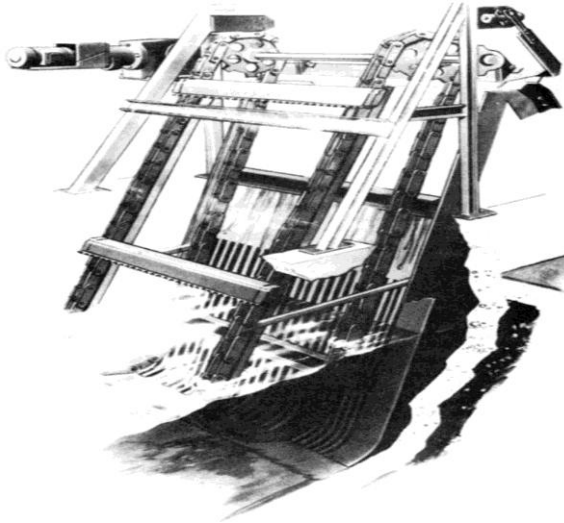


الشكل (3-15): مسقط محطة المعالجة الخاصة بالضاحية

المعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصناعي

1-4- المصافي:

توضع مصافي خشنة وناعمة قبل أحواض التوازن والتجانس عند تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصناعي، والهدف منها حماية محطات الضخ وتجهيزات وحدات المعالجة التي تلي حوض التجانس، وتتراوح أبعاد فتحات المصافي بين 6-50 مم للمصافي الخشنة وأقل من 6 مم بالنسبة للمصافي الناعمة (fine screens) وإن نوع المصافي يتم تحديده بناء على نوعية المواد المراد إزالتها، ويمكن أن تنظف المصافي يدوياً أو أوتوماتيكياً أو بالاثنتين معاً، ويفضل أن تكون المصافي مصنوعة من مادة الستانلس ستيل الصناعي المقاوم للحموض والأسس، والجدول (1-4) يوضح الأسس التصميمية للمصافي الخشنة:



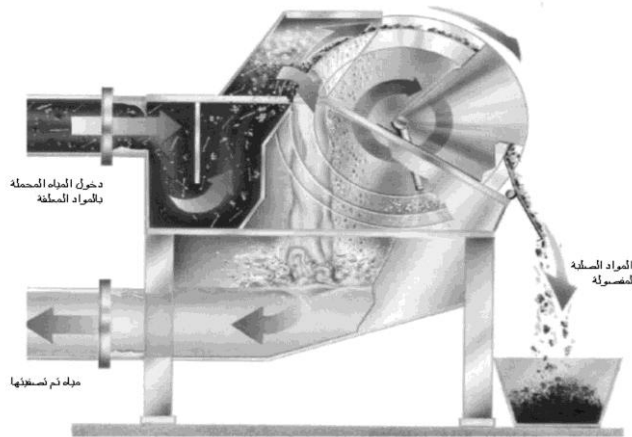
الشكل (1-4) مصفات ذات تنظيف آلي

الجدول (4-1): الأسس التصميمية للمصافي الخشنة

المؤشر	تنظيف يدوي	تنظيف ميكانيكي
التباعد بين المصافي (مم)	25-50 مم	15-75
زاوية المياه عن الشاقول (درجة مئوية)	30-45	0-30
سرعة الاقتراب الأصغرية (م/ثا) (approach velocity)	0.1	0.3-0.5
سرعة الاقتراب الأعظمية (م/ثا)	0.3-0.6	0.6-1
ضياح الحمولة المسموح (مم)	150	150-600

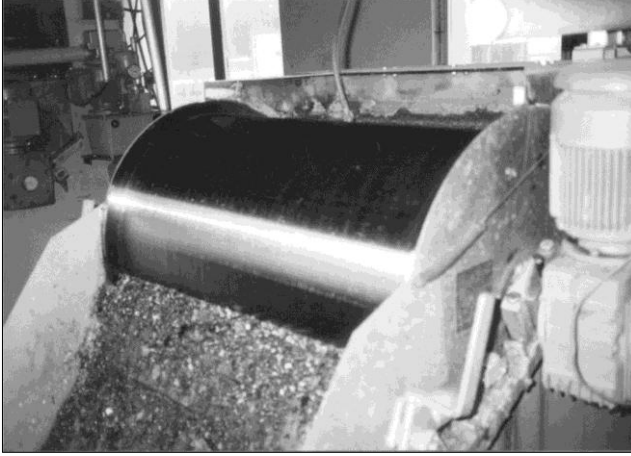
4-1-1- المصافي الطبلية الدوارة (Rotary Drum Screens):

تعتبر المصافي الطبلية الدوارة من العناصر المهمة والأساسية في وحدات معالجة الصرف الصناعي، وخصوصاً عند معالجة مياه صرف المذابح الفنية ومعالجة مياه صرف المصانع ومعامل الورق، لأنها مياه الصرف لهذه الصناعات تحتوي على مواد معلقة غير منحلّة بتراكيز عالية وحجوم كبيرة، وتتألف من اسطواني يدور حول محور أفقي بواسطة محرك جانبي، وتدخل مياه الصرف محملة بالمواد الطافية والمواد المعلقة بشكل جانبي، وتجري فوق المصفاة المثقبة فتتدفق مياه الصرف إلى داخل المصفاة بينما تحجز المواد المعلقة فوق المصفاة الدوارة لتنظف ذاتياً كما يظهر في الشكل الآتي، وبالنسبة لأبعاد فتحات المصفاة فإنه أن يفضل أن لا تزيد عن 3 مم وأن لا تقل عن 0.02 مم:



الشكل (4-2): يوضح المصفاة الطبلية الدوارة

إن استخدام المصفاة الطبلية الدوارة عند معالجة مياه صرف المذابح الفنية يمكن أن يخفض الـ BOD بنسبة حوالي 20% نتيجة حجز المواد الطافية والمعلقة.



الشكل (4-3): صورة تبين مصفأة دورة طبلية

وتوضع المصافي الطبلية عادة قبل أحواض التطويق بالهواء المضغوط لزيادة فرصة استعادة المواد المعلقة لتقليل حمل المواد الصلبة عن المطوف، ويفضل سرعة دوران المصفاة أن لا تزيد عن 4 دورات في الدقيقة.

4-2- تجانس وخلط مياه الصرف:

أهمية حوض التوازن: يعتبر حوض التوازن (equalization tank) من الأمور الهامة جداً في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي، لأن كمية مياه الصرف الصناعي ونوعيتها متغيرة مع الزمن، فمثلاً في صناعة صبغ القماش يكون التدفق حيناً معدوم وكبير جداً أحياناً بمقدار خمس أضعاف التدفق الوسطي المصرف، وكذلك بالنسبة لتركيز الملوثات فمثلاً تركيز COD لمياه صرف صناعة صباغة الأقمشة القطنية يصل حتى 20000 ملغ/ل، وأحياناً يكون حوالي 300 ملغ/ل، لذلك وجود حوض التجانس التوازن مهماً جداً في محطات معالجة مياه الصرف الصناعي وذلك للاعتبارات الآتية:

1- إن تدفق مياه الصرف الصناعي يتغير كماً من ساعة لأخرى ومن الصعوبة تصميم محطات الضخ ووحدات المعالجة سواء البيولوجية أو الكيميائية على تدفق متغير بشكل كبير.

2- إن تركيز الملوثات في مياه الصرف الصناعي يتغير نوعاً من ساعة لأخرى لذلك تصميم فإن محطات مياه الصرف الصناعي على التركيز الأعظمي يعتبر أمر غير اقتصادي، لذا فوجود حوض توازن يمكن أن يجانس تراكيز الملوثات ونحصل على تركيز وسيط يمكن استخدامه - بعد أخذ عامل أمان مناسب - في تصميم محطات الضخ ووحدات المعالجة اللاحقة سواء أكانت كيميائية أو بيولوجية أو مختلطة - "فيزيو كيميائية وبيولوجية".

3- يمكن استخدام حوض التوازن في إزالة الزيوت والشحوم وكذلك في إزالة المواد الصلبة كالرمال والمواد الطافية وكذلك يمكن استخدامه كحوض بيولوجي لاهوائي.

يجب أن نضمن خلط مياه الصرف الصناعي ضمن حوض التوازن ويتم الخلط إما عن طريق الهواء أو الخلط الميكانيكي بخلاط أو بتصميم الحوض بطريقة تضمن الخلط والتجانس.

4-2-1- حساب حجم حوض التوازن:

يحسب حجم حوض التوازن بحيث يحقق تجانساً للنفايات السائلة وللحصول على تدفق وسطي مقبول والحصول أيضاً على تركيز مناسب للملوثات لتصميم المحطة، والتصميم الأصغر لحوض التوازن يقتضي أن يكون حجمه مساوياً لحجم المياه المصرف من دورة عمل في المصنع، فمثلاً إذا كانت دورة الإنتاج هي 10 ساعات عندها يفضل حجم حوض التوازن أن يتسع لحجم مياه لا يقل عن حجم المياه المصرف في 10 ساعات وهكذا.

فإذا كان تركيز المياه الصناعية يتغير بشكل دوري فإن حساب التركيز الوسطي لدورة واحدة مثلاً ليوم واحد مثلاً يتم بالعلاقة:

$$C_m = \frac{C_1.t_1.q_1 + C_2.t_2.q_2 + \dots + C_n.t_n.q_n}{Q}$$

حيث إن:

C_m : التركيز الوسطي للمياه الصناعية بمدة حسابية t

C_n, C_2, C_1 : التركيز الوسطي للمياه الصناعية في أزمنة t_n, t_2, t_1

q_n, q_2, q_1 : تدفق المياه الصناعية في الأزمنة t_n, t_2, t_1

Q : التدفق الحسابي في الزمن $t = t_1 + t_2 + \dots + t_n$

لذا يحسب حجمه ليستوعب جزءا من التدفق الكلي كما في العلاقة

التالية:

$$V_{\min} = Q_1T_1 + Q_2T_2 + Q_3T_3 + \dots + Q_nT_n$$

حيث إن:

V_{\min} : الحجم الأصغري الحدي لحوض التوازن.

Q_i : التدفق المحسوب في مدة زمنية i

T_i : الزمن.

n : آخر زمن - نهاية دورة العمل.

1.4: عامل تجريبي.

$$V_d = (1.2-1.6) V_{\min}$$

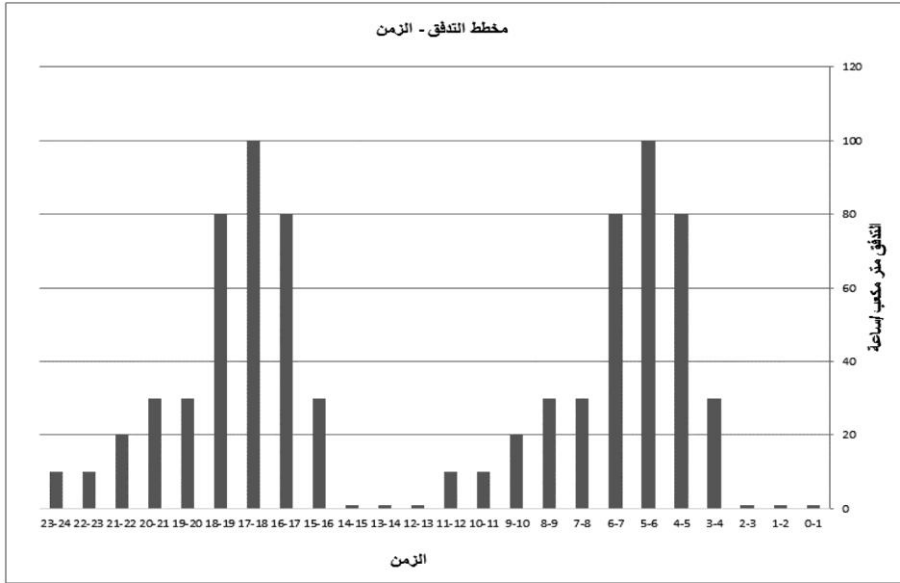
V_d : الحجم التصميمي لحوض التوازن.

4-2-1-1- مثال:

لدينا مصنع لصبغ الأقمشة ويراد حساب حجم التوازن اللازم وتركيز

COD و BOD5 الوسطي لدورة عمل واحدة، وإن تدفق المياه الساعي وتركيز

COD و BOD5 مبين في الشكل والجدول الآتي:



الشكل (2-4): يبين تغير التدفق مع الزمن

الجدول (2-4): يبين تغير التدفق وتركيز BOD5, COD مع الزمن

الزمن	التدفق (م ³ /ساعة)	تركيز COD ملغ/ل	تركيز BOD5 ملغ/ل
1-0	1	200	80
2-1	1	200	80
3-2	1	200	80
4-3	30	500	200
5-4	80	1000	190
6-5	100	7800	2600
7-6	80	4000	1100
8-7	30	3500	950
9-8	30	200	90
10-9	20	200	100
11-10	10	180	90
12-11	10	200	90
13-12	1	200	80
14-13	1	200	80

الزمن	التدفق (م ³ /ساعة)	تركيز COD ملغ/ل	تركيز BOD5 ملغ/ل
15-14	1	200	80
16-15	30	500	200
17-16	80	1000	190
18-17	100	7800	2600
19-18	80	4000	1100
20-19	30	3500	950
21-20	30	200	90
22-21	20	200	100
23-22	10	180	90
24-23	10	200	90

الحل:

من الشكل والجدول السابقين نلاحظ أن دورة العمل هي 12 ساعة وبالتالي فإن الحجم الأصغر الحدي لحوض التوازن هو الحجم اللازم للخلط وتخزين المياه لمدة 12 ساعة:

$$V_{min} = Q_1T_1 + Q_2T_2 + Q_3T_3 + \dots + Q_nT_n$$

$$= 1 \times 1 + 1 \times 1 + 1 \times 1 + 30 \times 1 + 80 \times 1 + 100 \times 1 + 80 \times 1 + 30 \times 1 + 30 \times 1 + 20 \times 1 + 10 \times 1 + 10 \times 1 = 393m^3$$

نختار عامل أمان ومقداره 1.3 أي نختار حجما لحوض التوازن أكبر بـ 30% من الحجم الأصغر:

$$V_d = 1.3 \times 393 = 510.9m^3$$

حساب تركيز COD و BOD₅ الوسطي لدورة عمل:
ليوم واحد يتم بالعلاقة:

$$C_m = \frac{C_1.t_1.q_1 + C_2.t_2.q_2 + \dots + C_n.t_n.q_n}{Q}$$

$$COD_m = (200 \times 1 \times 1 + 200 \times 1 \times 1 + 200 \times 1 \times 1 + 500 \times 1 \times 30 + 1000 \times 1 \times 80 + 7800 \times 100 \times 1 + 4000 \times 80 \times 1 + 3500 \times 30 \times 1 + 200 \times 30 \times 1 + 200 \times 20 \times 1 + 180 \times 10 \times 1 + 200 \times 10 \times 1) / 393 = 3344.5mg/l$$

وبالطريقة نفسها يتم حساب تركيز BOD5 الوسطي:

$$BOD5_m = 1029\text{mg/l}$$

ملاحظات مهمة جداً:

- يتم التحكم بمنسوب المياه ضمن حوض التوازن بناء على حجم مياه صرف فيه مقداره 3م3 وليس 510.9م3، وعندها يكون التركيز الوسطي لـ $COD = 3344.5\text{mg/l}$ و $BOD5 = 1029\text{mg/l}$.
- تم اختيار الحجم 510.9م3 كحجم تنفيذي كعامل أمان في حال حدوث عطل في المضخات أو ورود تدفق غير محسوب مسبقاً.
- يفضل تصميم الوحدات التي تلي حوض التوازن سواء أكانت كيميائية أو بيولوجية أو مختلطة على قيمة للملوثات حوالي 1.25-1.5 من القيمة المحسوبة الخارجة من حوض التوسيط والتجانس كعامل أمان.
- تعبر الطريقة أعلاه أبسط الطرق في تصميم خزان التوازن، وتصلح فقط للصناعات ذات أدوار عمل منتظمة وشبه منتظمة ولتدفقات ليس كبيرة جداً.
- يوجد طرق أخرى في تصميم حوض التوازن كطريقة الرسم البياني وما إلى ذلك من الطرق التي لا مجال لذكرها في هذا الكتاب.

4-3- تعديل الحموضة:

4-3-1- الحمضية (Acidity):

للماء الحمضي قيمة لـ (pH) أصغر من (7) ومعظم أسباب الحمضية تعود إلى وجود ثاني أكسيد الكربون في الماء أو الحموض المعدنية أو الحموض العضوية أو أملاح الحموض القوية التي تعطى بالحملة شوارد الهيدرونيوم للمحلول.

إن معظم مياه المستنقعات حامضية بسبب تحلل المادة العضوية للنبات منتجة حمض الكربون والأحماض العضوية.
وقد نحصل على مياه أمطار حامضية بسبب حدوث حمض الكبريت عند هطول مطر عبر جو صناعي ملوث.
معظم المياه الحامضية تسبب التآكل الكيميائي.

4-3-2- القلوية (Alkalinity):

إن سبب القلوية هو وجود البيكربونات والكربونات وهيدروكسيدات الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وأحياناً السيليكات والفوسفات والأكثر شيوعاً من هذه المركبات هو بيكربونات الكالسيوم.
و كثيراً ما يدل على القلوية والحامضية بواحدات ملغ/ل مثل كربونات الكالسيوم (CaCO₃)

$$\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] \text{ أو } \text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$\text{pH} = 7$ نقط التعادل وتقاس قيمة pH بين القيمة 0 حتى 14 عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، فالقيمة أقل من 7 يعتبر الوسط حامضياً؛ والقيمة أعلى من 7 يعتبر الوسط قلوي.

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

4-3-3- عملية ضبط الرقم الهيدروجيني pH:

في الحالة الطبيعية لمياه الشرب قيمة الرقم الهيدروجيني هي بحدود 7.8-8.5 وقيمه من أجل الصرف الصحي هي أيضاً بحدود 7-7.5، أما بالنسبة لمياه الصرف الصناعي فقيمة الرقم الهيدروجيني تختلف من صناعة لأخرى ومن ساعة لأخرى في نفس الصناعة، فمثلاً تصل قيمة الرقم الهيدروجيني لمياه صرف مصابغ القطن في أحد المراحل حتى 13 وتصل إلى القيمة 4 عند صباغ البولستير، أما في صناعة الألبان فعند تصريف المصل تصل قيمة الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف حتى القيمة 4 وعند غسل الآلات بهيدروكسيد الصوديوم تصل قيمته حتى 12،

عملية تحييد مياه الصرف أي جعل قيمة الرقم الهيدروجيني في المجال 6-8.5 مهمة جداً للأسباب الآتية:

1- إن قيمة الرقم الهيدروجيني المناسب للمعالجة البيولوجية يجب أن يكون بين 6-8.5 لذا نضطر في الكثير من الأحيان إلى ضبط الرقم الهيدروجيني قبل البدء بالمعالجة البيولوجية.

2- عند إجراء المعالجة الكيميائية لمياه الصرف هناك مجال أمثلي لعمل المخثرات والمروبات مما يجعل أهمية ضبط الرقم الهيدروجيني في عملية المعالجة الكيميائية.

3- إن القيمة المقبولة للرقم الهيدروجيني لحماية تجهيزات محطات المعالجة وضمان عدم تأكلها تقع في المجال 5.5 حتى 10 فمياه الصرف الصناعي القلوية بشكل قوي أو الحامضية بشكل شديد تؤدي إلى تآكل التجهيزات واهترائها.

4- أغلب التشريعات والأنظمة تشترط أن تكون قيمة pH الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الصناعي المصرفة أن تكون ضمن المجال 6.5-8.5، وذلك حفاظاً على الحياة المائية أو المسطحات الخضراء أو النباتات التي ستروى أحياناً بمياه الصرف الصناعي.

5- إن مياه الصرف الصناعي الحامضية المصرفة إلى الشبكة العامة للصرف الصحي تحدث تآكلاً في شبكات المجاري، وتسبب إنتاج غاز سيانيد الهيدروجين ذو السمية العالية، كذلك فإن المركبات الحاوية على الكبريتات (Sulfides) في مياه الصرف يمكن أن تتحد مع الأحماض الموجودة في المياه مما ينتج غاز H_2S (غاز كبريتات الهيدروجين) ذو السمية العالية أيضاً حتى وإن وجد بتركيز قليلة فإنه سام جداً، وكذلك يمكن أن يتأكسد بالعمليات البيولوجية لينتج حموضاً كبريتية ذات الصفة الحتية التي تؤدي إلى اهتراء شبكات المجاري.

6- إن ترسيب المعادن الثقيلة التي توجد في مياه صرف بعض الصناعات تحتاج إلى قيمة معينة من الـ pH لترسب على

شكل هيدروكسيدات أو سولفيدات لذا من الضروري ضبط
الـ pH.

إن الجدول (3-4) يبين بعض الصناعات التي تنتج مياه صرف حامضية أو
قلوية.

الجدول (3-4): بعض الصناعات التي تنتج مياه فضلات حامضية أو قلوية

الصناعة	طبيعة مياه الفضلات الناتجة
الألمنيوم	حامضية
النحاس الأصفر والأحمر	حامضية وقلوية
المشروبات الروحية	حامضية وقلوية
المعلبات	حامضية وقلوية
المشروبات الغازية	قلوية
المصانع الكيماوية	حامضية
المواد المزيّلة للعسارة	قلوية
مناجم الفحم	حامضية
القهوة (البن)	حامضية
المتفجرات	حامضية
الصمغ	حامضية وقلوية
الحديد والفولاذ	حامضية
مراكز غسيل الثياب	قلوية
دباغة جلود	حامضية وقلوية
تكرير النفط	حامضية وقلوية
المبيدات الزراعية	حامضية
المنتجات الصيدلانية	حامضية وقلوية
الفوسفات	حامضية
محطات توليد الطاقة	حامضية وقلوية
الورق وعجينة الورق	حامضية وقلوية
المطاط	حامضية وقلوية
النسيج	حامضية وقلوية

4-3-4- اختيار المركب الكيميائي لتحييد مياه الصرف الصناعي:

يوجد الكثير من المركبات الكيميائية التي تستخدم في تحييد مياه الصرف والقسم الأكثر استخداماً مبين في الجدول الآتي (4-4)، وهناك مركبات تستخدم لتعديل حموضة الماء ومركبات تستخدم لتعديل قلوية الماء، ومن المركبات المستخدمة في تعديل حموضة المياه نذكر:

4-3-4-1- المركبات الكيميائية القلوية: تستخدم المركبات القلوية لتعديل مياه الصرف الحامضية:

1- الكلس (lime) يستخدم لتحييد/تعديل مياه الصرف الحامضية بشكل واسع بسبب رخصه وتوفره في أغلب مناطق العالم وخصوصاً في البلدان العربية كسوريا ولبنان والأردن ومصر وفلسطين وغيرها من البلدان ويوجد بشكل صلب ويعرف بهيدروكسيد الكالسيوم. إحدى مساوئ الكلس أنه ينتج حمأة كبيرة ويلتصق بالأنابيب مما قد يؤدي إلى حدوث مشاكل فنية في مضخات تجريع المواد الكيميائية، وكذلك انحلاله بالمياه ليس سريعاً مما يتطلب زمن خلط وتفاعل نوعاً ما كبير.

2- هيدروكسيد الصوديوم (Caustic Soda): يستخدم لتحييد/تعديل مياه الصرف الحامضية ويعرف في سوريا بالكوستيك أو القطرونة وتركيبه الكيميائي هو NaOH، ويتوفر بشكله الصلب أو السائل، ويمتاز عن الكلس بأنه أسرع من ناحية الانحلال وينتج حمأة أقل وسرعة تفاعله أكبر ولكنه أغلى ثمناً من الكلس.

الجدول (4-4): يظهر بعض المركبات المستخدمة في تعديل pH المياه

الكمية اللازمة لتعديل 1 ملغ/ل من الحموضة أو القلوية معبراً عنها بـ ملغ/ل مثل CaCO ₃ (mg/L as CaCO ₃)	الوزن المكافئ	الصيغة	المركب الكيميائي
1.00	50	CaCO ₃	كربونات الكالسيوم
0.56	28	CaO	أكسيد الكالسيوم
0.74	37	Ca(OH) ₂	هيدروكسيد الكالسيوم
0.40	20	MgO	أكسيد المغنيزيوم
0.58	29	Mg(OH) ₂	هيدروكسيد المغنيزيوم
0.50	24.8	CaO) _{0.6}] [MgO) _{0.4}	الكلس السريع الدولوميتي Dolomitic Quicklime
0.68	33.8	Ca(OH) ₂] _{0.6}] { [Mg(OH) ₂] _{0.4}	Dolomitic Hydrated Lime الكلس الدولوميتي المائي
0.80	40	NaOH	هيدروكسيد الصوديوم
1.06	53	Na ₂ CO ₃	كربونات الصوديوم
1.68	84	NaHCO ₃	بيكربونات الصوديوم
0.98	49	H ₂ SO ₄	حمض الكبريت
0.72	36	HCl	حمض كلور الماء
1.26	62	HNO ₃	حمض الآزوت
0.62	31	H ₂ CO ₃	حمض الكربون

4-3-4-2- المركبات الكيميائية الحامضية:

تستخدم المركبات الحامضية لتعديل مياه الصرف القلوية.

حمض الكبريت (H₂SO₄): وهو حمض قوي جداً يستخدم لتعديل قلوية المياه، ومتوفر في أغلب البلاد العربية ورخيص نسبياً ولكن يجب التعامل معه بحذر لأن لمسه بشكل مباشر يؤدي إلى حدوث حروق خطيرة في الجلد ويخزن في

عبوات مصنوعة من البلاستيك أو الكروم الصناعي.

حمض ثاني أكسيد الكربون: وهو عبارة عن غاز ثاني أكسيد الكربون المضغوط ويستخدم لتعديل قلوية المياه، عندما ينحل غاز CO_2 في الماء ينتج حمض الكربون الضعيف (H_2CO_3) الذي يتفاعل مع الفضلات القلوية مما يؤدي إلى تخفيض قيمة pH مياه الصرف، وتعديل قلوية الماء بغاز CO_2 يعتبر مفيداً من الناحية الاقتصادية عند استخدام الغاز الناتج عن احتراق الوقود في الماء حيث يحوي غاز احتراق الوقود على 14% من CO_2 والذي يمكن أن يستخدم في تعديل قلوية مياه الصرف وبفاعلية تشبه فاعلية غاز CO_2 المضغوط.

4-4- إزالة الزيوت والشحوم:

4-4-1- مصدر الدهون والزيوت والشحون: (FOG) fats, oil, and grease

توجد الزيوت والشحوم والدهون في مياه الصرف المنزلي وفي مياه الصرف الصناعي أيضاً ومنها ما هو منحل ومنها ما هو طاف، وهي ذات منشأ حيواني أو نباتي أو معدني (بترولي)، ومن الضروري جداً إزالتها قبل تصريفها إلى شبكة الصرف الصحي أو الصناعي وإن تعذر ذلك يجب إنشاء أحواض فصل للزيوت والشحوم والدهون، وإزالة الزيوت والشحوم يمكن أن تحدث أيضاً في حوض التجانس.

إن وجود الزيوت والشحون في مياه الصرف يسبب عدة مشاكل منها:

- 1- انسداد في شبكات المجاري
- 2- تخفض أداء المعالجة البيولوجية.
- 3- تسبب انسداد المرشحات.
- 4- تخفض أداء المعالجة الكيميائية.
- 5- تخفض أداء عملية الترسيب.

يمكن أن توجد الزيوت والشحوم والدهون في مياه الصرف إما بشكل طاف أو بشكل مستحلب (emulsion) أو بشكل مرتبط مع المواد الصلبة ويمكن عن طريق فرق الوزن النوعي بين الماء والزيوت والشحوم والدهون فصلها عن

الماء لأن وزنها النوعي أقل من 1 أي تطفو على السطح لذلك يمكن أن تزال بالقشط أو التطويق الثقالي والجدول (4-5) يبين بعض أشكال الزيوت والشحوم والتي يمكن أن توجد في مياه الصرف.

الجدول (4-5): يبين بعض أشكال الزيوت والشحوم التي يمكن أن توجد في مياه الصرف

التعريف	النوع
الزيت المتواجد في الماء وغير المرتبط مع الماء ويمكن فصله بالجاذبية.	زيت حر
الزيت المشتت في الماء ولديه شكل شبه ثابت بأبعاد 5-20 ميكرومتر ويتشكل بمزج المياه مع الزيت عبر الضخ في الأنابيب والوصلات والسكورة.	مستحلب (emulsions) فيزيائي
الزيت المشتت في المياه بأبعاد أقل من 5 ميكرومتر ويتشكل بواسطة المنظفات والمركبات البروتينية والوسائط الجلاتينية.	مستحلب (emulsions) كيميائي
الزيت المنحل في السوائل والزيت المحضر بالأشعة تحت الحمراء أو بطرق أخرى.	زيت منحل
الزيوت التي تلتصق بالمواد الصلبة أو الزيت الطافي على سطح مياه الصرف.	مواد صلبة رطبة زيتية Oil wet solids

إن تركيز الزيت والشحون في - البلدان المتطورة - في مياه الصرف حوالي 10-50 ملغ/ل، بينما في دول الوطن العربي ومنها سوريا يصل تركيز الزيوت والشحوم في مياه المجاري حتى 500 ملغ/ل لعدة وجود فصل للزيوت والشحوم في المنازل، والجدول (4-6) يبين بعض الصناعات التي تحتوي مياه صرفها على زيوت وشحوم ودهون.

الجدول (4-6): يبين أهم الصناعات التي تحوي مياه صرفها على دهون
وزيوت وشحوم

نوع الدهون والزيوت والشحوم	الصناعة
نباتي	تكرير الزيوت النباتية
نباتي وحيواني	صناعة الصابون
حيواني	عملية تصنيع الحليب
حيواني	منتجات الألبان
حيواني	الطلاء
حيواني	المسالخ وتعليب اللحوم
نباتي	صناعة سكر النبات
نباتي وحيواني	تجهيز الطعام
نباتي وحيواني وبترولي	غسل الملابس
بترولي (معدني)	الآلات المعدنية
بترولي (معدني)	تدوير المعادن
نباتي وحيواني	دباغة الجلود
حيواني	صناعة صباغة الصوف
بترولي	تكرير النفط
بترولي وحيواني ونباتي	تصنيع المركبات الكيميائية العضوية

4-4-2- طرق إزالة FOG من مياه الصرف الصناعي:

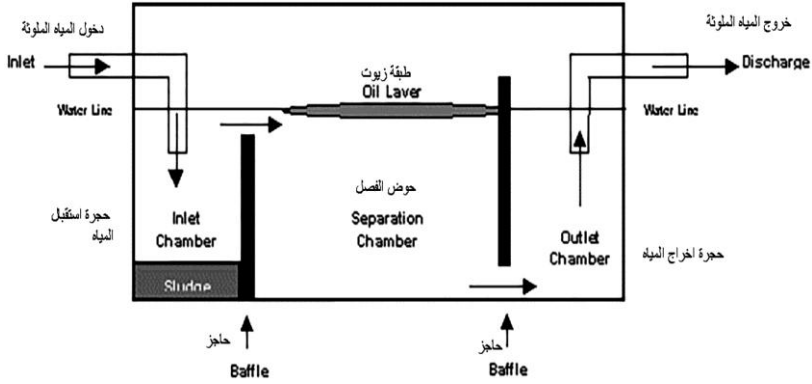
الجدول (4-7): بعض الطرق الشائعة في إزالة الزيوت والشحوم

نسبة الإزالة (%)		زيوت وشحوم (ملغ/ل)		الطريقة
زيوت مستحلبة	زيوت حرة	خارجية	داخلية	
	93-80	160-6	2400-30	ترسيب ثقالي
-	99-60	-	-	جهاز الفصل العائد للمؤسسة الأمريكية للنفط (API)
40-10	95-70	-	-	تعويم بالهواء دون مواد كيميائية
90-50	95-75	-	-	تعويم بالهواء مع مواد كيميائية (كلس. ألوم. كلورايد حديديك)
90-50	95-60	-	-	تخثير كيميائي + ترسيب
-	82	11	60	ترشيح بمعدل عالي (HR)
	98	21	1050	ترشيح بالالتحام
	99+	244	80000	ترشيح زائد
	98	22	1260	ترسيب مع إضافة ألومينات الصوديوم
	98	16	830	ترسيب مع إضافة ألوم + كلس
	98+	5	240	تفكيك بيولوجي بالحماة المنشطة
	98	17	720	تفكيك بيولوجي بالأحواض المهواة

4-4-3- الفصل الثقالي الطبيعي:

يمكن إزالة FOG من مياه الصرف عبر أحواض الفصل الطبيعي لأن الزيوت والشحوم والدهون ذات وزن نوعي أقل من الوزن النوعي للمياه مما يجعلها تطفو على السطح، وعند تصميم أحواض فصل FOG يجب مراعاة سهولة سحبها

وسهولة تنظيف الحوض، وعند تصميم أحواض الفصل الثقالي للزيوت والشحوم والدهون يجب أن نضمن أن زمن المكوث في الحوض أكبر من الزمن اللازم لرفع قطرات الزيوت والشحوم.



الشكل (4-5): يبين حوض فصل زيوت وشحوم بطريقة الفصل الثقالي الطبيعي

تخضع عملية الفصل الثقالي للزيوت والشحوم إلى قانون ستوكس

$$V_t = \frac{1. g \cdot (\rho_w - \rho_{oil})}{18 \nu \rho_w} d_{oil}^2$$

V_t : سرعة صعود قطرات الزيت.

g : تسارع الجاذبية الأرضية.

μ : اللزوجة المطلقة لمياه الصرف.

P_w : كثافة مياه الصرف.

P_{oil} : كثافة الزيوت والشحوم المراد فصلها.

d_{oil} : قطر حبيبات الزيت.

Q/A : معدل التحميل السطحي.

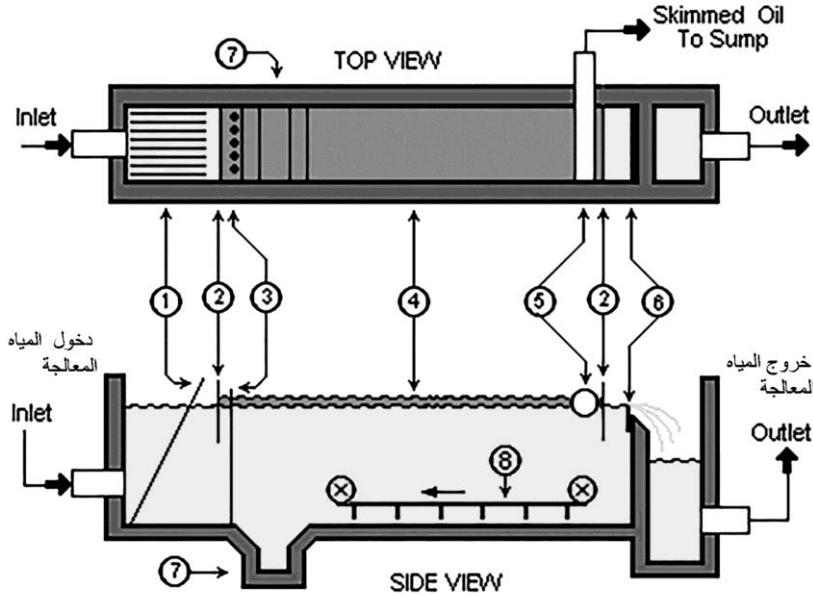
Q : التدفق الداخل.

A : مساحة مقطع حوض الفصل.

يجب أن تكون V_t أكبر من معدل التحميل السطحي حتى تتم عملية فصل الزيوت والشحوم والدهون.

4-4-3-1- فاصل الزيوت API:

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



- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| 1 Trash trap (inclined rods) | مصافي ذات القضبان المائلة |
| 2 Oil retention baffles | حواجز حجز الزيوت |
| 3 Flow distributors (vertical rods) | موزعات التدفق |
| 4 Oil layer | طبقة الزيت |
| 5 Slotted pipe skimmer | انابيب مشققة لقسط الزيوت |
| 6 Adjustable overflow weir | هواء لضبط التدفق |
| 7 Sludge sump | جمع الحماة |
| 8 Chain and flight scraper | سلاسل و درجات لقسط الرواسب |

الشكل (4-5): فاصل زيوت وشحوم ودهون API

معايير تصميمية لحوض الفصل API:

- حوض الفصل يجب أن يكون أعلى من وحدات المعالجة.
- كفاءة الإزالة في هذا الحوض تصل حتى 95% من الزيوت والشحوم.
- حوض الفصل يجب أن يتم تركيبه أعلى من أي مضخات لمنع تحول الزيت إلى مستحلب.
- حوض الفصل يمكن أن يركب أعلى أو أسفل تجهيزات ضبط التدفق.
- حوض الفصل API يجب أن يقسم إلى ثلاثة أقسام رئيسية قسم الاستقبال وقسم فصل الزيوت والشحوم وقسم التصريف.
- طول قسم الاستقبال (forebay) يكون تقريباً ما بين ثلث إلى نصف الطول الكلي.
- عرض حوض الفصل يتراوح بين 6-20 قدم (2-6.7)م.
- نسبة عمق الماء إلى العرض هي 0.3-0.5.
- نسبة الطول إلى العرض يجب أن لا تقل عن 5 أي طول الحمض أكبر بخمس مرات العرض.
- عمق مياه الصرف في حوض الفصل يفصل أن لا تقل عن 1م وأن لا تزيد 2.5م لتقليل الاضطرابات داخل الحوض ما أمكن.

خطوات التصميم:

- 1- نحسب V_t سرعة صعود قطرات الزيوت والشحوم والدهون.
- 2- نحسب زمن المكوث الأصغري وهو $t_m = d/V_t$ حيث d هو عمق مياه الصرف داخل حوض الفصل ويفرض بناء على المعطيات السابقة.
- 3- نحسب السرعة الأفقية من العلاقة

$$V_h = Q/dw = Q/A_v \quad (V_h \text{ maximum at } < 2.0 \text{ ft/min.})$$

4- نحسب نسبة السرعة الأفقية إلى سرعة صعود قطرات الزيوت والشحوم والدهون V_h/V_t وذلك لحساب عامل الإضراب والذي يتراوح بين 1.28-1.74 كما هو مبين في الجدول (4-8):

الجدول (4-8): يبين قيمة معامل الاضطراب وفقاً لنسبة السرعة الأفقية إلى سرعة صعود قطرات الزيوت والشحوم والدهون

1.74	1.64	1.52	1.37	1.28	F
20	15	10	6	3	Vh/Vt

5- حساب الطول الأصغري من العلاقة:

$$l(s) = FQt_m/wd = F(V_h/V_t)d$$

$$l(t) = l(f) + l(s) + l(a)$$

$$l(t) = l(t)/3 + l(s) + l(t)/4 \text{ Where}$$

$l(f)$: طول قسم الاستقبال

$l(t)$: الطول الكلي لحوض الفصل

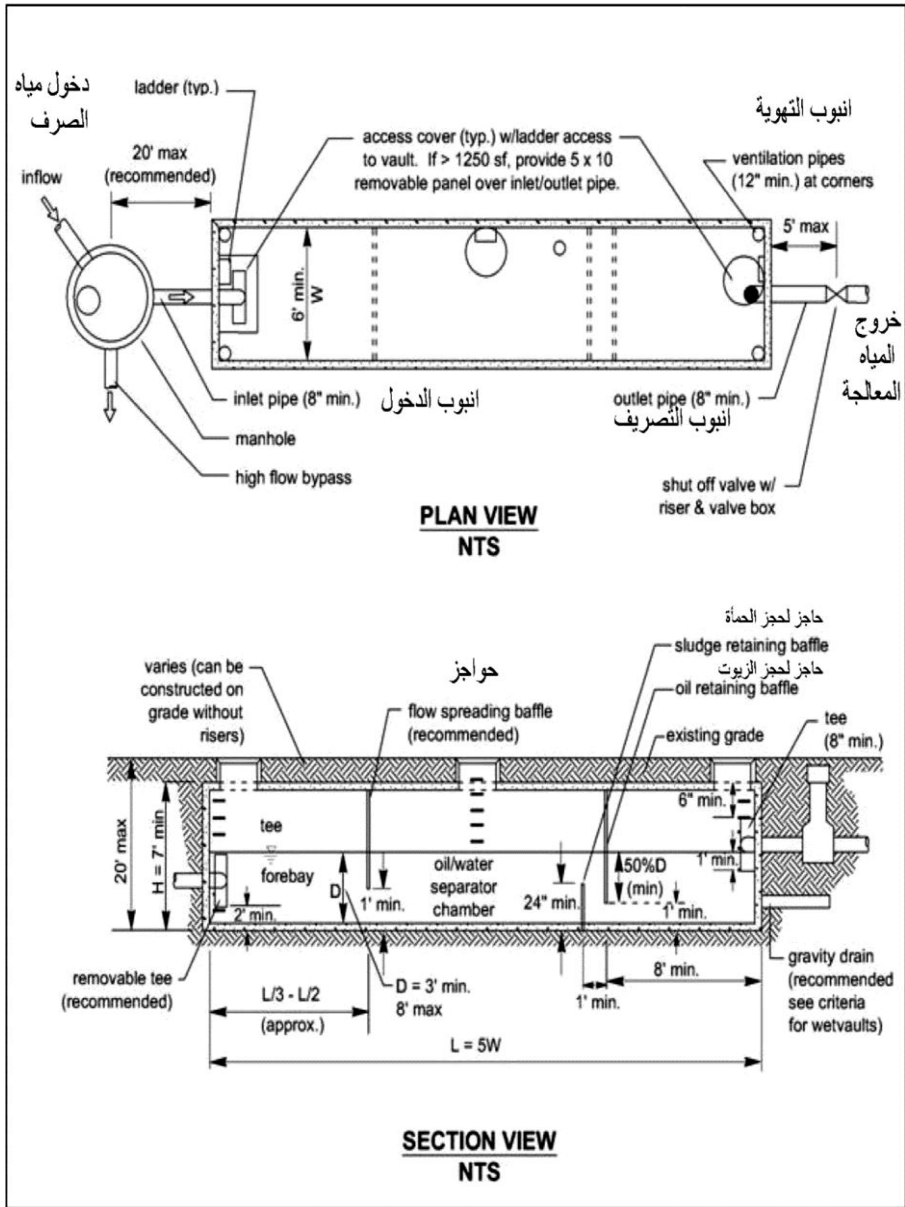
$l(s)$: طول قسم فصل الزيوت والشحوم والدهون

$l(a)$: طول قسم التصريف

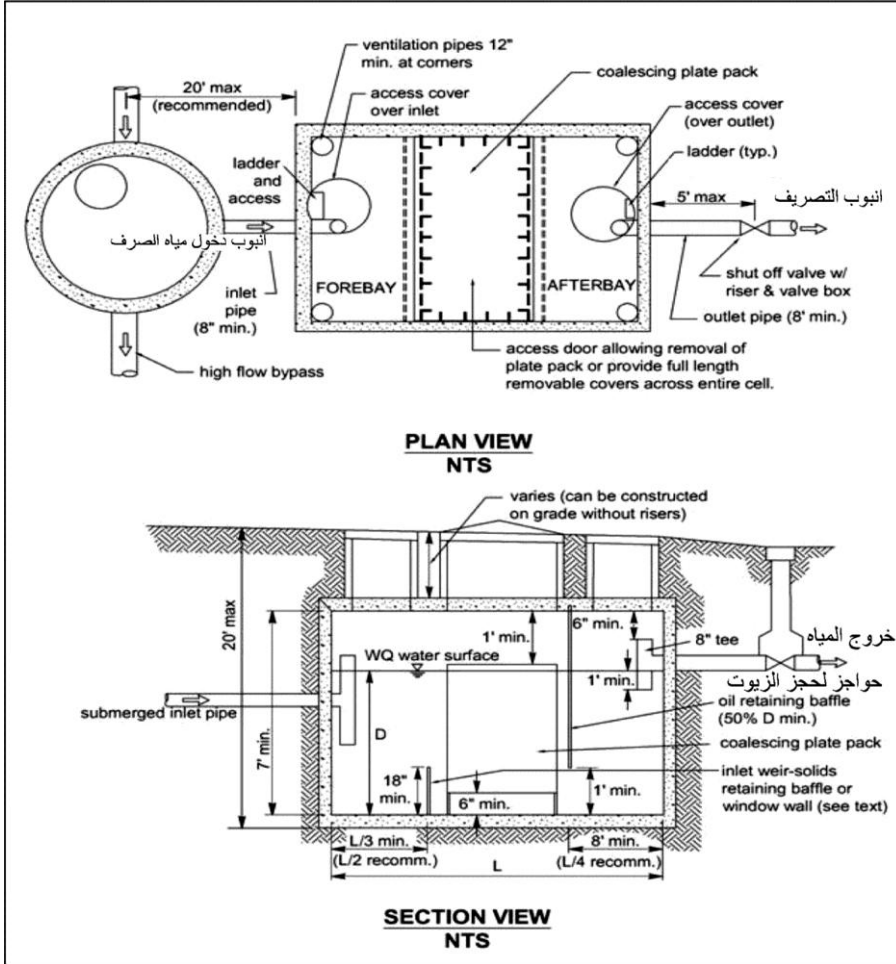
6- حساب الحجم الأصغري لحوض الفصل:

$$V = l(s)wd = FQt_m, \text{ and } A_h = wl(s)$$

A_h : المساحة الأفقية الأصغرية لحوض الفصل.



الشكل (4-6): مخطط توجيهي لفواصل الزيوت والشحوم API



الشكل (7-4): مخطط معياري لحوض فصل الزيوت والشحوم

4-4-3-1-1- مثال:

لدينا مغسلة في معمل زيوت معدنية لغسل البراميل مما ينتج مياه صرف محملة بالزيوت والشحوم المعدنية والمطلوب تصميم صمم حوض API ذو التطويق الثقالي الطبيعي لإزالة قطرات الزيوت والشحون ذات القطر $\leq 150 \text{ micron}$ علماً أن التدفق المراد معالجته هو $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ ، علماً أن كثافة الزيوت المعدنية هي 0.9 غ/سم^3 ، واللزوجة المطلقة لمياه الصرف هي: (1.011×10^{-6}) .

الحل:

1- نحسب سرعة صعود قطرات الزيوت والشحوم:

$$V_{oil} = \frac{1 \cdot g \cdot (\rho_w - \rho_{oil})}{18 \nu \rho_w} d_{oil}^2$$

$$V_{oil} = \frac{1 \cdot 9.81 \times (1 - 0.85)}{18 \times (1.011 \times 10^{-6}) \times 1} (130 \times 10^{-6})^2$$

2- نحسب زمن المكوث الأصغري حيث نصمم الحوض بناء على ارتفاع لمياه الصرف ضمن الحوض مساوياً إلى 1م

$$T_m = d/V_t = 1/(1.21 \times 10^{-3}) = 826 \text{ sec} = 13.77 \text{ minutes.}$$

3- نفرض نسبة ارتفاع الماء إلى عرض الحوض 0.5 فيكون عرض الحوض = 2م.

4- نحسب السرعة الأفقية في الحوض:

$$V_h = Q/dw = Q/Av = (1000/(24 \times 3600))/(2 \times 1) = 5.8 \times 10^{-3} \text{ m/s} =$$

$$1.04 (< 2.0 \text{ ft/min}) \text{ ok.}$$

5- نحسب النسبة V_h/V_t

$$V_h/V_t = 5.8 \times 10^{-3} / 1.21 \times 10^{-3} = 4.8$$

فتكون قيمة F بمحدود 331.

6- حساب الطول الأصغري للحوض:

$$l(s) = FQ_t_m / wd = F(V_h/V_t)d$$

$$l(t) = l(f) + l(s) + l(a)$$

$$l(t) = l(t)/3 + l(s) + l(t)/4 \text{ Where}$$

$l(f)$: طول قسم الاستقبال

$l(t)$: الطول الكلي لحوض الفصل

$l(s)$: طول قسم فصل الزيوت والشحوم والدهون

$l(a)$: طول قسم التصريف

$$l(s) = (1.33 \times 1000 \times 13.77 \times 60 / (24 \times 3600)) / (1 \times 2) = 6.4 \text{ m}$$

نسبة الطول إلى العرض: $1/6.4 = 6.4$ أكبر من 5 محقق.

عملياً وكعامل أمان نأخذ قيمة 7 متر لطول قسم فصل الزيوت والشحوم والدهون.

$$l(t) = l(t)/3 + l(s) + l(t)/4 = l(t)/3 + 7 + l(t)/4$$

$$l(t) = 16.8\text{m}$$

$$l(f): \text{طول قسم الاستقبال} = 6.5\text{م.}$$

$$l(t): \text{الطول الكلي لحوض الفصل} = 7.2\text{م.}$$

$$l(s): \text{طول قسم فصل الزيوت والشحوم والدهون} = 3\text{م.}$$

$$l(a): \text{طول قسم التصريف} = 2.4\text{م.}$$

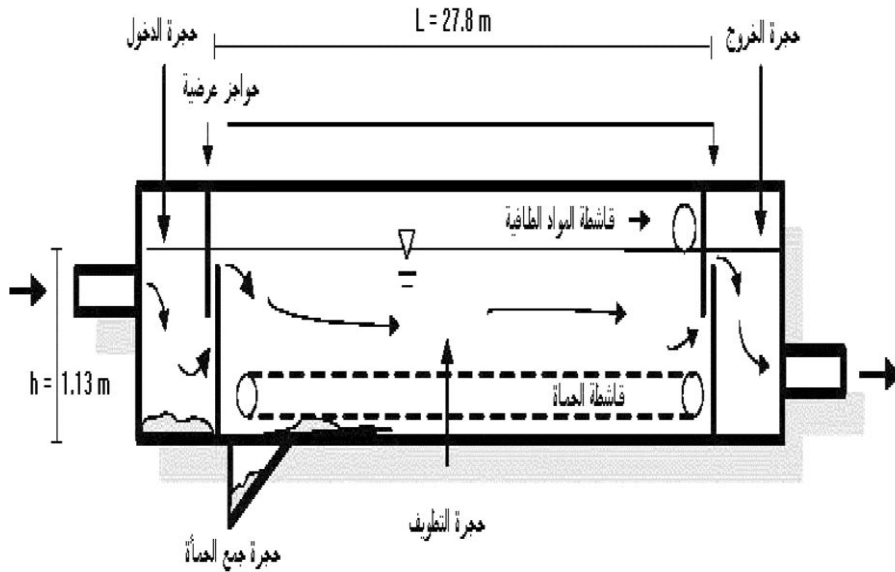
نتأكد من أن زمن بقاء الماء في الحوض أكبر أو يساوي المدة اللازمة للطفو

$$T = l(s)/Vh = 7.2/(5.8 \times 10^{-3}) = 1241 \text{ sec} = 20.7 \text{ minutes}$$

نتأكد من أن زمن بقاء الماء في الحوض أكبر أو يساوي المدة اللازمة للطفو

$$T' = H/V_{oil} = 1/(1.21 \times 10^{-3}) = 826.4 \text{ sec} = 13.8 \text{ minutes}$$

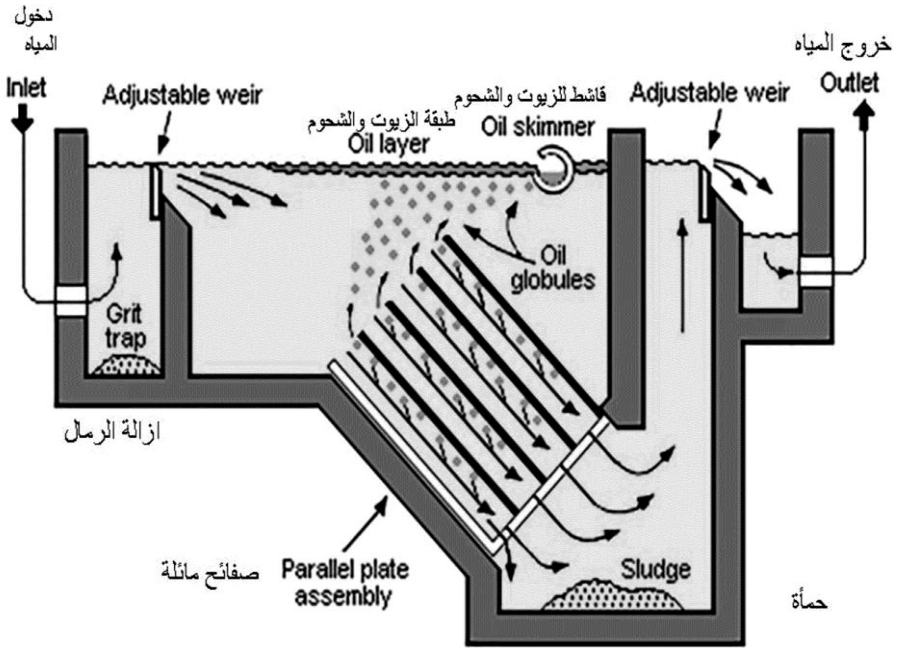
$T > T'$ محقق إذا التصميم مقبول



الشكل (4-8): يبين المقطع الطولي لحوض فصل الزيوت والشحوم المصمم

4-4-3-2- وحدة فصل الزيوت CPI:

هذه الوحدة تعتبر بديلا لوحدة الـ API وتتكون من مجموعة شرائح أو مجموعات من الأنابيب موضوعة بميل 60 درجة بحيث تنزلق المواد المحتجزة من أعلى الشرائح لتتجمع في القاع. من أهم مميزات هذا الجهاز أنه يمكن أن يستخدم في مكان صغير المساحة، ومع أنه قد وجد رواجاً بين صناعات عديدة إلا أنه لا يستخدم بكثرة في عمليات تكرير البترول بسبب عدم قدرته على استيعاب معدلات التدفق العالية. وهو يتميز عن وحدات الـ API والمروقات الأولية بأنه أكثر كفاءة في فصل الزيوت والمواد الصلبة، وذلك لأنه يمكن توفير مساحة سطحية أكبر.



الشكل (4-9): مقطع طولي في حوض CPI

4-4-4- إزالة الزيوت والشحوم بالتطويف بالهواء المضغوط:

التطويف بالهواء المضغوط يعتبر أحد عمليات الفصل الفيزيائي للزيوت والشحوم والدهون، والتي تستخدم لإزالة الزيوت والشحوم، وتتألف العملية تتألف من هواء مضغوط يضخ ضمن مياه الصرف ويمكن أن تستخدم فيها المواد الكيميائية أيضاً، وذلك لتحسين مردود عملية إزالة الزيوت والشحوم والدهون، ويمكن بعدها إزالة الزيوت والشحوم والمواد الصلبة، حيث تندفع فقاعات الهواء مصحوبة بالمواد المعلقة والزيوت والشحوم نحو الأعلى حاملة الزيوت والمواد الصلبة نحو الأعلى، ليتم قشطها بواسطة قواشط.

إن التطويف هو العملية التي تزال فيها المعلقات ذات الجاذبية النوعية الأقل من الوسط المعلقة فيه بتركها تطوف إلى السطح حيث تزال بالكشط. في معظم الاستعمالات فإن الجاذبية النوعية للمواد المعلقة تخفض صناعياً بالالتصاق إلى فقاعات غاز، وهذا الأمر يمكن هذه العملية من الاستعمال على نطاق واسع من المواد الصلبة التي تكون جاذبيتها النوعية أكبر بقليل من تلك للوسط المعلقة فيه.

إن فقاعات الغاز المطلوبة لتؤثر على تطويف المواد الصلبة يمكن الحصول عليها بعدد من الطرق بما في ذلك الوسائل الإلكتروليتية (electrolytic) وبالتحرير المنشط انفرغياً للغازات المنحلة، وبوساطة حقن الهواء خلال ناشرات مغمورة، وبطريقة حل الهواء تحت ضغط مرتفع في جزء من التدفق ومن ثم تحريره بشكل فقاعات ناعمة بإنقاص الضغط حتى مستوى الضغط الجوي. هذه الطريقة الأخيرة لتوليد الفقاعات هي المفضلة في تطبيقات المياه الصناعية حيث تعرف العملية بعملية تطويف الهواء المنحل (DAF).

ولأجل المنافع المذكورة أعلاه فإن هذه العملية يمكن أن تستعمل لمعالجة مياه الشرب ومياه المجاري بدلاً من الترسيب في الحالات التي تكون فيها سرعة الترسيب منخفضة. إن الاستعمالات الخاصة لهذه العملية هي:

- 1- إزالة ألياف الورق من مياه صرف مطحنة وعجينة الورق.
- 2- إزالة الزيوت والشحوم والمواد الأخرى المشابهة من مياه الصرف مثل

- مياه تصنيع الأغذية ومياه مصافي التكرير ومياه المغاسل.
- 3- لتركيز الفلزات المعدنية في صناعات المناجم.
- 4- لتنقية المياه المعالجة كيميائياً للحصول على مياه الشرب.
- 5- لزيادة تركيز حمأة مياه المجاري.

4-4-4-1- تطويف المعلقات:

إن تحليل سرعة الترسيب يكون خاطئاً في حالة المعلقات التي تكون جاذبيتها النوعية أقل من الوسط المعلق لها، حيث أنها ترتفع بدلاً من ترسبها، وإن علاقات سرعة الترسيب يمكن استعمالها لسرعة الصعود، لكن العلاقة التي ستستعمل تتبع ما إذا كانت حركة الجزيء هي حرة أو معاقة، وحيثما يكون طفو معلق هو محفز صناعياً بواسطة التصاق فقاعات هواء فإن هذه الحالة هي نوعاً ما أكثر تعقيداً لأن الفقاعات تزداد حجماً مع ارتفاعها إلى السطح.

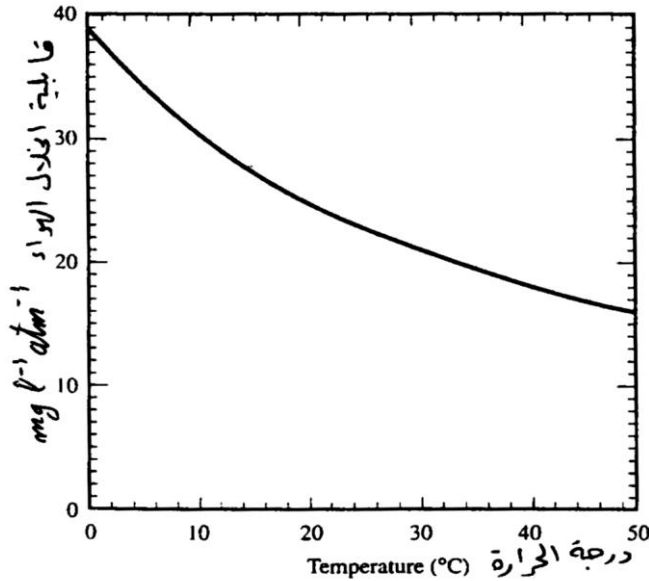
إن قابلية انحلال الهواء في الماء $Cs(a)$ mg/L هي متناسبة خطياً مع ضغطه حسب قانون هنري:

$$Cs(a) = Ha.P$$

حيث Ha هي عامل انحلال قانون هنري ($mgL^{-1} atm^{-1}$) الذي يعتمد على درجة الحرارة.

P هو الضغط المطلق بواحدات ضغط جوي (atm).

إن قابلية انحلال الهواء يمكن تطبيقها بشكل جيد بالنسبة لأغلب أنواع المياه الصناعية وبالتالي فإن قيمة (H) يمكن أن تتحول من نوع مياه صناعية إلى نوع آخر وهي دائماً أقل منها بالنسبة للماء النقي ويعطي الشكل (4-10) معلومات عن تركيز الإشباع للهواء في الماء النقي عند قيمة الضغط الجوي وبدرجات حرارة تتراوح بين (0) وبين ($50^{\circ}C$).



الشكل (4-10): قابلية انحلال الهواء في الماء عند ضغط مقداره (1) ضغط جوي

إن كمية الهواء (Cr) الذي يتحرر من محلول بوحدة حجم التدفق المضغوط عندما يهبط الضغط من قيمة P (atm) إلى الضغط الجوي يمكن حسابها من العلاقة:

$$Cr = Ha(KP - 1)$$

حيث: K هي حصة الإشباع الذي حصلنا عليه عند الضغط المطلق المرتفع

P (atm).

إن الكمية الحقيقية للهواء المتحرر في الحال سوف تكون أقل نوعاً ما من القيمة النظرية لأننا نحتاج إلى بعض الوقت للوصول إلى حالة التوازن.

4-4-4-2- تحديد النسبة التصميمية للهواء إلى المواد الصلبة:

إن الكمية الأصغرية للهواء المطلوب لتطويف معلق هي تلك التي سوف تنتج كثافة (ρ_c) لمركب هواء - مادة صلبة أخفض من تلك التي هي للسائل المعلقة فيه (ρ):

$$\rho_c = \frac{(V_a \rho_a + V_s \rho_s)}{(V_a + V_s)}$$

حيث: V_a حجم الهواء المتصق بجزيء ذي حجم V_s .
 ρ_a و ρ_s الكثافة للهواء والجزيء بالتالي.

$$\frac{\text{هواء}}{\text{مادة صلبة}} = \frac{a}{S} = \frac{V_a \rho_a}{V_s \rho_s}$$

$$(-44) \quad \rho_c = \frac{(1 + \frac{a}{s})}{(\frac{1}{\rho_s} + \frac{1}{\rho_a} \cdot \frac{a}{s})}$$

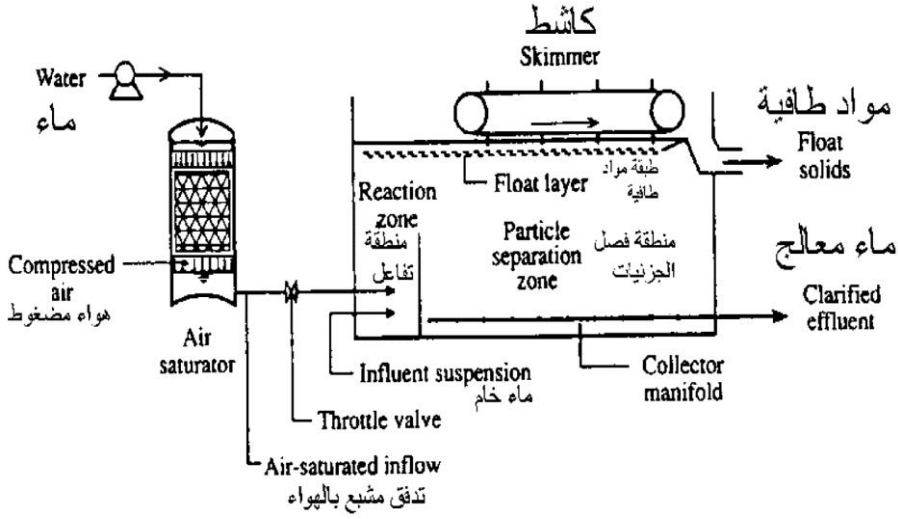
وبما أن الجزيء المركب من مادة صلبة وهواء سوف يرتفع إلى الأعلى إذا كان $(\rho_c < \rho)$ فإن القيمة الأصغرية للنسبة (a/s) المطلوبة ليتم التطويق يمكن الحصول عليها بوضع $(\rho_c = \rho)$ في العلاقة (4-4) وبالتالي نحصل على:

$$(\frac{a}{s})_{\min} = \frac{(1 - \rho / \rho_s)}{(\rho / \rho_a - 1)}$$

إن نسبة الهواء إلى المادة الصلبة هي من أهم العوامل في عملية تصميم نظام التطويق ويفضل أن تحدد تجريبياً باستعمال خلية تطويق.

4-4-4-3- تصميم أنظمة التطويق:

إن العناصر الأساسية في نظام تطويق هي حوض إشباع الهواء وحوض التطويق والشكل (4-11) يوضح شكل حوض للتطويق بشكل متوازي المستطيلات، يمكن أن يكون حوض الإشباع في الهواء بشكل عمود، حوضاً الإشباع يعملان بشكل نموذجي تحت ضغط يتراوح بين (4 atm و 6 atm) مصممان للحصول على إشباع يصل إلى (90%)، إن الأنبوب الذي يصل حوض الإشباع بحوض التطويق مجهز بفوهات خاصة تسبب تغيراً متدرجاً بالضغط بين الوجدتين وحدة الإشباع ووحدة التطويق، إن هذا الهبوط المفاجئ في الضغط عبر الفوهات ينتج عنه تحرير فوري للهواء المنحل الذي يصبح في حالة فوق الإشباع بشكل فقاعات ناعمة جداً أبعادها أقل ($100 \mu m$) كما هو مفضل.



الشكل (4-11): مقطع طولي في حوض تطويف بالهواء المضغوط

إن حوض التطويف يشمل منطقة تفاعل أو منطقة مزج يحصل فيها جلب الجزيئات إلى تيارات الفقاعات الناعمة وبالتالي تتشكل كتلات من الجزيئات والفقاعات ويشمل أيضاً منطقة تطويف، إن منطقة التفاعل هي حجرة منعزلة أمام منطقة التطويف.

إن منطقة التطويف تصمم على نفس أسس تصميم أحواض الترسيب أي على أساس سرعة ارتفاع المواد الصلبة إلى أعلى ومدة البقاء في حوض التطويف. إن الاستعمالين الرئيسيين لعملية التطويف هما:

1- تنقية المياه التي جرى ترويبها كيميائياً لإنتاج مياه الشرب وخاصة في المياه المحملة بالطحالب.

2- من أجل تكثيف الحمأة المنشطة.

إن محسنات التطويف تشمل ما يأتي:

1- إن المواد الصلبة القابلة للترسيب والقابلة للطفو يمكن أن تزال في نفس الوحدة.

2- تكون معدلات التنقية مرتفعة مما يؤدي إلى حجوم أحواض أصغر.

3- تنتج حمأة أكثر تركيزاً.

- 4- إن تأثيرات الأكسدة تنقص مشكلة الرائحة.
- 5- في استعمالات التنقية يتطلب حجوم ندف أصغر وبالتالي فإن استعمال البولي الكتروليتات لتحفيز الندف غير ضروري.
- إن مساوئ التطوير الملاحظة هي:
- 1- إن نوعية التدفق الخارج من ناحية كمية المواد الصلبة يمكن أن لا تكون من نفس جودة الترسيب الثقالي.
- 2- إن هذا النظام هو أكثر كلفة من ناحية التشغيل والصيانة من نظام الترسيب الثقالي.

عند تصميم أنظمة التطوير واستعمال الهواء المضغوط لدينا طريقتان: الأولى يتم فيها ضغط كامل الجريان ودون إعادة تدوير المياه المعالجة، وتوجد طريقة ثانية وفيها يتم إعادة تدوير المياه المعالجة ويتم ضغط التيار المعالج، كما سيمر معنا وفي كلا الحالتين يمكن استخدام أحواض مستطيلة أو دائرية.

ضغط كامل الجريان دون تدوير المياه:

وفي هذه الحالة يتم ضغط كامل الجريان ويمكن أن يصل الضغط حتى 8 بار ولكن يفضل أن يكون ضمن المجال 3-6 بار، ولا يتم تدوير المياه وتكون نسبة الهواء إلى المواد الصلبة معطية بالعلاقة:

$$A/S = 1.3A_s (FP-1)/S_a$$

حيث إن:

A/S: نسبة الهواء المواد الصلبة.

S_a: تركيز المواد الصلبة المعلقة.

A_s: قابلة انحلال الهواء في الماء من أجل ضغط 1 بار.

الجدول (4-9): يبين قيمة قابلية انحلال الهواء في الماء

من أجل ضغط 1 بار ودرجات حرارة مختلفة

30	20	10	0	T ^o .C
15.7	18.7	22.8	29.2	As ml/L.bar

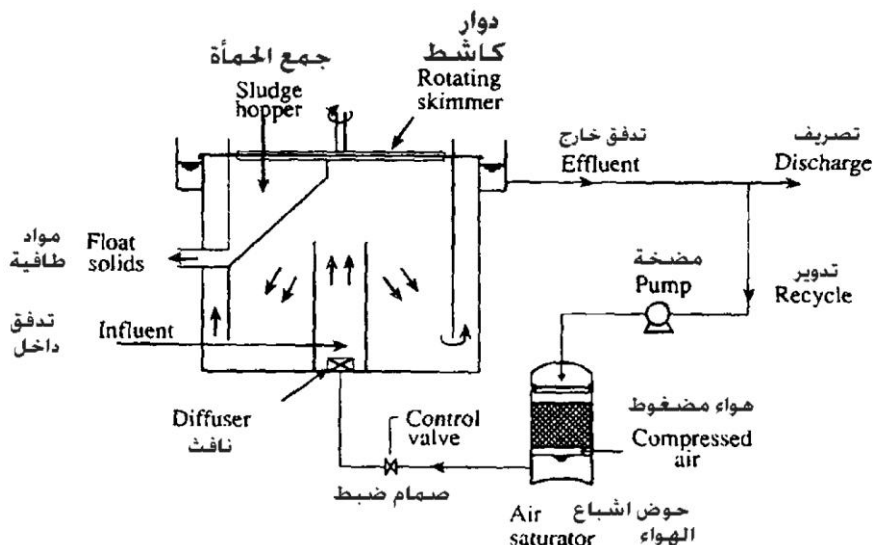
- S: تركيز المواد الصلبة المعلقة أو تركيز الزيوت والشحوم والدهون في مياه الصرف غير المعالجة بوحدة ملغ/ل.
- A: انحلالية الهواء وتقدر بـ 3سم³/ليتر.
- P: ضغط التشغيل المطلق بوحدة ضغط جوي (atm).
- f: نسبة انحلال الهواء عند الضغط P أي عند ضغط التشغيل وقيمته بشكل نموذج 0.8.

4-4-4-5- ضغط التدفق المعاد تدويره:

في هذه الحالة يتم ضغط جزء من التدفق الخارج من حوض التطوير - أي التدفق المعالجة - ومن ثم يتم إدخال هذا التدفق إلى حوض التطوير كما هو مبين في الشكل (4-21):
نطبق المعادلة الآتية:

$$A/S = 1.3A_s \times R (FP-1)/(S_a \times Q)$$

حيث: Q التدفق الكلي (م³/يوم)، R: التدفق المعاد (م³/يوم)
يمكن في الطريقة تدوير من 15 حتى 120% بالنسبة للتدفق الداخل



الشكل (4-12): صورة تبين مخطط طريقة التطوير مع ضغط تدوير جزء مع التدفق المعالج

4-4-4-6- معايير تصميم أحواض التطويف بالهواء المضغوط:

إن معايير تصميم أحواض التطويف بالهواء المضغوط مبين في الجدول رقم

(4-10):

الجدول (4-10): معايير تصميم أحواض التطويف بالهواء المضغوط

القيمة النموذجية		المؤشر
الترويق	تكثيف الحمأة	
5-3	5-3	ضغط الهواء (بار)
120-30	150-130	إعادة تدوير التدفق المعالج الناتج عن حوض التطويف (%)
0.5-0.25	3	زمن الحجز
0.06-0.005		نسبة الهواء/المواد الصلبة (كغ هواء/كغ مواد صلبة)
	75-25	حمولة المواد الصلبة (كغ/م ² /يوم)
	100-50	الحمأة المنشطة (المزيج المنحل)
	200-100	الحمأة المنشطة (الترسبة) 50% أولية + 50%
	حتى 275	أولية فقط
0.16-0.4	0.16-0.008	الحمولة الهيدروليكي (م ³ /2م دقيقة)
3-1	3-1	زمن الحجز في حزان الضغط (دقيقة)

4-4-4-7- مثال عملي:

لدينا مطحنة تصرف مياه صرف بتدفق 250م³/يوم وتحتوي مياه صرف المطحنة على مواد صلبة معلقة بتركيز 5000 ملغ/ل، يطلب تصميم حوض تطويف للمواد المعلقة بالهواء المضغوط DAF درجة حرارة مياه الصرف 30 درجة مئوية وذلك في الحالتين:

1- ضغط كامل الجريان دون تدوير لمياه الصرف الخارجة من حوض التطويف.

2- ضغط مياه التدوير فقط.

افرض المعلومات التالية:

$$A/S = 0.01 \text{ ml(air)/mg(solids)} \quad - \quad [0.06-0.005] \text{ ومجالها}$$

$$A_S = 15.7 \text{ ml/L.bar} \quad - \quad \text{قابلية انحلال الهواء في الماء من أجل ضغط 1 bar}$$

30	20	10	0	T ^o .C
15.7	18.7	22.8	29.2	As ml/L.bar

$$f = 0.6 \quad [0.5-0.8] \text{ نسبة انحلال الإشباع} \quad -$$

الضغط النسبي للماء المدور أو ضغط المقياس يساوي 3 ضغط جوي (atm).
-

معدل التحميل السطحي (4-16) L/m².min) ونأخذ القيمة 9 لتر/م².دقيقة في التصميم.
-

الحل:

1- ضغط كامل الجريان دون تدوير المياه:

- من العلاقة التالية نحسب الضغط اللازم للتعويم:

$$A/S = 1.3A_S (FP-1)/S_a$$

$$0.01 = 1.3 \times 15.7 \times (0.6 P-1)/5000$$

حيث P الضغط المطلق المطبق واحده bar (يعتبر P ضغط مطلق لأنه يتضمن أيضاً الضغط الجوي المؤثر)

$$P = 5.75 \text{ bar} = 5.75/1.0132 = 5.675 \text{ atm}$$

ولكن قيمة P هي الضغط المطلق ونحسب الضغط النسبي - أي الضغط

الواجب تطبيقه من الضاغط - ويساوي P-1

$$P = 5.75-1 = 4.75 \text{ atm}$$

1- حساب المساحة اللازمة:

$$S = Q/A_0$$

$$19.3 \text{ m}^2 = 9 S = (250 \times 1000)/(24 \times 60)$$

بفرض أن $L = 4w$ فرضنا الطول 4 أضعاف العرض، فيكون العرض: 2.2م والطول 8.8م.

2- حساب ارتفاع الماء ضمن الحوض: يفضل أن يكون ارتفاع مياه الصرف في الحوض لا يقل عن 1م ولا يزيد عن 2.5م، ويفضل زمن المكوث أن لا يزيد عن 120 دقيقة.
نختار ارتفاع لمياه الصرف في الحوض: 1م فيكون حجم مياه الصرف في الحوض هو:

$$V = 1 \times 2.2 \times 8.8 = 19.36\text{m}^3$$

$$\text{HRT} = V/Q = 19.36/(250/24) = 1.86 = 111.7\text{minuttee}$$

3- حساب معدل تحميل المواد الصلبة:

نحسب كمية المواد الصلبة في اليوم الداخلة إلى الحوض:

$$M = 250 \times 5000/1000 = 1250\text{Kg/day}$$

$$M/A = 1250/(2.2 \times 8.8) = 64.56 \text{ Kg/m}^2/\text{day ok} \leq 75$$

ثانياً - ضغط مياه التدوير فقط:

نحسب ضغط الماء المطلق:

$$= 3 + 1 = 4 \text{ atm} = 4 \times 1.01325 = 4.053 \text{ bar p}$$

$$A/S = 1.3As \times R (FP-1)/(Sa \times Q)$$

$$0.01 = 1.3 \times 15.7 \times R(0.6 \times 4.053-1)/(5000 \times 250)$$

$$R = 428\text{m}^3/\text{day}$$

أما المساحة اللازمة فتحسب من العلاقة التالية:

$$'S = (Q + R)/Ao = 52.3 \text{ m}^2 = (250 + 428)/(9 \times 10^{-3} \times 24 \times 60)$$

نختار حوض تطويق دائري الشكل فيكون قطره: 28م.

4- حساب زمن المكوث والحجم:

نختار ارتفاع مياه في الحوض 1م فيكون حجم الحوض:

$$4 \times 1 = 52.8\text{m}^3/V = 3.14 \times (8.2)^2$$

$$\text{HRT} = V/(Q + R) = 52.8/(250 + 428) \times 24 = 1.87\text{h} = 112.14 \text{ minutes}$$

5- حساباً معدل تحميل المواد الصلبة:

نحسب كمية المواد الصلبة في اليوم الداخلة إلى الحوض:

$$M = 250 \times 5000/1000 = 1250\text{Kg/day}$$

$$M/A = 1250/52.8 = 23.7 \text{ Kg/m}^2/\text{day ok} \leq 75$$

توجد أيضاً طرق أخرى للتطويف: وهو التطويف مع استعمال الهواء المضغوط والمواد الكيميائية والصفائح المائية، وتعطي هذه الطريقة إزالة للزيوت والشحوم والدهون تصل حتى 99%، حيث يتم تشكيل ندف وتطويفها وقشطها كما في الشكل (4-13) حيث يتم تشكيل ندف عبر إضافة مواد كيميائية حيث تمر مياه الصرف مع المواد الكيميائية ضمن الأنابيب مما يشكل الندف التي يمكن تطويفها بالهواء المضغوط وكذلك تستخدم الصفائح المائية.



الشكل (4-13): صورة تبين محطة للتطويف بالهواء المضغوط واستخدام المواد المروية

- بالنسبة لوحداث التطويف ذات معدل الإزالة العالي والتي تكون عادة مزودة بصفائح مائلة أو يتم إضافة مواد كيميائية فإن معدل التحميل يكون بين 8.3-25م³/م². ساعة.

وإن خيار إضافة المواد الكيميائية إلى حوض التطوير أو الاكتفاء بالهواء المضغوط يعتمد على عدة عدد من عوامل منها:

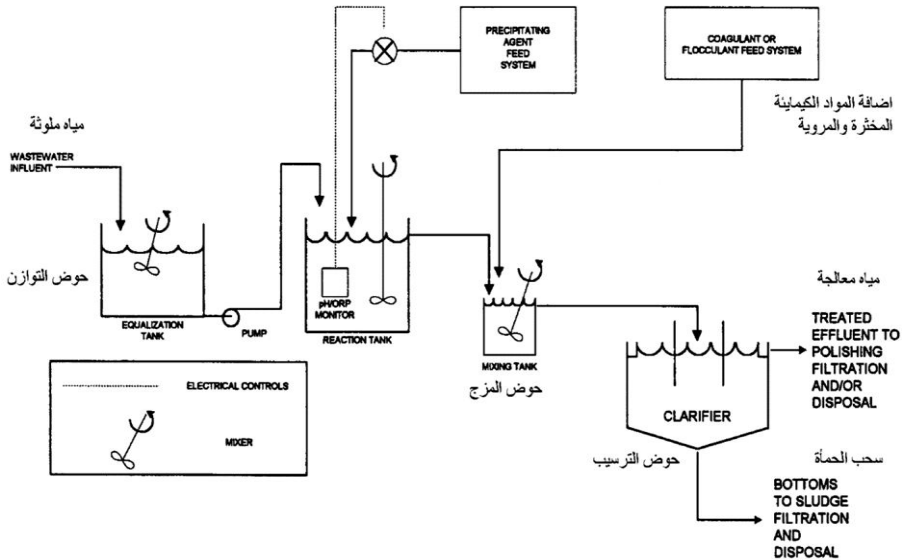
- 1- تركيز الزيوت والشحوم والدهون ومعدل الإزالة بإضافة أو عدم وجود المواد الكيميائية.
- 2- تركيز ومعدل إزالة BOD و TSS بإضافة أو عدم إضافة المواد الكيميائية.
- 3- جرعة المواد الكيميائية وتكاليفها.
- 4- كمية الحمأة الناتجة وكلفة التخلص منها.

4-4-5 إزالة الزيوت والشحوم والدهون بالطرد المركزي:

تعتبر طريقة الطرد المركزي أكثر فاعلية في إزالة الندف الناتجة عن المعالجة الكيميائية والتي من الصعب أحياناً إزالتها بالتطويف، ومن مساوئ هذه الطريقة: أنها تحتاج إلى صيانة و طاقة أكثر من الطرق الأخرى، ومن محاسنها أنها تشغل مساحات صغيرة.

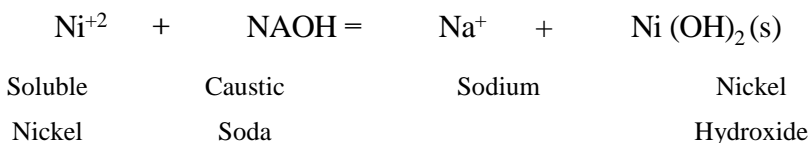
المعالجة الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصناعي

تستخدم المعالجة الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصناعي بشكل واسع وذلك لتميزها الكبير عن المعالجة البيولوجية، كتحمل السمية وصغر المساحة التي تشغلها ولسهولة التحكم بها، وتشمل المعالجة الفيزيوكيميائية على ثلاثة عمليات رئيسية وهي الترسيب (precipitation) والتخثير (coagulation) وتشكيل الندف (flocculation)، وتقنيات المعالجة الفيزيوكيميائية تتطور بشكل متسارع، وتعتبر الكلفة التشغيلية وخصوصاً كلفة إضافة المواد الكيميائية أبرز عيوب المعالجة الكيميائية كذلك تنتج كمية كبيرة من الحمأة مقارنة بطرق المعالجة البيولوجية، والشكل العام لمحطة معالجة تعمل وفق مبدأ التخثير والترويب والترسيب هو:



الشكل (5-1): شكل مبسط لمحطة معالجة ترويب/تخثير/ترسيب

والمبدأ العام للمعالجة الفيزيوكيميائية هو تحويل الشوارد المنحلة إلى مركبات قابلة للترسيب يمكن فصلها عن مياه الصرف، فمثلاً لإزالة وترسيب شاردة النيكل من مياه الصرف الصناعي يمكن استخدام المركبات التي تعطي شاردة الصوديوم في وسط قلوي كهيدروكسيد الصوديوم وينتج هيدروكسيد النيكل القابل للترسيب وشاردة الصوديوم المنحلة

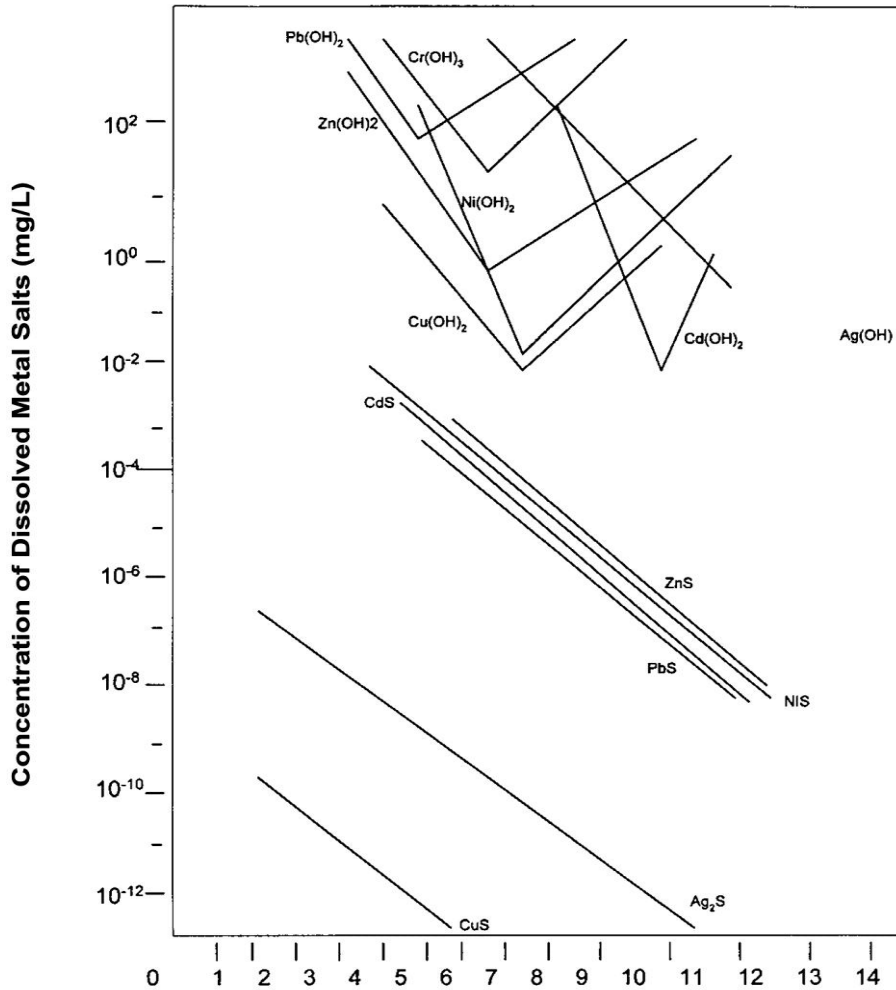


إن قابلية انحلال المعادن الثقيلة في درجة حرارة مقدارها 25 درجة مئوية في ماء صافي مبينة في الجدول (1-5).

الجدول (1-5): يظهر انحلالية المعادن الثقيلة في درجة حرارة 25 درجة مئوية في ماء صافي وكل التراكيز

المعدن	كهيدروكسيد	كسولفيد (كبريتات)	ككربونات
الكاديوم Cadmium (Cd ²⁺)	2.3 × 10 ⁻⁵	6.7 × 10 ⁻¹⁰	1.0 × 10 ⁻⁴
الكروم الثلاثي Chromium (Cr ³⁺)	8.4 × 10 ⁻⁴	No precipitate	-
كوبالت (Co ²⁺)	2.2 × 10 ⁻¹	1.0 × 10 ⁻⁸	-
نحاس (Cu ²⁺)	2.2 × 10 ⁻²	5.8 × 10 ⁻¹⁸	-
حديد (Fe ²⁺)	8.9 × 10 ⁻¹	3.4 × 10 ⁻⁵	-
رصاص (Pb ²⁺)	2.1	3.8 × 10 ⁻⁹	7.0 × 10 ⁻³
منغنيز (Mn ²⁺)	1.2	2.1 × 10 ⁻³	-
زئبق (Hg ²⁺)	3.9 × 10 ⁻⁴	9.0 × 10 ⁻²⁰	3.9 × 10 ⁻²
نيكل (Ni ²⁺)	6.9 × 10 ⁻³	6.9 × 10 ⁻⁸	1.9 × 10 ⁻¹
فضة (Ag ⁺)	13.3	7.4 × 10 ⁻¹²	2.1 × 10 ⁻¹
قصدير (Sn ²⁺)	1.1 × 10 ⁻⁴	3.8 × 10 ⁻⁸	-
زنك (Zn ²⁺)	1.1	2.3 × 10 ⁻⁷	7.0 × 10 ⁻⁴

وإنّ قابلية ترسيب المعادن الثقيلة سواء على شكل هيدروكسيدات أو على شكل كبريتيد تتعلق بقيمة درجة حموضة مياه الصرف pH لذا غالباً ما تسبق عملية ترسيب وإزالة المعادن الثقيلة من مياه الصرف مرحلة ضبط الـ pH، والشكل الآتي يبين تركيز ملح المعدن المنحل (أي قيمة انحلاله بوحدة ملغ/ل) وفقاً لدرجة حموضة المياه، حيث وضعت على المحور الأفقي قيمة pH وعلى المحور الشاقولي قيمة التركيز المنحل بوحدة ملغ/ل.



الشكل (2-5): العلاقة بين قيمة pH مياه الصرف وتركيز الأملاح المنحلة ملغ/ل

من الشكل السابق نجد ما يأتي:

- أقل قيمة للانحلال للنحاس كهيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$ تكون عند قيمة pH مساوية لـ 7.8 وعندها تكون يكون تركيز $Cu(OH)_2$ المنحل 10^{-2} ملغ/ل، بينما تكون قيمة الانحلال الصغرى لهيدروكسيد الكادميوم عند قيمة pH تساوي 11، وعند معالجة مياه صرف تحتوي عدة شوارد معدنية كالكاديوم والنحاس والرصاص والنيكل كمياه صرف مياه المصانع فإنه من المفضل إجراء تجربة جارتست لمعرفة القيمة الأمثلية لـ pH مياه الصرف التي تحقق ترسيب جيد لشوارد المعادن المرادة إزالتها أو يمكن أخذ قيمة لـ pH تتناسب المعادن المراد ترسيبها مثلاً القيمة 8 لـ pH تتناسب إزالة النحاس والنيكل على شكل هيدروكسيدات.

- يمكن إزالة المعادن الثقيلة وذلك بترسيبها على شكل كبريتيدات (سولفيدات)، لذلك فإن طرق المعالجة البيولوجية اللاهوائية قادرة على إزالة قسم من المعادن الثقيلة على شكل سولفيدات وذلك نتيجة تشكل سولفيدات للمعادن الثقيلة.

5-1- عملية تشكيل الندف:

لانقاص ثبات المحلول الغرواني يجب تخفيض قوى زيتا ويتم هذا الأمر بإضافة مواد الإلكتروليت التي تملك تأثير إنقاص كمية الشوارد الحرة وبالتالي تنقص قوى التنافر بين الجزيئات، وهنا يجب أن نشير إلى أن الأيونات ذات الإشارة المعاكسة هي صاحبة التأثير في هذا المجال، ففي المحلول الغرواني المشحون إيجابياً فإن الشوارد السالبة (Anions) هي فقط المؤثرة، وفي المحلول الغرواني المشحون سلبياً فإن الشوارد الموجبة (kations) هي الفعالة فقط

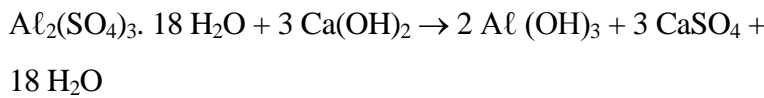
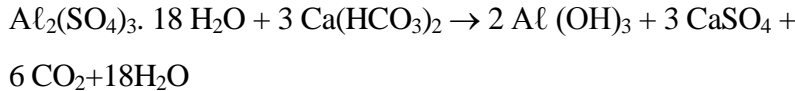
إن هذا النوع من تشكيل الندف يدعى تشكيل الندف التبادلي، وهو هام جداً في أعمال تنقية مياه الشرب بالترويب الكيميائي، إذ إن أغلب أنواع المياه المعدة للتنقية تحتوي على مواد غروانية ذات شحنات سلبية وبالتالي فإن المحاليل

الغروانية لأملاح الحديد والألمنيوم التي نضيفها إلى الماء في هذه الحالة والمشحونة إيجابياً سوف تساهم في عملية تشكيل الندف التبادلي المذكورة أعلاه، وجرعة هذه المركبات تزداد بازدياد تلوث الماء وهي لا تحسب من نتائج التحليل الكيميائي للماء وإنما تحدد بالتجربة.

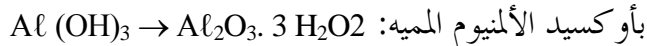
5-1-1- المواد الكيميائية المستعملة في الترويب:

أ- **كبريتات الألمنيوم:** هي من أرخص المواد المستعملة للترويب وهي تسمى تجارياً بالشب، وهي ذات لون رمادي داكن على شكل بلورات وتحتوي على بعض الشوائب بشكل مركبات الحديد والزرنيخ، وهي تصنع بخلط أكسيد الألمنيوم (البوكسيت) مع حامض الكبريتيك في أحواض حديدية حيث يغلى المزيج حتى يتركز وينفصل الشب.

وإن الشكل العام لانحلال كبريتات الألمنيوم في الماء الحاوي على قلوية بيكربونات الكالسيوم أو المضافة إليه ماءات الكالسيوم يتم عادة كما يلي:



وإن ماءات الألمنيوم المتشكلة يمكن أن تدعى بشكل أكثر دقة

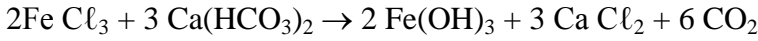


وإن ثاني أكسيد الكربون المتشكل نتيجة التفاعل يمكن أن يتعادل مع قلوية الماء الخام ليسبب بعض الإنقاص لقيمة (pH) للماء أما مركب (AL₂O₃ · 3H₂O) فإن قابلية انحلاله في الماء ضعيفة جداً وسوف تكبر جزيئاته إلى الحجم الغرواني ليشكل محلولاً غروانياً موجب الشحنة.

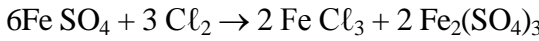
ويتم عادة تصحيح قيمة (pH) للماء بإضافة بعض الكلور وذلك

حسب كمية شوارد البيكربونات الموجودة في الماء وكمية ثاني أكسيد الكربون الناتج.

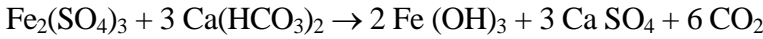
ب- **كلوريد الحديد:** عند استعمال كلوريد الحديد كمادة مروية فإن انحلاله في الماء الحاوي على شوارد البيكربونات يعطي التفاعل الآتي:



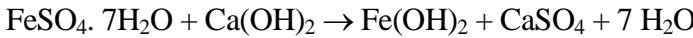
ت- **كبريتات الحديد:** إن استعمال كبريتات الحديدي كمادة مروية يعطي نتائج جيدة فقط في الحالة التي تكون فيها (PH) للماء عالية $\text{pH} > 8.5$ لذلك فمن الأفضل معاملة كبريتات الحديدي بالكلور إلى مزيج من كلوريد الحديد وكبريتات الحديد كما في المعادلة الآتية:



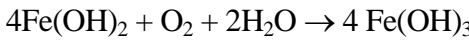
وبوجود كربونات الكالسيوم في الماء يكون:



أما إذا لم نعامل كبريتات الحديدي بالكلور فيكون من الأفضل إضافة ماءات الكالسيوم لتأمين رفع لـ (PH) ليصبح التفاعل.



حيث يوجد الأوكسجين يتم التفاعل الآتي:



إن كبريتات الحديدي هي ناتج لفضلات صناعة الفولاذ لذا فهي رخيصة نوعاً ما في البلدان الصناعية وإن مزيج كلوريد الحديد وكبريتات الحديد يسمى كبريتات الحديد المكورة. وهذا المزيج فعال في عملية الترويب على مدى واسع لـ (pH)، إن الجدول (5-2) الآتي يبين أهم ميزات المواد المستخدمة في المعالجة الفيزيوكيميائية:

الجدول (5-2): أهم ميزات المواد المستخدمة في المعالجة الفيزيوكيميائية

المساوي	الميزات	اسم المركب
يزيد من ملوحة المياه أي يزيد تركيز المواد الصلبة المنحلة وتقل فاعليته في خارج مجال درجة الحموضة المناسب	سهل التعامل والتطبيق وينتج حمأة أقل مقارنة مع الكلس والمجال الأمثل لدرجة الحموضة الملائمة لاستخدامه هي 6.5-7.5	Aluminum Sulfate (Alum) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ كبريتات الألمنيوم المائية
غالبا مع يستخدم مع الكلس وذو كلفة عالية وتقل فاعليته في المياه اليسرة	فعال في المياه العسرة ونحتاج عادة جرة صغيرة	Sodium Aluminate $Na_2Al_2O_4$ ألمينات الصوديوم
غير شائع الاستخدام وغالي الثمن	يستخدم في بعض الحالات ويشكل ندف كثيفة وسريعة الترسب أكثر من الندف المتشكلة عن كبريتات الألمنيوم	Polyaluminum Chloride (PAC) $Al_{13}(OH)_{20}(SO_4)_2Cl_{15}$ بولي ألنيوم كلوريد
يضيف مواد صلبة منحلّة في المياه أي يرفع قيمة TDS	فعال في وسط حامضي pH 4-6 ووسط قلوي 8.8-9.2	Ferric Sulfate $Fe_2(SO_4)_3$ كبريتات الحديد
يضيف مواد صلبة منحلّة في المياه أي يرفع قيمة TDS ويستهلك قلوية الماء بمقدار ضعف ما يستهلك كبريتات الألمنيوم	فعال في مجال واسع لدرجة حموضة المياه بين 4-11	Ferric Chloride $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ كلوريد الحديد
يضيف مواد صلبة منحلّة في المياه أي يرفع قيمة TDS وعادة يحتاج إضافة مواد قلوية للماء	ليس حساس كثيرا لدرجة الحموضة كما هو في حال استخدام الكلس	Ferrous Sulfate (Copperas) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ كبريتات الحديد
فاعليته تعتمد على قيمة pH المياه ويمكن أن ينتج كميات كبيرة من الحمأة	يستخدم بشكل واسع ويمكن أن لا يضيف ملوحة للمياه المعالجة	الكلس - - lime $Ca(OH)_2$

ث- البولوي إلكتروليت (Polyelectrolytes):

وهي مواد عضوية بوليميرية منحلّة في الماء تستخدم كمّواد مروية وكمّواد مساعدة في الترويب وهي شائعة الاستخدام في محطات المعالجة الفيزيو كيميائية وتبلغ جرعتها حوالي 1 ملغ/ل، وتصنف إلى ثلاث أصناف:

1- بولي إلكتروليت سالبة الشحنة.

2- بولي إلكتروليت موجبة الشحنة.

3- بولي إلكتروليت عديمة الشحنة.

والبولوي إلكتروليت تزيد من كفاءة الترسيب وتزيد من كفاءة استخدام المروبات وتزيد أيضاً من محتوى المواد الصلبة في الحمأة لذا هناك استخدام واسع لها في المعالجة الفيزيو كيميائية لمياه الصرف الصناعي.

5-1-2- نظرية تشكيل الندف (الترويب): (Theory of Flocculation)

إن عملية تشكيل الندف معقدة نوعاً ما وتعتمد على عدة عوامل منها:

1- نوع وتركيز المعلقات الغروانية الواجب إزالتها.

2- نوع المادة المروية (Coagulant) المستخدمة.

3- قيمة (pH) للماء إذ يستعمل (Al^{+++}) من أجل قيم $PH = 4-7$.

وتستعمل شوارد الحديد (Fe^{++}) من أجل قيم $PH < 8.5$.

وتستعمل شوارد الحديد (Fe^{+++}) من أقل قيم $PH < 4$.

4- درجة الحرارة إذ إنه بارتفاع الحرارة يحدث تشكيل الندف بشكل أفضل.

5- الخلط: يصبح تشكيل الندف أفضل كلما كان الخلط أفضل، إذ إن جودة الخلط تترافق مع تصادم أفضل للجزيئات. وبشكل عام فإن سرعة تشكيل الندف تتناسب مع عدد التصادمات في واحدة الزمن.

سوف نحسب عدد التصادمات في واحدة الزمن وذلك لحالة نظرية تكون فيها الجزيئات الغروانية بشكل كرات ذات أقطار متساوية، بحيث نفترض أنه

يوجد في السائل تغير (تدرج) في السرعة ذو قيمة ثابتة واتجاه ثابت $G = \frac{dV}{dz}$

كما في الشكل (2-23).

يحصل التصادم بين جزيئين غروانيين عندما يدخل مركز أحدهما إلى كرة مركزها هو مركز الجزيء الثاني ونصف قطرها هو القطر (d)، نحسب الآن كمية الماء الداخلة إلى هذه الكرة في واحدة الزمن.

ولهذا سنحسب أولاً كمية الماء الداخلة إلى قرص على بعد (z) من مركز الكرة فيكون:

$$dq = \frac{dv}{dz} \cdot z \cdot 2\sqrt{d^2 - z^2} dz$$

$$= 2G \frac{z dz}{(d^2 - z^2)^{-1/2}}$$

كمية الماء التي تدخل إلى كامل الكرة:

$$q = 2 \int_0^d 2G \frac{z dz}{(d^2 - z^2)^{-1/2}}$$

تكتب نتيجة هذا التكامل بالعلاقة:

$$q = \frac{4G}{3} d^3$$

وبفرض أن الماء يحوي (n) جزيئاً في واحدة الحجم يكون عدد التصادمات في واحدة الحجم وواحدة الزمن هو:

$$Ng = \frac{2}{3} Gn^2 d^3$$

وبالتالي فإن معدل تشكيل الندف يتناسب مع مربع عدد الجزيئات (التركيز) ومع تدرج السرعة ومع القوة الثالثة لقطر الجزيئات.

3-1-5- تدرج السرعة (Velocity gradient): C)

إن هذا العامل ذو تأثير واضح على معدل تشكيل الندف إذ إنه بتغيير قيمة (G) هذه نستطيع زيادة أو إنقاص معدل تشكيل الندف بشكل ملحوظ. ومما

هو ملاحظ فإن معدل تشكيل الندف يتناسب خطياً مع قيمة تدرج السرعة (G). فمن أجل تشكيل الندف السريع يفضل إحداث تغير (تدرج) كبير في السرعة. ولكن هذا الأمر ذو حدود لأن بنية الندف ضعيفة نوعاً ما وقد تتفتت بسبب قوى الاحتكاك الكبيرة الناتجة عن تدرج السرعة (G) الكبير، وبالتالي فإنه توجد قيمة أعظمية لـ (G) يجب أن لا تتعدها.

عند القيم المنخفضة لتدرج السرعة (G) سوف تنمو الندف بدون عراقيل ولكن معدل تشكيل الندف عندها سيكون ضعيفاً جداً، وبالتالي فإنه من الناحية العملية هناك أيضاً قيمة أصغرية لـ (G)، بحيث إن القيمة الأصغرية لـ (G) يجب أن لا تقل عن (20 sec^{-1}) والقيمة الأعظمية لـ (G) يجب أن لا تزيد عن (75 sec^{-1}) حيث يتراوح الزمن اللازم لإتمام تشكيل الندف عملياً بين (30) وبين (20) دقيقة.

مقدار تدرج السرعة (G) هو:

$$G = \sqrt{\frac{W}{\nu}}$$

وباستعمال اللزوجة الحركية (kinematic viscosity):

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

حيث: ρ هي الكثافة الكتلية (mass density) يكون:

$$G = \sqrt{\frac{W}{\nu\rho}}$$

5-1-4- Flash mixing: الخلط السريع

يلاحظ أنه في عمليات تنقية المياه تكون كمية المواد الكيميائية المضافة قليلة جداً بالمقارنة مع كمية الماء الواجب معالجتها. لهذا السبب يجب أن تتم عملية الحقن بطريقة غير مباشرة. إذ يعد محلول مركز (من أجل المعلقات القابلة للانحلال في الماء) أو مائع حاو على معلقات (من أجل المواد الكيميائية ضعيفة الانحلال في الماء كالحجر الكلسي أو غير القابلة للانحلال في الماء كالكربون المنشط) ومن ثم

يضاف هذا المحلول أو المائع الحاوي على المعلقات إلى الماء المراد تنقيته.
من الضروري أن يتواجد عند نقطة التقاء المادة المروبة بالمياه المعالجة
اضطراب كاف يمكننا من الوصول إلى توزيع منتظم للمواد الكيميائية في أقصر
فترة زمنية ممكنة.

في كثير من الحالات وخاصة في منشآت المعالجة الصغيرة يمكن أن يتم هذا
الاضطراب بجعل التقاء المادة الكيميائية مع الماء المعالج عند مدخل مقياس
فانتوري.

أما في محطات التنقية الكبيرة فمن الأفضل استعمال الخلاطات السريعة
(Flash mixers). وتكون كمية الطاقة اللازمة هي (0.5-1.5 k.w) لتدفق مقداره
(1000m³/h)، إن بعض المواد الكيميائية يمكن أن تحقن عند نقطة واحدة تقريباً
(كمركبات الحديد وأملاح الألمنيوم) ومساعدات المواد المروبة (السيليكا النشيطة
activated silica) والكلور وذلك في حالة استعمالنا لهذه المواد.

5-1-5 - أحواض تشكيل الندف: (Flocculation)

هناك أشكال عديدة لأحواض تشكيل الندف يمكن أن نقسمها إلى
مجموعتين، الأحواض ذات الحواجز والأحواض الميكانيكية. وغالباً ما تكون هذه
الأحواض مستطيلة الشكل، أما بناؤها فيمكن أن يتم بمواد مختلفة كالفولاذ
والبيتون (وفي هذه الحالة يجب أن لا تحتوي الماء على فائض من حمض الكربون
والـ (pH) له يجب أن لا تكون شديدة الانخفاض)، أو أن يتم بناء هذه
الأحواض من الخشب أو البلاستيك.

- أبعاد أحواض تشكل الندف:

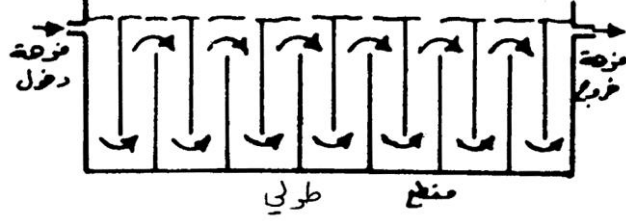
إن القيم الأساسية التي يجب أن نعرفها لتصميم أحواض تشكيل الندف هي
التالية:

- تدفق الماء (Q) بواحدات (m³/sec).
- زمن بقاء الماء في الحوض (T sec) وعادة (T = 1800-1200 sec).
- وبالتالي يكون حجم حوض تشكيل الندف (V = Q.T).

أما عمق الحوض فيمكن أن نحسبه من العلاقة التجريبية التالية:

$$d = 1/2^3 \sqrt{V} = 1/2^3 \sqrt{Q.T}$$

يعطي الشكل (3-5) نموذجين لأحواض تشكيل الندف ذات الحواجز. وتتميز هذه الأحواض بأنها بسيطة الإنشاء ولا تحتاج إلى ترتيبات ميكانيكية.



الشكل (3-5): نموذجين لأحواض تشكيل الندف ذات الحواجز

يمكن أن نحسب في هذه الحالة قيمة الاستطاعة (P) التي تتوفر في الحوض من ضياع الحمولة وتدفق الماء والكثافة الكتلية وتسارع الثقالة الأرضية كما يلي:

$$P = Q\rho gh$$

حيث:

ρ : الكثافة الكتلية.

g : تسارع الثقالة الأرضية.

h : ضياع الحمولة.

ويكون مقدار الاستطاعة في واحدة الحجم هو:

$$W = \frac{P}{V} = \frac{Q\rho gh}{dlw}$$

$$W = \frac{\rho h g}{T} \text{ watt / m}^3$$

$$G = \sqrt{\frac{W}{\rho v}} = \sqrt{\frac{gh}{Tv}}$$

في الشكل (4-5) نعطي بعض الأمثلة عن أحواض تشكيل الندف الميكانيكية.

وهنا يمكن أن نشق مقدار الاستطاعة لحساب القيمة الصحيحة لتغير السرعة (G) بالطريقة التالية:

القوة الناتجة عن الاحتكاك يمكن أن نحسبها من علاقة نيوتن:

$$F_D = C_D \rho A \frac{V^2}{2}$$

حيث:

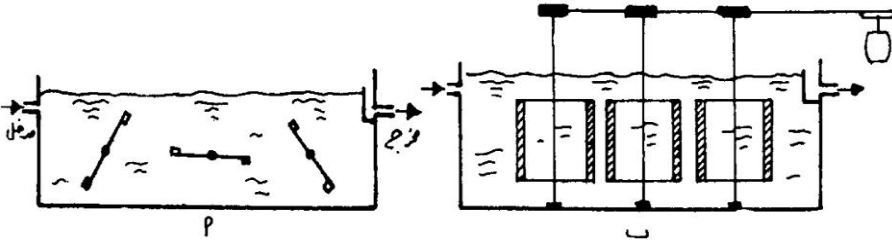
C_D : عامل الاحتكاك.

ρ : الكثافة الكتلية للماء.

A : مساحة سطح المحاريك.

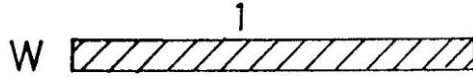
V : السرعة النسبية للمحاريك مع الماء m.sec^{-1} .

(يفترض أن السرعة النسبية هي 0.75 من السرعة المطلقة).



الشكل (4-5): نموذجين لأحواض تشكيل ندف الميكانيكية

إن عامل الاحتكاك (C_D) يعتمد على نسبة طول المحرك إلى عرضه كما هو مبين في الجدول الشكل (5-5).



الشكل (5-5): يبين الطول والعرض من أجل حساب قيمة عامل الاحتكاك

الجدول (5-3): يبين قيمة عامل الاحتكاك وفقا لنسبة الطول إلى العرض

النسبة w/l	CD
5	1.2
20	1.5
∞	1.9

ويكون مقدار الاستطاعة هنا هو: القوة \times السرعة

$$P = F_D V = C_D \rho A \frac{V^3}{2}$$

وبشكل عام فإنه لكي نصمم الأحواض الميكانيكية لتشكيل الندف يجب أن نأخذ بعين النظر النقاط التالية:

- 1- مدة بقاء الماء في الحوض: 1200-1800 sec.
- 2- السرعة المحيطية لدواليب المحرك عملياً: $0.2-0.8 \text{ m.sec}^{-1}$.
- 3- تكون عادة سرعة الماء حوالي (1/4) سرعة المحرك واختلاف السرعة هو (3/4).
- 4- يجب أن لا تتعدى مساحة المحرك (20%) من مساحة المقطع العرضي للحوض وإلا فإن دوران الماء قد يتم بدون تغير السرعة اللازم. عندما تكون نسبة $\frac{\ell}{w}$ أكبر من (10) فإن عامل الاحتكاك يمكن أن يحسب

من العلاقة التجريبية:

$$C_D = 1.9 - \left(\frac{w}{\ell}\right)(9.8 - 40\frac{w}{\ell})$$

5-2- تصميم أحواض الترسيب أفقية الحركة:

إن القيم الأساسية اللازمة لتصميم أحواض الترسيب هي:

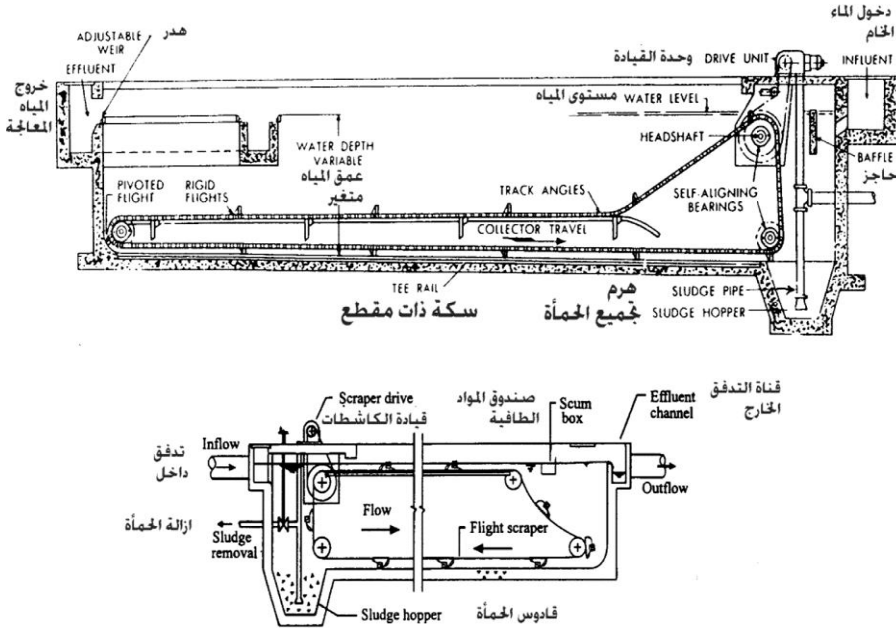
أ- تدفق الماء Qm^3/sec .

ب- معدل التحميل السطحي: $S_o = \frac{Q}{A} m/sec$

وعملياً فإنه لا يفضل حساب القيمة الدقيقة لـ (S_o) من معادلة ستوك وإنما تحدد هذه القيمة تجريبياً.

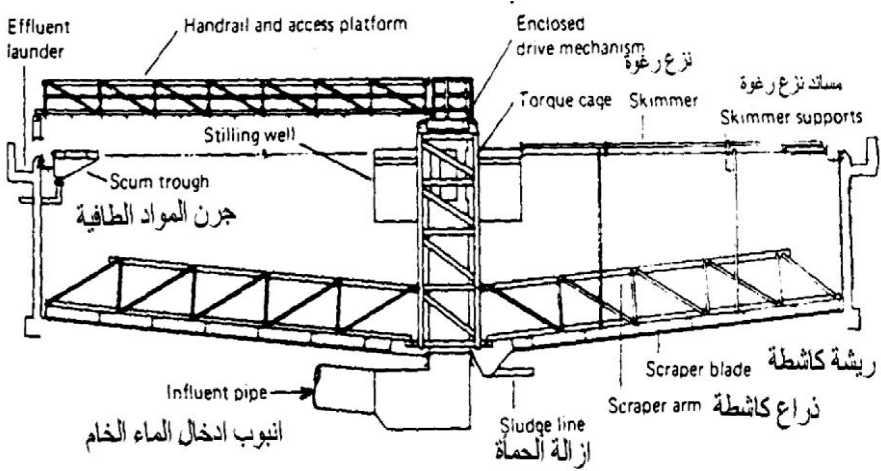
باستخدام كبريتات الألمنيوم ومركبات أملاح الحديد كمواد مروبة فإن قيمة (S_o) عملياً تؤخذ بين $(2 \times 10^{-4} m/sec)$ وبين $(4 \times 10^{-4} m/sec)$ ، أي تقريباً $(0.75-1.5m/h)$.

وبشكل عام فإن أحواض الترسيب أفقية الحركة يمكن أن تكون مستطيلة في المسقط الأفقي أو دائرية، في أحواض الترسيب أفقية الحركة إن أجهزة إزالة الحمأة تتألف من كاشطات أفقية تسحب الحمأة إلى موقع تجميعها في طرف الحوض حيث تزال بشكل متقطع أو مستمر بتأثير الثقالة أو بشكل آلي، ويبين الشكل (5-6) نموذج لحوض ترسيب مستطيل.



الشكل (5-6): نموذجين لأحواض ترسيب مستطيلة الشكل

وفي أحواض الترسيب الدائرية فإن التدفق يمكن أن يدخل من مركز الحوض متجهاً إلى محيط الحوض ويمكن أن يكون الاتجاه معاكساً لذلك، وبشكل عام فإن تجهيزات تنظيف الحوض الدائري تتألف عادة من شفرات كاشطة مركبة على أذرع قطرية ويكون قاع الحوض مائلاً إلى مركزه كما في الشكل (7-5).



الشكل (7-5): مقطع طولي في حوض ترسيب دائري

5-2-1- المثل:

احسب أبعاد حوض ترسيب معد لاستقبال تدفق مقداره $(Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{sec})$ ولتكن سرعة الترسيب $(S_o = 4 \times 10^{-4} \text{ m/sec})$. إن سعة حوض تشكيل الندف المعتبر (بفرض مدة بقاء فيه هي $(T_f = 1800 \text{ sec})$

$$V = Qt_f = 0.5 \times 1800 = 900 \text{ m}^3$$

عمق حوض تشكيل الندف هو:

$$h = 1/2 \sqrt[3]{900} = 4.7 \approx 5 \text{ m}$$

نستخدم هذا العمق أيضاً لحوض الترسيب: $d = 5 \text{ m}$

المساحة الأفقية لحوض الترسيب هي:

$$A = W.L = \frac{Q}{S_o} = \frac{0.5}{4 \times 10^{-4}} = 1250 m^2$$

طول حوض الترسيب المستطيل هو عدة أضعاف من عرضه، ليكن:

$$L = 5 w$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{5}} = \sqrt{\frac{1250}{5}} \cong 16 m$$

$$L = 5 \times 16 = 80 m$$

مدة بقاء الماء في الحوض:

$$T_s = \frac{L.w.d}{Q} = \frac{6400}{0.5} = 12800 \text{ sec} = 3.5 \text{ h}$$

السرعة الأفقية لجريان الماء في الحوض:

$$\frac{80}{3.5} = 22.9 \text{ m/h}$$

يجب أن يعطى قاع الحوض ميلاً يجعل من السهل التخلص من المواد الصلبة المترسبة فإذا كانت المواد المترسبة تزال يدوياً فإنه ينصح بتقسيم حوض الترسيب إلى جزأين إذا كان ذلك ممكناً، أحدهما يمكن أن يخرج من الخدمة أثناء التنظيف.

3-5- مثال:

لدينا مياه صرف صناعية ناتجة عن أحد صناعات الطلي الغلفاني وكانت

خصائصها هي:

$$\text{Total Cr} = 75 \text{ mg/l}$$

$$\text{PH} = 6.5$$

$$\text{Zn}^{2+} = 35 \text{ mg/l}$$

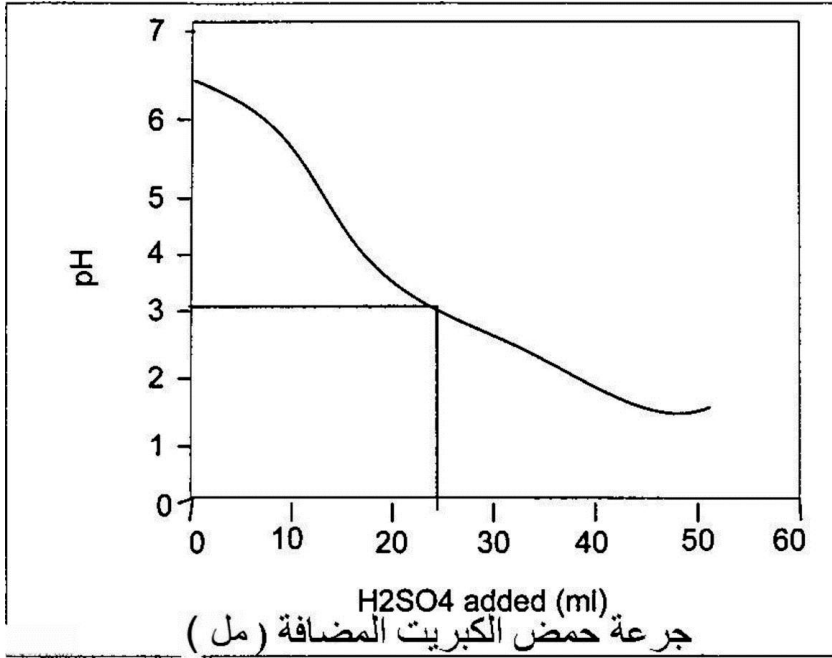
$$\text{Cr}^{+6} = 15 \text{ mg/l}$$

$$\text{Do} = 2 \text{ mg/l}$$

$$\text{SS} = 25 \text{ mg/l}$$

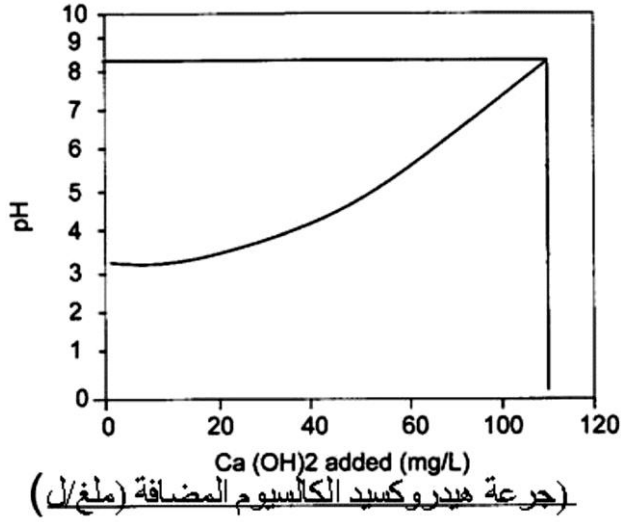
ولقد بينت الدراسات الاقتصادية أن الطريقة المثلى لإرجاع الكروم السداسي Cr^{+6} إلى Cr^{+3} هي استخدام المعالجة الكيميائية باستخدام ديوكسيد

الكبريت متبوعة بالترسيب الكيميائي على شكل هيدروكسيدات الكلس ثم متبوعة بعملية التخثير وتشكل الندف وأخيراً الترسيب. نظام المعالجة يجب أن يعمل 24 ساعة. خلال عمليات المعايرة الكيميائية لـ 1 لتر مياه الصرف التي عولجت لـ حمض الكبريت ذو التركيز 0.1N ثم أجريت عملية التعادل بـ الكلس وكانت الأشكال الناتجة هي:

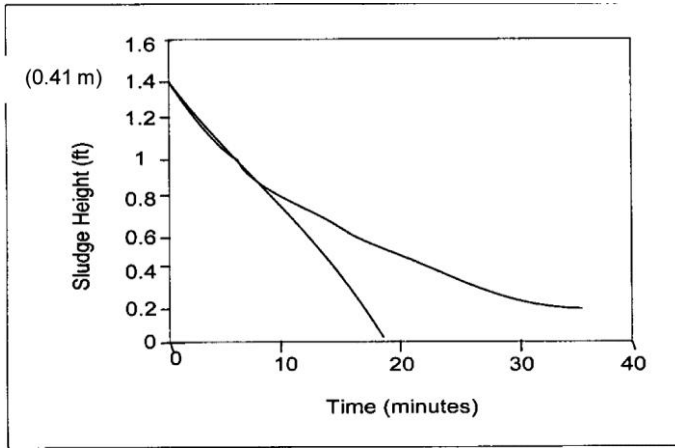


الشكل (5-8): يبين علاقة جرعة حمض الكبريت المضاف مع قيمة pH

أجريت تجربة الأعمدة الترسيبية لتحديد كمية المواد الصلبة المتوقعة والتي سوف ترسب في أحواض وكانت النتيجة مبينة في الشكل التالي:



الشكل (5-9): يبين علاقة تركيز الكلس المضاف مع pH مياه الصرف



الشكل (5-10): نتائج تجربة عمود الترسيب

وبناء على المعطيات السابقة حدد ما يلي:

أ. المواد الكيميائية اللازمة لترسيب الكروم وإجراء عملية تعديل الـ pH (التحديد) لمياه الصرف مفترضاً أن ثاني أكسيد الكبريت سوف يستخدم كمادة مرجعة، وأن الكلس كمادة مرسبة، وإن الـ pH المياه المعالجة يجب أن تكون 8.5.

ب. الإنتاج اليومي من الحمأة مفترضاً أن كلوريد الحديد سوف يستخدم كمادة مروبة ومختثرة بجرعة 10mg/l وأن 1 ملغ/ليتر من البوليمير سوف تستخدم كوسيط لعملية التخثير وتشكيل الندف وافترض أن للحمأة الخصائص التالية: الوزن النوعي 1.02 ومحتوى المواد الصلبة 3%.

ت. حجوم أحواض التخثير وأحواض تشكيل الندف، علماً أنه سوف يستخدم المزج السريع بزمن مكوث 1/ دقيقة وسوف يستخدم المزج البطيء بزمن مكوث 30 دقيقة لتشكيل الندف.

ث. الطاقة الكهربائية اللازمة نظرياً، ومساحة المحاريك اللازمة لعملية تشكيل الندف مفترضاً أن سرعة المحاريك هي: 1.2 ft/Sec.

ج. مساحة أحواض الترسيب اللازمة للمواد الصلبة وذلك باستخدام الصفائح المائلة مفترضاً أن المعالجة مستمرة ومستفيداً من الشكل (5-11).

ح. فعالية هذه الطريقة في المعالجة وذلك على فرض أن مياه الصرف السابقة تحتوي على 5mg/l من الكاديوم.

خ. التجارب الإضافية اللازمة لتأكيد الحسابات النظرية.

حل المسألة:

الطلب الأول: تحديد الحاجة من المواد الكيميائية:

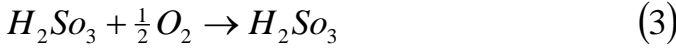
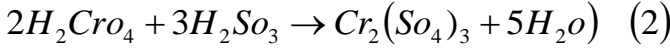
1- كمية حمض الكبريت اللازمة:

نحتاج إلى حمض الكبريت وذلك لأن إرجاع الكروم بواسطة ثاني أكسيد الكبريت تحدث بشكل فعال عند قيمة لـ pH تساوي 2.53- وتبعاً للشكل (5-8) فإن كمية حمض الكبريت هي 25ml من حمض الكبريت 0.1 نظامي تضاف لـ 1 لتر من مياه الصرف حتى تجعل قيمة pH هي 3.

$$\left(25 \frac{ml}{l}\right) * (0.1N) = \frac{2.5meq.H_2Si_4}{L}$$

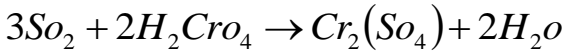
2- كمية ثاني أكسيد الكبريت اللازمة:

إن معادلات إرجاع الكروم بواسطة ثاني أكسيد الكبريت هي:



من خلال المعادلات السابقة (1) و(2) بالجمع والموازنة والاختزال نصل إلى

المعادلة التالية:

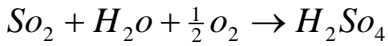
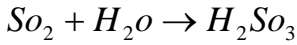
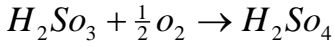


وزن الكروم 2 مول 3 مول

$$3(32 + 2(16)) 2 \times 52 S = 32, D = 16$$

$$x = \frac{1 * 3(32 + 2 * 16)}{2.52} = 1.85 \frac{mg}{l} So_2 / \frac{mg}{l} Cr^{+6}$$

من المعادلة (3) نجد أن:



$$1 \quad \frac{1}{2}$$

$$32 + 2 * 16 \quad \frac{1}{2} * (16 * 2)$$

$$y \quad 1l$$

$$y = \frac{32 + 2(16)}{\frac{1}{2} * 2(16)} = \frac{4mg}{L} So_4 / \frac{mg}{L} o_2$$

إذاً كمية So_2 اللازمة هي:

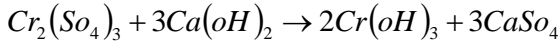
$$1.85 * 15 \left(\frac{mg}{L} Cr + 6 \right) + 4 * 2 \left(\frac{mg}{L} o_2 \right) = 35.8mg / l$$

3- حساب كمية الكلس $Ca(OH)_2$ اللازمة:

نحتاج الكلس لضبط pH مياه الصرف على القيمة 8.5 للسماح بترسيب هيدروكسيد الكروم الثلاثي ونقاوة هيدروكسيد الكالسيوم هي 90%.

أ. الكمية اللازمة لضبط pH إلى القيمة 8.5 هي 107mg/l بحسب المخطط (2).

ب. الكمية اللازمة لترسيب الكروم هي:

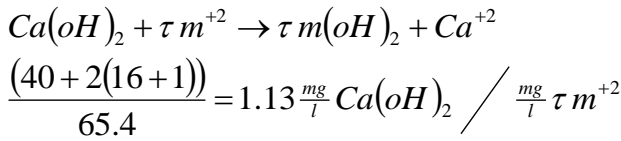


$$\begin{array}{ccc} 2mol & & 3mol \\ 2/52 & & 3(40 + (16+1)*2) \\ l & & \tau \end{array}$$

$$\tau = \frac{3 * (40 + 2 * 16 + 2 * 1)}{2 * (52)} = 2.14 \frac{mg}{l} Ca(OH)_2 \quad / \quad \frac{mg}{l} Cr^2$$

$$Ca(OH)_2 = \frac{2.14 * 75}{0.9} = 178.3mg / l$$

ج. الكمية اللازمة لترسيب الزنك: إن أقل انحلالية لهيدروكسيد الزنك تكون عند قيمة لـ pH تساوي 9 وهي قريبة من 5.8. لذلك يمكن القبول بقيمة pH = 8.5 تسهيلاً لحل هذه المسألة.



$$Ca(OH)_2 = \frac{1.13 * 35}{0.9} = 43.9mg / l$$

د. كمية الكلس اللازمة لتحييد أو تعديل حمض الكبريت الناتج عن وجود الأوكسجين لمياه الصرف وفق المعادلات السابقة:



من المعادلة (1) نكتب:

$$\frac{2*1+32+16*4}{\frac{1}{2}*2*16} = 6.12 \frac{mg}{l} H_2SO_4 \text{ / } \frac{mg}{l} O_2 \text{ Pr enent}$$

$$H_2SO_4 = 6.12 * 2 \frac{mg}{l} O_2 = 12.2mg / l$$

إذا كمية الكلس اللازمة لعملية تحيد حمض الكبريت هي من المعادلة (2)

$$\frac{[40+2*16+2*(1)]}{[2*1+32+4*16]} = 0.76 \frac{mg}{l} \text{ lim e / } \frac{mg}{l} H_2SO_4$$

$$(\%90 \text{ هي نقاوته هي } 0.9) = \frac{0.76*12.2}{0.9} mg / l = 10.3mg / l$$

Ca(OH)₂

إذا كمية الكلس الكلية اللازمة هي:

$$107 + 178.3 + 43.9 + 10.3 = 339.5mg / l$$

$$M = 1000 \times (339.5) \times \frac{100}{1000000} = 3395kg / day$$

الطلب الثاني: حساب كمية الحمأة الناتجة:

أ - كمية الحمأة الناتجة عن شكل هيدروكسيد الكروم:



اللازمة لترسيب الكروم $178.3 \frac{mg}{l}$ (ذو نقاوة %90) Ca (OH)₂

$$178.3 * \frac{1}{74} = 0.00241mol$$

حمأة Cr(OH)₃ مول 2 تعطي (تشكل) Ca(OH)₂ من 3 mol

$$\frac{2}{3} * (0.0024) * (103) \frac{mg}{mol} = 165.5mg$$

وهي كمية الحمأة لكل 1 لتر من مياه الصرف (الحمأة الناتجة على شكل

هيدروكسيد الكروم).

ب - الحمأة الناتجة على شكل هيدروكسيد الزنك:

جرعة الكلس هي 43.9 mg/l

$$43.9mg * \frac{1mole}{74mg} = 0.000593mol$$

1 mole Ca (OH)₂ تعطي 1 mole Zn(OH)₂

لذلك فإن كمية Zn (OH)₂ في كل واحد ليتر هي:

$$0.000593 * (99.4) \frac{mg}{l} = 58.9mg$$

ج- المواد المعلقة معطاة بالمسألة بتركيز 25mg/l

د- المروبات ومساعدات الترويب

نفترض أن كل المواد المروبة قد ترسبت وطرحت من المحلول وبالتالي فهي تسهم في إنتاج كمية من الحمأة وكما مر معنا إن المواد المروبة هي 10mg/l مروبات و 1 ملغ مساعدات للترويب.

هـ- إذا كمية الحمأة الكلية الناتجة هي:

$$165.5mg + 58.9mg + 25mg + 11mg = 260.4mg / l$$

وبالتالي الكمية اليومية هي:

$$1000L/m^3 \text{ الكثافة } 1000m^3/day$$

$$260 * 0 = 260.4kg / day$$

ولكن بحسب ما ذكر في نص المسألة أن الحمأة تحوي على 3% مواد صلبة ووزنها النوعي 1.02 فيكون حجم الحمأة في اليوم هي:

$$\frac{260.4}{\frac{1000kg}{m^3} * 1.02 * 0.03} = 8.51m^3 / day$$

الطلب الثالث: حساب حجوم أحواض التخثير وتشكيل الندف:

أ- حجم أحواض التخثير هو:

$$10^{-3} \times \frac{1000}{24 * 60} \times 1 = 0.69m^3$$

نختار حوض بأبعاد: 1 * 1 * 1 m

ب- حساب حجم أحواض تشكيل الندف:

$$v = QT = \frac{1000 * 10^{-3}}{24 * 60} * 30 = 20.8m^3$$

نختار حوض بأبعاد 3×3×3m

الطلب الرابع: حساب الطاقة النظرية اللازمة ومساحة المحاريك اللازمة للأحواض تشكيل الندف.

1- احتياجات الطاقة اللازمة:

$$G = \left(\frac{P}{v\mu} \right)^{0.5}$$

$$P = M.G^2.v$$

$$\mu = 1 * 10^{-3} N - S / m^2$$

لزوجة السائل المطلقة: μ

حجم الحوض: v

الطاقة اللازمة: P

G تدرج السرعة الرئيسي: $m/S.m$

$$G = (20-80) S^{-1}$$

$$G * t \approx 30000-150000$$

كثافة السائل: ρ

2- حساب مساحة المحاريك اللازمة:

$$A = \frac{2 * P}{Ca.r^3.\rho}$$

$$P = 1 * 10^{-3} * 30^2 * 20 = 18w$$

مساحة المحاريك: A

الطاقة اللازمة: P

عامل خشونة: Cd

السرعة المسببة للمحاريك ضمن السائل: r

وعادة نفترضها معادلة إلى 0.75 من سرعة المحاريك، سرعة المحاريك هي

عادة تتراوح من 1 إلى 3 م/ثانية.

$$v = n.R$$

$$2.5 = 2 * \pi * N * 0.5 \Rightarrow N = 0.5$$

عدد الدورات 30 دورة في الدقيقة للمزج البطيء عند نصف قطر 0.5m
 لنفرض سرعة المحاريك 0.4m/Sec

$$A = \frac{2 * 18}{1.8 * (0.75 * 0.4)^3 * 1000} = 0.74m^2$$

الطلب الخامس: حساب مساحة أحواض الترسيب اللازمة باستخدام تقنية الصفائح المائية: من مخطط عمود الترسيب يظهر أن بعد زمن مقداره 18 دقيقة حصلنا على ارتفاع للحمأة مقداره 1.34ft قدم وبالتالي يمكن حساب سرعة الترسيب.

$$v = \frac{h}{T} = \frac{0.41}{18} = 0.023m / \text{min}$$

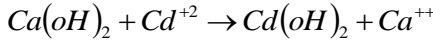
$$Q = V.A$$

$$0.694 = 0.023.A$$

$$A = 30.18m^2$$

$$A = 60m^2 \leftarrow 2$$

الطلب السادس: فعالية هذه الطريقة من المعالجة وذلك على فرض أن مياه الصرف السابقة تحتوي على 15 mg كادميوم.



من المنحنيات نجد أن أقل انحلالية لهيدروكسيد الكادميوم تكون عند قيمة $pH > 11$ ولكن عند قيمة $pH = 8.5$ إن انحلالية الكادميوم تكون كبيرة لذلك فإن هذه الطريقة غير فعالة في إزالة الكادميوم.

ويمكن حل هذه المسألة بجعل pH المياه يساوي 11 بعد المعالجة أي كمعالجة لاحقة.

ملاحظة هامة جداً: إن تجربة جارتست يمكن أن تبين أنه يحصل انخفاض لهيدروكسيد الكادميوم كنتيجة الترسيب المشترك مع الهيدروكسيدات الأخرى.
 الطلب السابع: إنه من الضروري إجراء تجربة جارتست لتحديد للتأكد من صحة النتائج النظرية وغالباً ما تكون الكمية اللازمة فعلياً من المواد الكيميائية مختلفة بشكل ملحوظ عن الكمية النظرية.

الملوثات الموجودة في مياه صرف بعض الصناعات وطرق معالجتها

إن عدد الصناعات ونوعها لا يمكن حصره بسهولة، ففي كل يوم قد توجد منشأة صناعية جديدة أو صناعة جديدة وقد تصدر عنها فضلات سائلة ذات خصائص مختلفة، لكن عموماً في كل العالم توجد خصائص متقاربة لمياه الصرف الصناعي لنفس الصناعة في حال كان الخط التكنولوجي نفسه، وفي الجدول (1-6) سيتم سرد بعض الصناعات الشهيرة وأهم الملوثات الموجودة في مياه صرفها وطرق المعالجة المتبعة لمعالجة هذه المياه الملوثة، ومن المفضل أن يقوم المختصون في كل دولة بإنشاء دليل خاص بدولتهم يتضمن أهم الصناعات وبعض التوصيات الخاصة بمعالجة مياه الصرف الصناعي، وبالنسبة للصناعات الغذائية والتي غالباً ما تتميز بارتفاع الحمل العضوي والزيوت والشحوم والدهون فإن الجدول (2-6) يبين بعض الصناعات الغذائية مع طرق مقترحة لمعالجتها:

الجدول (1-6): أهم الملوثات في مياه الصرف الصناعي لبعض الصناعات وطرق معالجتها

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
محطات توليد الكهرباء التجارية	زيوت شحوم - pH-TSS-Cu-Fe- مواد كلية صلبة كروم - حديد - زنك	- الترسيب بواسطة الكلس - فصل الزيوت والشحوم - تعديل (ضبط pH) - ترشيح
صناعة المبيدات	BOD ₅ -pH-TSS-CN-Pb-COD- TDS	- استخدام الكربون النشط للاعتزاز

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
	مبيدات عضوية	<ul style="list-style-type: none"> - الاعتزاز بالريدينات - استخلاص - أكسدة كيميائية متبوعة بواسطة النزغ البخار أو امتزاز بالكربون المنشط - الترسيب الكيميائي بواسطة الكبريدات - (تعديل (pH
صناعة المطاط	زيت وشحوم -BOD ₅ -Cr-TSS pH-Zn-COD-Pb	<ul style="list-style-type: none"> - فصل الزيوت والشحوم - تعديل لـ pH - فصل المواد الصلبة - معالجة بيولوجية متبوعة بالترشيح والامتزاز بالكربون المنشط - فصل المواد الصلبة بواسطة التخثير والترويب الكيميائي مع الترسيب أو بواسطة التطويق
صناعة النحاس The copper industry	زيت وشحوم -pH-Cu-Cr-TSS- NI-Pb-Zn-TTO	<ul style="list-style-type: none"> - إزالة الزيوت - إرجاع الكروم السداسي - معالجة فيزيو كيميائية بالكلس - ترشيح
صناعة الأسيتوسوس	pH مواد معلقة COD	المعالجة أولاً تكون بضبط pH (التعديل) ثم الترسيب
صناعة النحاس The copper industry	زيت وشحوم -pH-Cu-Cr-TSS- NI-Pb-Zn-TTO	<ul style="list-style-type: none"> - إزالة الزيوت - إرجاع الكروم السداسي - معالجة فيزيو كيميائية بالكلس - ترشيح

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
صناعة الألبان	زيوت و شحوم - pH-TSS-COD- BOD ₅	- تعديل pH - معالجة فيزيو كيميائية - معالجة كيميائية - ترشيح
صناعة طحن الحبوب	pH-TSS-BOD ₅	- ضبط pH - تطويف - معالجة بيولوجية مختلفة الطرق
صناعة الاستخلاص الزيوت والغاز - OIL and gas extraction	زيوت و شحوم - كبريتات Cd-Hg - مركبات سامة - COD	- إزالة المواد الصلبة - فصل الزيوت و الشحوم - معالجة فيزيو كيميائية (أحياناً) لا تلزم دوماً
صناعة المتفجرات	pH-TSS-COD-BOD ₅ - زيوت و الشحوم - معادن ثقيلة	- إزالة الزيوت و الشحوم - تبخير و ترويب و ترسيب لإزالة المعادن الثقيلة - تعديل (pH) - معالجة بيولوجية - امتزاز بالكربون المنشط
صناعة الأدوية	CN-TSS-PH-BOD ₅ -NH ₃ -COD أستون - فينولات - مركبات عضوية سامة زيوت و شحوم	- نزع الأمونيا فيزيو كيميائي - معالجة كيميائية - معالجة بيولوجية - امتزاز بالكربون المنشط
تصنيع الكربون الأسود	زيوت و الشحوم مواد معلقة أملاح منحلة - pH	- التبخير و الترسيب - الترشيح قبل إعادة الترميم - قشط الزيوت و الشحوم
صناعة الأسمدة	فلورايد BOD ₅ -TSS-pH-COD أمونيا - نترات كربون عضوي فوسفور	- التعديل (ضبط pH) بواسطة الكلس و ترسيب - معالجة بيولوجية متقدمة لإزالة المواد العضوية والتتروجين و الفوسفور

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
		<ul style="list-style-type: none"> - تبادل أيوني - التعقيم بواسطة الكلور وصولاً إلى نقطة تفكيك الأمونيا
صناعة الزجاج	<ul style="list-style-type: none"> - BOD₅-FOG-TSS-NH₃-Pb فلورايد - فوسفور - فينول 	<ul style="list-style-type: none"> - الترسيب بواسطة كلوريد الكالسيوم - إزالة الزيوت والشحوم - ترسيب المواد المعلقة - إزالة المعادن الثقيلة بالتبخير والترويب والترسيب
تشكيل الألمنيوم	<ul style="list-style-type: none"> زيوت والشحوم ودرجة الحموضة pH والمواد المعلقة ومواد عضوية سامة (TTO) وهي عبارة عن 39 مركب عضوي سام 	<ul style="list-style-type: none"> - إزالة الزيوت والشحوم - استخدام الكلس للترسيب - استخدام المواد المروبة في إزالة الزيوت والشحوم المنحلة - إرجاع كيميائي الكروم السداسي لإزالته - ترسيب وإزالة السيانيد
صناعة الإسمنت Manufacturing Cement	<ul style="list-style-type: none"> زيوت والشحوم - مواد معلقة - مواد منحلة TDS 	<ul style="list-style-type: none"> - إزالة الزيوت والشحوم - ترسيب المواد المعلقة
مراكز معالجة النفايات الصلبة Solid waste treatment centers	<ul style="list-style-type: none"> BOD-pH-TSS-TDS-Ag-As-Ba-Cd-CN-Co-Cu-Hg-Mo-Ni-Pb-Sb-Se-Sn-Ti-Zn أسيتون - فينولات TTO - مواد عضوية سامة - زيوت وشحوم 	<ul style="list-style-type: none"> - التخلص من الزيوت والشحوم - إزالة المعادن وذلك بالترسيب الكيميائي - معالجات خاصة بالسيانيد - معالجات خاصة بالمواد العضوية السامة
صناعة الفحم Coal mining	<ul style="list-style-type: none"> حموضة pH-TSS قلوية -Mn-Fe 	<ul style="list-style-type: none"> - ضبط pH (تعديل) - ترسيب

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
	مواد صلبة قابلة للتسيب	- تطبيق إدارة بيئية جيدة لتقليل حجم النفايات الناتجة
صناعة حفظ الفواكه والخضروات	زيوت وشحوم BOD ₅ , pH, TSS	- التصفية (استخدام المصافي SCREENING) - الترسيب الكيميائي - معالجة بيولوجية - كلور وتعقيم وخصوصاً إذا أردنا إعادة استخدام المياه
صناعة البطاريات	زيوت وشحوم pH-CN-Ag-TSS-Cd-Co-Cr-Cu-Fe-Hg-Mn-Ni-Pb-Zn-COD	- إزالة الزيوت والشحوم - ضبط - إزالة المعادن الثقيلة - الترشح والتناضح العكس - لإزالة الشوارد
صناعة السكر	BOD ₅ -pH-TC-TSS	- ترسيب - تخثير وترويب وترسيب وترشيح ثم إعادة استخدام المياه مرة ثانية - معالجة بيولوجية
صناعة الدهان	Cr-Cu-Hg-Ni-Pb-Zn مركبات عضوية سامة - نفتالين - تولين	- معالجة قبل إعادة استخدام وتشمل تخثير وتشكيل ثم الترسيب - يمكن أيضاً أن تكون معالجة بيولوجية مسبقة بمعالجة فيزيو كيميائية
صناعة تشكيل المعادن	زيوت وشحوم TSS-pH-Cn-Cr-Cu-Pb-Ni-Ag-Zh-TTO	- فصل الزيوت والشحوم - إزالة السيانيد - إرجاع الكروم السداسي إلى الثلاثي ثم إزالته - تعديل pH - معالجة فيزيو كيميائية

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
صناعة دبغ الجلود	BOD ₅ -COD-Cr-TSS-pH سولونيد - زيوت وشحوم	- تعديل pH - إزالة الزيوت والشحوم - تخبث وترويب وترسيب - معالجة بيولوجية
تصنيع الفوسفات	فلورايد - TSS-pH فوسفور	- التعديل - استخدام الكلس لتعديل وإزالة الفلورايد والفوسفور
تصنيع المواد الكيميائية غير العضوية	زيوت وشحوم As-Ag-Ba-Cr-pH، مواد معلقة Co-CN-Cd-Fe-Hg-NH ₃ -Ni- COD-Zn-TTO فلورايد - سولونيد	- إرجاع الكروم السداسي إلى الكروم ثلاثي لتخفيض الكروم والسيانيد - الترسيب بالمواد القلوية - الترشيح بالمرشحات - ضبط pH
صناعة الصمغ	BOD ₅ -COD-pH-TSS - زيوت وشحوم	- فصل الزيوت والشحوم - تطويف بالهواء المضغوط - حمأة منتظمة - إزالة المواد العضوية السامة
صناعة الحبر	COD-BOD ₅ -pH-Cd-Ni-Ag- Ba-Hg-Zn - زيوت وشحوم	- ضبط - تخبث وترويب والترسيب - إزالة الزيوت والشحوم
صناعة المواد الإلكترونية	- pH-TSS-Ad-Cd-Cr-TTO فلورايد	- التعديل - إرجاع الكروم - الترويب والتخبث والترسيب باستخدام الكلس. - الترشيح
الصابون والمنظفات	-Cod-BOD5-PH-TSS-ABS زيوت وشحوم	- التطويف والتخبث والترويب والترسيب بواسطة كلورايد الكالسيوم - PH: تعديل الحموضة

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
صناعة تكرير النفط Petroleum refining	COD-BOD-PH-TSS-CR-NH3 سولونيد، مركبات فيولية، كلورايدت، زيوت وشحوم TDS	- فصل المياه الملونة التي تحتوي على مركب سولونيد الهيدروجين والمركبات الكبريتية الأخرى وعدم تصريفها إلى محطة المعالجة ومعالجتها بشكل منفصل - إزالة الزيوت والشحوم والمواد الصلبة متبعاً بعملية تعديل pH ثم معالجة فيزيوكيميائية أو معالجة بيولوجية ويمكن استخدام الكربون المنشط أو ترشيح رملي لإعادة استخدام المياه فيه
المعاطف وصبغها	زيوت وشحوم pH-TSS-Fe-Cu-Cr-Cn-Al-Zn-TTO مواد عضوية ملونة	- إزالة الزيوت والشحوم - ضبط pH - إرجاع الكروم السداسي - ترسيب كيميائي باستخدام الهيدروكسيدات
تلبس المعادن كهربائياً Electrically metal coating	pH-TSS-Ag-Cd-Cn-Cr-Cu-Ni-Pb-Zn-TTO	- استرجاع الشوارد المنحلة عن طريق التناضح العكسي أو التبادل الأيوني أو التبخير - معالجة الترسيب الكيميائي للمعادن
صناعة الحديد والفولاذ Iron and steel manufacture	زيوت وشحوم pH-TSS-Cn-Cr-NH ₃ -Ni-Pb-Zn - فينولات	- إزالة الشحوم - إزالة المواد الصلبة والمعلقة بالترسيب أو التطويق - تختيار وترويب وترسيب كيميائي - إعادة استخدام مياه بعد معالجتها

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
حراقات النفايات waste	pH-TSS-Ag-As-Cd-Cr-Cu-Hg-Pb-Ti-Zn	- إرجاع الكروم وذلك لإزالته - الترسيب لإزالة المواد الصلبة - تبخير وترويب وترسيب لإزالة المعادن الثقيلة - ترشيح
مطامر القمامة	- BOD ₅ -PH-TSS-Cr-COD فينولات - سولفيدات - معادن ثقيلة - زيوت وشحوم	- موازنة التدفقات - فصل الزيوت والشحوم - ضبط pH - معالجة فيزيو كيميائية - معالجة بيولوجية - ترشيح متعدد الوسائط
صناعة السبائك الحديدية Ferroalloys manufacture	pH-TSS-Cn-Cr-Mn-NH ₃ -Phenols	- تعديل pH - الترشيح - التبخير والترويب - الكيمائي والترسيب
صناعة الورق والكرتون المقوى	BOD ₅ -TSS-pH-Ts-Zn-AOX-COD كلور فورم - فينولات - زيوت وشحوم	- تعديل الحموضة - ترسيب أولي - تطويف - معالجة فيزيو كيميائية - معالجة بيولوجية - ترشيح على عدة مراحل
صناعة اللحوم ومذابح الفروج	زيوت وشحوم - BOD ₅ -TSS-NH ₃ -COD نتروجين كلي فوسفور	- تصفية بالمصافي - تطويف بالهواء المضغوط - تعديل وضبط pH - معالجة فيزيو كيميائية - معالجة فيزيولوجية تقليدية أو متقدمة - ترشيح
استخراج الغازات من المناجم	pH-TSS-Fe-TOTAL فلورايد مركبات الكبريدية	إذا نتجت مياه صرف فإنه يمكن أولاً فصل المواد الصلبة

الصناعة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	طرق المعالجة المقترحة
		ثم استخدام بدل الترسيب لإزالة المواد الصلبة ثم تعديل الحموضة وحموية لإزالة الكبريدات
مطامر القمامة	- BOD ₅ -PH-TSS-Cr-COD فينولات - سولفيدات - معادن ثقيلة - زيوت وشحوم	- موازنة التدفقات - فصل الزيوت والشحوم - ضبط pH - معالجة فيزيو كيميائية - معالجة بيولوجية - ترشيح متعدد الوسائط
تصنيع المعادن غير الحديدية Non-ferrous metals manufacturing	زيوت وشحوم pH-TSS-Be-Cd-Cn-CO-Cr-Cu-Fe - فلورايد HG-Mo-NH ₃ -NI-Pb-Sb-Se-Sn-TO-Ti-COD فينولات	- ترسيب كيميائي لإزالة أغلب المعادن - إرجاع الكروم السداسي إلى كروم ثلاثي لتسهيل الترسيب - نزع بالهواء أو البخار - إزالة الزيوت والشحوم - الترسيب بكبريتات الحديد أو كبريتات الزنك - تبادل أيوني - ترسيب مشترك - ترشيح
المواد الكيميائية العضوية	COD-BOD ₅ -TSS-C _N -Cr-Cu-Ni-Zn-TTO ومواد عضوية سامة زيوت وشحوم pH	- يجب العمل على فصل المياه الأكثر تلوثاً في المعمل قبل أن تصرف إلى وحدة المعالجة ومعالجتها بشكل منفصل طريقة الامتزاز بكربون المنشط والفصل بالبخار - المعالجة الفيزيو كيميائية

طرق المعالجة المقترحة	أكثر الملوثات شيوعاً في مياه الصرف الصناعي	الصناعة
متنوعة .معالجة بيولوجية - إزالة الزيوت والشحوم - أحواض تعادل وتجانس - ضبط pH - أحواض التطوير - الامتزاز بالكربون المنشط - تبادل أيوني - إرجاع الكروم		

الجدول (6-2): يوضح طرق المعالجة لبعض الصناعات الغذائية

اللحوم	البطاطا	الفواكه والخضراوات	الزيوت النباتية	الألبان	النشاء	الحلويات	السكر	التخمير	الشعير	التقطير	
معالجة أولية											
Yes	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes	تصفية/فصل بالمصافي
	Yes	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	ترسيب
Yes	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes					تطويق بالهواء المضغوط
Yes	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes					مصائد الزيوت والشحوم
			Yes		Yes						طرد مركزي
Yes		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		توازن التدفق والحمولات
			Yes	Yes	Yes	Yes			Yes		ترسيب
		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Yes		Yes	تعادل
معالجة ثانوية											
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		معالجة هوائية
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	معالجة لاهوائية
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		حمأة منشطة
Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		Yes		Yes	Yes	حمأة منشطة على مراحل
*Yes		*Yes	Yes	Yes	**Yes		Yes	Yes	Yes		SBR
Yes	Yes	Yes			Yes		Yes	Yes	Yes		مرشحات بيولوجية ذات التنقيط
	Yes	Yes		Yes	Yes		Yes	Yes	Yes	Yes	أحواض مهواة

6-1- تراكم الملوثات في مياه صرف بعض الصناعات:

تم الحصول على قيم تراكيز الملوثات التي من الممكن أن توجد في مياه صرف بعض الصناعات بعد إجراء دراسات موسعة وشاملة قامت بها وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA، في الجداول (3-6) و(4-6) و(5-6) و(6-6) و(7-6) و(8-6).

الجدول (3-6): يظهر المجال النموذجي لتراكيز الملوثات المواد العضوية السامة في مياه الصرف لبعض الصناعات

المعاطف الصوف	مطامر القمامة	إنتاج المعادن والآلات	المواد الكيميائية العضوية والبلاستيك والألياف الصناعية	الملوثات
		0.31	35-2.5	Acrolein
			890-0.29	Acrylonitrile
	ND-0.23		714-0.01	Benzene
			0.07-0.02	Bromoform
			44-0.02	Carbon tetrachloride
		0.28	50-0.01	Chlorobenzene
				Chlorodibromomethane
		4.2	1-0.06	Chloroethane
ND-0.015		0.05	5.3-0.01	Chloroform
			0.13-0.05	Chloromethane
			23-0.01	1,2-Dichlorobenzene
			4.6-0.01	1,3-Dichlorobenzene
			0.07-0.01	1,4-Dichlorobenzene
				Dichlorobromomethane
ND-0.025	ND-0.25	0.09	0.64-0.01	1,1-Dichloroethane
			270 1-0.01	1,2-Dichloroethane
ND-0.09		0.42	18-0.23	1,1-Dichloroethylene

معاطف الصفوف	مطامر القمامة	إنتاج المعادن والآلات	المواد الكيميائية العضوية والبلاستيك والألياف الصناعية	الملوثات
0.009	ND-6.2		0.52-0.01	1,2-trans-Dichloroethylene
			11-0.03	1,2-Dichloropropane
			4.9-0.02	1,3-Dichloropropylene
	ND-1.1	0.17	80-0.02	Ethyl benzene
			0.92-0.01	Hexachlorobenzene
			9.1-0.08	Hexachlorobutadiene
			3.4-0.04	Hexachloroethane
ND-0.02	ND-19	0.4	13-0.01	Methylene chloride
ND-0.06			0.19-0.03	1,1,2,2-Tetrachloroethane
ND-0.025		0.21	32-0.01	Tetrachloroethylene
ND-0.14	2.5-0.03	0.23	160-0.01	Toluene
				Tribromomethane
			1.9-0.02	1,2,4-Trichlorobenzene
ND-0.56		0.33	7.2-0.01	1,1,1-Trichloroethane
			1.2-0.01	1,1,2-Trichloroethane
	ND-27	0.09	0.48-0.01	Trichloroethylene
	ND-1.4			Vinyl chloride

الجدول (4-6): يظهر المجال النموذجي لتركيز الملوثات المواد العضوية السامة في مياه الصرف لبعض الصناعات

صناعة الدهان	المبيدات	الصناعات الدوائية	صناعة الورق والكرتون	تنظيف معدات النقل	الملوثات
	ND-5.6				Acrolein
				ND-41	Acrylonitrile
9.9-0.02	ND-31	0.3-0.01		ND-11	Benzene
ND-30	-0.0005 44.3				Carbon tetrachloride
ND-5.5	0.11-0.04			ND-0.02	Chlorobenzene
	ND-39				Chlorodibromomethane
					Chloroethane
0.9-0.02	ND-110	1200-1.1	ND-57	ND-0.09	Chloroform
	ND-0.11	10-2.9	ND-30		Chloromethane
	14-0.07			ND-9.4	1,2-Dichlorobenzene
					1,3-Dichlorobenzene
	0.55-0.08				1,4-Dichlorobenzene
0.03	ND-29				Dichlorobromomethane
ND-0.01	ND-2.9			ND-0.01	1,1-Dichloroethane
ND-0.42	ND-3260	13-2.7		ND-0.45	1,2-Dichloroethane
ND-0.62	ND-813			ND-0.01	1,1-Dichloroethylene
ND-0.26	-0.016 0.018				1,2-trans-Dichloroethylene
ND-0.97	ND-1.2			ND-0.01	1,2-Dichloropropane
0.1	ND-11				1,3-Dichloropropylene
113-0.08	ND-9.6			ND-4.5	Ethyl benzene
0.09				ND-0.07	Hexachlorobenzene
					Hexachlorobutadiene
	5.3-0.03			ND-0.07	Hexachloroethane
ND-210	ND-11300	11500-1.9	ND-9.2	ND-12	Methylene chloride

صناعة الدهان	المبيدات	الصناعات الدوائية	صناعة الورق والكرتون	تنظيف معدات النقل	الملوثات
ND-0.03					1,1,2,2-Tetrachloroethane
ND-4.9	ND-403			ND-1.1	Tetrachloroethylene
260-0.07	ND-400	46700-0.13		ND-13	Toluene
	ND-43			ND-0.01	Tribromomethane
	ND-4.5			ND-0.08	1,2,4-Trichlorobenzene
ND-0.93	ND-15500			ND-0.71	1,1,1-Trichloroethane
ND-2.8					1,1,2-Trichloroethane
ND-0.25	ND-0.04		ND-0.02	ND-0.03	Trichloroethylene
				ND-0.01	Vinyl chloride

الجدول (5-6): الآتي يظهر القيم النموذجية لتركيز الملوثات العضوية
شبه الطيارة في مياه صرف الصناعي

صناعة الجلود	صناعة المعادن والآلات	المواد الكيميائية العضوية والبلاستيك والألياف الصناعية	صناعة الدهان	المبيدات	تنظيف معدات النقل	الملوثات
ND-0.03 ND-0.02	0.33	7-0.01 19-0.01			ND-0.66 ND-0.61	Acenaphthene Acenaphthylene
	0.12	2.9-0.02			ND - 0.39	Anthracene
ND-0.03						Benzidine
		2.4-0.01			ND-0.02	Benzo(a)anthracene
		0.43-0.01				Benzo(a)pyrene
		0.37-0.01		ND-2.1		Benzo(b)fluoranthene
		0.02		ND-0.45		Benzo(ghi)perylene
		0.35-0.01				Benzo(k)fluoranthene
	1.1		ND-1.8			Butyl benzyl phthalate
ND-0.01	0.35	5.9-0.02	ND-69			di-n-Butyl phthalate
		1.7-0.03				bis(2-Chloroethyl) ether
		20-0.19	3.2	ND-24	ND-0.03	bis(2-Chloroisopropyl) ether
ND-0.003	260					4-Chloro-3- methylphenol
ND-0.001						2-Chloronaphthalene
		247-0.01			ND-0.07	2-Chlorophenol

صناعة الجلود	صناعة المعادن والآلات	المواد الكيميائية العضوية والبلاستيك والألياف الصناعية	صناعة الدهان	المبيدات	تنظيف معدات النقل	الملوثات
			0.27			4-Chlorophenyl phenyl ether
		2.2-0.02		ND-361	ND-0.03	Chrysene
		0.03-0.02		ND-10		Dibenzo(a,h)anthracene
		38-0.37		ND-2.6		3,3-Dichlorobenzidine
ND-0.02		73-0.06		ND-0.01	ND-0.31	2,4-Dichlorophenol
ND-0.005		15-0.01	ND-0.68			Diethyl phthalate
ND-0.1	0.08	74-0.01			ND-0.1	2,4-Dimethylphenol
ND-0.12	0.74	0.63-0.01				Dimethyl phthalate
		15-7.1				4,6-Dinitro-o-cresol
	84	360-0.07	-0.11 0.25			2,4-Dinitrophenol
		18-0.04			ND-3.4	2,4-Dinitrotoluene
	2.7	4.7-0.03		ND-0.02	ND-0.94	2,6-Dinitrotoluene
				ND-0.52		1,2-Diphenylhydrazine
ND-0.1	4.2	19-0.01	ND-2.8	ND-18	ND-0.9	bis(2-Ethylhexyl) phthalate
ND-0.003	0.13	7.2-0.02		ND-0.01	ND-0.07	Fluoranthene
ND-0.002	0.96	1.9-0.01			ND-0.97	Fluorene
		0.02				Indeno (1,2,3-cd) pyrene

صناعة الجلود	صناعة المعادن والآلات	المواد الكيميائية العضوية والبلاستيك والألياف الصناعية	صناعة الدهان	المبيدات	تنظيف معدات النقل	الملوثات
	0.06	0.25		ND-0.04	ND-0.14	Isophorone
ND-1.5	0.64	37-0.01	ND-18	ND-1.2	ND-74	Naphthalene
ND-0.43		330-0.14	ND-0.18	ND-0.04		Nitrobenzene
ND-0.005	0.39	30-0.03				2-Nitrophenol
ND-14	3	10-0.08				4-Nitrophenol
ND-0.25	1.1					n-Nitrosodiphenylamine
	1.6	0.06-0.01		ND-0.42	ND-0.79	di-n-Octyl phthalate
ND-3.6		0.49-0.05	ND-27			Pentachlorophenol
	0.5	11-0.02			ND-1.5	Phenanthrene
ND-6.6	10	980-0.01	ND-3.8	ND-98	ND-2	Phenol
ND-0.003	0.22	5.5-0.01		ND-0.01	ND-0.52	Pyrene
ND-3.2		17-0.01	ND-4.9	ND-16	ND-0.18	2,4,6-Trichlorophenol

الجدول (6-6): يظهر المجال النموذجي لتركيز الملوثات غير العضوية السامة في مياه الصرف لبعض الصناعات

بطاريات	معاطف الصوف	تشكيل النحاس	القطع الكهربائية والإلكترونية	الطلاء الغلافي	حديد وفولاذ	مطامر	الملوثات
0.1			2.7-0.1		-0.009 0.13		Antimony
0.01	ND-0.02		0.2-0.01		0.05	ND-18	Arsenic
			0.005-0.003		0.07		Beryllium
0.006	0.05-0.001		4.1-0.4	22-0.007	0.12-0.08		Cadmium
0.3	58-6.9	174	1.3-0.2	-0.005 526	221-0.04	0.72-0.002	Chromium
0.33	0.05-0.009	000 24	0.05-0.04	540-0.03	2-0.02	ND-0.61	Copper
	0.57-0.01			-0.005 150	0.0003	ND-13	Cyanide, total
21.9	0.42-0.03	167	9.4-0.06	25-0.67	8.6-0.01		Lead
0.007	ND-0.001		0.003-0.002		0.0008		Mercury
0.22	0.4-0.003	385	0.3-0.07	-0.02 2950	11-0.1	ND-2.9	Nickel
			0.005-0.004		0.035	ND-0.17	Selenium
0.007			0.03-0.001	176-0.04			Silver
			0.04-0.001				Thallium
0.94	26-0.03	45000	121-12	252-0.11	355-0.38	32-0.002	Zinc

الجدول (6-7): يظهر المجال النموذجي لتركيز الملوثات غير العضوية السامة في مياه الصرف لبعض الصناعات

الملوثات	حرق النفايات	الخرف	الدهان	المواد الكيميائية العضوية والبلاستيك والألياف الصناعية	المعادن غير الفلزية	تشكيل المعدن	صناعة المعادن والآلات	الجلد
Antimony		6-0.21		0.63-0.005		0.009	6.12	
Arsenic	1.4-0.001	ND-2.4		0.71-0.005		0.008	0.178	
Beryllium		ND-0.05	4-0.002			0.001	0.147	ND-0.0003
Cadmium	1.6-0.001	2.7-0.07	-0.008 15.6	0.01-0.006	ND-3.8	0.28	244	ND-0.03
Chromium	1.7-0.004	-0.006 210	ND-40	5.3-0.06	ND-120	27.5	029 1	ND-295
Copper	4.6-0.01	2.6-0.05	40-0.05	4.8-0.024	ND-110	12.6	495	0.5-0.05
Cyanide, total		ND-0.07	ND-0.31	5.1-0.13		1.9		ND-0.36
Lead	12-0.05	-0.32 173	80-0.02	430-0.1	ND-29	0.33	30	ND-2.4
Mercury	-0.0001 0.22		ND-62	0.9-0.0005		0.001	0.0014	ND-0.21
Nickel		ND-33	ND-40	37.5-0.05	ND-28	15.5	356	-0.006 0.18
Selenium	-0.0005 0.29	29-0.23		0.25-0.003		0.001	0.14	
Silver							0.53	
Thallium				0.005-0.002		0.009	0.065	
Zinc	29-0.05	130-0.3	900-0.6	450-0.014	ND-340	12.5	188	-0.15 0.82

الجدول (6-8): يظهر المجال النموذجي لتركيز الملوثات الأخرى
في مياه الصرف لبعض الصناعات

صناعة المعاطف	الطلاء الكهربائي	صناعة الحديد والفولاذ	مطامر القمامة	صناعة الدهان	صناعة	حرق النفايات	الملوثات
112-0.6		8.2-0.7	ND-712	3000-8	340-3.8	35-0.02	ألنسيوم
		0.11	ND-3.6	100-0.05			باريوم
13-4.3	340-0.004	9-0.18	-0.002 0.25				كروم السداسي
		0.25-0.15		ND-12	-0.006 29		كوبالت
0.17-0.02	130-0.004	0.24	ND-30		ND-0.07		سيانيد
21-2.1	680-0.02	190-1.2			41-0.9	7500-0.12	فلورايدات
	25-0.007						ذهب
10-0.3	1480-0.4	2500-14	1700-0.6	6000-3		51-0.24	حديد
		210-25	440-8.1	2100-4			مغنزيوم
0.57-0.12		60-0.09	79-0.08	40-0.04	33-0.05	1.5-0.01	منغنيز
		4-0.06	ND-19	ND-11		0.51-0.004	مولبيديوم
		4.3-2	193-0.02		-0.24 270	33-0.21	نترات/نتريت
	2.2-0.008						البلاديوم
	6.5-0.11						البلاتين
	0.03						راديوم
	103-0.06	0.4-0.3	ND-1.1	ND-20			قصدير
		2.8-0.007	1.7-0.003	210-0.08	150-2.6	3.8-0.002	تيتانيوم
1670-430			-752 33900	-500 145000		185000-89	TDS
		0.7-0.3		11-0.03			فانديوم
0.03-0.008		1.5-0.2		1900-1		146-0.006	الفينولات الكلية

أهم الصناعات المنتشرة في البلدان العربية وطرق معالجتها

تنتشر المذابح الفنية في جميع دول العالم وتختلف كمية مياه الصرف وملوثاتها بحسب طريقة ذبح الذبائح، فهناك الذبح على الطريقة الإسلامية حيث يتم إخراج الدم وإخلائه، وهناك طرق أخرى يبقى فيها الدم داخل الذبائح، وتنتشر هذه الصناعة في الدول العربية بشكل واسع وخصوصاً في المدن الكبرى، ونظراً لأهمية هذه الصناعة وكثرة انتشارها في العالم رأيت من المفيد التفصيل في الحديث عن مياه صرفها وطرق معالجتها، وتتميز المذابح الفنية باستهلاك كبير للمياه يتم تصريف قسم كبير منها إلى المجرور ومحطات المعالجة وتتميز مياه صرف المسالخ بكثرة المواد المعلقة وارتفاع الحمل العضوي والزيوت والشحوم والدهون.

7-1- مراحل العمل في ذبح الذبائح:

سوف نخص بهذه الفقرة الحديث عن المذبح الفني بمحافظة حلب، كونه الحالة المدروسة، وتتشابه معه بقية المذابح الفنية في سوريا، والكثير من البلدان الإسلامية، في مراحل العمل ولها تقريباً الخط التكنولوجي.

المذبح الفني بحلب يعتبر واحداً من المؤسسات والمرافق الخدمية التي تعنى بسلامة المواطن وصحته. وشغله الشاغل وهاجسه الكبير وهدفه الرئيس إنما هو تأمين مادة اللحوم للمواطن وبالمواصفات والمعايير الصحية الدولية، وإضافة لحفاظه على صحة وسلامة الثروة الحيوانية بالكشف المبكر عن الأمراض الوبائية من أجل اتخاذ كافة الاحتياطات اللازمة للتصدي لها والوقاية منها.

وتبلغ المساحة الإجمالية للمذبح الفني بحدود 7 هكتار، منشأ عليها صالات ذبح وزرائب وأقسام فنية بمقدار 1 هكتار والباقي أرض زراعية مشجرة وطرق.

أما آلية العمل في المذبح فهي على الشكل التالي:

- استلام المواشي في زرائب المذبح الفني الساعة 10 صباحاً ويستمر حتى الساعة 5 مساءً، حيث تبقى هذه المواشي ضمن زرائب المذبح مدة زمنية لا تقل عن 8 ساعات، وهذه الزرائب هي عبارة عن ثلاثة ممرات = اثنان للأغنام + ممر للأبقار وكل ممر يحتوي على 16 زريبة وكل زريبة تتسع لحوالي 100 رأس من الغنم وتتسع كل زريبة من زرائب البقر لحوالي 25 رأس.
- تعلم هذه المواشي بعلام مميز لكل ذمة ضمن الزريبة الواحدة حيث يقدم لها ماء شرب فقط دون طعام.
- الساعة 8 مساءً يبدأ العمل على خط الذبح الآلي في الصالة العلوية ويستمر حتى نهاية الذبائح وتحتوي هذه الصالة على أقسام منها للجلود ومنها للرؤوس ومنها للأحشاء ومنها للدم وعندما يصبح اللحم جاهزاً للوشم يتم وشمه تحت إشراف الطبيب وبدون غسيل.
- الصالات السفلية تبدأ فيها عملية الذبح الساعة 11.3 ليلاً وتستمر حتى الخامسة صباحاً ومنها تنقل اللحوم إلى المجمع في قاضي عسكر.
- علماً أنّ هذه الصالات مجهزة بمصارف لتجميع الدماء وفضلات الأحشاء التي تصب في حفر تفتيش يتم تعزيلها يومياً باستمرار، وتبدأ عملية الغسيل في الساعة السادسة صباحاً وتستمر حتى الساعة الحادية عشر قبل ظهر اليوم نفسه على الشكل الآتي:

- أ- تقشيط الزرائب بواسطة أدوات جرف يدوية وتجميع مخلفات الحيوانات الحية في مكان مخصص لها للاستفادة منها في مجال الزراعة.
- ب- جمع أكبر كمية من الدماء ومخلفات الذبح وتجميدها في أحواض ونقلها إلى المقلب الوسيط.

ت- غسل الزرائب مع ممراتها بواسطة الماء.
ث- غسل وفرك جدران صالات الذبح العلوية والسفلية بواسطة منظفات.

ج- غسل ساحات وممرات المذبح الفني بالماء فقط.
ح- تعقيم الزرائب وصالات الذبح بشكل أسبوعي عن طريق مضخة مثبتة على جرار بمادة رباعيات الأمونيوم (معقم سيكال) وهو مكون مما يلي:

كل 100 مل من المعقم تحوي على: 11.2 غرام بنز الكونيوم كلورايد، و1.12 غرام ستراميد و1.12 غرام كلور هكزيدين غلوكانات 20%.

ويستخدم عن طريق تمديده بالماء حيث يؤخذ 1 لتر من المحلول ويمدد بـ 200 لتر ماء.

- يتم جمع اللحوم غير الصالحة للاستهلاك البشري من الأغنام والأبقار النافقة ليتم حرقها ضمن حراق مخصص لهذا الغرض ثم يتم ترحيل رمادها بعد الحرق.

إن بقية المخلفات والعظام يتم ترحيلها بواسطة آليات مخصصة إلى المقلب الوسيط يومياً.

إذاً نلاحظ أن مياه الصرف الناتجة عن المذبح الفني تنشأ بشكل رئيسي من عمليات غسل ساحات الذبح والزرائب، لذلك فمياه الصرف الناتجة تحتوي على مواد معلقة، من الزرائب بالإضافة إلى الدم الناتج عن عمليات الذبح.

7-2- المنصرفات السائلة الناتجة عن المسلخ الفني في محافظة حلب:

إن مياه الصرف في المذبح الفني تنتج بشكل رئيسي عن عمليات غسل الأبقار والأراضي بعد عمليات الذبح، بالإضافة إلى مياه الصرف الناتجة عن تصريف العمال.

- كمية مياه الصرف الناتجة عن الاستخدام البشري للعمال:
عدد العمال: 220 عامل، نقدر أن كل عامل أنه يستهلك وسطياً 25
ليترًا في اليوم والبالغ 14 ساعة عمل، فتكون الكمية المصروفة اليومية =
4.4م³/يوم.
- حيث فرضنا أن 80% من المياه المستهلكة تذهب إلى المجرور العام.
- كمية مياه الصرف الناتجة عن غسل صالات الذبح والزرائب
والآليات:
وتقدر بحدود 175م³/يوم.
- كمية مياه الصرف غسيل الشوارع: وتقدر بـ 25م³/يوم.
وبالتالي الكمية اليومية الوسطية لمياه الصرف هي: 25 + 175 + 4.4 =
204.4م³/يوم.
- وتزيد هذه الكمية لتصل إلى 300م³/يوم في المواسم وبعض أيام الأسبوع
وخصوصاً في يومي الجمعة والسبت⁽¹⁾.

7-3- مواصفات مياه الصرف الناتجة عن المسالخ الفنية:

تمتاز مياه الصرف الناتجة عن المسالخ الفنية بشكل عام بارتفاع قيمة الأحمال
العضوية معبراً عنها بـ COD، BOD₅، TSS، NH₄⁺-N... وغيرها من
مؤشرات الملوثات، كما تتميز أيضاً بارتفاع تركيز الشوارد المنحلة والمواد المعلقة
والزيوت والشحوم.
وقبل البدء بالبحث تم أخذ عدة عينات ودراسة قابلية إجراء المعالجة
البيولوجية لها ونتائج تحليل العينات كما هو موضح بالجدول (7-1):

(1) العطلة الرسمية للمؤسسات الحكومية في الجمهورية العربية السورية هي يوماً الجمعة
والسبت وعدا بعض المؤسسات الخدمية مثل المذبح الفني حيث العطلة الرسمية للمذبح
هي يومي الثلاثاء والأربعاء.

الجدول (1-7): نتائج تحاليل لبعض عينات مأخوذة من خزان التجميع
الذي يقع بعد المصرف النهائي في المذبح الفني

المؤشر	الواحدة	العينة رقم (1)	العينة رقم (2)	العينة رقم (3)	العينة رقم (4)	العينة رقم (5)
pH		6.79	7.23	7.27	6.92	6.77
COD	ملغ/ل	4950	3008	3280	2664	8880
BOD5	ملغ/ل	3400	1510	2880	2292	2700
TSS	ملغ/ل	773	996	940	692	424
TDS	ملغ/ل	2506	2848	3150	1293	3328
-SO42	ملغ/ل	55	-	70	-	-
-PO43	ملغ/ل	90	65	90	80	100
NH4+-N	ملغ/ل	469	335	280	240	-

- من خلال فحص نتائج تحاليل عينات مياه الصرف الصناعي يتبين ما يلي:
- تعتبر مياه الصرف الصناعي للمذبح الفني بحلب شديدة التلوث لارتفاع قيم المؤشرات فيها حيث بلغت قيمة COD لإحدى العينات 8800 ملغ/ل.
 - إن قيمة الـ COD لمياه المذبح بحسب واقع الذبح وطريقة التصنيع والخبرة العملية والمراجع العلمية تتراوح بين 3000-6000 ملغ/ل وسيمر معنا ذلك في الفصل العائد القسم العملي، وبشكل وسطي تبلغ قيمة COD حوالي 4500 ملغ/ل وهذه القيمة مرتفعة جداً فعادة قيمة COD مياه الصرف المنزلي في مدينة حلب بحدود 650 ملغ/ل، وبالتالي قيمة COD لمياه المذبح الفني أكبر بـ 7 مرات من قيمتها بالنسبة لمياه الصرف المنزلي مما يسبب زيادة الأحمال العضوية على محطة معالجة مياه صرف مدينة حلب.
 - تحتوي مياه صرف المذبح الفني على تراكيز عالية من نتروجين الأمونيوم قد تصل أحياناً حتى 469 ملغ/ل، وكذلك تحتوي على تراكيز عالية من شاردة الفوسفات تصل حتى 100 ملغ/ل مما يسبب

زيادة تركيز النتروجين، والفوسفور في مياه الصرف الواردة إلى محطة معالجة مياه المجاري في مدينة حلب الأمر الذي يؤثر سلباً على كفاءة المعالجة ويؤدي إلى ارتفاع تراكيز النتروجين والفوسفور في مياه الصرف المعالجة الخارجة من محطة المعالجة.

- تحوي مياه صرف المذبح الفني على تراكيز عالية من المواد المعلقة TSS والمواد الصلبة الكلية المنحلة TDS والمواد الصلبة الكلية مما يزيد كمية الحمأة المتشكلة في محطة المعالجة الرئيسية ويرفع من قيمة الأحمال العضوية.

7-4- دراسة تأثير مياه الصرف الصناعي المصرفة من المذبح الفني على محطة معالجة مدينة حلب:

يبلغ التدفق الوسطي لمياه صرف المذبح الفني حوالي 204.4 م³/يوم تقريباً وكما هو معلوم يبلغ متوسط تصريف الفرد الواحد في مدينة حلب 150 لتر في اليوم وسطياً.

أ- فيكون تصريف المذبح الفني مكافئاً إلى تصريف 1363 نسمة أي إن الحمل الهيدروليكي للمذبح الفني يعادل قرية عدد سكانها 1363 نسمة.

ب- بفرض أن كل فرد في مدينة حلب يعطي 100 غ COD/يوم.

الحمل العضوي الناتج عن معمل المذبح:

$$= \text{التدفق} \times \text{تركيز COD الوسطي}$$

$$= 204.4 \times \frac{1000}{4000} = 920 \text{ كغ COD/اليوم.}$$

المكافئ السكاني للحمل العضوي لمعمل المذبح الفني هو: 920 × 100/1000 = 9200 نسمة أي أن المذبح الفني في محافظة حلب يعطي أحمالاً عضوية لمحطة معالجة مياه مجاري مدينة حلب تكافئ الحمل العضوي لقرية عدد سكانها تسعة آلاف ومائتي نسمة.

7-5- دراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه

صرف المذبح الفني بحلب بيولوجياً:

7-5-1- دراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه صرف

المذبح الفني بحلب بيولوجياً بالطرق اللاهوائية:

من البديهي أن تكون مياه صرف المسالخ الفنية قابلة للمعالجة بيولوجياً ولكن يجب على الباحث والمصمم لمحطات المعالجة البيولوجية قبل البدء بتصميم محطة معالجة أن يدرس تأثير وجود معيقات لنشاط البكتريا والتي تم ذكرها في الجدول (2-2)، إن مياه الصرف في المسالخ هي مزيج من مياه ودم الماشية مع قليل من المواد المعلقة الناتجة عن غسل الزرائب، ويتكون الدم من خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء والبلازما والصفائح الدموية، وهو نسيج ضام وظيفته هي نقل المواد الغذائية والأوكسجين وغاز ثاني أكسيد الكربون والهرمونات وغيرها إلى جميع أنسجة وخلايا الجسم ودرجة حرارته الطبيعية هي 37 درجة مئوية.

وتحتوي البلازما على العناصر الآتية: 90% ماء وللماء دور كبير في حياة الكائنات الحية حيث يحافظ على درجة حرارة الجسم 37 درجة مئوية، بالإضافة إلى 10% مواد أخرى منحلّة منها 2% (أيونات الأملاح المعدنية) و7% (البروتينات - الكربوهيدرات - الدهون - الفيتامينات) و1% (أجسام مضادة - هرمونات - غازات منحلّة)، وبالتالي استناداً إلى الجدول رقم (2-2)، نجد أنه لا توجد معيقات لنشاط البكتريا اللاهوائية وجميع مؤشرات مياه صرف المذبح الفني، وتجدد الإشارة إلى أن سمية الأمونيا الموجودة في مياه صرف المذابح الفنية تعتمد على pH مياه الصرف الذي يسبب ظهور أشكال غير متشردة لمركبات الأمونيا أي NH_3 الحر حيث إن $\text{IC}_{50} = 50$ ملغ/ل وفي مياه صرف المذابح الفنية النسبة الأكبر للأمونيا تكون بشكل متشرد والنسبة القليلة هي أمونيا حرة أو غير متشردة، وبالتالي لا يوجد إعاقة لنشاط البكتريا اللاهوائية ومن المتوقع حدوث معالجة بيولوجية هوائية ولاهوائية ذات كفاءة عالية لمياه صرف المذابح الفنية في المفاعل UASB ومراحل المعالجة التي تليه.

7-5-2- دراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه صرف المذبح الفني بحلب بيولوجياً بالطرق الهوائية:

كما مر معنا في الجدول (3-4) أن هناك مركبات ومواد تسبب إعاقة لنشاط البكتريا الهوائية، وهذه المواد السامة قد تؤثر على نشاط البكتريا المنتزعة، وإن مياه صرف المذابح الفينة لا تحتوي على معادن ثقيلة أو فينولات لأن مياه الصرف الصناعي في المذابح هي عبارة عن مزيج من الدم مع مياه الغسيل، ولكن تركيز الأمونيا مرتفع جداً في مياه صرف المذابح الفينة ومن المحتمل أن تتجاوز قيمته 480 ملغ/ل وهي القيمة الحدية لتركيز الأمونيا المسموح في المعالجة الهوائية في طريقة الحمأة المنشطة، ولكن قبل دخول هذه المياه الملوثة إلى حوض التهوية في طريقة المعالجة المتبعة في هذا البحث تكون قد امتزجت مع تدفق السائل الممزوج المعاد والحمأة المعادة اللذين من المفترض أن يحوي على تركيز قليل جداً من الأمونيا، لذلك يكون تركيز الأمونيا في حوض التهوية ضمن الحدود المسموحة، وبالتالي لا توجد إعاقة لنشاط البكتريا الهوائية في مياه صرف المذابح الفينة، وكما أنه من المتوقع أيضاً حدوث معالجة بيولوجية هوائية ذات كفاءة عالية لمياه صرف المذابح الفينة في المراحل الهوائية الموجودة في الجهاز التجريبي المطبق في هذا البحث.

7-6- استعراض بعض التجارب العالمية في معالجة مياه صرف المذابح الفنية:

7-6-1- المعالجة الأولية لمياه صرف المذابح الفنية بالتطويف:

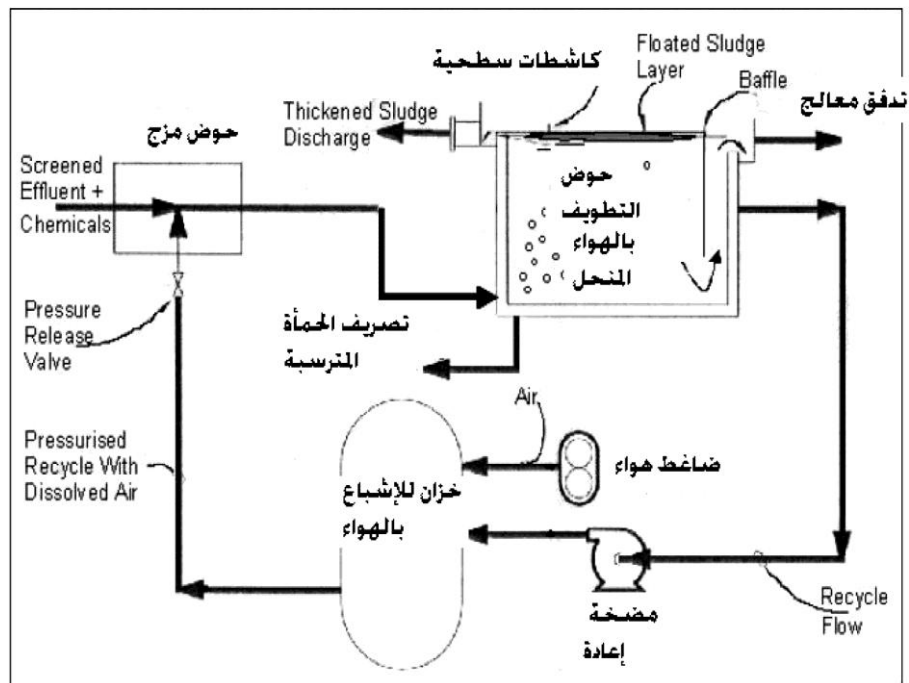
تستخدم هذه المحطات لإزالة الزيوت والشحوم والمواد الصلبة من مياه صرف المذابح الفنية، ويمكن إضافة مواد كيميائية مروبة ككلوريد الحديد وكبريتات الألمنيوم وبعض البوليميرات من أجل تحسين كفاءة التطويف، ومن أجل تطويف الزيوت والشحوم والمواد الصلبة المعلقة ويجب إضافة هواء مضغوط إلى حوض التطويف، وبهذه الطريقة يمكن تحقيق تخفيض في تركيز COD

وBOD₅ والنيتروجين والفوسفور بالإضافة إلى الزيوت والشحوم والمواد القابلة للتطويف.

وفي إحدى محطات المعالجة المنفذة بهذه الطريقة في ألمانيا تم الحصول على كفاءة إزالة لـ COD والزيوت والشحوم هي على التوالي: 42%، 76%، وكانت المعايير التصميمية لمحطة المعالجة وفق الآتي:

التدفق: 15م³/ساعة وحجم حوض التطويف هو 12م³ ومساحة سطح الحوض هي 8م².

إن مخطط وحدة المعالجة التي تعمل بطريقة التطويف مبينة في الشكل الآتي:



الشكل (1-7): مخطط حوض وحدة معالجة بالتطويف

وفي إحدى محطات المعالجة التي تعالج مياه صرف المذابح المنفذة في ألمانيا أيضاً تم الحصول على النتائج المبينة في الجدول (2-7):

الجدول (7-2): مؤشرات حوض التطوير

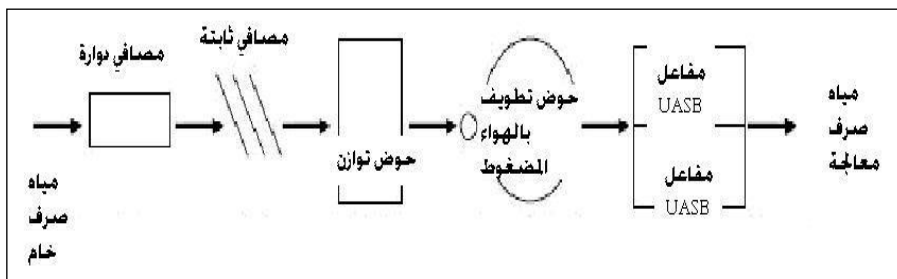
المؤشر	التركيز قبل المعالجة بوحدّة التطوير	التركيز بعد المعالجة بوحدّة التطوير	كفاءة الإزالة %
COD (ملغ/ل)	1000	458	54
BOD5 (ملغ/ل)	498	142	71.5
الشحوم والدهون (ملغ/ل)	104	15	86
TKN	36	23	36
TP	10	3.5	65

7-6-2- محطة معالجة مياه صرف للمذابح الفنية منفذة في البرازيل في مقاطعة ساو باولو:

في البرازيل يستخدم المفاعل UASB لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن الصناعات الغذائية وإنّ المذابح الفنية المخصصة لذبح الطيور، هي إحدى الفعاليات الصناعية التي تستخدم التكنولوجيا اللاهوائية بشكل رئيسي لمعالجة مياه الصرف الصناعي الناتجة عنها.

وإنّ خصائص مياه الصرف الناتجة عن المذابح تختلف من منشأة إلى أخرى وذلك اعتماداً على نوع العمليات الصناعية وعلى استهلاك المياه لكل دجاجة مذبوحة.

وبعد إزالة الريش والجلد والمواد الصلبة الناعمة بواسطة المصافي الثابتة والمصافي الدوارة، تقاد مياه الصرف إلى خزان توازن بسعة 142م³ وبعد ذلك تذهب إلى حوض التطوير بواسطة الهواء المنحل ثم تذهب إلى مفاعلي UASB مستطيلي الشكل سعة كل منهما 450م³ كما هو موضح في الشكل الآتي:



الشكل (6-2): مخطط لمسير تدفق مياه الصرف الصناعي لمحطة معالجة مياه صرف مذبج فني في البرازيل

وكانت مياه الصرف تتولد بشكل متقطع وذلك تبعاً لخصوصية هذه الصناعة ومعدل التدفق كان بحدود 18-28 م³/ساعة ومدة التصريف هي 11-17 ساعة في كل يوم. تم تقييم أداء المفاعل UASB بعد الإقلاع وذلك من اليوم 163 إلى اليوم 1228 من التشغيل، وإن نتائج التشغيل التي جمعت خلال فترة التشغيل قد وضعت في الجدول (7-3):

الجدول (7-3): مؤشرات محطة معالجة لمياه صرف مذبج فني في البرازيل

المؤشر	القيمة الوسطية ⁽¹⁾	القيمة الأصغرية	القيمة الأعظيمة
المؤشر			
COD (ملغ/ل)			
القيمة لمياه الصرف الخام	901±4137	2856	6560
القيمة الداخلة إلى المفاعل ⁽²⁾	517±2504	1615	3870
UASB			
قيمة TCOD الخارجة من المفاعل	331±884	312	1768
UASB			
قيمة SCOD الخارجة من المفاعل	138±368	174	732
UASB			
FOG (ملغ/ل)			
القيمة لمياه الصرف الخام	122±394	199	661
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	72±177	53	414
قيمة الخارجة من المفاعل UASB	33±61	5	139
TSS (ملغ/ل)			
القيمة لمياه الصرف الخام	194±791	250	1170
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	148±484	125	850
قيمة الخارجة من المفاعل UASB	135±232	68	736
VFA (ملغ/ل)			
القيمة الداخلة إلى المفاعل UASB	42±200	98	290
قيمة الخارجة من المفاعل UASB	21±72	43	138
التدفق الساعي م ³ /ساعة	3.3±20.32	18	28.33
التدفق اليومي م ³ /يوم	36±297	225	368
معدل الحمولة العضوية كغ COD/م ³ يوم	0.37±1.64	1	2.72
السرعة الشاقولية الصاعدة م/ساعة	0.04±0.26	0.23	0.36
زمن المكوث الهيدروليكي بالساعة	3.14±22.64	15.88	25

(1) القيمة الوسطية بناء على أربعين تجربة.

(2) القيمة الداخلة إلى المفاعل هي القيمة الخارجة من حوض التطويق.

إنّ معدل إزالة الـ TCOD كان بحدود (11±65)% ومعدل إزالة COD المنحل كان بحدود (6±85)% وهذه المؤشرات تدل على أداء مقبول للمفاعل خلال فترة التشغيل، ولم يتم التطرق في هذه المحطة إلى إزالة الفسفور أو النتروجين، وتمّ التركيز فقط على إزالة المؤشرات (COD, SCOD, TSS, FOG, VFA).

7-6-3- محطة معالجة لمعالجة مياه صرف المذابح الفنية تعمل بالطريقة اللاهوائية باستخدام مفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأسفل أو بمفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأعلى:

تمر مياه صرف المذابح الفنية المراد معالجتها في مفاعل ذي سرير ثابت وذي جريان نحو الأسفل، ويحوي هذا المفاعل طبقات حاملة بلاستيكية، ويمكن أن تتم معالجة مياه صرف المذابح الفنية بمفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأعلى، وهذه الطريقة من المعالجة تكون كمعالجة أولية تسبق المعالجة الهوائية لمياه صرف المذابح الفنية، وفي هذه الطريقة لا يمكن فيها تحقيق إزالة كافية لـ COD وللنتروجين، وفي هذه الطريقة من المعالجة يمكن تحقيق كفاءة إزالة COD تصل حتى 75% وينتج غاز حيوي يمكن الاستفادة منه في توليد الطاقة الكهربائية، في هذا النوع من محطات المعالجة ينصح أن تكون درجة حرارة مياه الصرف بحدود 35-37 درجة مئوية، وزمن المكوث الهيدروليكي في محطة المعالجة التي تحتوي مفاعل لاهوائي ذي سرير ثابت بحدود 11-30 ساعة تبعاً لتركيز الكتلة الحيوية في المفاعل، وفي ألمانيا توجد على الأقل محطات معالجة تعمل وفق هذه الطريقة وذلك تبعاً لإحصائيات الإتحاد الأوروبي عام 2003م.

إنّ نتائج المعالجة لإحدى محطات المعالجة التي تعمل بهذه الطريقة مبيّنة في الجدول (7-4):

الجدول (4-7): مؤشرات نتائج المعالجة للمحطة تعمل بالطريقة اللاهوائية باستخدام مفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأسفل أو بمفاعل لاهوائي ذي جريان نحو الأعلى

شهر تموز		شهر شباط			المؤشر	
كفاءة الإزالة %	التركيز بعد المعالجة	التركيز قبل المعالجة	كفاءة الإزالة %	التركيز بعد المعالجة		التركيز قبل المعالجة
	8.2	7.9	-	7.8	7.5	pH
	7660	7540	-	6890	6670	الناقلية النوعية (ميكرو سيمنس/سم)
62	1011	2642	52.2	532	1115	المواد الصلبة الطيارة (ملغ/ل)
76.5	2208	9414	73.2	1156	4311	COD (ملغ/ل)
80.4	1154	5890	84.5	534	3433	BOD ₅ (ملغ/ل)
63	265	717	75.5	90.8	370	الشحوم والدهون (ملغ/ل)
12.4-	208	185	15.1- ⁽¹⁾	145	126	NH ₄ -N (ملغ/ل)
25.9	59.4	80.2	47.2	30.4	57.6	النتروجين العضوي (ملغ/ل)
12.1	12.8	14.5	0.7	8.6	8.7	TP (ملغ/ل)
65.2-	13.5	8.1	66.8	8	24.1	الكبريتيت (ملغ/ل)
65.2	22.8	65.5	72.2	11	39.5	الكبريتات (ملغ/ل)

(1) يشير الرقم السالب إلى ازدياد قيمة المؤشر بعد المعالجة.

7-6-4- المعالجة البيولوجية الهوائية وإزالة نترات النتريت لمياه صرف المذاب الفنية:

تمتاز هذه الطريقة من المعالجة بأنها تحقق إزالة جيدة للمواد العضوية والنيتروجين والفسفور وذلك بوجود مرحلة منقوصة الأوكسجين لإزالة النترات، ويمكن تأمين المرحلة المنقوصة الأوكسجين في حوض التهوية نفسه عن طريق إطفاء بعض أجهزة التهوية لبعض الوقت، وتم تنفيذ إحدى محطات المعالجة تعمل بهذه الطريقة، في عدد من الدول الأوروبية كألمانيا وعلى سبيل المثال: نذكر إحدى محطات المعالجة المنفذة بهذه الطريقة حيث يتم تجميع مياه الصرف في خزان تجميع ثم تعالج بمرشح بيولوجي ويلى المرشح البيولوجي حوضاً تهوية يعملان بشكل متناوب ثم حوض ترسيب نهائي وأخيراً مرشح نهائي وإن التدفق والأحمال العضوية موضحة في الجدول (7-5):

الجدول (7-5): مؤشرات تشغيل محطة معالجة بيولوجية هوائية مع إزالة النترات لمياه صرف
المذاب الفنية

المؤشر	القيمة
التدفق (م ³ /يوم)	1000
الحمل العضوي اليومي معبراً عنه بـ كغ BOD ₅ /يوم	2020
كمية النيتروجين الكلية معبراً عنها بـ كغ TKN/يوم	360
كمية الفسفور الكلية معبراً عنها بـ كغ TP/يوم	18

وإن حوضي التهوية في هذه المحطة يعملان بالتناوب بحيث مدة العمل في مرحلة إزالة النترات هي 1.5-2 ساعة، أمّا العمل في مرحلة النترنة فهي أيضاً 1.5-2 ساعة، ويتم التحكم بمدة عمل كل مرحلة وفقاً لتراكيز NO_3^- و NH_4^+ و DO.

إن مؤشرات تشغيل حوض التهوية لهذه المحطة مبينة في الجدول (7-6):

الجدول (7-6): مؤشرات تشغيل حوض التهوية لمحطة المعالجة البيولوجية الهوائية والتي يتم فيها إزالة نetroجين النترا أيضاً

المؤشر	القيمة
التدفق (م ³ /يوم)	1000
حجم حوض التهوية (م ³)	7000
pH	7.2-6.8
تركيز المواد المعلقة في السائل الممزوج في حوض التهوية (ملغ/ل)	5300-4000
الحمولة الحجمية معبراً عنها بـ (كغ BOD ₅ /م ³ . يوم)	0.29
الحمولة الحجمية عنها بـ (كغ TKN/م ³ . يوم)	0.051
الحمأة الزائدة (كغ/يوم)	66 كغ/يوم
عمر الحمأة (يوم)	40-30
حمولة الحمأة من النتروجين الكلي (كغ TKN/كغ TS. يوم)	0.012
حمولة الحمأة من الفسفور (كغ TP/كغ TS. يوم)	0.00064

أمّا كفاءة الإزالة وتراكيز الملوثات فهي مبيّنة في الجدول (7-7):

الجدول (7-7): كفاءة الإزالة في محطة المعالجة البيولوجية الهوائية والتي يتم فيها أيضاً إزالة نetroجين النترا أيضاً

المؤشر	التركيز قبل المعالجة	التركيز بعد المعالجة	كفاءة الإزالة %
COD (ملغ/ل)	-	47	
BOD ₅ (ملغ/ل)	2020	7	99.6
TN		11	
NH ₄ -N		3.7	
TP	18	0.8	95.5

7-6-5- المعالجة البيولوجية لمياه صرف المذاب الفنية بالمفاعل ذي

الجريان المتقطع المتسلسل (Sequencing batch reactors (SBR)):

إن طريقة المعالجة في المفاعل SBR هي مشابه لطريقة الحمأة ولكن يتم الجريان في هذا المفاعل بشكل متقطع وبشكل متسلسل، قبل المفاعل SBR يجب أن يتم وضع مصافي ذات فتحات 0.5-1 مم، ويمكن بهذه الطريقة تحقيق كفاءة إزالة تصل حتى 95%، ويستهلك المفاعل SBR طاقة كهربائية قليلة بالمقارنة مع طرق المعالجة البيولوجية الأخرى، وتشير عدّة تقارير إلى إمكانية الوصول إلى تركيز COD مساوياً للقيمة 22 ملغ/ل، ويمكن الوصول إلى تركيز 1-2 ملغ/ل من الأمونيا و5-15 ملغ/ل من النترات وكذلك يمكن تحقيق إزالة 40% من الفسفور عند معالجة مياه صرف المذاب الفنية.

والجدول (7-8) يبين المعلومات التشغيلية لإحدى محطات معالجة مياه صرف المذاب الفنية في إحدى الدول الأوربية وهذه المحطة ذات تدفق مقداره 470م³/يوم، وزمن المكوث في مفاعل SBR هو 2.5 يوم ويسبق المفاعل SBR بمعالجة تهميدية تتألف من مصافي ذات أبعاد 0.3 مم وأحواض تطويف بالهواء المضغوط:

الجدول (7-8): مؤشرات تشغيل محطة معالجة بيولوجية تعمل بطريقة SBR

لمياه صرف المذاب الفنية

المؤشر	التركيز قبل المعالجة (في خزان التوازن)	التركيز بعد المعالجة	أصغر قيمة تم الوصول إليها بعد المعالجة
pH	6.4-5.8	7.4-6.1	
COD (ملغ/ل)	3820-3300	أقل من 150	93
FOG (ملغ/ل)	725-400	35-1	0.8
TKN (ملغ/ل)	227	-	
NH ₄ ⁺ (ملغ/ل)			0.4
NO ₃ ⁻ (ملغ/ل)	أقل من 5	أقل من 20	أقل من 1

7-6-6- معالجة مياه صرف المذابح الفنية من أجل إعادة استخدامها:

وهي معالجة بيولوجية مع إضافة مرحلة نهائية لمعالجة مياه الصرف تتم فيها المعالجة بالأغشية، تتألف محطة المعالجة التي تعمل بهذه الطريقة من المراحل الآتية:

1- مصافي دورة 2- حوض تطويف 3- حوض مزج وتوازن 4- معالجة بيولوجية متقدمة يتم فيها عملية نترتة وإزالة النترات أيضاً 5- ترشيح بالأغشية (فوق ترشيح غشائي) (Ultra filtration) ثم إعادة الاستخدام مرة أخرى، تخضع مياه الصرف المذابح الفنية إلى معالجة ميكانيكية ثم تخضع إلى معالجة بيولوجية هوائية وتتألف المعالجة البيولوجية من مفاعل لإزالة النترات متبوعاً بمفاعلين للترجعة، وأخيراً يتم فصل الجزيئات ذات الأبعاد الأكبر أو التي تساوي 0.05 ميكرومتر بواسطة ترشيح غشائي، وتتميز هذه الأنظمة بثبات عال، وتحقق كفاءة إزالة عالية لـ COD تصل حتى 97%، أما النتروجين فيزال بكفاءة تصل حتى 90% ويوجد العديد من هذه المحطات منفذة في ألمانيا.

والجدول (7-9) يوضح بعضاً من مؤشرات التشغيل لإحدى محطات المعالجة التي تعمل وفق النظام السابق.

الجدول (7-9): مؤشرات تشغيل محطة معالجة بيولوجية ذات معالجة بالأغشية

المؤشر بعد المعالجة					المؤشر قبل المعالجة			الشهر
TP (ملغ/ل)	NO ₂ ⁻ -N (ملغ/ل)	NO ₃ ⁻ -N (ملغ/ل)	NH ₄ ⁺ -N (ملغ/ل)	COD (ملغ/ل)	NH ₄ ⁺ -N (ملغ/ل)	COD (ملغ/ل)	التدفق (م ³ /يوم)	
0.15	3	45	5	55	995	4935	2340	كانون الثاني
0.2	4.2	48	4.5	58	975	4136	2309.2	شباط
0.3	5.3	52	2.2	65	838	4832	3195.3	آذار
0.2	6.5	50	3.8	75	1067	7490	5065.1	نيسان
0.25	5.8	43	3.2	68	1015	8000	5458.5	أيار
0.32	8.2	46	3.8	72	1250	8650	2359.5	حزيران
0.34	9.3	56	4.2	75	1540	11750	233.2	تموز
0.45	8.4	53	4.6	71	1311	6700	2804.7	آب
0.3	7.6	68	4.3	68	1137	6200	2689.5	أيلول
0.35	5.8	65	4.8	55	917	5720	2735.2	تشرين الأول
0.45	5.2	63	4.1	58	802	3800	2942.4	تشرين الثاني
0.25	5.3	58	3.8	61	1012	4445	2579	كانون الأول
0.3	6.2	54	4	65	1072	6388	3067.5	القيمة الوسطية

7-7- بدائل معالجة مياه صرف المذابح الفنية:

وعموماً فإنّ مراحل معالجة مياه صرف المذابح الفنية وأسلوبها يتبع للهدف المنشود من هذه المعالجة ونوع الملوثات المراد معالجتها، ويمكن تلخيص أساليب وبدائل معالجة مياه صرف المذابح الفنية في الجدول (7-10):

الجدول (7-10): بدائل معالجة مياه صرف المذبح الفني

نوع الإزالة					نوع المعالجة
الفسفور	النترات والأمونيا	الزيوت والشحوم والدهون	المواد العضوية	المواد الصلبة الكلية	
					المعالجة الأولية
			+	+	- التصفية الميكانيكية
+	+	+	+	+	- فصل الزيوت والشحوم الدهون
					- خزان توازن
		+	+	+	- التطويق بالهواء المضغوط
		+	+	+	- التطويق بالتشتيت (dispersion)
+	+	+	+		- التطويق الميكانيكي
		+	+		- المعالجة الكيميائية بالتخثير والترويب والترسيب
					- الترسيب والترشيح والتطويق
					المعالجة الثانوية
			+		المعالجة اللاهوائية متبوعة بمرحلة منقوصة الأوكسجين
			+	+	- الحمأة المنشطة أو البرك المهواة
+	+		+		التهوية المديدة
	+				النترتة وإزالة النترات
					المعالجة الثالثية
+	+				الترشيح والترويب والتخثير

يشير الرمز (+) إلى إمكانية تحقيق الإزالة، والفراغ الذي ليس فيه شيء يدل على عدم تحقيق إزالة.

7-8- مثال تصميمي لمحطة معالجة لمياه صرف المذابح الفنية

بغرض استخدام المياه المعالجة لأغراض الري

- مقدمة: ستتم الدراسة الاقتصادية لعملية معالجة مياه صرف المذابح الفنية بالطريقة المقترحة والتي تتألف على التسلسل والترتيب: مفاعل UASB متبوعاً بحوض منقوص الأوكسجين ومتبوعاً بحوض تهوية وأخيراً حوض ترسيب نهائي بالأخذ بعين النظر الملاحظات الآتية:

1- عدد أيام العمل في السنة في المذبح الفني هو 261 يوم (حيث حذفنا يومين من كل أسبوع وهما العطلة الرسمية في المذبح الفني).

2- العمال الذين سيشفرون على تشغيل محطة المعالجة سيتقاضون رواتبهم بناء على 365 يوم.

3- التدفق اليومي لمياه الصرف هو 300م³.

4- في أيام العطل سنهمل كمية غاز الميثان المنتج من القسم اللاهوائي من المعالجة والحماة الناتجة الزائدة من حوض الترسيب النهائي كما سنهمل أيضاً كمية الكهرباء المستهلكة في محطة المعالجة أثناء العطل.

5- السعر الوسطي للكيلو واط في الساعة من الكهرباء هو 0.04 دولار وذلك بحسب تسعيرة وزارة الكهرباء السورية.

6- السعر الوسطي للمتر مكعب من البيتون المسلح عيار 350 كيلو غرام اسمنت/م³ و 100 كيلو حديد/م³ مع الزريقة بحسب الحاجة هو 166 دولار.

7- العمر التصميمي للتجهيزات الكهربائية والصحية والميكانيكية هو 15 سنة وفي نهاية هذه الفترة سيتم استبدال كامل التجهيزات.

8- العمر التصميمي للخرسانة المسلحة هو 30 سنة.

9- سنعتبر معدل الفائدة في سوريا لعام 2011 (عام إنهاء هذه الدراسة) 5%.

10- ستتم الدراسة الاقتصادية لمحطة المعالجة لتحقيق المواصفة القياسية السورية رقم 2008/2752 الفئة ج (استخدام مياه الصرف المعالجة لري الأشجار الحراجية والمحاصيل الصناعية) أو إعادة استخدام المياه في غسيل الأراضي والساحات والشوارع العامة.

تحتاج عملية معالجة مياه صرف معمل المذابح الفنية بالطريقة UASBA التي مرت معنا سابقاً، وسنحتاج للأحواض الآتية:

- 1- حوض تجميع وترسيب لروث الماشية وإزالة الشحوم والزيوت.
- 2- مفاعل UASB والذي يمكن اعتباره كمرحلة لاهوائية لمعالجة مياه صرف معمل المذابح الفنية.
- 3- حوض منقوص الأوكسجين.
- 4- حوض تهوية.
- 5- حوض ترسيب نهائي مع كافة ملحقاته.
- 6- حوض كلورة مع كافة ملحقاته.
- 7- حوض تكتيف الحمأة.
- 8- خزان لتجميع المياه المعالجة.

وتحتاج هذه المحطة التجهيزات الميكانيكية والكهرباء والصحية التالية:

- 1- مصافي ناعمة دوارة بفتحات لا تزيد عن 5 مم.
- 2- محطة ضخ المياه الخام بعد أحواض التوازن وإزالة بقايا الروث والزيوت والشحوم.
- 3- محطة ضخ السائل الممزوج المعاد.
- 4- محطة ضخ الحمأة المعادة من حوض الترسيب النهائي إلى الحوض المنقوص الأوكسجين.
- 5- أجهزة التهوية ونافثات الهواء مع كافة التمديدات الخاصة بها.
- 6- محركات مع قواشط سفلية وعلوية لازمة لحوض الترسيب البدائي وإزالة الشحوم والزيوت.

- 7- محرك مع كاشط لحوض الترسيب النهائي.
- 8- فلتر بريس الذي يعمل تحت الضغط من أجل الحمأة المكثفة.
- 9- قواشط مع المحركات اللازمة لحوض تكثيف الحمأة.
- 10- مضخات نقطية لحوض الكلورة.

- التكاليف الإنشائية والتشغيلة لمعالجة مياه صرف المذبح الفني بالطريقة المقترحة في هذا البحث وتشمل:

- كلفة إنشاء حوض تجميع وترسيب لروث الماشية وإزالة الشحوم والزيوت بتطويفها:

زمن المكوث في هذا الحوض 8 ساعات تكفي لإحداث توازن بين المنصرفات الخارجة من المذبح الفني ونشأ هذا الحوض بشكل مستطيل مع كاشف سفلي لكشط الرواسب المتجمعة في أسفل الحوض وكاشط علوي لكشط المواد الطافية.

حجم الحوض هو:

$$V=Q \times T=300 \times 8/24=100m^3$$

نختار حوض مستطيل الشكل بأبعاد داخلية:

الطول = 9م العرض = 3م الارتفاع الفعّال = 4م والارتفاع الكلي هو 4.4م

حساب كمية البيتون المسلح اللازمة لإنشاء هذا الحوض:

على فرض أن جدران هذه الأحواض صنعت من البيتون المسلح بسماكة

وسطية 0.25م فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للجدران هو: $27.5 m^3$

بفرض سماكة أرضية الخزان 0.3 م وأن هذه الأرضية تبرز بمقدار 0.3 م عن

مسقط الخزان فيكون الحجم اللازم للأرضية هو: $12.9m^3$.

إذاً حجم البيتون المسلح اللازم لإنشاء خزان التجميع وإزالة الزيوت

والشحوم:

$$27.5+12.9=40.4m^3$$

وتكون كلفة هذا الخزان 6706 دولار.

- توظيف رأس المال اللازم لعملية معالجة مياه صرف المذابح الفنية بالمفاعل UASB:

إن زمن المكوث الاقتصادي في هذا المفاعل لمعالجة مياه صرف المذابح الفنية بدرجة حرارة حوالي 30 درجة مئوية هو = 24 ساعة فتكون كفاءة إزالة COD هي 73.1%

ويكون حجم المفاعل $V=Q \times T=300 \times 24/24=300m^3$
نفرض ارتفاع المفاعل هو 8 م وارتفاعاً حراً من أجل قبة فصل الغازات هو بحدود 1.5 م
فتكون مساحة المفاعل الواحد 38.5 م² ويكون القطر التنفيذي للمفاعل هو 7 م.

- نتحقق من السرعة الشاقولية:

$$V=Q/A=0.26m/h \text{ OK}$$

على فرض أن هذا المفاعل صنع من البيتون المسلح بسماكة وسطية 0.4 م فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للجدران هو: 88.3 m³
بفرض أن سماكة أرضية الخزان 0.5 م وأن الأساسات تبرز بمقدار 0.6 م عن مسقط الخزان وارتفاعها هو نفس ارتفاع أرضية الخزان وبفرض عرض جدار الخزان عند القاعدة هو 60 سم، فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للأرضية هو: 34.7 m³

بفرض أن سقف الخزان من البيتون المسلح بسماكة وسطية 0.3 م فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للسقف هو: 13.6 m³
إذاً حجم البيتون المسلح اللازم لإنشاء هذه الخزانات هو: 136.6 m³، فيكون المبلغ الكلي لإنشاء هذه الأحواض هو \$22676

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء الحوض المنقوص الأوكسجين:

زمن المكوث الأمثل في الحوض المنقوص الأوكسجين هو 12 ساعة فيكون حجمه:

$$V=Q \times T=300 \times 12/24=150m^3$$

نختار حوضاً مربع الشكل طوله = عرضه = 6.5 م وارتفاع المياه في هذا الحوض هو 3.6 م والارتفاع الكلي لهذا الحوض هو 4 م. وعلى فرض أن جدران هذه الأحواض صنعت من البتون المسلح بسماكة وسطية 0.25 م فيكون حجم البتون المسلح اللازم للجدران هو:

$$27 \text{ m}^3$$

إذاً حجم البتون المسلح اللازم لإنشاء جدران الحوض المنقوص الأوكسجين هو 27 م³ وأما بالنسبة لحجم البتون المسلح اللازم للأرضية فيحسب مع حوض التهوية.

وتكون كلفة جدران الحوض هي: 4482 دولار

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء حوض التهوية:

زمن المكوث في حوض التهوية هو 24 ساعة فيكون حجم حوض التهوية هو:

$$V=Q \times T=300 \times 24/24=300 \text{ m}^3$$

نختار حوض قهوية مستطيل الشكل بأبعاد داخلية:

العرض = 6.5 م الارتفاع الفعّال (ارتفاع المياه) = 3.5 م والارتفاع الكلي هو 4 م والطول 13.2 م

حساب كمية البتون المسلح اللازمة لإنشاء هذا الحوض:

على فرض أن جدران هذه الأحواض صنعت من البتون المسلح بسماكة وسطية 0.25 م فيكون حجم البتون المسلح اللازم للجدران هو (ثلاثة جدران والرابع حسب مع الحوض المنقوص الأوكسجين): 33.4 m³

يفرض سماكة أرضية الخزان 0.3 م وأن الأساسات تبرز بمقدار 0.3 م عن مسقط الخزان وارتفاعها هو نفس ارتفاع أرضية الخزان فيكون حجم البتون المسلح اللازم للأرضية هو: 48 m³

إذاً حجم البتون المسلح اللازم لإنشاء جدران حوض التهوية وأرضية حوض التهوية والحوض المنقوص الأوكسجين هو: 33.4+48=81.4 m³

وتكون كلفة إنشاء حوض الهوية هي: \$13512

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء أحواض الترسيب النهائية:

التدفق التصميمي في هذا الحوض هو $Q = Q_{av} + Q_{R2}$

إذا التدفق التصميمي هو $25 \text{ م}^3/\text{ساعة}$

يصمم هذا الحوض على زمن مكوث مقداره 3 ساعات فيكون حجم

الحوض هو

$$V_S = 3 \times 25 = 75 \text{ م}^3$$

نختار معدل تحميل سطحي $(Q/A) = 30 \text{ م}^3/\text{م}^2/\text{يوم}$ فتكون المساحة اللازمة

$$A = Q / (Q/A) = 600 / 30 = 20 \text{ م}^2$$

نختار حوض ترسيب دائري بقطر 5.05 م فتكون المساحة الفعلية العملية

(A_p) لحوض الترسيب هي 20 م^2

- ويكون العمق الوسطي للمياه في هذا الحوض: $H = 3.75 \text{ م}$

والارتفاع الكلي هو 4.1 م حيث تركنا ارتفاع حر مقداره 0.35 م

وعلى فرض أن هذه الأحواض صنعت من البيتون المسلح بسماكة وسطية

0.25 م فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للجدران هو: 17.6 م^3

على فرض أن أرضية الخزان مائلة إلى الوسط ويوجد مخروط استقبال وفي

وسط حوض الترسيب والجميع بسماكة 0.3 م وأن هذه الأرضية تبرز عن

الجدران بمقدار 0.3 م، فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للأرضية هو: 13.9 م^3

فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للأرضية هو: 13.1 م^3

إذاً حجم البيتون المسلح اللازم لإنشاء حوض الترسيب النهائي هو 13.5 م^3

وتكون كلفة إنشاء هذا الحوض هي 5229 دولار.

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء حوض كلورة⁽¹⁾:

زمن المكوث في هذا الحوض هو 20 دقيقة فيكون حجم الحوض هو:

$$V = 300 / 24 \times 20 / 60 = 4.2 \text{ م}^3$$

(1) يلزمنا هذا الحوض فقط في حال الرغبة في إعادة استخدام المياه في عمليات الغسيل في المذبح الفني أما في حالة الرمي في الجحور العام وحالة الري فنتج فلا داعي لإنشاء هذا الحوض.

نختار حوضاً بأبعاد داخلية صافية الطول 2.8 م والعرض (الصافي عدا سماكات الجدران) 1.5 م وارتفاع المياه في هذا الحوض 1 م يقسم هذا الحوض إلى 3 ممرات بحيث يكون عرض كل ممر 50 سم وبفرض سماكة جدران القواطع الداخلية 20 سم يكون العرض الكلي الداخلي هو: 1.9m
نفرض سماكة الجدران 20 سم فيكون العرض الكلي هو 2.3m والطول الكلي هو 3.2m

نعطي ارتفاعاً حراً للحوض مقداره 30 سم فيكون الارتفاع الكلي لهذا الحوض هو 1.3م

بفرض أرضية الحوض 0.25م وأن الأساسات تبرز بمقدار 0.25 م عن مسقط الخزان وارتفاعها هو نفس ارتفاع أرضية الخزان وبفرض عرض جدار الخزان عند القاعدة هو 25سم.

- تكون كمية البيتون المسلح اللازم لإنشاء الأرضية: $2.6m^3$
- وتكون كمية البيتون المسلح اللازم لإنشاء جدران الحوض: $2.65m^3$
- كمية البيتون المسلح الكلية لإنشاء هذا الحوض هي: $5.25m^3$ وتكون كلفة إنشاء هذا الحوض هي 872 USD.

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء مكثف للحمأة:

النسبة المثوية لحجم الحمأة هي 9% من تدفق مياه الصرف الخام ومحتوى المواد الصلبة في هذه الحمأة 0.2% وذلك بحسب ما تمّ التوصل إليه في هذا البحث، فيكون حجم الحمأة اليومي هو:

$$Q_w = 300 \times 0.09 = 27m^3/day$$

كمية المواد الصلبة اليومية:

$$27000 \times 0.002 = 54kg/day$$

- نصمم المكثف على اعتبار معدل التحميل السطحي الهيدروليكي $(4-8) m^3/m^2.d$.

- نسبة المواد الصلبة في الحمأة المكثفة: 5%

- معدل تحميل المواد الصلبة هو: (80-112) كغ/م²/يوم

بفرض التحميل السطحي الهيدروليكي: $Q_w/A=6m^3/m^2.day$ تكون
 مساحة الحوض $A=4.5m^2$
 - بفرض ارتفاع الحمأة ضمن حوض التكتيف 2.4م والارتفاع الكلي
 لجدران المكثف هو 2.8م.
 - نختار عدد المكثفات: $n=1$ فيكون قطر المكثف هو $D=2.4m$ فتكون
 المساحة الفعلية $4.52m^2$.

ويكون معدل التحميل السطحي للمواد الصلبة هو:
 $54/4.52=11.2 kg/m^2.day$ ok

حجم الحوض هو:

$$V=4.52 \times 2.4 = 10.9m^3$$

زمن المكوث الهيدروليكي في هذا الحوض:

$$HRT=V/Q=10.9/27 \times 24 = 9.64h$$

بفرض أن هذا الحوض صنع من الببتون المسلح بسماكة وسطية 0.25م
 فيكون حجم الببتون المسلح اللازم للجدران هو: $3m^3$.
 بفرض سماكة أرضية الخزان 0.3 م وأن هذه الأرضية تبرز بمقدار 0.3م عن
 مسقط الخزان وبفرض عرض جدار الخزان عند القاعدة هو 30سم.
 فيكون حجم الببتون المسلح اللازم للأرضية هو $9.8m^3$.
 إذاً حجم الببتون المسلح اللازم لإنشاء حوض الترسيب النهائي هو $15.1m^3$.
 وتكون كلفة إنشاء هذا الحوض حوالي 2507 دولار.
 - توظيف رأس المال اللازم لإنشاء خزان تجميع للمياه المعالجة:
 زمن المكوث في هذا الحوض لا يزيد عن 2 ساعة فيكون حجم هذا
 الحوض هو:

$$V=Q \times T = 300/24 \times 24 = 25m^3$$

نختار حوض مربع الشكل بأبعاد داخلية:

العرض = الطول = 4م الارتفاع الفعّال (ارتفاع المياه) = 1.6م والارتفاع
 الكلي هو 2م

حساب كمية البيتون المسلح اللازمة لإنشاء هذا الحوض:
 على فرض أن جدران هذه الأحواض صنعت من البيتون المسلح بسماكة
 وسطية 0.2 م فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للجدران هو: 6.72 m^3
 بفرض سماكة أرضية الخزان 0.2م وأن هذه الأرضية تبرز بمقدار 0.3م عن
 مسقط الخزان فيكون حجم البيتون المسلح اللازم للأرضية هو: 5 m^3
 إذاً حجم البيتون المسلح اللازم لإنشاء حوض تجميع المياه المعالجة هو
 11.72 m^3 .
 وتكون كلفة إنشاء هذا الحوض هي 1946 دولار.

الجدول (7-11): ملخص الكلفة الإنشائية لوحدات المعالجة

الجزء	حوض التوازن وإزالة الزيوت والشحوم	مفاعل UASB	الحوض المنقوص الأوكسجين	حوض التهوية	حوض الترسيب النهائي	حوض الكلورة	مكثف الحمأة	حوض تجميع المياه المعالجة
كمية البيتون المسلح	40.4	136.6	27	81.4	31.5	5.25	15.1	11.72
الكلفة \$	6706	22676	4482	13512	5229	872	2507	1946
	المجموع				57930			

بفرض أن معدل الفائدة في سوريا هو 5% وأن العمر التصميمي للأعمال
 المدنية هو 30 سنة فتكون الكلفة السنوية للأعمال المدنية:

$$A1 = 57930(1 + 5/100)^{30}/30 = 8346\$$$

- حساب كلفة التجهيزات الكهربائية والصحية والميكانيكية وتشمل:

- كلفة إنشاء مصافي ناعمة دوارة بفتحات لا تزيد عن 5 مم:

يمكن تنفيذ هذه المصافي محلياً وتزود هذه المصافي الطلية الدوارة بمحرك يعطي دوراناً بطيئاً وكذلك تزود هذه المصافي بجاوية من أجل تجميع المواد الصلبة.

كلفة تنفيذ هذه المصفاة مع الحاوية وكافة الملحقات بمحدود 4000 دولار.
 - توظيف رأس المال اللازم لإنشاء محطة ضخ المياه الخام إلى أحواض
 التوازن وإزالة بقايا الروث والزيوت والشحوم:

التدفق التصميمي هو 300م³نحترار ثلاث مضخات عاملة مربوطة على
 التفرع وواحدة احتياط فيكون التدفق التصميمي للمضخة الواحدة هو:

$$300/(24 \times 3) = 4.17 \text{ m}^3/\text{h}$$

ولكن فعلياً نختار تدفق المضخات أكبر بـ 20% من القيمة التصميمية
 وذلك كعامل أمان إضافي فيكون التدفق الفعلي للمضخة الواحدة هو:

$$1.2 \times 4.17 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$$

استهلاك الطاقة الكهربائية لهذه المضخات يحسب من العلاقة:

$$3 \times \frac{13 \times 5}{367 \times 0.7} = 0.76 \text{ Kw/h}$$

حيث فرضنا مردود المضخة 70% إن السعر الكلي للمضخات وذلك
 بفرض أن المضخة من النوعية الممتازة وبسعر 500 دولار للمضخة الواحدة هو
 $4 \times 500 = 2000\$$

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء محطة ضخ السائل المزوج المعاد:
 التدفق التصميمي هو 3Q × أي 900م³/يوم نختار ثلاث مضخات عاملة
 مربوطة على التفرع وواحدة احتياط فيكون التدفق التصميمي للمضخة الواحدة
 هو:

$$900/(24 \times 3) = 12.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

ولكن فعلياً نختار تدفقاً المضخات أكبر بـ 20% من القيمة التصميمية
 وذلك كعامل أمان إضافي فيكون التدفق الفعلي للمضخة الواحدة هو:

$$12.5 \times 1.2 = 15 \text{ m}^3/\text{h}$$

استهلاك الطاقة الكهربائية لهذه المضخات يحسب من العلاقة:

$$3 \times \frac{15 \times 7}{367 \times 0.7} = 1.23 \text{ Kw/h}$$

السعر الكلي للمضخات وذلك بفرض أن المضخة من النوعية الممتازة
وبسعر 700 دولار للمضخة الواحدة، فيكون الثمن الكلي لمضخات إعادة السائل
الممزوج هو $4 \times 700 = 2800\$$

- توظيف رأس المال اللازم لإنشاء محطة ضخ الحمأة المعادة من حوض
الترسيب النهائي إلى الحوض المنقوص الأوكسجين:

هذه المحطة تماثل من حيث التدفق ومن حيث عدد وتدفق المضخات محطة
ضخ مياه الخام كون نسبة الحمأة المعادة تساوي 100% ولكن ضغط الرفع هنا
هو 7م

إذا الثمن الكلي للمضخات إعادة الحمأة هو $4 \times 400 = 1600\$$
استهلاك الطاقة الكهربائية لهذه المضخات يحسب من العلاقة:

$$3 \times \frac{5 \times 7}{367 \times 0.7} = 0.41 Kw/h$$

- توظيف رأس المال اللازم لكلفة أجهزة التهوية ونافثات الهواء مع
كافة التمديدات الخاصة بها:

$$^{(1)} BOD_{5i} = 600 mg/l$$

$$^{(2)} BOD_{5e} = 100 mg/l$$

$$^{(3)} O_2 (Kg/day) = Q \times (S_0 - S) / 0.68 / 1000$$

حيث Q: التدفق اليومي مقدراً بالمتر مكعب.

S_0 : تركيز BOD_5 الداخلة إلى حوض التهوية بوحدة ملغ/ل.

S: تركيز BOD_5 : في المياه المعالجة الخارجة من حوض الترسيب النهائي

بوحدة ملغ/ل.

-
- (1) وهي القيمة الأكثر تكراراً والتي تدخل إلى حوض التهوية.
 - (2) القيمة المسموحة لهذا المؤشر هي 150 ملغ/ل وذلك من أجل تحقيق المواصفات القياسية السورية الخاصة بري المزروعات الفتحة ج، واختارنا القيمة 100 ملغ/ل كعامل أمان.
 - (3) لم ندخل في هذه المعادلة كمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة الأمونيا لأنه تبعاً لمواصفة مياه الري فتحة ج لا يوجد قيمة محددة مسموحة لتركيز نتروجين الأمونيا ينبغي تحقيقها، وكذلك في حالة استخدام هذه المياه الملوثة لعملية غسيل الأراضي فإنه ليس من الضروري تحقيق إزالة عالية للأمونيا.

حساب كمية الأوكسجين اللازمة:

$$=(300 \times (600-100)/0.68)/1000=220.6 \text{KgO}_2/\text{day}$$

بفرض نسبة الأوكسجين في الهواء الجوي 21% والوزن النوعي للأوكسجين

هو 1 كغ ثقلي/م³ فيكون حجم الهواء اللازم يومياً هو:

$$\text{Vair} = 220.6/(1 \times 0.21)=1050.5 \text{m}^3/\text{day}$$

بفرض أننا وضعنا نافثات دائرية تعطي فقاعات هواء ناعمة بتدفق 15

م³/ساعة فيكون مردود انتقال الهواء إلى الماء محدود 12% فتكون كمية الهواء اللازمة عملياً:

$$1050.5/(0.12 \times 24)=364.8 \text{m}^3 \text{air}/\text{h}$$

ويكون عدد النافثات:

$$\text{ND}=364.8/15 = 25$$

ضغط بلور الهواء هو: ارتفاع المياه في حوض التهوية $1.3 \times$

$$1.3 \times 3.5=4.55 \text{m}=0.447 \text{bar}$$

نختار مراوح هواء (air blowers) يعملان بالتناوب بحيث يكون أحدهما

عامل والآخر احتياط كلفة النافثات محدود \$60 لكل نافث مع أجور التمديد والتركيب.

كلفة مزود الهواء الواحد تدفق هواء 365 م³/ساعة ضغط 0.447 بار محدود

\$7000 واستطاعته الكهربائية محدود 15 كيلو واط/ساعة.

فتكون كلفة تركيب النافثات وكلفة مزودات الهواء:

$$60 \times 25 + 7000 \times 2 = 15500 \$$$

– توظيف رأس المال اللازم محرك مع القواشط السفلية والعلوية لحوض

الترسيب البدائي:

وتقدر بـ \$4000 للقواشط السفلي ومثلها للعلوي وبالتالي المجموع هو:

$$\$8000$$

– حساب كلفة المحرك مع الكاشط اللازم لحوض الترسيب النهائي:

وتقدر بـ \$4000

- حساب كلفة فلتر بريس اللازم لضغط الحمأة المكثفة: وتقدر
بـ 4000 دولار مع كلفة ملحقاته.
- حساب كلفة القواشط في حوض تكثيف الحمأة: ويقدران بـ 6000
دولار.

- حساب كلفة المضخات النقطية اللازمة لضخ هيبوكلوريت الصوديوم
في حوض الكلورة:

- نختار مضختين نقطيتين (واحدة عاملة والثانية احتياط) بتدفق يتراوح بين
(0-8ل/ساعة) وبضغط (2-3) بار بحسب ما هو متوفر في الأسواق سعر
المضخة: 400 دولار.

فيكون السعر كلي هو:

$$2 \times 400 = 800\$$$

ملاحظة: تضمنت الأسعار المذكورة أعلاه كلفة اللوحات الكهربائية
والتمديدات الصحية اللازمة لإنجاز العمل.
ويمكن تلخيص الكلفة الإجمالية للتجهيزات الكهربائية والميكانيكية
والصحية بالجدول الآتي:

الجدول (7-12): ملخص الكلفة الإجمالية للتجهيزات الكهربائية والميكانيكية والصحية

الجهاز	العدد	سعر الوحدة (\$)	السعر الكلي (\$)
مصافي دورة	1	4000	4000
مضخات المياه الخام	4	500	2000
مضخات السائل المزوج المعاد	4	700	2800
مضخات الحمأة المعادة	4	400	1600
نافثات هواء	25	60	1500
مراوح (بلورات) الهواء	2	7000	14000
القواشط السفلية والعلوية مع المحركات لحوض إزالة الزيوت والشحوم	2	4000	8000
الكاشط مع المحرك اللازم لحوض الترسيب النهائي	1	4000	4000
المكبس الخاص بضغط الحمأة ونزع رطوبتها (Filter press)	1	7000	7000
القواشط في حوض تكتيف الحمأة	1	6000	6000
مضخات نقطية	2	400	800
المجموع		51700	

بفرض أن معدل الفائدة في سوريا هو 5% وإن العمر التصميمي للأعمال الكهربائية والميكانيكية والصحية هو 15 سنة فتكون الكلفة السنوية:

$$A2=51700(1+5/100)^{15}/15=7165$$

- والكلفة السنوية بإدخال تأثير الاهتلاك ومعدل الفائدة:

$$A1+A2= 8346+7165=15511\$$$

ويكون نصيب المتر مكعب من الماء المعالج من هذه الكلفة التأسيسية:

$$15511/(261 \times 300)=0.198\$$$

- حساب الكلفة التشغيلية اليومية: وتشمل ما يلي:

- حساب كلفة الطاقة الكهربائية المستخدمة: إن كمية الاستهلاك من

الكهرباء مبينة في الجدول الآتي:

الجدول (7-13): الاستهلاك اليومي من الكهرباء لمحطة المعالجة وفق الطريقة المقترحة في هذا البحث

الاستهلاك اليومي من الطاقة الكهربائية	عدد ساعات العمل	الاستهلاك الكهربائي الساعي الكلي (كيلو واط)	العدد	الجهاز
16.8	24	0.7	1	المصافي الدورا (الطبلية)
18.24	24	0.76	3	مضخات المياه الخام
29.52	24	1.23	3	مضخات السائل الممزوج المعاد
9.84	24	0.41	3	مضخات الحمأة المعادة
189	18	10.5 ⁽¹⁾	1	مراوح (بلورات) الهواء
14.4	24	0.6	2	القواشط السفلية والعلوية مع المحركات لحوض إزالة الزيوت والشحوم
7.2	24	0.3	1	الكاشط مع المحرك اللازم لحوض الترسيب النهائي
4	1	4	1	المكبس الخاص بضغط الحمأة ونزع رطوبتها (Filter Press)
6	10	0.6	2	القواشط في حوض تكثيف الحمأة
	مهمل		2	المضخات النقطية
295kwh/day				المجموع

(1) يقدر عادة استهلاك مراوح الهواء أثناء العمل الفعلي بـ 70% من استهلاكه الكهربائي الأعظمي.

إذاً كل م³ يستهلك طاقة كهربائية مقدارها:

$$295/300=0.983K_w/m^3$$

بفرض كلفة الكيلو واط ساعي هي 0.04 دولاراً فتكون كلفة معالجة المتر

مكعب هي:

$$0.983 \times 0.04 = 0.0393\$$$

المصروف السنوي باعتبار عدد أيام العمل 261 يوماً:

$$0.0393 \times 300 \times 261 = 3077.2\$$$

– حساب كلفة التعقيم بالكلور⁽¹⁾:

تستهلك محطة المعالجة محلول هيبوكلوريت الصوديوم كمادة معقمة بمعدل 1 لتر لكل 25م³ وبالتالي الاستهلاك اليومي في نهاية المرحلة الأولى من التصميم هو $25/300 = 12$ لتر والاستهلاك السنوي هو $12 \times 261 = 3132$ لتر/سنة، بفرض سعر لتر هيبوكلوريت الصوديوم هو 80. دولار فتكون كلفة كلورة م³ هي $25/40 = 0.032$ دولار.

الكلفة السنوية لاستخدام الكلور هي:

$$261 \times 300 \times 0.032 = 2506\$$$

– كلفة الجهد الإنساني (كلفة اليد العاملة اللازمة للتشغيل):

نفرض أجره العامل هي 8 دولارات في 8 ساعات عمل وتحتاج المنشأة إلى عامل واحد وفني واحد يعملان نصف يوم وأجره الفني في اليوم هي 10\$ لمراقبة عمل المضخات ولوحة الكهرباء فتكون كلفة التشغيل اليومية هي: $8 + 10/2 = 13\$$ الكلفة السنوية للجهد البشري لتشغيل المحطة هي:

$$365 \times 13 = 4745\$$$

الكلفة للجهد البشري للمتر مكعب:

$$4745 / (261 \times 300) = 0.06\$$$

إذاً كلفة التشغيل الكلية للمتر مكعب هي:

(1) هذه الكلفة توجد فقط عندما يوجد حوض كلورة أي في حالة إعادة المياه في عمليات غسيل الأراضي والمساحات العامة.

الكلفة التشغيلية السنوية هي:

$$A_3 = 3077.2 + 2506 + 4745 = 10328.2\$$$

– والكلفة السنوية الكلية يادخال تأثير الاهتلاك ومعدل الفائدة:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 8346 + 7165 + 10316 = 25827\$/\text{year}$$

– الكلفة الكلية لمعالجة 1م³ من مياه صرف المذاب الفنية بالطريقة

المقترحة في هذا البحث:

$$C_1 = A/Q_{\text{YEAR}} = 25827 / (261 \times 300) = 0.33\$/\text{m}^3$$

وهذه الكلفة موزعة كما يلي:

الجدول (7-14): تفاصيل كلفة معالجة 1 م³ من مياه صرف المذاب الفنية بطريقتنا المقترحة لتحقيق المواصفة القياسية السورية رقم 2752 / 2008 الفئة استخدام المياه في سقاية المحاصيل الصناعية والأشجار الحراجية

المجموع (m ³ /\\$)	كلفة التأسيس واهتلاك محطة المعالجة (m ³ /\\$)	كلفة الجهد البشري (m ³ /\\$)	كلفة التطهير ⁽¹⁾ بالكلور (m ³ /\\$)	كلفة الطاقة الكهربائية (m ³ /\\$)
0.3	0.198	0.060	0	0.0394

الجدول (7-15): تفاصيل كلفة معالجة 1م³ من مياه صرف المذاب الفنية بطريقتنا المقترحة إعادة استخدام المياه في غسيل الأراضي والساحات والشوارع العامة

المجموع (m ³ /\\$)	كلفة التأسيس واهتلاك محطة المعالجة (m ³ /\\$)	كلفة الجهد البشري (m ³ /\\$)	كلفة التطهير بالكلور (m ³ /\\$)	كلفة الطاقة الكهربائية (m ³ /\\$)
0.33	0.198	0.06	0.032	0.0394

– حساب المردود المالي الناتج عن تشغيل محطة المعالجة:

إن إنشاء محطة معالجة لمياه الصرف الصناعي في المذاب الفنية من شأنه أن

يحقق العديد من الوفورات المالية وهي:

(1) في هذه الحالة لا يوجد أحواض كلورة.

– الاستفادة من الحمأة الناتجة كمحسنات للتربة:

ينتج يومياً من المعالجة الثانوية حوالي 54 كيلو غرام حمأة وهذه الحمأة جيدة ومفيدة وتحتوي على نسبة عالية من الفسفور وبعضاً من النتروجين يمكن الاستفادة منها كمحسنات للتربة ويمكن بيع الكيلو غرام بحدود 0.4 دولار وبالتالي سعر الحمأة اليومي هو

$$54 \times 0.4 = 21.6\$$$

المردود المالي السنوي هو:

$$21.6 \times 261 = 5638 \text{ \$/year}$$

– استرجاع الغاز الحيوي الناتج عن المعالجة اللاهوائية في المفاعل: UASB كمية الغاز الحيوي المنتج يومياً:

نحسب كمية COD المزال في المفاعل UASB هي:

$$300 \times (6000) / 1000 \times 0.73 = 1314 \text{ kgCOD/day}$$

بحسب المراجع العلمية كل 1 كيلو غرام COD مزال يعطي 0.35 م³ من الغاز الحيوي فتكون كمية الغاز الحيوي الناتجة:

$$V = 0.35 \times 1314 = 460 \text{ m}^3/\text{day} = 19.2 \text{ m}^3/\text{h}$$

وعادة نسبة غاز الميثان في الغاز الحيوي بحدود 65% فتكون كمية غاز الميثان في الساعة:

$$V_{\text{CH}_4} = 0.65 \times 19.2 = 12.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

كل 1 م³ من الغاز الحيوي يعادل 6.4 كيلو واط ساعي وبالتالي كمية الطاقة الكهربائية التي يمكن أن تنتج من استرجاع غاز الميثان:

$$= 12.5 \times 24 \times 6.4 = 1920 \text{ Kwh/day}$$

والقيمة الاقتصادية السنوية لهذه الطاقة هي:

$$1920 \times 0.04 \times 261 = 20045 \text{ \$/year}$$

بينما كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة هي بحدود 295 كيلو واط وبالتالي ينتج فائض يمكن الاستفادة منه وعادة القيمة 6.4 كيلو واط تكون مقسومة بين (35% لتوليد الطاقة الكهربائية و55% يمكن الاستفادة منها في

التسخين) وفي ألمانيا يوجد مثل هذه الأنظمة مطبقة لاسترجاع الطاقة الناتجة من الغاز الحيوي.

مقدار الفائض هو:

$$1920-295=1625\text{Kwh/day}$$

هذا الفائض يمكن الاستفادة منه في توليد الكهرباء وتسخين المفاعل UASB شتاء وكذلك يستفاد منه في إنارة المذبح الفني ليلاً، على فرض سعر كيلو الواط الساعي الوسطي هو 2 ل.س فيكون المردود الناتج عن استرجاع الطاقة الكهربائية هو: $1625 \times 0.04 = 65 \text{ \$/day}$

بفرض عدد أيام العمل في السنة في المذبح الفني هو 261 يوماً (بعد حذفنا ليومين من كل أسبوع وهما العطلة الرسمية في المذبح الفني).
يكون المردود المالي السنوي هو:

$$65 \times 261 = 16965 \text{ \$/Year}$$

– الاستفادة من المياه المعالجة في ري الأشجار الحراجية أو المحاصيل الصناعية أو إعادة استخدام المياه في غسيل الأراضي والمساحات والشوارع العامة:

إن عدم تصريف المياه المعالجة في شبكة الصرف الصحي العامة يحقق مردودين ماليين:

– المردود المالي الأول:

إن الشركة العامة للصرف الصحي في محافظة حلب تتقاضى مبلغاً مقداره 0.070⁽¹⁾ ل.س لكل متر مكعب مصرف في الشبكة العامة للصرف الصحي بحلب من المنشآت الصناعية التي تستجر مياهها من خارج شبكة المياه العامة (كالمذبح الفني بحلب) كإجراء معالجة في محطة معالجة مياه المجاري الرئيسية، وبالتالي عدم تصريف المياه المعالجة في المحرور العام من شأنه يحقق وفراً مالياً يومياً مقداره

$$Q(\text{m}^3/\text{day}) \times 3.5 = 300 \times 0.07 = 21 \text{ \$/day}$$

والإيراد المالي السنوي من هذا البند هو: $261 \times 21 = 5481 \text{ \$/year}$

(1) هذا الرقم تم الحصول عليه من الشركة العامة للصرف الصحي بحلب.

– المرد المالي الثاني:

هو ثمن المياه المعالجة أو التوفير في كمية المياه العذبة نتيجة استخدام المياه المعالجة لغسل الطرق والحظائر والري الزراعي، حيث يوجد في المذبح الفني مساحات خضراء كبيرة، ويوجد بجوار المذبح أيضاً أراض زراعية تمتد على مساحات واسعة وتزرع محاصيل متعددة فيمكن الاستفادة من المياه المعالجة لأغراض الري والسقاية وغسيل الشوارع:

في سوريا لا يوجد رقم دقيق عن الكلفة الحقيقية التي تتحملها مؤسسات الدولة من أجل تأمين المياه لإرواء الأراضي الزراعية ولكن إذا اعتبرنا أن المذبح الفني منشأة صناعية خاصة مماثلة للمنشآت الصناعية المشادة في المدينة الصناعية في حلب وتستجر مياهها من شبكة المياه الصناعية التي تؤمنها المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي بحلب وسعر المتر مكعب من المياه المعدة للأغراض الصناعية هو 0.32 دولاراً.

وبالتالي سنحقق وفراً مالياً نتيجة إعادة استخدام المياه في عمليات غسيل الأراضي والمساحات العامة والزرائب في المذبح الفني أو سقاية الأشجار الحراجية والمحاصيل الصناعية، وعلى فرض أن نسبة الضياعات في المياه هي بحدود 15% أي أنه تتم إعادة استخدام 85% من المياه المستجرة.

بفرض أن الاستحراق المائي الأولي هو: 300 م³

تكون كمية المياه المعاد استخدامها هي: $0.85 \times 300 = 255 \text{ m}^3/\text{day}$

وبالتالي نحقق وفراً مالياً مقدارها: $261 \times 0.32 \times 255 = 21298 \$$

إذا الإيراد الناتج عن معالجة 1 م³ من مياه الصرف = مجموع الإيرادات

سنوياً/كمية المياه المعالجة سنوياً نعوض فنجد: $52461 / (261 \times 300) = 0.67 \$$

ويمكن وضع كافة الإيرادات في الجدول الآتي:

الجدول (7-16): الإيرادات المالية الناتجة عن تشغيل محطة المعالجة للمذبح الفني وفق الطريقة المقترحة في البحث

الإيرادات المالية السنوية				
مجموع الإيرادات السنوية (\$)	إعادة استخدام المياه المعالجة (\$)	عدم دفع إجرة معالجة لشركة الصرف الصحي (\$)	استرجاع الغاز الحيوي (\$)	بيع الحمأة كمحسن للتربة (\$)
103201	21298	5481	20045	56377

- حساب صافي الربح أو الخسارة الناتجة عن إنشاء وتشغيل واستثمار محطة معالجة مياه صرف صناعي لمذبح فني بتدفق 300 م³/يوم بالطريقة المقترحة في البحث: لتسهيل هذه الحسابات نقوم بوضع النتائج في الجدول الآتي:

الجدول (7-17): الكلفة المالية للمعالجة في حالة إعادة استخدام المياه في غسيل الأراضي والزرائب والصالات أو استخدامها في سقاية المحاصيل الصناعية والأشجار الحراجية

الإيراد	مجموع الإيرادات السنوية \$/year	مجموع المصاريف السنوية بما فيها كلفة الإنشاء \$/year	الربح أو الخسارة لكل 1م ³ من مياه الصرف المعالجة \$
1- بيع الحمأة كمحسن للتربة 2- استرجاع الغاز الحيوي 3- عدم دفع إجرة معالجة لشركة الصرف الصحي. 4- إعادة استخدام المياه المعالجة	26635	25827	(300×261)/26635 0.34-

الإيراد	مجموع الإيرادات السنوية \$/year	مجموع المصاريف السنوية بما فيها كلفة الإنشاء \$/year	الإيرادات - التكاليف \$/year	الربح أو الخسارة لكل 1م ³ من مياه الصرف المعالجة \$
1- استرجاع الغاز الحيوي 2- عدم دفع إجرة معالجة لشركة الصرف الصحي. 3- إعادة استخدام المياه المعالجة	46823	25827	20997	$(300 \times 261) / 20997$ 0.27=-
1- عدم دفع إجرة معالجة لشركة الصرف الصحي. 2- إعادة استخدام المياه المعالجة.	26779	25827	952	$(300 \times 261) / 952$ 0.0122=-
1- عدم دفع إجرة معالجة لشركة الصرف الصحي.	5481	25827	20345.7-	$(300 \times 261) / 20346$ 0.26=-

إن المقارنة الاقتصادية المبسطة السابقة تمت تبعاً للأسعار الحالية في الجمهورية العربية السورية كما أنها تمت بناء على أسعار عام 2011م، أما من أجل مناطق وأزمنة أخرى فيجب دراسة الأمر مجدداً.

- نتائج الدراسة الاقتصادية:

1- بلغت كلفة معالجة المتر مكعب من مياه صرف المذابح الفنية بالطريقة المقترحة في هذا البحث لتحقيق المواصفة القياسية السورية رقم 2008/2752 الخاصة بري الأشجار الحراجية والمحاصيل الصناعية 0.298 دولاراً وهذا الرقم يعتبر جيد جداً ورخيصاً لمعالجة

- مياه الصرف الصناعي ذات الحمل العضوي العالي.
- 2- بلغت كلفة معالجة المتر مكعب من مياه صرف المذابح الفنية بالطريقة المقترحة في هذا البحث من أجل إعادة استخدام المياه المعالجة في غسيل الساحات والأراضي والزرائب 0.33 دولاراً وهذا الرقم يعتبر جيداً ورخيصاً.
- 3- تنتج عن طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث حمأة غنية بالفوسفور وكميتها تقدر بـ 54 كيلو غرام/يوم يمكن أن تستخدم كمحسن للتربة وهذه الحمأة ذات قيمة اقتصادية يمكن أن تحقق إيراداً مالياً سنوياً مقداره 5637 دولاراً وذلك على فرض أن سعر الكيلو غرام للحمأة المحففة 0.4 دولار، ويسهم هذا الإيراد في تخفيف مصاريف التشغيل واسترداد الكلفة التأسيسية.
- 4- ينتج عن المفاعل UASB الذي يعتبر المرحلة الأولى في طريقة المعالجة المقترحة في هذا البحث كمية كبيرة من غاز الميثان تقدر بـ 12.5م³/ساعة، ويكمن أن نسترجع الطاقة الكهربائية والحرارية الناتجين عن احتراق غاز الميثان ونحقق بذلك إيراداً مالياً سنوياً مقدارها 20045 دولاراً ويسهم هذا الإيراد في تخفيف مصاريف التشغيل واسترداد الكلفة التأسيسية.
- 5- إن معالجة مياه صرف المذبح الفني بالطريقة المقترحة وعدم تصريفها في شبكة الصرف الصحي يحقق وفراً مالياً مقداره 0.07 دولاراً لكل متر مكعب ويبلغ الوفر الإيراد المالي السنوي عن هذا البند 5481 دولار ويسهم هذا الإيراد في تخفيف مصاريف التشغيل واسترداد الكلفة التأسيسية.
- 6- إن معالجة مياه صرف المذبح الفني بالطريقة المقترحة وإعادة استخدام المياه المعالجة مرة أخرى في عمليات الغسيل أو في ري الأشجار الحراجية أو المحاصيل الصناعية يحقق إيراداً مالياً مقدارها 0.32 دولاراً لكل متر مكعب ويبلغ الوفر المالي السنوي عن هذا البند 21298

دولاراً ويسهم هذا الإيراد في تخفيف مصاريف التشغيل واسترداد الكلفة التأسيسية.

7- بلغت مجموع الإيرادات السنوية الناتجة عن الاستفادة من الحمأة كمحسن للتربة والاستفادة من الغاز الحيوي وإعادة استخدام المياه حوالي 52461 دولاراً أي بمعدل 0.67 دولاراً أي ندفع مبلغاً مقدارها 0.33 دولاراً ككلفة معالجة للمتر مكعب ونربح مبلغاً مقدارها 0.34 دولاراً لكل متر مكعب، أمّا في حال لم تتمكن من بيع الحمأة أو الاستفادة منها عندها يكون الربح المالي هو 0.268 دولاراً لكل متر مكعب، أمّا في حالة لم تتمكن من الاستفادة من الطاقة الناتجة عن استرجاع الغاز الحيوي ولم نستفد من الحمأة عندها نحقق وفراً مالياً مقداره 0.0122 دولاراً لكل متر مكعب من مياه الصرف المعالجة، أمّا في حال لم تتمكن من الاستفادة من الغاز الحيوي أو الحمأة الناتجة أو إعادة استخدام المياه عندها تكون كلفة معالجة 1م³ هي 0.26 دولاراً وهذه الأرقام تعتبر مقبولة جداً.

8- ينتج عن معالجة مياه صرف المذابح الفنية غاز حيوي ذو قيمة اقتصادية كبيرة ويوفر مصدراً متجدد للطاقة وتنتج حمأة ذات محتوى عال من الفسفور ويمكن إعادة استخدام المياه المعالجة في سقاية المحاصيل الصناعية والأشجار الحراجية مما يوفر مصدراً غير تقليدي للري الأمر الذي يسهم في ترشيد استهلاك المياه في بلدنا سوريا، لذلك فلمعالجة مياه صرف المذابح الفنية فوائد اقتصادية كبيرة بالإضافة إلى الفوائد البيئية والصحية.

7-9- صناعة دباغة الجلود

تنتشر صناعة الدباغات في عدد لا بأس به من الدول العربية ومنها مصر وسوريا، وتتميز صناعة الدباغات باستهلاكها كميات كبيرة من المياه وتصريفها مياه ملوثة جداً، لذا فإن بعض الدول الأوروبية كهولندا قد ألغت هذه الصناعة

لأنها وجدت استيراد الجلود المدبوغة من بلدان أخرى أفضل من الناحية الاقتصادية والبيئية، ووجدت من المفيد جداً الاستيراد في الحديث عن هذه الصناعة وكيفية معالجة مياه صرفها التي تعتبر من أكثر مياه الصرف الصناعي تلويثاً للبيئة.

7-9-1- مياه الصرف الناتجة عن الدباغة:

إن صناعة دباغة الجلود تنتج تدفقات من مياه الصرف مختلفة الخصائص حيث تختلف هذه الخصائص من مرحلة إلى أخرى ولكن بشكل عام تتميز هذه المياه بأنها شديدة التلوث بالكروم والمركبات العضوية وغير العضوية. إن مياه صرف الدباغات تحتاج نظام معالجة يحقق ما يلي:

- 1- إزالة الشحوم والدهون.
- 2- إزالة المواد المعلقة الغروانية والمواد المعلقة القابلة للترسيب.
- 3- إزالة المواد العضوية BOD_5 و COD .
- 4- أكسدة الكبريدات (S^{2-}) وتحويلها إلى شاردة الكبريتات (SO_x).
- 5- ترسب الكروم وإزالة المواد السامة.

يقصد بدباغة الجلود: هو تحويل جلود الحيوانات إلى جلد متين قابل

للاستخدام في الأغراض الصناعية.

الجلود الخام عادة تكون محملة بالقاذورات ودباغتها تحتاج إلى تنظيفها وحلق ما بها من شعر واستخدام الجير $Ca(OH)_2$ وبعض المركبات الكيميائية لذا فمخلفاتها السائلة تحتوي على أوساخ مختلفة ودم وشعر وأملاح وجير وكثير من المواد العضوية عالقة وذائبة وبعض أجزاء من اللحم ولذا فرائحتها كريهة للغاية ولونها منفر وأوكسجينها الحيوي الممتص مرتفع.

تتألف جلود الحيوانات من ثلاث طبقات: الطبقة الخارجية والطبقة

المتوسطة وطبقة ما تحت الجلد.

وفي معامل الجلود تراح الطبقتان الأولى والثالثة أما الطبقة المتوسطة فتعالج للحصول على مادة متينة غير قابلة للتحلل أو التفسخ تستخدم في شتى فروع

الصناعات الجلدية، هذا وتمر الجلود الخام بالمراحل والعمليات التالية كي تصبح جاهزة للاستخدام، تبدأ بنقع الجلود الخام بالماء المضاف إليه مادة قلوية ويراعى تغيير الماء إلى ثلاث مرات والغاية من هذه العملية تنظيف وتطريتهاو بعد هذا النقع توضع الجلود الخام في اسطوانات دوارة تحوي محلول الكلس الحليسي وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4 وتعمل هذه المواد على نزع الشعر من الجلود وتبقى في هذه الاسطوانات مدة يومين تخرج بعدها وتكشط الطبقات الزائدة بمكاشط خاصة، ومن ثم تذهب للتنظيف في اسطوانات أخرى بواسطة مياه يضاف إليها قليلاً من الحموض وبعدها تنقل إلى أحواض تحتوي على أنزيمات خاصة وهي مواد شديدة الفعالية وبعدها تغسل الجلود جيداً وتصبح بذلك معدة للدبغ. إن المياه المستعملة الناتجة عن كل هذه العمليات هي مياه قلوية.

أما عملية الدبغ فتم على مرحلتين: توضع الجلود في المرحلة الأولى تحت تأثير محلول دابغ مخفف في أحواض خاصة ومن ثم تنقل إلى أحواض تحتوي محلولاً مركزاً، وقد يستعاض عن الأحواض باسطوانات خاصة للتعجيل بالعملية ولايسمح إطلاقاً بتصريف المحاليل المكثفة قبل معالجتها معالجة خاصة وبعد إتمام عملية الدبغ تغسل الجلود جيداً وتنظيف مما يكون قد ترسب عليها.

الدبغ بمركبات الكروم:

تهيأ الجلود أولاً بنقعها بمحلول ملحي وحامضي لساعات عدة، وبعد ذلك تجرى عملية الدبغ على مرحلة واحدة وعلى مرحلتين. ففي الدبغ على مرحلة واحدة تستعمل أملاح الكروم التي يكون فيها ثلاثي القيمة الاتحادية وتتم العملية في أحواض خاصة، وبعد إتمام عملية الدبغ تغسل بماء ساخن وتوضع في محلول قلوي.

أما الدبغ على مرحلتين فإننا نستخدم محلول كرومات الصوديوم المخفف أولاً ثم المكثف وتغسل الجلود بعد ذلك وتوضع بمحلول قلوي كما تقدم، وأخيراً تدهن الجلود الناتجة بالزيت وتحفف.

ملاحظة: المياه المستعملة الناتجة عن هذه العمليات هي مياه قلوية وتحتوي الكثير من الشعر والكلس والمواد الكيماوية الضارة والسامة، وغالباً ما تكون

قابلة للتخمر كما أنها تحتوي على كثير من الجراثيم لذلك فإن معالجة هذه المياه صعبة فهي أساسية ومكثفة من جهة وتحتوي على الشعر من جهة أخرى. وعند جريان هذه المياه في الأقبية لمدة طويلة يتولد غاز CO₂ الذي يؤثر في الكلس ويتفاعل معه ليشكل فحمات الكالسيوم التي تترسب على جدران الأقبية وتسبب انسدادها ويساعد الشعر وقطع اللحوم على اتمام هذه العملية، ولتلافي ذلك يجب أن تصمم الأقبية بحيث تكون سرعة الجريان الأصغرية كبيرة إلى درجة تمنع الترسب كما يجب أن تكون نسبة الامتلاء H/D كبيرة أيضاً. كما يجب أن تصنع الأقبية من مواد خاصة غير قابلة للتآكل بفعل المحاليل الأساسية والحمضية وأن تكون جدرانها ملساء ويفضل ألا يقل ميلها عن 3% ويجب أن يجري تنظيف هذه الأقبية يدوياً وبشكل دوري. وقد قام Kubelka بتحليل مياه الصرف الناتجة عن المراحل والطرق المختلفة لتصنيع الجلود وحصل على النتائج المبينة في الجدول (6-18):

الجدول (7-18): نتائج تحليل kubelka لمياه الصرف الناتجة عن مراحل والطرق المختلفة

دبغ بالكروم	دبغ نباتي	نزع الكلس	إضافة الأساس	نقع	
3.74	5.19	7.00	11.70	6.48	pH
1503	758		10680	978	مواد راسبة ملغ/ل
3600	4350		7430	13580	كلورايد ملغ/ل
1330	6770		4560	1340	BOD5 ملغ/ل

إن العمود الرابع قد وضع على أساس أن الدبغ يجري بواسطة مواد نباتية وأن الجلود الناتجة لعمل الفعل فقط. أما العمود الخامس فقد وضع على أساس أن الدبغ يجري بواسطة الكروم وأن الجلود الناتجة تستعمل لكافة الأغراض (عادة تعالج جلود البقر بهذه الطريقة).

أما كمية المياه اللازمة في مصانع الدباغة في أمريكا فهي كما يلي:

الجدول (7-19) كمية المياه المستهلكة في الدباغات وفقاً لنوع الجلد المدبوغ

للجلود الثقيلة	46.7 ل/كغ
جلود خفيفة (أحدية)	111.7 ل/كغ
جلود خفيفة - الدبغ بمواد نباتية	57.5 ل/كغ
جلود خفيفة - الدبغ بالكروم	228 ل/كغ

تخسر الجلود الخام أثناء معالجتها حوالي 40% من وزنها على شكل قطع لحمية أو شعر ويشكل الشعر 40% من هذه الكمية، وتسهلاً لمعالجة المياه التي تحتوي هذه الفضلات يجب تخليص المياه منها أثناء مراحل الإنتاج المختلفة بحيث لا يسمح إلا للقطع الصغيرة منها بالاختلاط بمياه المعالجة، وذلك أنه يمكن الاستفادة من القطع الكبيرة في صناعة الفراء وإذا سمح لهذه القطع بالاختلاط بالمياه فإنها تترسب في أحواض الترسيب مع الوحل وتختلط معه ويصعب فصلها عنه الأمر الذي يجعل الاستفادة منها متعذراً كما أنه يولد كثيراً من الأضرار الصحية، إذ إننا نضطر إلى إلقاءها مع الوحل حيث تتفسخ وتسبب الروائح الكريهة وتساعد على انتشار الأمراض.

إن التخلص من الشعر والقطع اللحمية الصغيرة التي يسمح باختلاطها بمياه المعالجة عملية صعبة، ويمكن فصل هذه المواد عن مياه المعالجة بواسطة مناخل دقيقة ولكن سرعان ما تنسد ثقب هذه المناخل وتصبح بحاجة إلى تنظيف ولذلك يفضل استخدام شبك معدنية غير قابلة للصدأ تتراوح سعة فتحاتها بين 3-6مم وتغسل هذه الشباك وتنظف من وقت لآخر.

أما القطع الصغيرة جداً التي تستطيع أن تمر من خلال ثقب الشباك فنذهب إلى أحواض الترسيب حيث تترسب هناك مع الأوحال.

إن المعالجة بالأحواض المركزة فعالة في التخلص من الشعر والفضلات الأخرى وقد سميت هذه الأحواض بالمركزة نظراً لاحتوائها على نسبة كبيرة من الكبريتات التي تعمل على تحليل الشعر. وقبل طرح المياه الناتجة عن هذه الأحواض يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة ومعالجة موضوع المواد الدابغة التي توجد فيها بشكل مركز، ذلك أن طرح المياه بما فيها من أملاح ومواد دابغة

يؤدي أولاً إلى تلويث مجاري المياه العامة وثانياً إلى خسارة المواد الدابغة التي يمكن استعمالها من جديد. وتلافياً لذلك يجب تخليص مياه الأحواض المركزة من المواد الدابغة ويتم ذلك بتخثير هذه المواد أولاً ومن ثم ترشيح المياه وتعالج المواد الدابغة الناتجة عن هذه العملية بالحموض كحمض الكبريت حيث يمكن استعمالها بعد ذلك في عملية دبغ الجلود من جديد.

تشكل المواد الدابغة لمعالجة الجلود ما يقارب $\frac{1}{2}$ الجلود وزناً وإن (30%) من هذه الكمية تذهب مع المياه المستعملة إذا لم تعالج بطريقة مناسبة.

إن كمية الكروم المستعملة للدباغة هي (5-8 غ/ل) وتنقص هذه الكمية إلى النصف بعد اتمام عملية الدباغة. وحتى نستطيع تخثير الكروم المتبقي يجب إرجاعه إلى ثلاثي القيمة الاتحادية (ذلك أن الكروم يصبح سداسي القيمة الاتحادية أثناء عملية الدبغ).

ومن ثم تضاف كمية جديدة على الكروم المرجع حتى تصبح كميتها (5-8 غ/ل) من جديد وهو التركيز المناسب لعملية الدبغ.

وإذا طبقت هذه الطريقة بدقة فإنه يمكننا استعمال الكروم للدبغ (7) مرات متتالية كما أن كمية الكروم التي تذهب مع المياه الملوثة لا تزيد عن كغ لكل 1000 كغ من الجلود ومما تجدر ملاحظته أن أملاح الكروم الثلاثية أقل سمية من مركبات الكروم السداسية التي لا يسمح بحال أن تلقى في مجاري المياه العامة.

إن تخثير الكروم يتم بإضافة محلول قلوي يؤدي إلى ترسيب ماءات الكروم التي تعالج بحمض الكبريت ونحصل على المحلول الدابغ الجديد. وبما أن ماءات الكروم تحوي كمية كبيرة من الماء فأنا نعمل عادة على وضعها بمصافي شبيهة بالمصافي المستعملة في مصانع السكر وذلك للحصول على محاليل دابغة مركزة.

7-9-2- مراحل العمل في عمليات الدباغة بالكروم:

أ- تخزين الجلود وإعدادها في المعمل وتشمل على:

- 1- التصنيق (sorting).
- 2- التشذيب (trimming).
- 3- المعالجة والتخزين (curing and storing).
- 4- النقع (soaking).
- 5- إزالة الشعر ومعالجة الجلود بالكلس (unhairing and liming of) (bovine hides).
- 6- دهن ومعالجة جلود الغنم بالكلس (painting and liming of) (sheepskins).
- 7- المعالجة الميكانيكية (fleshing).
- 8- الانشقاق (splitting).

ب- عمليات الدبغ بالكروم وتشمل على:

- 1- إزالة الكلس (deliming).
- 2- القسر (الإتلاف الجزئي) (bating).
- 3- إزالة الشحوم والدهون (degreasing).
- 4- التغطيس (pickling).
- 5- الدباغة (tanning).
- 6- التصريف والتوضيع (draining, samming & setin).
- 7- الانشقاق (splitting).
- 8- الحلاقة (shaving).

ت- العمليات التي تحدث ما بعد الدباغة وتشمل على:

- 1- التعديل (neutralization).
- 2- القصر (bleaching).
- 3- إعادة الدباغة (retanning).
- 4- الصباغة (dyeing).

5- الترطيب بالدهن (fatliquoring).

6- التجفيف (drying).

ث- عمليات الإنهاء الميكانيكي وتشمل على:

1- عملية الإنهاء الميكانيكي.

2- عملية وضع المعطف الخارجي.

ج- عمليات الدبغ بالكروم وتشمل على:

1- إزالة الكلس (deliming):

الهدف من هذه العملية هو إزالة بقايا الكلس (الجير) من الفرو وجعل الجلد في وضع جيد من أجل العمليات اللاحقة وفي هذه العملية يحدث انخفاض تدريجي لـ pH وذلك بفعل وضافات للمواد الكيميائية النازعة للكلس وفي هذه العملية تنزع بقايا الجلد التالفة تنزع أيضاً.

2- القسر (الإتلاف الجزئي) (bating):

وهي العملية التي يحدث فيها إتلاف جزئي للمواد البروتينية غير الكولاجينية (NON-collagenic) وتنجز هذه العملية بواسطة أنزيمات خاصة لإزالة طبقة رقيقة من الجلد وفي هذه العملية تزال بقايا الجلد الرقيقة القابلة للانفصال تزال أيضاً ويمكن إنجاز هذه العملية بواسطة أملاح الأمونيا مما يجعل الجلد ناعم الملمس وذا مسامات أكثر.

3- إزالة الشحوم والدهون (degreasing):

إن الشحوم الزائدة يجب أن تزال من جلود (الماشية - الخنزير) لمنع تشكيل طبقات من الكروم غير المنحل وللمنع تشكيل طبقات الشحوم في المراحل اللاحقة. لأن عملية نزع الشحوم ذات علاقة كبيرة بجلود الغنم حيث إن وزن الشحوم يشكل (10-20%) من الوزن الجاف للجلد.

○ وهناك ثلاث طرق لإزالة الشحوم وهي:

- إزالة الشحوم في وسط مائي مكون من المواد العضوية المذابة ومن مواد معالجة للسطح عديمة الشحنة.

- إزالة الشحوم في وسط مائي من مواد معالجة للسطح عديمة الشحنة فقط.

- إزالة الشحوم في وسط مائي مذيبات خاصة.

4- التغطيس (pickling):

تنجز هذه العملية من أجل تخفيض قيمة pH الجلود وذلك قبل إجراء عملية الدباغة سواءً الدباغة بالكروم أو الدباغة بالمركبات ذات الأصل الخضري أو الدباغة بغوليتير دياألدهيدات (gluter dialdehyde) إن زمن التغطيس يعتمد على العمليات اللاحقة التي سوف تجرى على الجلد وغالباً ما تجرى الدباغة بالكروم لأن زمن التغطيس يكون قصراً حوالي عدة ساعات بينما في حالة الدباغة بالمواد ذات الأصل الخضري فإنه يصل لعدة أيام.... وفي عملية التغطيس يجب أن تضاف مبيدات فطرية لحماية الجلد من نمو الفطريات في العمليات اللاحقة.

5- الدباغة (tanning):

في عملية الدباغة تثبت ألياف الكولاجين وذلك بوسائط الدباغة حيث أن الجلود سريعة التعفن حيث يتم تثبيت ألياف الكولاجين عبر عمليات الارتباط لوسائط الدباغة ولذلك فإن الألياف تصبح مقاومة للعمليات الميكانيكية لزيادة الحرارة.

إن وسائط الدباغة المستخدمة يمكن تصنيفها في ثلاثة أبواب رئيسية:

- دباغات معدنية.

- دباغات ذات الأصل الخضري.

- دباغات بديلة وتقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

● ألدهيدات.

● الدباغات الزيتية.

● وسائط الدباغة سنتانس (syntans).

إن وسائط الدباغة الخضرية ذات التركيب المعدني (الكروميه) هي الأكثر انتشاراً.

6- التصريف والتوضيع (draining, samming & settin):

بعد عملية الدباغة يجفف الجلد لتقليل محتوى الرطوبة فيه وذلك قبل إجراء العمليات الميكانيكية اللاحقة عليه. وإن عملية التوضيع (setting) يمكن أن تجري من أجل شد الجلود وبعد هذه العملية يمكن تخزين الجلود من أجل إجراء العمليات اللاحقة عليه أو بيعه.

7- الفصل (splitting):

إن وظيفة هذه العملية هي فصل طبقة رقيقة من الجلد من أجل الحصول على سماكة محددة وإن عملية القسم يمكن أن تنجز قبل عملية الدباغة أو بعد الصباغة.

8- الحلاقة (shaving):

وفي هذه العملية يتم الحصول على سماكة محددة من الفرو فوق الجلد ويمكن أن تجري هذه العملية على الجلد المدبوغ أو غير المدبوغ.

7-9-3- الاستهلاك المائي في دباغة جلود الخرفان ومقدار التلوث:

يختلف الاستهلاك المائي في عملية دباغة جلود الخرفان من صناعة من بلد لآخر ومن منشأة لأخرى وذلك تبعاً للخط التكنولوجي، ولكن بشكل عام كل 1 كغ من الجلد الخام يحتاج إلى 60-80 ليتر ماء (من أجل الدباغة فقط دون تصنيع)، أما مقدار كمية الملوثات الناتجة عن الدباغات لكل 1 طن من الجلد الخام فهو مبين في الجدول رقم (7-20).

الجدول (7-20): كمية الملوثات الناتجة عن 1 طن من دبغ الجلد الخام

البارامتر	الحمولة (كغ/طن من الجلد الخام)
ss	150-130
BOD5	100-80
COD	260-200
S ²⁻	9-7
Cr ³⁻	6-4
SO ₄ ²⁻	30
NaCL	350-250
OIL and grease	20-15

7-9-4- معالجة مياه الصرف الناتجة عن الدباغات:

إن التراكيز الوسطية لمؤشرات مياه الصرف الصناعي الملوثة الناتجة عن صناعة الدباغات مبينة في الجدول رقم (7-21):

الجدول (7-21): مجال التراكيز لأهم مؤشرات مياه الصرف الصناعي الملوثة

البارامتر	التركيز (ملغ/ل)
Ss	(1500-3500) تقريباً 1750
BOD5	1000-3000
COD	1500-8000
S ²⁻	300-100
Cr ³⁻	(0-5000) تقريباً 60
SO ₄ ²⁻	380-2000
NaCl	1000-3000
Oil and greases	50-400
pH	4-12 تقريباً 8
TDS	3000-12000
NH ₄ ⁺	100-800

بشكل عام تمر مراحل المعالجة لمياه الصرف الناتجة عن الدباغات بالمراحل التالية:

- المعالجة الميكانيكية: وتتألف من المصافي بجميع أنواعها (الخشنة- الناعمة....) ومن أحواض كشط الشحوم والدهون، وبصورة عامة يجب أن تتوفر الشروط التالية في محطات التصفية الميكانيكية:
 - 1- فصل المياه المستخدمة لعمليات الدباغة وتجميعها لوحدها.
 - 2- أن تخلص المياه أولاً من المواد الخام من شعر ولحم.
 - 3- أن يرجع الكلور لاستخدامه في عمليات التصفية ثانية.
 - 4- أن لا يلقى في المصب إلا المياه المعالجة وغير المضرة.
 - 5- وتتم عملية التصفية بصورة عامة كما يلي:
- يزاح الشعر بواسطة مناخل تغسل باستمرار بمياه نظيفة تذهب إلى المرسب.
- تخلط المياه الأساسية مع المياه الحمضية ومن ثم تذهب إلى المرسب العام حيث تبقى هناك من 2.5-3 ساعة وينظم الجريان إلى حوض الترسيب بواسطة انقطاع العمل.
- المعالجة الفيزيوكيميائية: وتشمل على أحواض توازن ومعادلة وأكسدة وخصوصاً لشاردة الكبريدات وتحويلها إلى شاردة الكبريتات. وكذلك تشمل على أحواض التخثير والترويب ثم الترسيب.
- المعالجة البيولوجية: وتهدف إلى إزالة المحتوى العالي من المواد العضوية الغروانية وتهدف أيضاً إلى التترجة وإلى إزالة النتروجين... وأشهر طريقة مستخدمة للمعالجة البيولوجية لمياه صرف الدباغات هي الحمأة المنشطة.
- ملاحظة: تفصل الحمأة الناتجة عن عمليات المعالجة البيولوجية عن الحمأة الناتجة عن عمليات المعالجة الفيزيوكيميائية وذلك لاحتواء الحمأة الناتجة عن المعالجة الكيميائية على معادن ثقيلة (كروم - معادن ثقيلة موجودة في الأصبغة....).

إذاً الأقسام الرئيسية لمحطة معالجة مياه صرف الدباغات من الممكن أن تكون كما يأتي:

- (1) المصافي الخشنة والناعمة.
- (2) أحواض الترسيب الأولي.
- (3) أحواض التعديل والتوازن.
- (4) غرفة الضخ.
- (5) أحواض إزالة الشحوم والدهون.
- (6) معالجة كيميائية لإزالة الكروم أو استعادته.
- (7) نظام معالجة الحمأة الناتجة عن المعالجة الكيميائية.
- (8) أكسدة هوائية لأكسدة الكبريدات وتحويلها إلى كبريتات وتحويل الأمونيا إلى نترات ونترت.
- (9) معالجة بيولوجية لإزالة المواد العضوية ذات التركيز العالي.
- (10) أحواض الترسيب النهائي.
- (11) نظام معالجة الحمأة الناتجة عن المعالجة البيولوجية.

7-9-5- المعالجة البيولوجية لمياه صرف الدباغات:

إن معالجة المياه الناتجة عن الدباغات ميكانيكياً فقط لا تعطي في كثير من الأحيان درجة التنقية المطلوبة ولا بد في هذه الحالة من معالجة إضافية للحصول على النتائج المتوخاة ويكون ذلك بالمعالجة البيولوجية.

لقد وجد أن استخدام المياه المعالجة بالترسيب الميكانيكي في الري والاستفادة من عملية الترشيح التي تقوم بها التربة الزراعية للمياه غير عملي ذلك أن مسامات التربة الزراعية سرعان ما تنسد وتشكل فوق التربة الزراعية طبقة من الحمأة المشبعة بالمياه إضافة إلى ذلك فإن المياه المعالجة بالترسيب الميكانيكي فقط تحوي كثيراً من الجراثيم.

إضافة إلى ذلك فإن المياه المعالجة بالترسيب الميكانيكي فقط تحوي كثيراً من الجراثيم الضارة التي تلوث المحاصيل الزراعية وتجعل استهلاكها من قبل الإنسان خطراً.

ولذلك فإن الاعتماد على المعالجة البيولوجية التي تتم بالترشيح عبر مسامات التربة الزراعية غير وارد في مجال معالجة مياه الدباغات
لقد تمت تجارب عديدة لتنقية المياه في الأحواض البيولوجية التي تستخدم فيها الحمأة المنشطة أو التي تعمل كخميرة تساعد في الإسراع في إتمام عملية التفسخ وعادة تستخدم التهوية الميكانيكية في هذه الأحواض للحصول على النتائج المطلوبة.

وفي ألمانيا تم خلط مياه الدباغات مع مياه المجاري المنزلية بنسبة 1-2 ومن ثم تمت معالجة الخلط في أحواض بيولوجية تعمل بالتهوية الميكانيكية وتم الحصول على نتائج مرضية نتيجة لذلك وعلى كل حال فمن الأحسن أن تعالج مياه الدباغات بالتخثير والترسيب مسبقاً وقبل وقبل خلطها بمياه المجاري المنزلية.

إن وجود المواد العضوية يسبب تشكل حمض الفحم وأن ذلك يؤثر على قيمة pH ويخفضها وبما أن تنظيم الـ pH وإبقائه مرتفعاً عامل مهم في الحصول على درجة المعالجة المطلوبة فبدل أن تكون فترة التهوية كافية وطويلة أي حوالي 12 ساعة يمكن أن تكون أقصر باستخدام الهواء حيث أن كمية الهواء 20-25 م³ هواء لكل 1م³ من الماء.

وإن الجدول (7-22) يبين الملوثات الناتجة عن عمليات الدباغة المختلفة كما يبين الجدول رقم (7-23) المعايير الخاصة بمواصفات مياه الصرف المعالجة لصناعة دباغة الجلود في عدد من دول العالم، كما يبين الجدول (7-24) بعض المواصفات القياسية لمواصفات مياه الصرف الصناعي المسموح تصريفها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي، كما يبين الجدول (7-25) أداء محطات معالجة مياه صرف الدباغات، والأشكال الآتية تبين مخططات صندوقية لاتجاه الجريان في عدة محطات معالجة مياه صرف دباغات في العالم.

الجدول (7-22): يبين الملوثات الناتجة عن عمليات الدباغة المختلفة

الميزات	الانبعاثات الغازية	الفضلات	مياه الصرف	المخلفات	العملية
		قطع من الجلد أملاح	عمليات التخزين والإعداد قبل المعالجة		التشذيب trimming الإعداد والمعالجة Curing&storing
الملوثات تعتمد على نوع عملية (القشط باستخدام الكلس أو أي طريقة أخرى - تنتج بقايا للشحوم و الدم عن هذه العملية			BOD ₅ , COD مواد منحلّة ناتجة عن الشحوم	1. أملاح 2. طاقة للتبريد والتخفيف 3. مبيدات مياه	القشط الميكانيكي للمواد العضوية على الجلد FLESHING
			BOD ₅ , COD, SS, AOX أملاح - تروجن - مبيدات	1. مياه 2. تروجات 3. سمير كلوريد الصوديوم 4. أنزيمات 5. مبيدات	التقع SOAKING
	إطلاق روائح وكبريتات	شعر جمأة ناتجة عن وجود الكلس	كبريتات BOD ₅ , COD, SS, DS قلويات - PH- NH ₄ -N مبيدات	مياه - كلس وقلويات كبريتات - ثيو الكحول أنزيمات - منظفات - مواد معالجة للسطح	المعالجة بالكلس ونزع الشعر (liming and unhairing)

ملاحظة: عملية القشط الميكانيكي للمواد العضوية على الجلد يمكن أن تنجز قبل أو بعد عملية المعالجة بالكلس أن عملية الانشقاق يمكن أن تتم مع عملية المعالجة بالكلس أو مع دباغة الجلود.

الميزرات	الانبعاثات الغازية	الفضلات	مياه الصرف	المدخلات	المخارج	العملية
وجود الكبريتات PH مرتفع =12(تقريباً)	الانبعاثات الغازية	كلس بقايا الجلود	كبريتات BOD ₅ , COD, SS, DS قلويات - PH - NH ₄ -N - مبيدات كبريتات	مياه	مياه	الإعداد بعد إزالة الشعر Rising after unhairing
الميزرات	الانبعاثات الغازية	الفضلات	مياه الصرف	المدخلات	المخارج	العملية
NH ₄ -N يعتمد على طريقة توزيع الكلس قبل المعالجة حيث يستخدم أحياناً H ₂ O ₂ أو أكاسيد الصوديوم	- إصدار روائح - NH ₃ - H ₂ S - غبار من عملية القسر (BATING)		كبريتات - BOD ₅ , COD, DS أملاح الكالسيوم و خصوصاً CaSO ₄ - PH - NH ₄ -N, TKN	مياه حموض عضوية وغير عضوية أملاح - CO ₂ - أزوتات	مياه مياه	نزع الكلس قسرياً delimiting/bating
هدروكربونات مكلورة أو غير مكلورة			كبريتات - BOD ₅ , COD, DS أملاح الكالسيوم و خصوصاً caso4 pH - NH ₄ -N, TKN	مياه مياه	مياه مياه	نزع الكلس قسرياً delimiting/bating
			- BOD ₅ , COD, DS, SS - أملاح PH - منخفض - مبيدات للفطريات	مياه مياه	مياه مياه	نزع الكلس قسرياً delimiting/bating

الميزات	الانبعاثات الغازية	الفضلات	مياه الصرف	المدخلات	العملية
مبيات فطرية - إضافة H_2O_2 ضرورية	إصدار روائح - H_2S أبخرة حامضية	سوائل الدباغة بقايا الجلود نتيجة خطأ في العمليات	BOD ₅ , COD, DS, SS - pH منخفض - مبيات للفطريات - كروم	مياه خموض عضوية وغير عضوية	التعطيس PICKLING
السمية نتيجة الدباغة بسبب وجود الدهيدات ووسائط معددة			BOD ₅ , COD, DS, SS PH منخفض للفطريات مركبات معدنة	مياه - أملاح وخموض عضوية وغير عضوية - مركبات معدنة - مبيات فطرية - أملاح قلوية	الدباغة TANNING
			BOD ₅ , COD, DS, SS - pH منخفض - مبيات للفطريات مركبات معدنة	مياه	القسر RISING
			BOD ₅ , COD, DS, SS - pH منخفض - مبيات للفطريات مركبات معدنة	مياه أملاح وخموض عضوية وغير عضوية - مركبات معدنة مبيات فطرية - أملاح قلوية	التخفيف والتوضيح Sitting draining & samming
السمية نتيجة الدباغة بسبب وجود الدهيدات ووسائط معددة		سوائل الدباغة بقايا الجلود نتيجة خطأ في العمليات	BOD ₅ , COD, DS, SS PH منخفض مبيات للفطريات مركبات معدنة	إعادة الدباغة reanning	

المياه	الانبعاثات الغازية	المضلات	مياه الصرف	المداخلات	المصيبة
الوراجب تحيقها تعتمد على الشروط البيئية	تبعا للطريقة المعالجة روائح (H_2S) (NH_4)	الغازات الرطب- مواد محجوزة- غبار		وأسس - من أجل ترطيب جهاز فصل المواد الصلبة من الغازات	منع تلوث مياه الصرف
أن كفاءة معالجة المياه وموافقات الراجب تحيقها تعتمد على الشروط البيئية		حماة - مواد خشبية مواد ناعمة من المرشحات (إن وحدات)	حسب تركيب النفايات	طاقة و سائط المعالجة	معالجة النفايات

ملاحظة: عملية القشط الميكانيكي للمواد العضوية على الجلد يمكن أن تنتج قبل أو بعد عملية المعالجة بالكلس يمكن أن تتم مع عملية المعالجة بالكلس أو مع دباغة الجلود.

الجدول (7-23) المعايير الخاصة بمواصفات مياه الصرف المعالجة لصناعة دباغة الجلود
في عدد من دول العالم

البرازيل	فرنسا	ألمانيا	هولندا	الهند	إيطاليا	اليابان	نيوزلندا	بريطانيا	USA	البرامير (طليج ل)
8.5-6.5	8-5.5	8.5-6.5	10-5	9.5-5.5	9.5-5.5	5-4	9-6.5	9-6	9-6	pH
30	30	أقل من 30	30	30	25	30	30			TC ⁰
25	200-40	**25	30	30	40	160	10	130-20	40	BOD5
200		***250	250	250	160	160				COD
	100-30			100	80	300		50-30	60	SS(معلق)
0.1	2	**2		2	1		30-10			S ²
	1	*0.5		2				5-2		Cr ³
0.1	0.1	*1			0.2			0.1		Cr ⁶
					2	2	0.16		1	Cr(total)
					1200		400-200		4000	Cl ¹
				1000	1000		200-100			SO ₄ ²⁻
	80-15	10			15			100		NH ₄ ⁺
	60-10						10			TKN
0.5		0.5								AOX
20			50-8		20	50				OIL/GREASE

الجدول رقم (7-23) المعايير الخاصة بمواصفات مياه الصرف المعالجة لصناعة دباغة الجلود في عدد من دول العالم

* وذلك للتدفق الخارج قبل أن يتم مزجه مع التدفق الخارج من العمليات الأخرى لعمليات الدباغة وفي حال تم مزج فإن القيم أعلاه تصبح أقل وفقاً لنسبة الخلط.

** 25 أو نسبة إزالة 97.5%.

*** 250 أو نسبة إزالة لا تقل عن 90%.

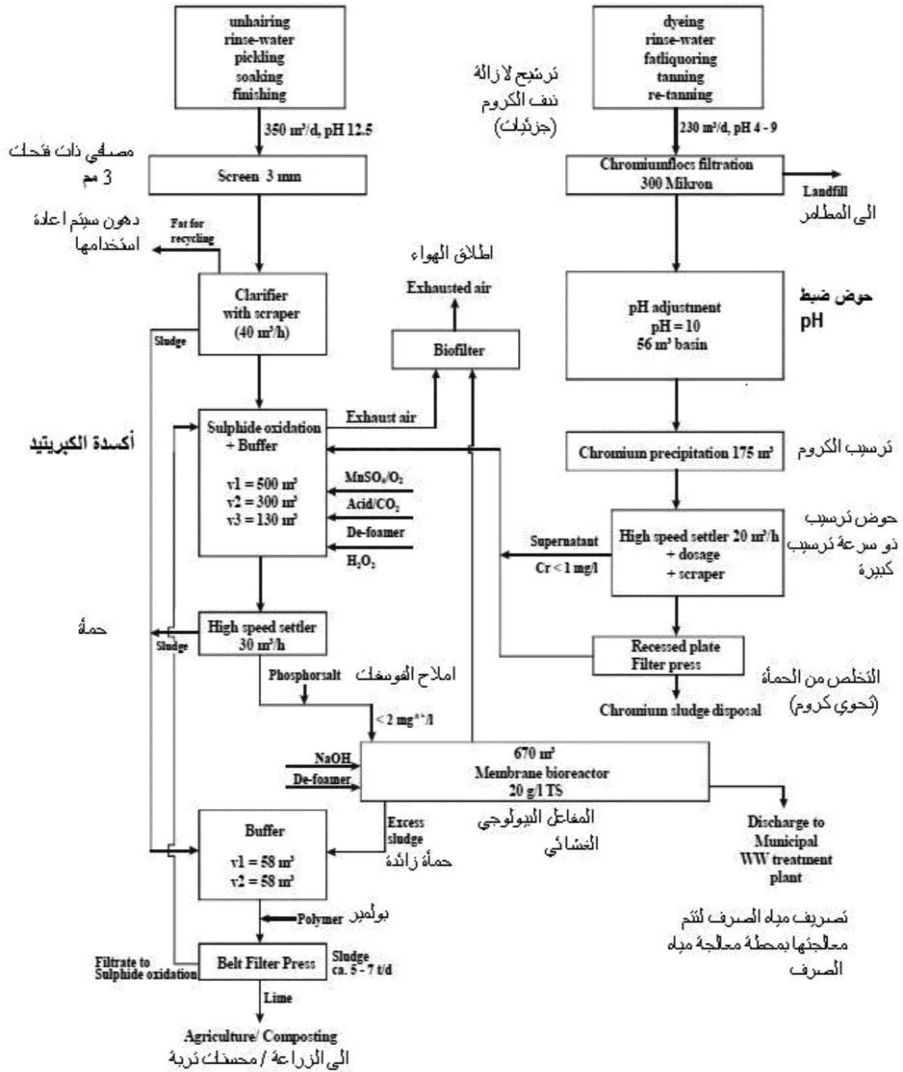
- * وذلك للتدفق الخارج قبل أن يتم مزجه مع التدفق الخارج من العمليات الأخرى لعمليات الدباغة وفي حال تم مزج فإن القيم أعلاه تصبح أقل وفقاً لنسبة الخلط.
- ** 25 أو نسبة إزالة 97.5%.
- *** 250 أو نسبة إزالة لا تقل عن 90%.

7-9-6- بعض التجارب لمحطات معالجة لمياه الصرف الصناعي للدباغات:

من المفيد دوماً عند دراسة وتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصناعي الاطلاع على التجارب العالمية الموثوقة في هذا المجال، فهذا المجال ليس بجديد فمنذ ما يقارب الـ 50 سنة بدأت الدول المتقدمة بمعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي، وإن الأشكل (7-4) حتى (7-8) تظهر مخططات الجريان لعدد لا بأس به من محطات معالجة مياه صرف الدباغات، ويبين الجدول (7-24): بعض المواصفات القياسية لمواصفات مياه الصرف الصناعي المسموحة تصريفها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي.

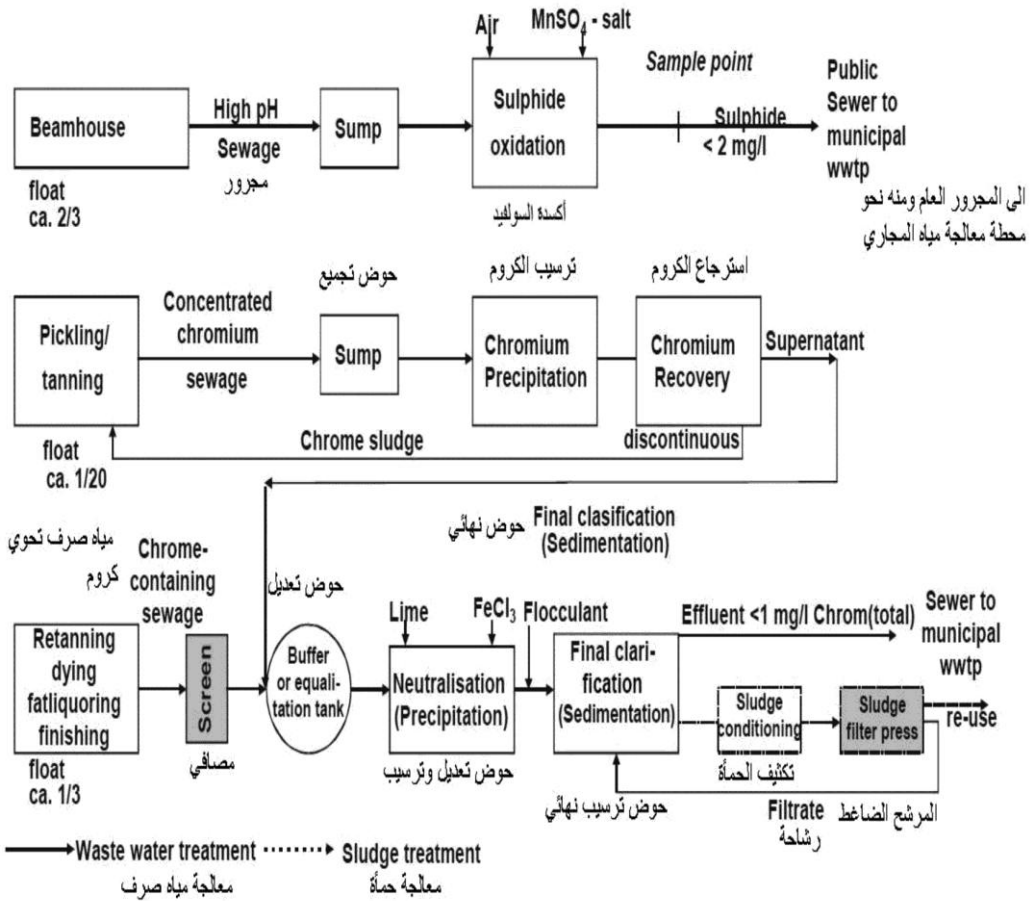
وإن أداء محطات معالجة مياه صرف الدباغات هذا الجدول تم وضعه بناء على مسوحات كثيرة أجريت في عدد من الدول الاوربية وقام بهذه المسوحات الاتحاد الأوربي/البرنامج المتكامل لمنع التلوث عام 2003 EUROPEAN COMMISSION Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)، مبين في الجدول (7-25).

II.3. Bayern-Leder-GmbH, Neutraubling



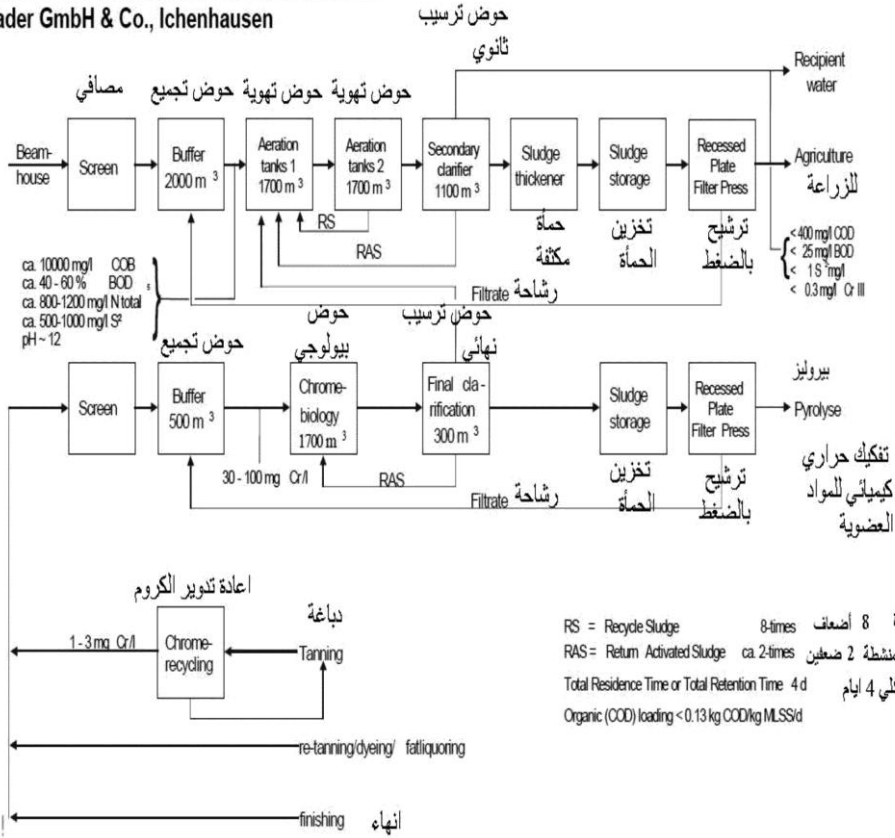
الشكل (4-7): مخطط صندوقي لمحطة معالجة مياه صرف للديباغات منفذة وتصريف مياه الصرف المعالجة إلى المجزور العام الواصل إلى محطة معالجة مياه الصرف المنزلي

II.2. Firma Gmelich und Söhne, Grossbottwar. Conventional tanning of bovine hides to upholstery leather



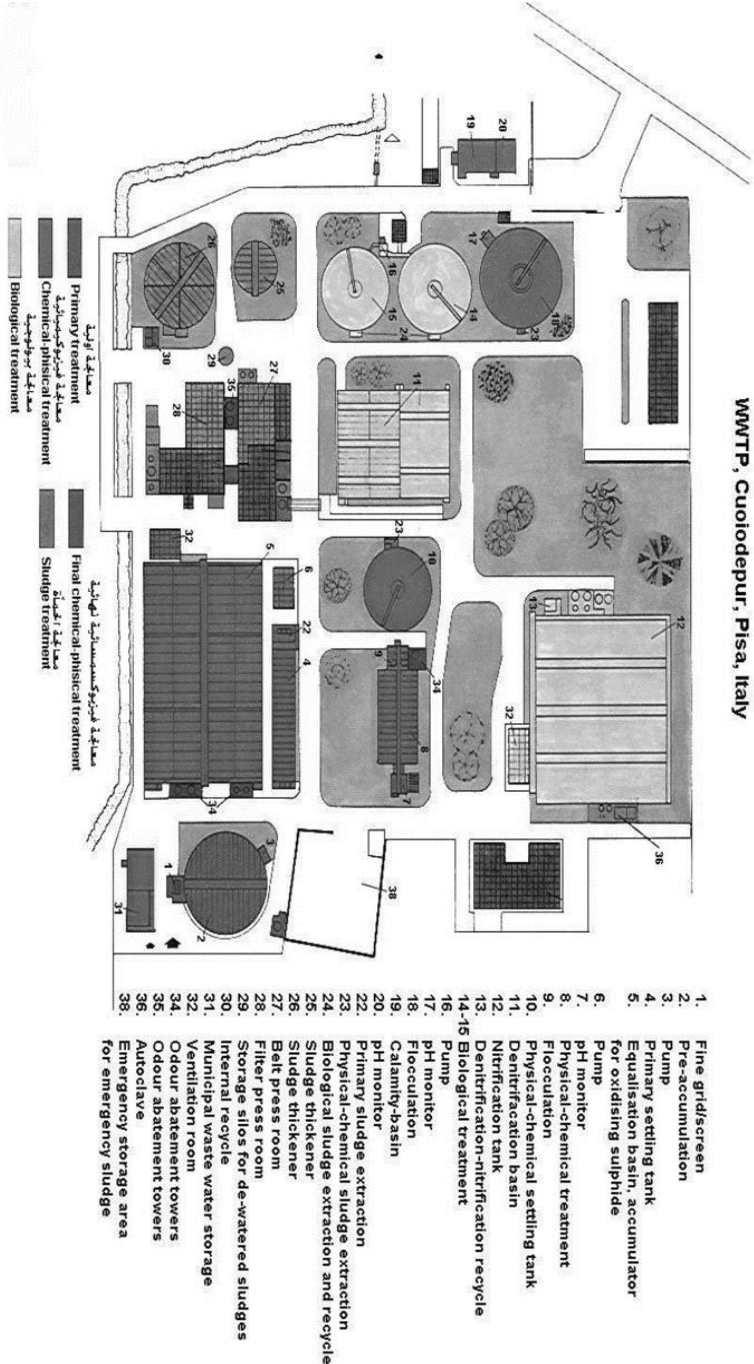
الشكل (5-7): مخطط صندوقي لمحطة معالجة مياه صرف للدباغات منفذة وتصرف مياه الصرف المعالجة إلى المجرور العام الواصل إلى محطة معالجة مياه الصرف المنزلي

ANNEX II: WASTE WATER TREATMENT PLANTS
II.1 Bader GmbH & Co., Ichenhausen



الشكل (6-7): شكل يبين اتجاه الجريان لمحطة معالجة مياه صرف للدباغات

WWTP, Cuoiodepur, Pisa, Italy



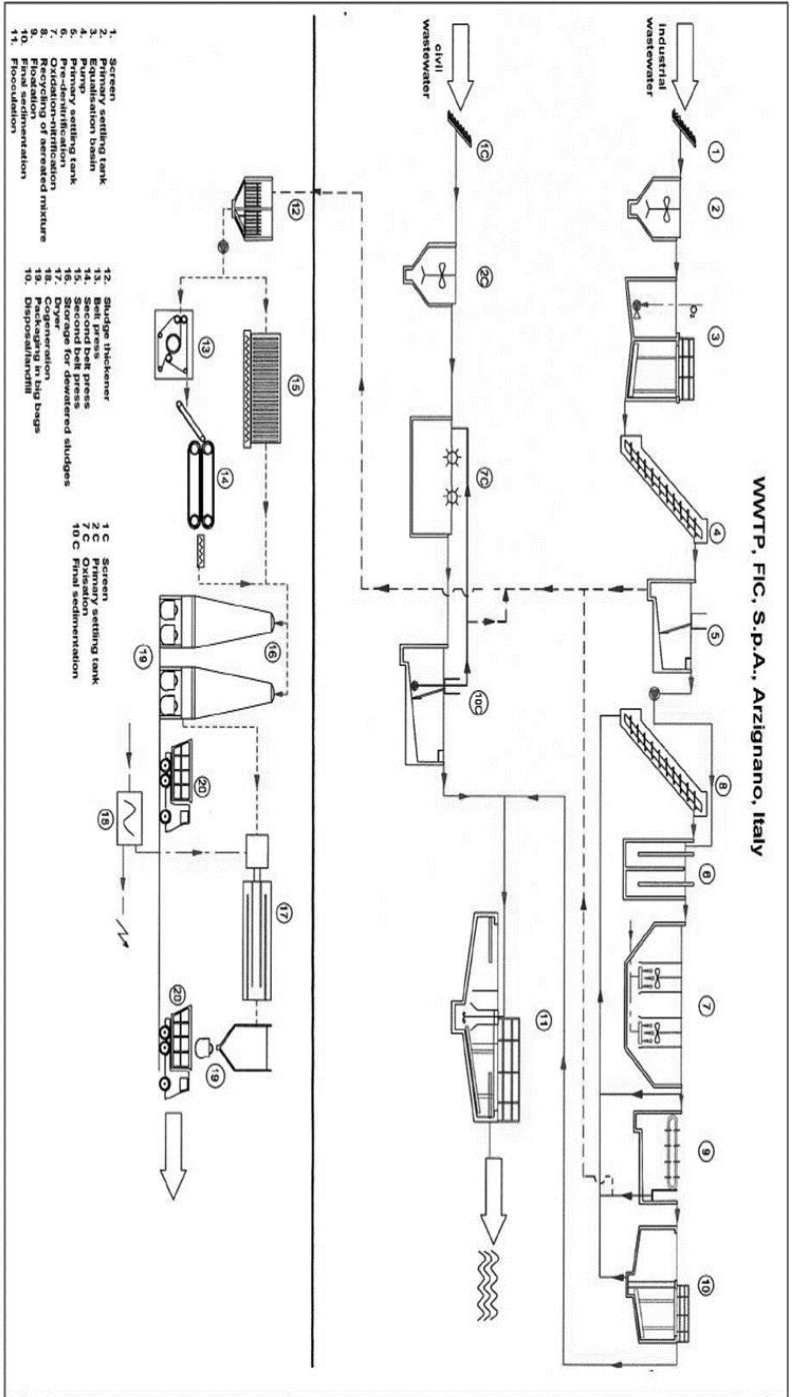
- 29. مستودعات الحمأة الجافة
- 30. دورة باخلية
- 31. خزانات تخليق مياه الصرف اللزج
- 32. خزنة الهوائية
- 34. أبراج منع الروائح
- 35. جهاز أوتوكلاف
- 36. منطقة تخزين الحمأة في الحالات الاستثنائية

- 14-15. معالجة بيولوجية
- 16. محطبات
- 17. مضطرب EFT
- 18. نخل بديك
- 19. حوض طوارئ
- 20. حوض PH
- 22. القنصل الأول للحمأة
- 23. سحب الحمأة البيولوجية
- 24. سحب الحمأة البيولوجية وإعادة التدوير
- 25. تحطيف الحمأة
- 26. خزنة الحزام المضطرب للحمأة
- 27. خزنة الرش المضطرب للحمأة
- 28. خزنة الرش المضطرب للحمأة

- 1. مصافي ذات فتحات صغيرة
- 2. حوض تجميع
- 3. محطبات
- 4. حوض ترسيب ألي
- 5. حوض قلبي
- 6. محطبات
- 7. معالجة فيزيوكيميائية
- 8. تحطيف الحمأة
- 9. حوض إزالة الشوائب
- 10. حوض إزالة الشوائب
- 11. حوض إزالة الشوائب
- 12. حوض إزالة الشوائب
- 13. حوض إزالة الشوائب

الشكل (7-7): صورة موقع عام لمحطة معالجة مياه صرف دباغات منفذة في إيطاليا

WWTP, FIG. S.P.A., Arzignano, Italy



الشكل (7-8): مخطط يبين عمليات المعالجة لمحطة معالجة مياه صرف دباغات منفذة في إيطاليا

الجدول (7-24): بعض المواصفات القياسية لمواصفات مياه الصرف الصناعي المسموحة
تصريفها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي

أستراليا	برازيل	دانيمارك	فرنسا	ألمانيا	هكاري	إيطاليا	هولندا	نيوزلاندا	سويسرا	بريطانيا	أمريكا	المؤشر (ملغ/ل إلا إذا ذكر خلاف ذلك)
9.5-6.0	9.0-5.0	9.0-6.5	9.0-6.5	35>	10.0-6.5	9.5-5.5	10.0-6.5	9.0-6.0	9.5-6.0	10.0-6.0	10.0-6.0	pH units
30	40	35	30	1000		250	30	55	40	40		Temperature °C
no limits			1000	no limits		500	no limits		6000-3000			BOD ₅
no limits			500	no limits	75	200	200-100		1000-500			COD
2.0	5.0			*2.0	1.0	2.0	2.0	5.0-1.0	1.0	5.0	24	Susp. solids
	5.0				5.0				2.0	20-10	19-8	Sulphide
0.1				*0.5	1.0	0.2	0.0					Chrome (VI)
3.0		2.0		*1.0		4.0	2.0	50-5.0				Chrome (III)
						1200	600					Chrome total
						400	300		300	-1000		Chloride
						1000	300			1200		Sulphate
					200	30						Ammonia
				no limits								TKN
	100			100	60	40	200-20					Oil/grease

* وذلك للتدفق الخارج قبل أن يتم مزجه مع التدفق الخارج من من العمليات الأخرى لعمليات المداغة وفي حال تم مزج فإن القيم أعلاه تصبح أفضل وفقاً لنسبة الخلط.

الجدول (7-25) يبين أداء محطات معالجة مياه صرف الباطحات

المؤشر	المواد الصلبة العالقة		الكروم		سوفيد		نيتروجين كالدال		الناتجة MS	اللون % P-Co unit	الحملة المنسجة كجاف/طن من الجلد المدبوغ	معالجة تجميلية
	OD	BOD5	الكروم	سوفيد	نيتروجين كالدال	اللون % P-Co unit						
40-20												إزالة الأيونات والشحوم بالخواص المضغوطة
10				10-2		10						أكسدة الكبريتات بواسطة الكلور
												ترسيب الكروم
												معالجة أولية
35-25		35-25		30-20			35-25				80	مرج و ترسيب
65-50		65-50		5-2		10-2	50-40				200-150	مرج ومعالجة كيميائية وترسيب
75-55		75-55		5-2		5-2	50-40				200-150	مرج ومعالجة كيميائية ونظيف
												معالجة بيولرجية
95-85		97-90		1>		1>	50	150			150-70 (1)	معالجة أولية أو كيميائية + تجوية مدينة
95-85		97-90		1>		1>	90-80	-30 60			150-130 (1)	معالجة أولية أو كيميائية + تجوية مدينة مع تجرحة وإزالة النيتروجين
90-80		95-85		1>		1>	50	80			140-100	معالجة أولية أو كيميائية + مستنقعات مهواة واختيارية
75-65		700-500		2>		0	30-20				100-60	معالجة لا هوائية بالمستنقعات المهواة أو مع 66% مياه صرف منزلي UASB

7-10- المصباغ:

تنتشر مصابغ القماش في أغلب بلدان العالم، وتتصدر مصر وسوريا مقدمة الدول العربية في مصابغ القماش والقطن والبولستير، وتتطلب صناعة الأنسجة كميات كبيرة من المياه وينتج عنها العديد من الملوثات. ويمكن أن تدخل الأصبغة إلى البيئة عبر المياه الناتجة عن عملية الصباغة أو تصنيع الصباغ. ويطلب عادة من الأصبغة أن تبدي درجة عالية من الثبات الكيميائي والضوئي وكذلك الثبات تجاه الغسيل المتكرر وتجاه التعرق. وبالتالي فإنه ينتج عن هذا الثبات هو أن ملونات المياه من بقايا الأصبغة تكون عادة صعبة التحلل في وحدات معالجة مياه المجاري وتتطلب معالجة خاصة لثلا تدخل إلى البيئة كمواد ملوثة. ويبين الجدول (7-26) مقدار انتقال الصباغ إلى المياه المصرفة من المصباغ وذلك تبعاً لنوع الصباغ ونوع القماش المصبوغ.

الجدول (7-26): يبين مقدار انتقال الصباغ إلى المياه المصرفة من المصباغ وذلك تبعاً لنوع الصباغ ونوع القماش المصبوغ

نوع الصباغ	نوع القماش المصبوغ	درجة التثبيت على القماش (%)	كمية الصباغ المفقود مع المياه المصرفة من عملية الصباغ (%)
حمضي	بولي أميد	80-95	5-20
أساسي	أكريليك	95-100	0-5
مباشر	قطني	70-95	5-30
مشتت	بوليستر	90-100	0-10
مركب معدني	صوفي	90-98	2-10
فعال	قطني	50-90	10-50
كبريتي	قطني	60-90	10-40
حوضي	قطني	80-95	5-20

ومن هذا الجدول نلاحظ أن إمكانية تسرب الصباغ إلى البيئة تكون في قمتها (50% من الصباغ المستعمل) عند صباغة النسيج القطني (الذي يشكل نسبة 50% من النسيج المستهلك على النطاق العالمي) باستعمال الصباغ المشتت (Disperse)، وإن من أهم الملوثات الموجودة في المياه المصرفة من صناعة الأصبغة ومن المصايغ هي: الزرنيخ والباريوم والكروميوم السداسي والكروميوم الثلاثي والحديد والرصاص والمنغنيز والزنك والسيلينيوم و COD, BOD5, OIL لون.. الخ.

7-10-1- تركيز الشوارد المعدنية في الصباغ:

إن تراكيز الشوارد المعدنية الأيونية يجب أن لا يزيد عن القيم التالية في الأصباغ المستعملة كما هو موضح في الجدول (7-27):

الجدول (7-27): تركيز الشوارد المعدنية في الأصباغ المستعملة في صباغة الأقمشة

الرمز	المعدن	التركيز الأعظمي المسموح في الصباغ ppm
Ag	الفضة	100
Cr	الكروم الكلي	100
Zn	الزنك	1500
Cu	النحاس	100
Ba	الباريوم	100
Hg	الفضة	4
Sn		250
Ni	النيكل	200
Se	سيلينيوم	20
Mn	منغنيز	1000
Fe	حديد	2500
AS	زرنيخ	50
CO	كوبالت	500
Sb		50
Cd	كادميوم	20
pb	رصاص	100

من الجدول (7-27) نجد مدى احتواء الأصبغة على معادن ثقيلة وبالتالي فإن مياه الصرف الناتجة عن المصانع تحتوي على معادن ثقيلة لذلك فيجب أخذ هذا الموضوع بعين الاعتبار عند تصميم محطات المعالجة الصناعية للمصانع، كما بعض الأصبغة تنتج تلوث عضوي معبراً عن بـ BOD5 كما هو إن كمية BOD5 الناتجة عن كل طن قماش مصبوغ موضحة في الجدول (7-28).

الجدول (7-28) كمية التلوث العضوي الناتج عن استخدام بعض الأصبغة

اسم الصباغ	كغ BOD5 لكل طن قماش
Vat dye	32-18
Naphthol	14
Direct	0.5
Sulfur	31

نلاحظ بأن أكثر الأصبغة تلويناً (من الناحية العضوية) هو الصباغ Vat dye وأقلها هو الصباغ Direct. وتقسم الأقمشة إلى ثلاث أنواع وذلك حسب طبيعة التكوين وآلية التحضير والصباغ وهي:

- 1- الأقمشة القطنية.
- 2- الصوف.
- 3- الأقمشة الصناعية (ريون - بوليستير...).

7-10-2- صفات المياه المصرفة من مصانع الأنسجة القطنية:

إن إنتاج الأقمشة المرتكز على النسيج القطني يمكن أن يقسم بشكل رئيس إلى أربع عمليات:

- التحضير:

قبل الصباغة تزال الشوائب من القماش الخام ثم تزال التغيرات ويصقل ويبيض في نفس الوقت. وبشكل أساسي فإنه يستعمل النشا وغيره من العجائن اللزجة الطبيعية كغراء للقماش الخام. وعلى كل حال فإن انتشار آلات النسيج عالية

السرعة قد جعل المواد الكيميائية مثل مادة (Polyvinyl alcohol) (PVA) هي الاتجاه السائد.

- الصقل:

هذه العملية تعطي المنتج بريقاً ورونقاً وذلك باستعمال هيدروكسيد الصوديوم بتركيز عالي. وهنا فإنه يصرف محلول شديد القلوية (pH = 14) والمياه المصرفة من عملية الصقل تحتاج إلى معادلة.

- الصباغة:

يصبغ القماش باستعمال الأصبغة (reactive) أو المشتتة (disperse) أو (indanthrene) أو غيرها من الأصبغة. والعملية بشكل عريض تقسم إلى فعالة ومشتتة وكبريتية واندانثرينية ونفثولية (naphthol) وذلك تبعاً للمنتج المستعمل وللقماش الخام المصبوغ. هذه الأصبغة تستعمل أنواعاً مختلفة من المواد الكيميائية.

- الإنهاء (finishing):

هذه العملية تنهي المنتج لأجل الاستعمال المطلوب. وهي تتضمن عدداً من المعالجات مثل التطرية (softening) أو جعل المنتج كتيماً للماء أو مثبّطاً للهب (مقاوماً للإحتراق) أو جعل المنتج أكثر متانة وغيرها من العمليات. وإن هدف هذه العملية هو إعطاء المنتج المظهر اللائم والوظيفة اللازمة له. وهكذا فإن أنواعاً مختلفة من المواد الكيميائية والرزيئات يمكن أن تستعمل لهذا الغرض كالسيليكون والأكرليك والفلوراتين والاوريثان. وإن من أهم الملوثات الموجودة في المياه المصرفة من صناعة الأصبغة ومن المصابغ هي:

الزرنيج والباريوم والكروميوم السداسي والكروميوم الثلاثي والحديد والرصاص والمنغنيز والزنبق والسيلينيوم وCOD, BOD5, OIL ولون وإن الجدول (6-29) يبين نس التلوث العضوي ونسب استهلاك المياه المستخدمة في بعض مراحل صباغة القطن.

الجدول (7-29) يبين نسبة التلوث العضوي ونسبة استهلاك المياه في العمليات المختلفة لإنتاج وصباغة القطن

نسبة القلوية الناتج من الكمية الكلية	نسبة TS الناتج من الكمية الكلية	نسب BOD5 الناتج من الكمية الكلية	نسب كمية المياه المستخدمة	العملية
%6	%36	%53	%16	مرحلة استخدام النشاء
%60	%43	%37	%19	مرحلة استخدام الكوستيك
%34	%21	%10	%65	المراحل الأخرى (الغسيل - القصر - الصبغ - الإنهاء)

7-10-3 طرق المعالجة الأساسية المستعملة لمعالجة مياه صرف

مصابغ النسيج:

- 1- التصفية + الترويب (التخثير Coagulation).
- 2- التصفية + المعالجة البيولوجية (Biological Treatment).
- 3- التصفية + المعالجة البيولوجية + الترويب.
- 4- التصفية + المعالجة البيولوجية + المعالجة بالأوزون أو غيره من المؤكسدات (Oxidation Techniques).
- 5- التصفية + المعالجة البيولوجية + الترويب + الترشيح + المعالجة بالكربون المنشط، وإن الجدول (7-30) يلخص مميزات ومساوئ طرق المعالجة المختلفة لمياه صرف المصابغ.

الجدول (7-30): يلخص ميزات ومساوئ طرق معالجة مياه صرف المصانع

مساوئ المعالجة	مجال كفاءة المعالجة	الشكل الرئيسي للمعالجة	
<ul style="list-style-type: none"> - مدة البقاء المديدة في الأحواض وبالتالي يكون حجم حوض التهوية أو المستنقع أو أرض المعالجة كبيراً - قد تحتاج إلى أحواض معادلة قبلها - إزالة اللون قد تكون متغيرة - لا تزال كثير من المواد السامة 	<ul style="list-style-type: none"> إنقاص فعال لـ (BOD) 	<ul style="list-style-type: none"> الحماة المشطة التهوية المديدة المستنقعات المهواة المعالجة على الأرض 	المعالجة البيولوجية
<ul style="list-style-type: none"> - تتغير إزالة اللون مع نوع الصباغ وطريقة الصباغة. - إزالة COD و BOD متغيرة. - التعامل مع المواد الكيميائية يحتاج إلى معدات خاصة 	<ul style="list-style-type: none"> إنقاص للمواد العالقة وللمعادن الثقيلة ولـ BOD و COD. 	<ul style="list-style-type: none"> إضافة مواد مروية مثل Al^{3+} أو Fe^{3+} أو Ca^{2+} مع ضبط لقيمة pH ثم الترسيب 	الترسيب الكيميائي (الترويب)
<ul style="list-style-type: none"> - توظيف رأس مال كبير - سعة امتزاز ضعيفة نوعاً ما. - الحاجة إلى تنشيط للكربون متكرر ومكلف 	<ul style="list-style-type: none"> إزالة اللون و COD و BOD 	<ul style="list-style-type: none"> تحرير الماء عبر سرير من الكربون المنشط كمعالجة بدائية أو نهائية 	الكربون المنشط
<ul style="list-style-type: none"> - انسداد سريع للأغشية - تنظيف متكرر للغشاء أو استبداله - عدم إزالة المعادن الثقيلة 	<ul style="list-style-type: none"> إزالة اللون و COD و BOD 	<ul style="list-style-type: none"> نفوذ الماء تحت الضغط عبر أغشية بوليمرية خاصة 	الترشيح الدقيق
<ul style="list-style-type: none"> - توظيف رأس مال مكلف جداً - تحتاج المعادن الثقيلة والمواد الصلبة إلى معالجة خاصة. 	<ul style="list-style-type: none"> إزالة اللون و COD و BOD 	<ul style="list-style-type: none"> يولد الأوزون بتيار كهربائي مستمر ويستعمل لأكسدة المواد العضوية 	الأوزون

7-10-4- معالجة مياه المصايف بالأكسدة :Oxidation Technique:

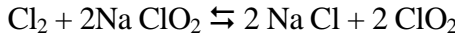
يمكن أن تتم إزالة اللون من المياه المصرفة من المصايف باستعمال أحد المؤكسدات مثل الكلور أو ثاني أكسيد الكلور أو الأوزون أو استعمال ما يسمى بأكسدة فينتون (Fenton's Oxidation) أو استعمال الأشعة فوق البنفسجية وفوق أكسيد الهيدروجين.

7-10-4-1- الأكسدة بوساطة الكلور (Chlorine):

يعد الكلور من المؤكسدات التي يمكن استعمالها لإزالة اللون من مياه المصايف وذلك بسبب أنه ينتج عادة خلال عملية تصنيع هيدروكسيد الصوديوم من كلور الصوديوم (الملح العادي أو الملح الصخري) وبما أن هيدروكسيد الصوديوم منتج كيميائي صناعي هام ينتج بكميات كبيرة فإن الإنتاج الواسع النطاق للكلور والمتعلق به يجعل الكلور مادة رخيصة الثمن نسبياً. ولكن لوحظ بالنسبة إلى مياه المصايف أن أي زيادة من الكلور تؤدي إلى تشكل مركبات عضوية مكلورة عالية السمية وغير قابلة للتحلل الحيوي لذلك استبعدت هذه المعالجة في الكثير من المصانع.

- الأكسدة بوساطة ثاني أكسيد الكلور (Chlorine dioxide):

إن ثاني أكسيد الكلور (ClO_2) هو غاز مؤكسد قوي ولكنه أقل فعالية من الكلور بالإضافة إلى أنه غاز غير مستقر لذلك يفضل توليده في الموقع واستعماله فوراً ويتم توليده بإضافة حمض أو كلور إلى كلوريت الصوديوم عند (pH) أصغر من (5).



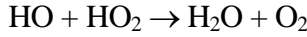
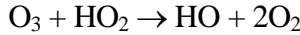
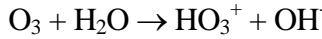
وإن التجارب أظهرت أنه يملك قوة إزالة لون عالية للأصبغة الفعالة (Reactive) والأصبغة المباشرة (Direct) أما أصبغة (Vat) ففعاليتها تجاهها تعتبر ضعيفة جداً.

هذا بالإضافة إلى أن غاز ثاني أكسيد الكلور مكلف أكثر من الكلور.

7-10-4-2- الأوكسدة بوساطة الأوزون (Ozonation):

الأوزون هو مؤكسد قوي يستعمل لتعقيم مياه الشرب ولأغراض أخرى كما أنه فعال في إزالة مكونات الطعم والرائحة واللون والحديد والمنغنيز من الماء. وبشكل عام فإن الأوزون هو غاز أزرق اللون ذو رائحة مميزة يتكون من ثلاث ذرات أو كسجين مرتبطة ببعضها (O₃) وهو غاز مخرش لاذع يزعج الأنف والعيون والحنجرة، وهو سام في التراكيز المنخفضة، كما أن طبيعته المسببة للتآكل تعني إمكانية تداوله فقط باستعمال الفولاذ غير القابل للصدأ (ستانلس ستيل) والكلورايد الفينيلي متعدد الجزيئات (Polyvinyl Chloride)، وهو غاز قليل الانحلال في الماء وغير مستقر وإن انحلاله القليل وعدم استقراره يقتضيان توليده في الموقع وتقديمه على شكل فقاعات دقيقة.

إن انحلال الأوزون في الماء يتم حسب المعادلات الآتية:



إن الجذور الحرة (HO₂) و (HO) تملك القوة المؤكسدة الكافية للتفاعل مع الشوائب الأخرى الموجودة في الماء مثل أملاح المعادن والمواد العضوية. وإن تخفيضه العالي لقيمة (COD) يعكس فعاليته في إزالة اللون من مياه المصانع.

وقد قام (National Textile Center) عام 1994 بتجربة معالجة بالأوزون لعشرة أطراف ألوان من مياه الأصبغة الفعالة (Reactive) وذلك بعد كل صباغة وقبل كل مرحلة تالية وذلك لإعادة استعمال مياه حوض الصباغة للمرحلة التالية بحيث كانت مدة التماس بين الأوزون وبين المياه الملونة (17.5 min) وكان تدفق الأوزون هو (9 g/hour) بتركيز للأوكسجين (1.1 %) فكانت نسبة إزالة اللون متراوحة بين (70%) وبين (99%) وذلك تبعاً لغمق اللون المصبوغ. من هذه التجارب العشرة احتاج ثلاثة إلى إعادة المعالجة بالأوزون وذلك بسبب وجود كمية من اللون كبيرة بعد المعالجة الأولى.

وقد استعملت المياه المعالجة بالأوزون من أجل الصباغة التالية بنجاح كبير وذلك لإعادة إنتاج اللون الأصلي. وكان النسيج القطني المصبوغ بهذه المياه قد أعطى سرعة ثبات لون مساوية تماماً للنسيج المصبوغ باستعمال المياه النقية الطازجة وقد تحول استهلاك الأوزون في هذه التجارب من (558 PPM) إلى (1072 PPM) بقيمة وسطية مقدارها (821 PPM) [جرعة الأوزون اللازمة للتعقيم هي 0.5-1 PPM]. أما في التجارب الثلاثة التي احتاجت إلى إعادة المعالجة بالأوزون فقد كان الاستهلاك الوسطي للأوزون هو (1088 PPM) خلال المعالجة هبطت قيمة (PH) واحتاج الأمر إلى إضافة الصودا الكاوية لتعديل (pH). وبما أن الأملاح لم تزل موجودة في مياه الصباغة فقد احتاجت المرحلة التالية من الصباغة إلى كمية صغيرة من الأملاح المضافة. مما يشير إلى أنه بهذه الطريقة كان هناك اقتصاد كبير بإعادة استعمال الصباغ المنشط المصروف.

7-10-4-3- الأكسدة باستعمال الأشعة فوق البنفسجية - فوق أكسيد

الهيدروجين Ultraviolet light and Hydrogen Peroxide:

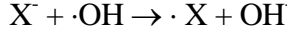
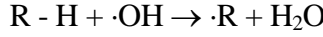
إن المعالجات البدائية بـ (UV/Peroxide) قد أنجزت في مفاعل حوضي سعته (2) ليتر وهو عبارة عن اسطوانة مدرجة غمر فيها أنبوب من الكوارتز يحمل مصباح UV (32 in) ذو شدة منخفضة. وقد تعرض كل ليتر من الماء المعالج إلى (9 watts) من الإشعاع أما الأشعة الفائضة فقد حُجبت باستخدام رقائق الألمنيوم. وإن المصباح قد أنتج أشعة فوق بنفسجية بطول موجي يتراوح بين (189) وبين (254) نانو متر حيث كانت نسبة (90%) من الأشعة المصدرة هي بطول موجي (254 nm).

7-10-4-4- أكسدة فينتون (Fenton's Oxidation):

المبدأ:

بوجود محفز فإن محلول بيروكسيد الهيدروجين يشكل جذر هيدروكسيل (OH) ذا قوة مؤكسدة قوية أو يشكل أو كسجيناً وليداً (O₂).

إن جذر الهيدروكسيل هذا يمكن أن يؤكسد معظم المواد العضوية بما في ذلك إزالة الكلور من مركبات الكلور العضوية.



إن الجذور ($\cdot R$) و ($\cdot X$) المتشكلة في هذه التفاعلات تتفاعل بشكل متعاقب مع (OH) و (O_2). وما دام هنا كمية كافية من جذر ($\cdot OH$) موجودة فإن المواد العضوية تتأكسد إلى (CO_2) و (H_2O). فإذا كانت كمية الجذور غير كافية فإن المواد العضوية تتحلل إلى حمض عضوي أدنى مثل حمض الأوكساليك وحمض الخل. عادة يستعمل كلوريد الحديد كمحفز بسبب رخص ثمنه يحصل التفاعل سريعاً تحت الظروف الحمضية. وفي معالجة المياه المصرفة فإن المواد العضوية تتحلل بمزج المياه المصرفة مع بيروكسيد الهيدروجين ومحفز الحديد ثم تعادل المياه وترسب محفز الحديد كهيدروكسيد الحديد لنحصل على مياه معالجة.

- محسنات أكسدة فنتون:

- 1- هذه الأكسدة يمكن أن تحلل المواد الملونة المستعصية على المعالجة البيولوجية.
- 2- تحتاج إلى منشأة صغيرة الحجم لأن التفاعل يحصل بسرعة.
- 3- تتألف المنشأة من عملية أكسدة فنتون وعملية معادلة وعملية ترسيب، ولا تختلف منشأها عن عملية الترسيب بالترويب التقليدي وبالتالي فالمنشأة هي بسيطة.
- 4- إن بيروكسيد الهيدروجين هو أرخص مؤكسد ولذا فإن كلفة تشغيل المحطة هي متدنية.
- 5- هذه العملية يمكن أن تزيل المركبات التي تعطي رائحة وتزيل (COD) اللاعضوي مثل حمض النتروز وحمض الكبريتوز والكبريتيدات وكبريت السيانيدات ($thiocyanids$).

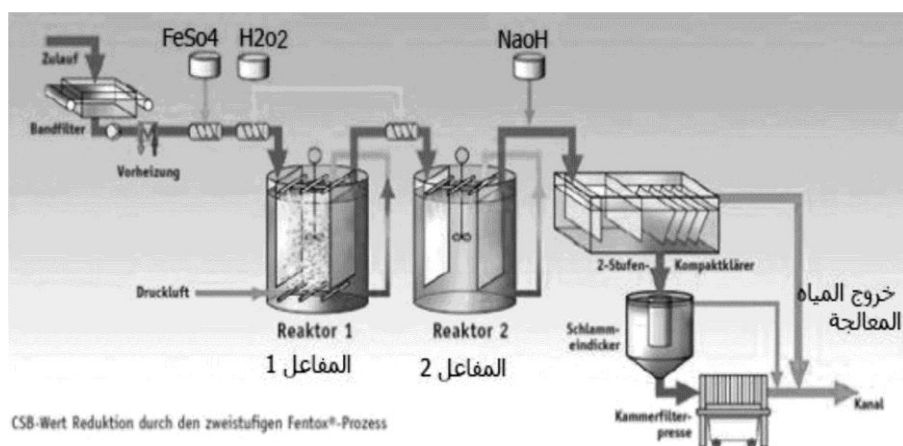
6- إن فعل إزالة اللون يمكن أن يحفز باستعمال أكسدة فنتون بالإضافة إلى المعالجة البيولوجية أو التخثير الحامضي ك معالجة أولية.

- مساوي أكسدة فنتون:

- 1- عندما يكون تركيز (COD) كبيراً فإن هذه العملية تكون مكلفة.
- 2- محفز الحديد يعطي حمأة حاوية على شاردة الهيدروكسيد.

- تجهيزات أكسدة فنتون:

يبين الشكل (14) مخطط الجريان في أكسدة فنتون حيث يضاف بيروكسيد الهيدروجين و كلوريد الحديد (II) وحمض الكبريت (كمادة لضبط pH) إلى المياه المصرفة. وهم هنا يحللون مركبات (COD) ومقومات اللون الموجود في المياه المصرفة بالأكسدة بعد ذلك تضاف مادة قلوية كهيدروكسيد الصوديوم وذلك في حوض التعادل لضبط (pH). عند ذلك يؤكسد كلوريد الحديد (II) إلى كلوريد الحديد (III) المترسب. ثم بعد ذلك تضاف مادة مخثرة بوليميرية لتحويل الندف إلى ندف قابلة للتسيب ويتم ذلك في حوض تشكيل الندف ثم تفصل الندف القابلة للتسيب عن الماء المعالج في حوض ترسيب اعتيادي كما في الشكل (7-9).



الشكل (7-9): صورة تبين مراحل المعالجة بطريقة أكسدة فنتون

7-10-5- معالجة مياه الأصبغة بالترشيح (Filtration):

إن التجارب أثبتت أن استعمال الأغشية لترشيح مياه عملية القصار هو من الأمور الفاشلة لأن الأغشية كانت تنسد بشكل سريع جداً مما جعل العملية غير اقتصادية، مع العلم أن استعمال الترشيح الغشائي في بعض المصانع قد أثبت إمكانية استرجاع بعض المواد الكيميائية الثمينة والعضويات والماء اللازم للعمليات المختلفة بالإضافة إلى أنه أنقص كمية المياه المصروفة من المعمل. كما ثبت أن استعمال التناضح العكسي يمكن أن ينقص (BOD) للمياه المصروفة بشكل كبير حيث أن نظام التناضح العكسي يمكن أن يلتقط الزيوت أو الشحوم - المستخدمة لتخفيف الاحتكاك - والمحمولة مع مياه الشطف.

7-10-6- الإزالة الكتروكيميائية للون من المياه المصروف من عمليات

الصباغة:

يمكن أن تتم هذه الإزالة في خلية الكتروكيميائية تحتوي على الكترودات فولاذية مسحوبة على البارد، وأنداك تنتج شوارد الهيدروجين عند الأنود وشوارد الهيدروكسيل عند الكاثود لتعطي رواسب هيدروكسيد الحديدي ذات سطح شديد الفعالية تستطيع أن تمتز (تمتص) إليها أغلب ملوثات مياه الأصبغة، بالإضافة إلى الامتصاص فقد تبين أن بعض الأصبغة قد أرجعت كيميائياً في العملية الالكتروكيميائية.

إن هيدروكسيد الحديدي الذي أنتج عند الكاثود يعمل كمادة مخثرة (مروبة) وبعد هذه العملية يجري فصل المواد الصلبة إما بالترسيب أو بالتطويف بغاز (H_2) المنطلق عند الأنود. تشير نتائج هذه العملية إلى انخفاض قيمة (COD) و (BOD) بنسبة (59-70%) وبمدة بقاء في الحوض تصل إلى عشرة دقائق.

وفي دراسات أخرى ثبت أن شوارد الحديدي المتولدة في الخلية الالكتروكيميائية يمكن أن تزيد في تخثر وترسيب مختلف أنواع الصباغ والملونات

والمعادن الثقيلة والعضويات المرافقة بالإضافة إلى المواد العالقة. وإن شوارد الحديدية هذه تربط شوائب الماء بإحكام جيد بحيث تنتج حمأة يمكن أن تجتاز بنجاح النظم المقررة عالمياً وتصرف كنفائات غير خطيرة.

7-10-7- الطرق الممكن اتباعها في الصناعات النسيجية لاختصار

استهلاك المياه:

إن الصناعات النسيجية بما فيها صباغة النسيج تعتمد بشكل كبير على استعمال كميات كبيرة من المياه النقية لإنتاج تنوعات واسعة من الأقمشة بالإضافة إلى أنها تطرح تدفقات تصريف كبيرة. وهنا يجب مساعدة أصحاب هذه الصناعات لإيجاد طرق لإنقاص التدفقات الكبيرة المستهلكة وبالتالي إنقاص التدفقات المصرفة وإنقاص كلفة معالجة المياه المصرفة. وإن استعمال السكرورة التي تغلق أتوماتيكياً وغيرها من التجهيزات الأتوماتيكية يمكن أن يقلل مصروف المياه. وأيضاً فإن استعمال الغسيل بالتيار المعاكس كثيراً ما يستعمل في عمليات الصباغ للإقلال من استعمال المياه حيث يقدم الماء النظيف إلى حوض الغسيل النهائي ومن ثم يجري بشكل معاكس لحركة النسيج. أيضاً فإن الغسيل بالتيار المعاكس يمكن أن يطبق في عملية الغسيل العائدة للتغرية (desize) والصلقل (scour) والتمتين (mercerize) والقصر (Bleach) كما في الصباغ والطباعة أيضاً.

إن تحديد الفرص التي يمكن فيها أن يعاد استعمال الماء هو من الأمور الهامة لاختصار استهلاك المياه. فمثلاً قد ثبت إمكانية إنقاص استعمال المياه من مصانع النسيج باستعمال الطرق الآتية:

- 1- إعادة استعمال الماء المصرف من الشطف النهائي للصباغ بدلاً من الماء النقي الذي يقدم إلى أحواض الصباغة لتعويض الفاقد من الماء.
- 2- إعادة استعمال مياه الصقل في عملية التغرية.
- 3- إعادة استعمال مياه الصقل لغسيل الأراضي والأجهزة.
- 4- إعادة استعمال مياه غسيل التمتين أو القصر من أجل الصقل أو التغرية.

5- إعادة استعمال مياه التبريد الساخنة في أحواض الصباغة.
6- في أعمال صباغة العملية الواحدة (batch dyeing operations) فإنه من الممكن أن يفيد استعمال ماء الصباغة أكثر من مرة، وإعادة الاستعمال هذه يمكن أن توفر الصباغ والمواد الكيميائية الأخرى كما تنقص التلوث في المياه المصرفة.

وأخيراً فإن استعمال الأنظمة الأتوماتيكية للتعامل مع المواد الكيميائية يمكن أن يعاير استعمال المواد الكيميائية ويلغي خطر الخطأ الإنساني ويقلل من كمية الأصبغة والمواد الكيميائية في المياه المصرفة ولتطبيق أحد هذه الأمور المذكورة أعلاه فإن حوض الصباغة يمكن إعادة تشكيله وذلك بإجراء تحليل لمياهه لتحديد مستوى استهلاك المادة الخام من الصباغ وتحديد الكميات اللازمة لسد النقص بالصباغ الحديد والمواد الكيميائية الجديدة والمياه المفقودة. وأيضاً فإن التحول عن التغرية بالنشا إلى التغرية الاصطناعية يمكن أن يؤدي إلى انقاص كبير في قيمة (BOD) للمياه المصرفة، على كل حال فإننا يجب أن نكون حذرين من إمكانية وجود السمية في الغراء الاصطناعي.

وحيث أمكن يجب أن نبحت موضوع استعمال الأصبغة اللامعدنية أو الأصبغة ذات المحتوى العالي للماء والتي لا تحتوي على ملوثات سامة.

7-10-8- أمثلة عملية لمحطات معالجة مياه صرف المصانع منفاذة في

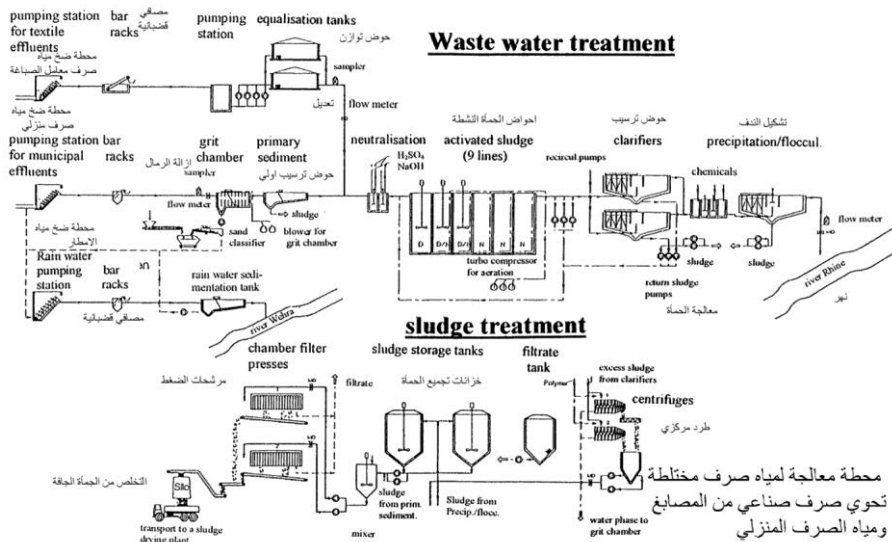
عدد من بلدان العالم:

7-10-8-1- المحطة (1):

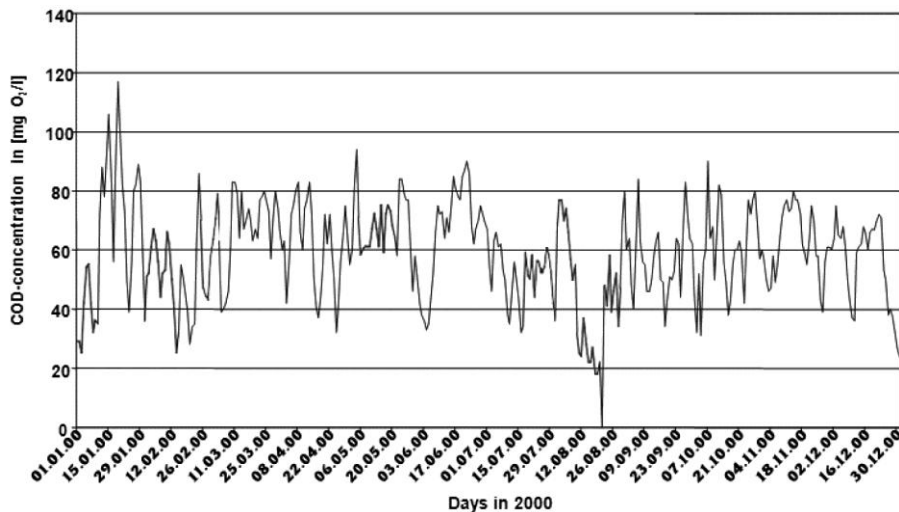
محطة المعالجة تتلقى مياه الصرف (المحلية/ البلدية) والنفايات السائلة من أربعة مصانع كبيرة لصباغة الأقمشة، وتعادل مياه الصرف لصناعة النسيج ثم تخلط مع مياه الصرف البلدية/ المحلية المعالجة وتقدر مياه الصرف حوالي 45% من الحمل الهيدروليكي وحوالي 60% من حمل COD.

بعد المعالجة الأولية والمعادلة هناك المعالجة البيولوجية والتي تشمل على الترجرة/نزع النتروجين، والتخثير مع $FeCl_3$ كخطوة نهائية، والشكل (7-10)

يبين المخطط التكنولوجي/الصندوقية لمحطة المعالجة أما تركيز COD فهيمي مبيسة في الشكل وتعود تقلبات كفاءة المعالجة أي دخول مياه الأمطار أحياناً وفي فترات الأعياد حيث تكون المصايف لا تعمل.



الشكل (7-10): صورة تبين مراحل المعالجة المتبعة في المحطة رقم (1)



الشكل (7-11): تركيز COD في المياه المعالجة

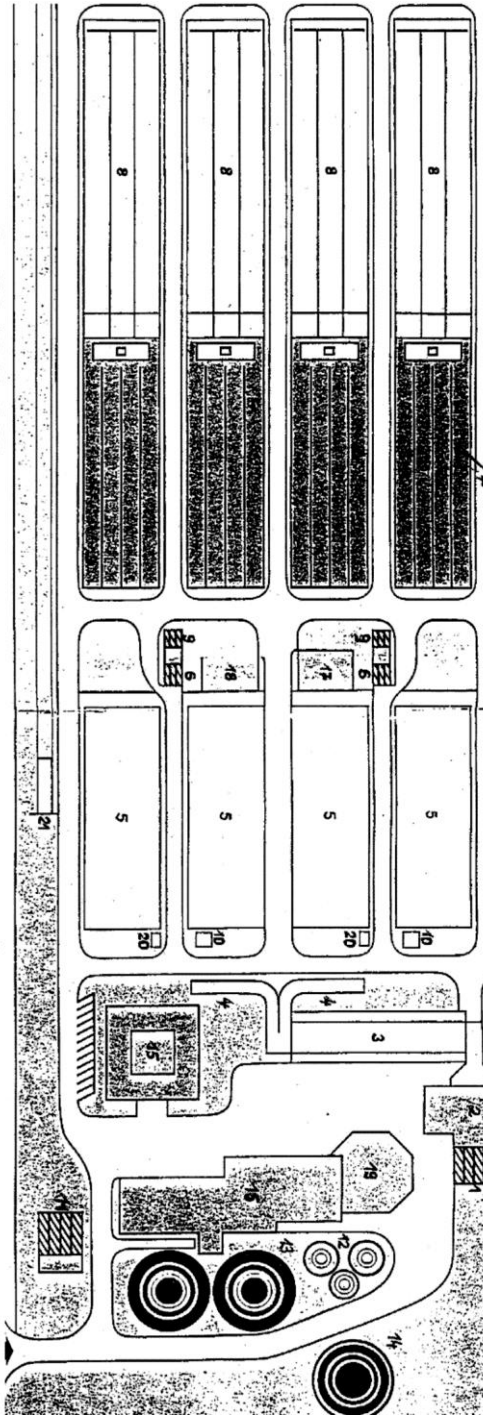
7-10-8-2- المحطة (2):

في هذا المصنع الكبير، يتم معالجة مياه الصرف الصحي من مدينتين وبعض القرى مع مياه الصرف الصحي لصناعة النسيج من أربع صناعات نسيجية كبيرة التي تشكل نحو 40% من الحمل الهيدروليكي وحوالي 65% من حمل COD. تخلط مياه الصرف الصحي المحلية/البلدية ومياه الصرف الصحي للنسيج مختلطة في المجاري العامة، وتستخدم الخزانات لتحقيق تجانس وخلط لمياه الصرف مع بعضها البعض كمعالجة أولية ومن ثم تتم المعالجة البيولوجية بطريقة الحمأة المنشطة، ولا يتم تطبيق أي معالجة إضافية لمزيد من التخفيض في المركبات العضوية واللون، إن مسقط محطة المعالجة مبين في الشكل (7-12)، أمّا تراكيز COD في مياه الصرف المعالجة فهي أيضا مبينة في الشكل رقم (7-13)، وتعود تقلبات كفاءة المعالجة أي دخول مياه الأمطار أحيانا وفي فترات الأعياد حيث تكون المصابغ لا تعمل.

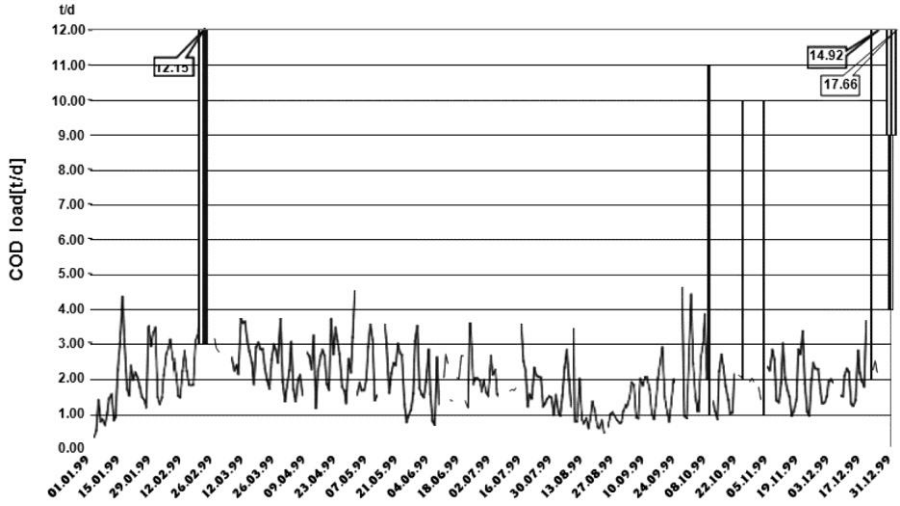
- :1 محطة ضخ مياه الصرف الداخلية
- :2 مصافي قضيائية
- :3 حوض ازالة الرمال والزيوت والشحوم المهورى
- :4 مقياس فانثوري لقياس التدفق
- :5 معالجة اولية وجانيس
- :6 محطة ضخ وسطية
- :7 أحواض الحمأة المنشطة
- :8 أحواض ترسيب
- :9 محطة ضخ اعادة الحمأة
- :10 محطة ضخ الحمأة الاولية
- :11 محطة ضخ للمياه المعالجة
- :12 مكثفات الحمأة
- :13 هضم لا هوائى
- :14 احواض جمع الغاز
- :15 ابنية التشغيل والادارة
- :16 ابنية الآلات
- :17 غرفة مرواح الهواء
- :18 بناء محركات الغاز
- :19 بناء صالة تخمير الحمأة
- :20 مستودع للحمأة الجافة
- :21 تصريف المياه في حالات الطوارئ /قناة

Legend:

- 1: Influent pumping station
- 2: Bar screen
- 3: Aerated grease and grit chamber
- 4: Venturi flow measurement
- 5: Primary treatment and equalisation
- 6: Intermediate pumping station
- 7: Activated sludge tanks
- 8: Clarifiers
- 9: Return sludge pumping station
- 10: Primary sludge pumping station
- 11: Pumping station for discharging the treated effluent
- 12: Sludge thickener
- 13: Anaerobic digesters
- 14: Gas holding tank
- 15: Operation and administration building
- 16: Machinery building
- 17: Blower house
- 18: Gas motors building
- 19: Sludge container hall
- 20: Bunker for fatty wastes
- 21: Overflow in case of emergency



الشكل (7-12): صورة تبين مراحل المعالجة المتبعة في المحطة رقم (2)



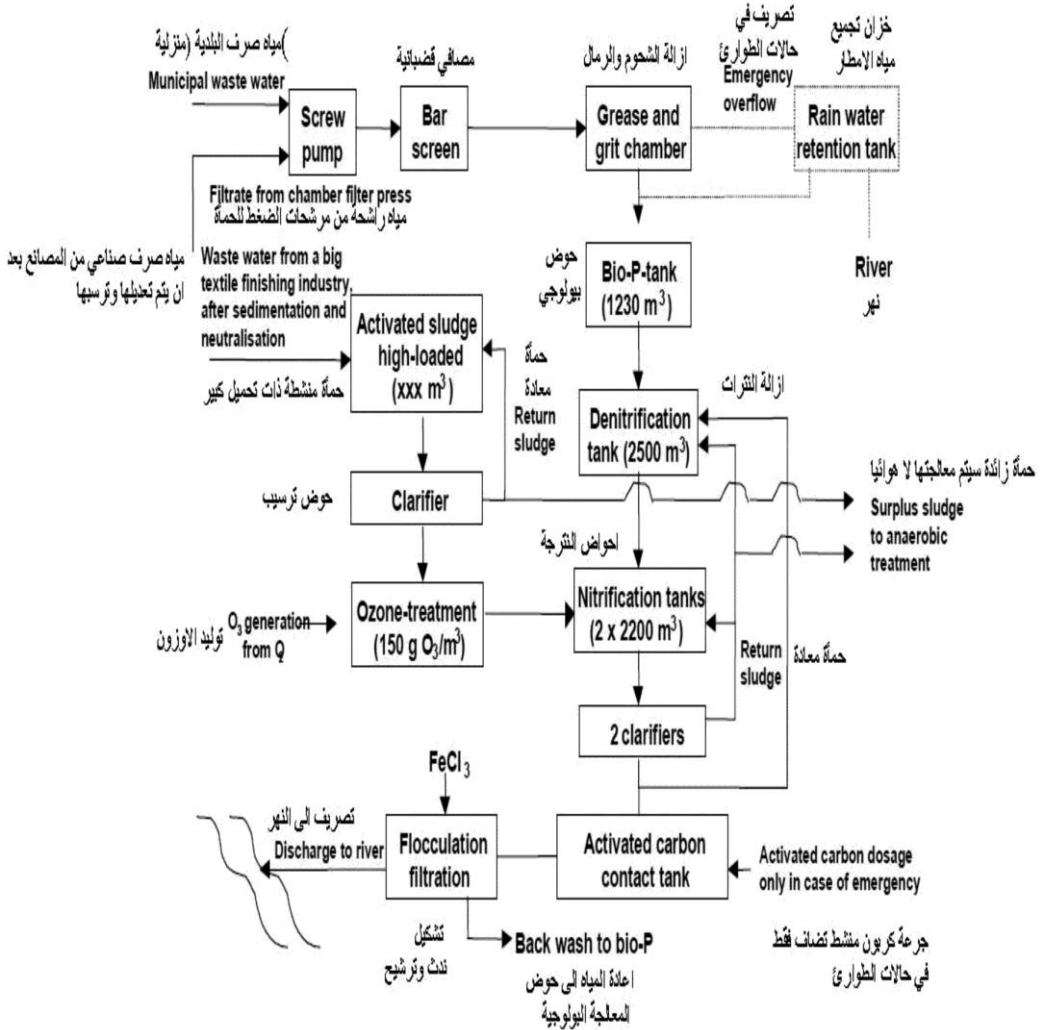
الشكل (7-13): تركيز COD في المياه المعالجة

7-10-8-3- المحطة (3):

في هذه المحطة يتم جمع مياه معالجة مياه الصرف البلدية ومياه الصرف لمصانع المصايغ، والشكل (7-14) يظهر المخطط التكنولوجي لمحطة المعالجة/المخطط الصندوقي حيث يتم استخدام طريقة الحمأة المنشطة في بداية الأمر لمعالجة مياه صرف المصايغ، وذلك قبل أن تختلط بمياه الصرف المنزلي وتصل نسبة صرف المصايغ بتراكيز عالية لن يتفكك بينما يتفكك حوالي 90% منه في عملية المعالجة بالحمأة المنشطة اللاحقة عندما تكون نسبة $F/M = 0.05$.

إن معالجة مياه الصرف الصحي لصناعة النسيج بالأوزون تقلل اللون بشكل كبير، ولكن لا تزيل COD إلا بنسبة أقل من 10% وذلك لأن تركيز الأوزن المستخدم قليل حوالي 50 غ/م³.

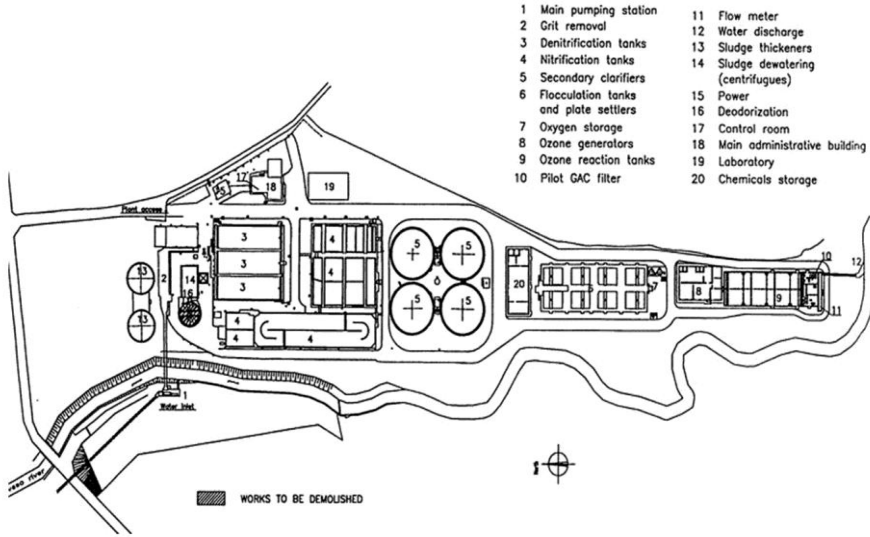
بالنسبة للكربون المنشط أيضاً لا يضاف إلا في حالات الطوارئ عند انخفاض كفاءة المعالجة وعدم تحقيق شروط التصريف إلى النهر، وإن عملية تشكيل الندف والترشيح تستخدم كخطوة نهائية لزيادة نقاء المياه (polishing) وتقلل تركيز COD بنسبة 10% إلى 20% وتخفض اللون أيضاً.



الشكل (7-14): مراحل المعالجة في المحطة رقم (3)

7-10-8-4- المحطة (4):

صممت هذه المحطة لمعالجة مياه الصرف الصناعي الناتجة عن 150 مصبغة ويشكل تدفق هذه المياه حوالي 55% من قيمة التدفق بينما يشكل تدفق مياه الصرف المنزلي 23% والباقي والذي هو حوالي 22% ينتج عن مياه الأمطار والترسبات إلى داخل شبكة مياه الصرف، إن الشكل العام لمحطة المعالجة المذكورة مبين في الشكل (7-15) وكما يبدو أن هناك عملية معالجة بيولوجية وتشمل أيضا على عملية نترجة وإزالة النترات متبوعة بمرحلة فيزيوكيميائية، ويستخدم الأوزن أيضا لإزالة اللون والمواد صعبة التفكك ذات الشد السطحي القليل (recalcitrant surfactants) إن نسبة F/M في مرحلة المعالجة البيولوجي هي 0.15، والذي معناه أنه لا يمكن حدوث نترجة كاملة وأن المواد صعبة التفكك لا يمكن أن تزال.

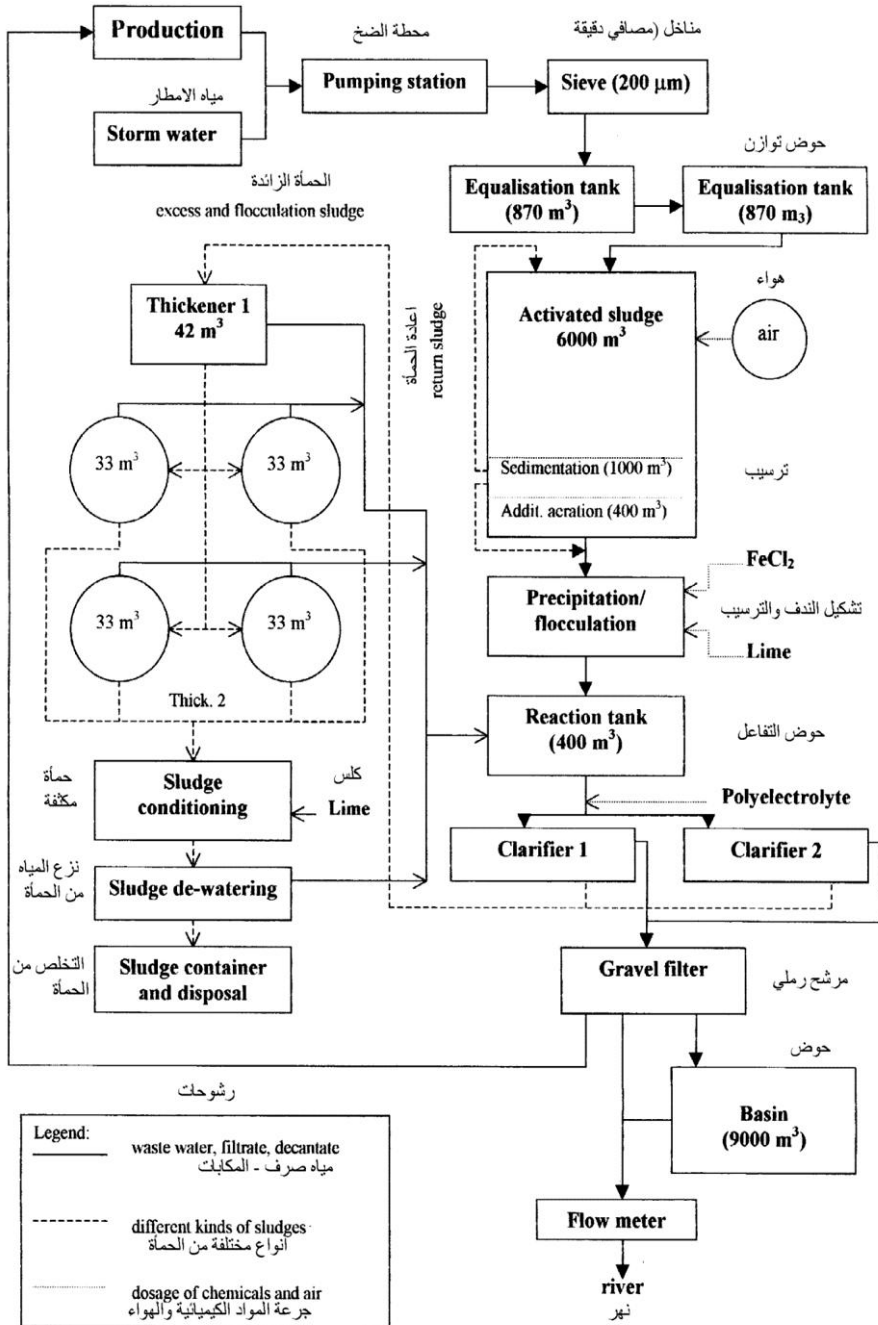


- | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------|
| 16 - إزالة الروائح | 11 - قياس التدفق | 6 - أحواض تشكيل التلغ مع الترسب بالصفائح | 1 - محطة ضخ رئيسية |
| 17 - غرفة التحكم | 12 - تصريح المياه | 7 - خزان الأوكسجين | 2 - إزالة الرمل |
| 18 - بناء الإدارة الرئيسية | 13 - مكثفات الحمأة | 8 - مولدات الأوزون | 3 - أحواض إزالة النترات |
| 19 - مخبر | 14 - تخفيف الحمأة (طرد مركزي) | 9 - أحواض القفاط مع الأوزون (الأكسدة) | 4 - أحواض النترجة |
| 20 - مكان تخزين المواد الكيميائية | 15 - طلقة | 10 - مرشح بالكربون المنشط الجببي | 5 - أحواض ترسيب ثلثوي |

الشكل (7-15): صورة تبين مراحل المعالجة المتبعة في المحطة رقم (4)

7-10-8-5- المحطة (5):

تتم معالجة مياه الصرف الناتجة عن مصبغة معدة لصبغة القطن وفي هذه المحطة يتم إعادة تدوير حوالي 5% من مياه الصرف المعالجة لعمليات ليعاد استخدامها في عمليات الغسيل والتنظيف (غسيل الأرضيات، وتنظيف معدات الطباعة مثل المضخات والأنابيب والمصافي)، وفي هذه المحطة زمن المكوث الهيدروليكي في طريقة الحمأة المنشطة كبير جداً، وبالنسبة لإزالة اللون فيمكن تحقيق قسم لا بأس منها بالمعالجة بواسطة أملاح الحديد، ويبين الشكل (7-16) مراحل المعالجة في محطة المعالجة رقم (5).

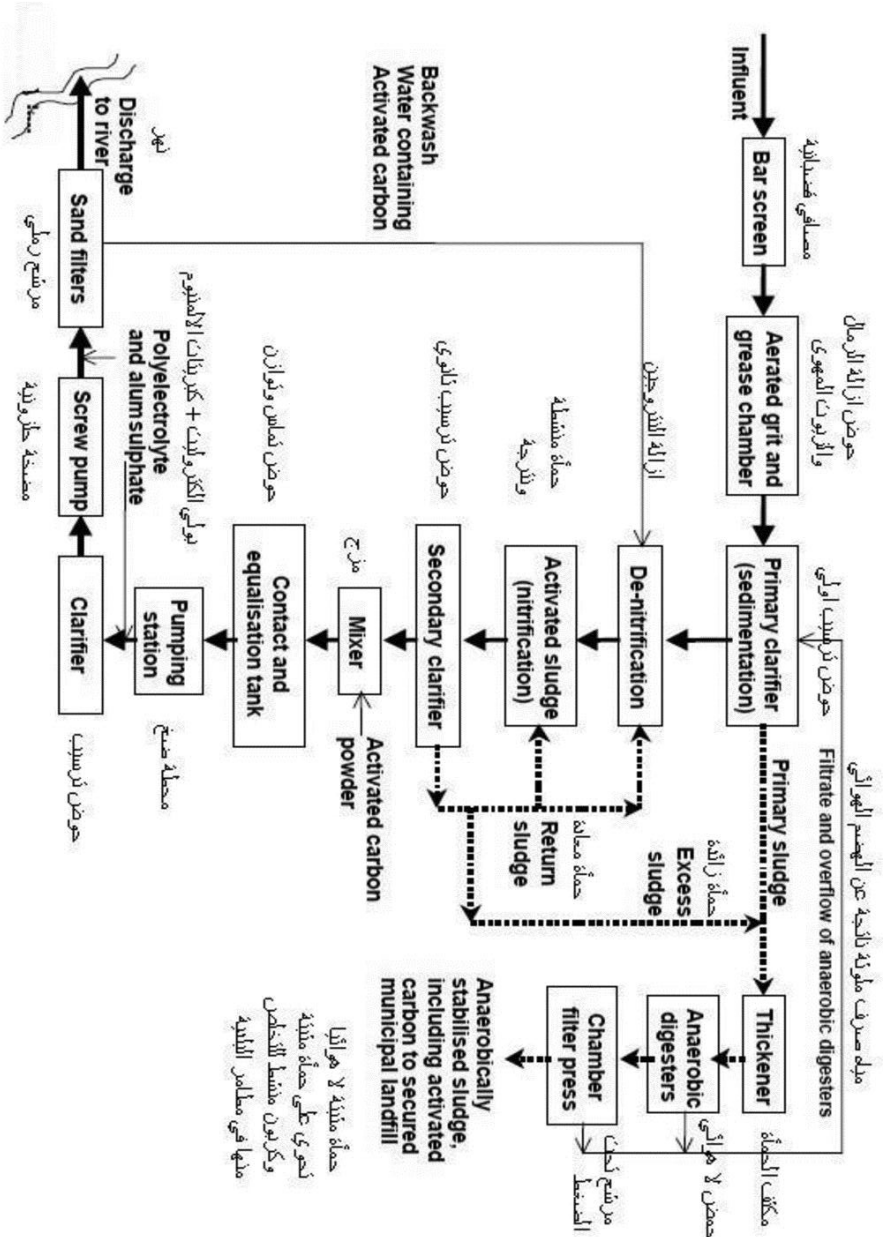


الشكل (7-16): المحطة 5، معالجة مياه الصرف الصحي لمرحلة واحدة من مراحل الانتهاء من نسيج واحد الانتهاء مع إعادة تدوير 5% من المياه

7-10-8-6- المحطة (6):

صممت هذه المحطة لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن 30 مصبغة وتعالج هذه المحطة مياه صرف منزلي ومياه صرف تلك المصانع معاً، ويشكل تدفق مياه صرف المصانع حوالي 30% من إجمالي التدفق الداخِل إلى المحطة و40% من الحمل العضوي معبراً عنه بـ COD، وتصرف مياه صرف تلك المصانع إلى الشبكة العامة للصرف الصحي بعد أن تكون قد تمت معالجتها بشكل أولي في الموقع حيث يتم ضبط الـ pH، وإن الشكل العام لمحطة المعالجة مبين في الشكل رقم (7-17).

إن الغاية الأساسية من إضافة الكربون المنشط هي إزالة اللون وتقليل تركيز COD في المياه المعالجة، وتبلغ جرعة الكربون المنشط حوالي 30000 ملغ/م³، وجرعة كبريتات الألمنيوم والبولي إلكتروليت حوالي 3000 ملغ/ل، وإن تركيز COD في مياه الصرف المعالجة أقل من 20 ملغ/ل بشكل عام وكما أن المياه المعالجة لا لون لها.



الشكل (7-17): صورة تبين مراحل المعالجة المتبعة في المحطة رقم (6)

إن قيم مؤشرات مياه الصرف ومقدار التدفق المائي الوارد إلى المحطة الستة السابقة موضحة في الجدول (7-31).

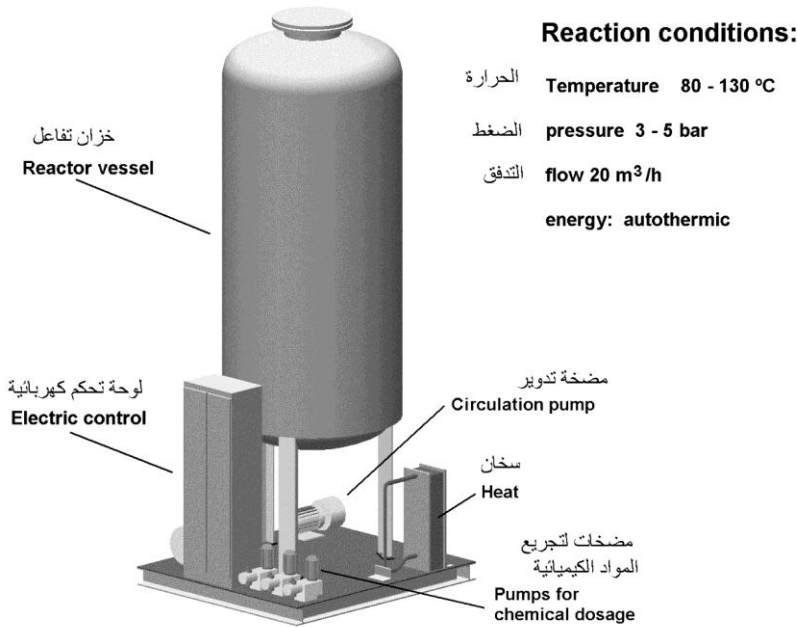
الجدول (7-31): خصائص مؤشرات مياه الصرف الصحي (المدخلات والمخرجات)
لمحطات المعالجة الستة

العنصر	الوحدة	الخطوة 1	الخطوة 2	الخطوة 3	الخطوة 4	الخطوة 5	الخطوة 6
التدفق الكلي	(m ³ /d)	1431±8377	24500±47770	6690	25000	2070	16790±38750
تدفق مياه الصرف المنزلي	(m ³ /d)	2018±4562		4865			
تدفق مياه الصرف الصناعي للمصانع	(m ³ /d)	1431±3685		1825			
(F/M)	kg BOD ₅ /kg MLSS x d	0.1	0.1	and 0.05 1.1	0.2	0.1	0.1
مؤشرات مياه الصرف المنزلي غير المعالجة							
pH		0.4±8		8.1			
COD	(mg O ₂ /l)	200±443		336			86±278
BOD ₅	(mg O ₂ /l)	50±114		144			49±138
NH ₄ -N	(mg N/l)	14±30		31			4.8±12.5
N-org	(mg N/l)	7±18		15.9			.n.a
P total	(mg P/l)	2±6		6.2			1.2±3.7
مؤشرات مياه الصرف الصناعي غير المعالجة							
pH		0.8±9.2	0.4±8.4	8.7	.n.a		9.5-9
COD	(mg O ₂ /l)	281±791	129±349	967	950		1500-1200
BOD ₅	(mg O ₂ /l)	57±157	49±145	336	400		500-400
NH ₄ -N	(mg N/l)	2.0±2.6	8±26	5.6	.n.a		25-11
N-org	(mg N/l)	7.0±19.5	3±6	9.5	50		40-30

الخطوة 6	الخطوة 5	الخطوة 4	الخطوة 3	الخطوة 2	الخطوة 1	الوحدة	المعصر
	25-10	.n.a	2.2	2±5	1.2±3.8	(mg P/l)	P total
	.n.a	.n.a	53	.n.a	138-28	(mg/l)	PVA
مؤشرات المياه المعالجة							
7.5-6.8	8.6-7.8	.n.a	7.4	0.3±8.2	0.2±7.2		pH
1.3±11	110-90	110-60	54	23±46	16±59	(mg O ₂ /l)	COD
0.7±3	5>	40-10	3	3.8±4.4	2±3	(mg O ₂ /l)	BOD ₅
0.3±0.4	1.6-0.3	15-5	0.12	0.9±0.2	0.2±0.1	(mg N/l)	NH ₄ -N
1.0±6.8	2>	10-1	5.4	1.1±3.6	1.9±2.9	(mg N/l)	NO ₃ -N
.n.a	10-5	15-8	.n.a	.n.a	0.5±1.7	(mg N/l)	N-org
0.015±0.15	2.5-1	.n.a	0.6	0.7±0.9	0.2±0.2	(mg P/l)	P total
.n.a	0.15-0.04>	.n.a	.n.a	0.1-0.06	0.08-0.06	(mg Cl/l)	AOX
.n.a	.n.a	.n.a	3	.n.a	7.8-0.6	(mg/l)	PVA
0.08±0.42	7-5	0.02	2.4	.n.a	3±8.3	(m/l)	SAC (435 nm)
0.08±0.31	5-1.5	.n.a	0.9	.n.a	2.9±6.8		SAC (525 nm)
0.05±0.18	3.5-1	.n.a	0.9	.n.a	1.4±2.9		SAC (620 nm)
							Removal efficiencies
96	92.5	91	89	84.4	4±90		COD
98	99	93.5	98	96.2	2±97		BOD ₅
47	82	77	78	88	6±88		nitrogen
96	90	.n.a	88	79	3±96		phosphorous

7-10-9- معالجة مياه صرف المصانع غير القابل للتحلل والمفصولة في الموقع عن بقية النفايات السائلة عن طريق الأوكسدة الكيميائية:

يمكن استخدام هذه الطريقة لمياه صرف مصانع لبعض أقسامها أو لبعض مراحل التصنيع فيها حيث يكون تركيز COD ما يقارب الـ 20000 ملغ/ل، حيث تتم عملية أكسدة الملوثات وتفكيكها وبخاصة الملوثات صعبة التفكك وذلك عن طريق مفاعل ميبين في الشكل رقم (7-18) بحيث تكون درجة الحرارة 100-130 درجة مئوية والضغط يتراوح بين 3-5 بار ويستخدم الماء الأوكسجيني كمؤكسد H_2O_2 وتضاف أملاح الحديد كـمحفز للتفاعل، وتسمى هذه العملية بأوكسدة فتنون، وتصل كفاءة إزالة COD في هذه الطريقة حتى 85% وCOD المتبقي غير المزال يصبح سهل التحلل أيضا بعد هذه العملية أيضاً، وذلك بسبب تعديل بنية المركبات بعد الأوكسدة، وتصل نسبة إزالة اللون في هذه العملية حتى 90%.



الشكل (7-18): مخطط للمفاعل المعالجة بواسطة عامل التحفيز بالأوكسدة مع O_2 / H_2O_2

- لقد تبين من خلال التجارب العملية أن الجرعة النموذجية من المواد الكيميائية (على سبيل المثال عند تركيز $\text{COD} = 8500 \text{ mg/l}$) هي كما يأتي:
- 13 لتر من محلول H_2O_2 ذي التركيز 35% لكل 1 m^3 من مياه الصرف.
 - 35 ملي لتر من محلول H_2SO_4 ذي التركيز 30% لكل 1 م³ من مياه الصرف.
 - 120 غرام من شوارد الحديد Fe^{2+} لكل 1 متر مكعب من مياه الصرف.

7-10-10- مثال عملي/تطبيقي لتصميم محطة معالجة مياه صرف صناعي لمصبغة:

يراد تصميم محطة معالجة لمعمل صباغة وتحضير الأقمشة وفق المعطيات التالية:

التدفق اليومي الأعظمي 300 م³/يوم.

التدفق الساعي الأعظمي 35 م³/يوم.

وقد أعطت نتائج التحليل النتائج المبينة في الجدول (7-32):

الجدول (7-32): نتائج تحليل عينة مركبة بمياه صرف صناعي لمصبغة

اسم العنصر	الرمز	النتيجة	الوحدة	الحد الأقصى المسموح
الرقم الهيدروجيني	PH	7.3	-	6.5-9.5
درجة الحرارة	TC	28	سيلسيوس	أقل من 40
الاحتياج الكيميائي الأوكسجيني	COD	7300	ملغ/ل	1000 ملغ/ل
الاحتياج الكيميائي الحيوي	BOD5	4000	ملغ/ل	500 ملغ/ل
مجموع المواد العالقة	TSS	800	ملغ/ل	400 ملغ/ل
الزيوت والشحوم	Oil and grease	450	ملغ/ل	100 ملغ/ل
الأملاح الكلية المنحلة	TDS	4500	ملغ/ل	3000 ملغ/ل
الرصاص	Pb	3	ملغ/ل	1 ملغ/ل
النحاس	Cu	1.5	ملغ/ل	0.5 ملغ/ل
الباريوم	Ba	4	ملغ/ل	1.5 ملغ/ل
نيكل	Ni	1	ملغ/ل	0.1 ملغ/ل

علماً بأن القيم القصوى المسموح بها ثابتة لا تزيد أو تنقص تبعاً للمواصفات القياسية الخاصة بالرمي في المجرور.

الحل: من خلال دراسة التحليل دراسة علمية دقيقة تجد ما يلي:

1- أن نسبة $COD/BOD_5 = 1.825$ وبالتالي فإن هذه المياه قابلة للمعالجة

بيولوجياً مع ضرورة تخفيض تركيز المعادن الثقيلة قبل دخول مياه

الصرف إلى مرحلة المعالجة البيولوجية.

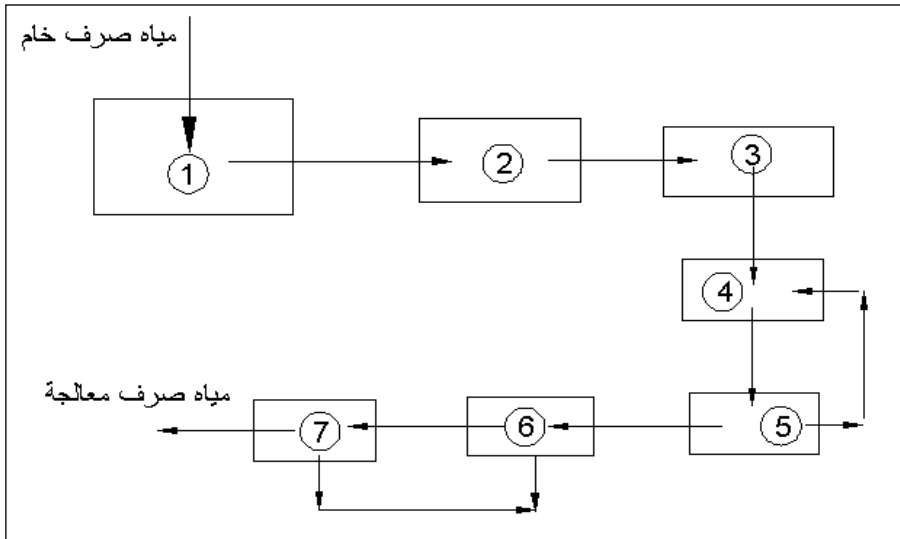
2- وجود الزيوت والشحوم بتراكيز عالية 450 ملغ/ل وهذا يتطلب إنشاء

حوض بسيط لفصل الزيوت والشحوم وذلك قبل إجراء أي معالجة

بهذه المياه.

3- وجود المعادن الثقيلة (الرصاص - النحاس - الباريوم) يضر بالمعالجة البيولوجية، ويشط عمل البكتيريا في معالجة المياه لذلك تجب إزالة هذه المعادن قبل إجراء المعالجة البيولوجية.

4- وبما أنه يوجد لدينا أحمال عضوية عالية COD, BOD₅, TSS لذلك يجب إجراء المعالجة البيولوجية على مراحل: ويوجد عدة طرق لإيجاد مثل هذا النوع من المعالجة ونختار الطريقة التالية وفق المخطط التكنولوجي التالي:



الشكل (7-19): مخطط صندوقي يبين مراحل المعالجة للمحطة المصممة

الرموز: 1- حوض تجانس وتوازن وإزالة الزيوت والشحوم 2- حوض إزالة المعادن الثقيلة 3- حوض ترسيب المعادن الثقيلة 4- مرشح بيولوجي اختياري 5- حوض ترسيب 6- حوض تهوية 7- حوض الترسيب النهائي.

- تصميم حوض التجانس والتوازن:

تبين من خلال مراقبة تصريف المنشأة وأخذ عينات عديدة، منها بأن دورة العمل هي 8 ساعات أي أن مواصفات المياه المتجمعة في حوض توازن لمدة

واردية واحدة (8 ساعات) تعطي مواصفات لمياه الصرف مشابهه بنسبة 80%-
 90% من مواصفات مياه صرف الوردية الثانية وكذلك الوردية الثالثة لذلك
 يمكن اعتبار حجم حوض التجانس والتوازن وإزالة الزيوت والشحوم ما يعادل
 تصريف المياه في وردية 8 ساعات (المعمل يعمل بثلاث ورديات وبشكل
 مستمر).

$$\text{الحجم} = \text{التدفق} \times \text{الزمن}$$

$$V=Q.T = 300 \times (8/24) = 100m^3$$

- نختار ارتفاع الحوض 2,7m وارتفاع أمان إضافي هو 0.3m فيكون

$$\text{الارتفاع الكلي للحوض } H=2.7+0.3=3m$$

$$- \text{وبالتالي المساحة اللازمة } A=V/H=100/2.7=37m^2$$

$$- \text{باعتبار نسبة الطول إلى العرض } = 3 \text{ أي } L/B=3$$

$$\text{فيكون } A=L.B=3B.B=37m^2$$

$$B=3.51=3.6m \quad \text{العرض الطول } L=10.8m$$

يجهز هذا الحوض بأنابيب علوية ذات شقوق موصولة بمضخة فاكيوم
 (سحب) وذلك لسحب الزيوت والشحوم الطافية ثم تعبئتها والتخلص منها
 بطريقة سليمة أو إعادة استخدامها في معامل إنتاج شحوم السيارات.
 في هذا الحوض يتم إزالة حوالي 70% من الزيوت والشحوم و20% من
 BOD5 و20% COD وحوالي % من TSS وبالتالي يصبح تركيزها عند الخروج
 من هذا الحوض هو:

$$(I) \text{ (الداخل) } X \times \text{نسبة الإزالة} - \text{(الداخل) } X = \text{(الخارج) } X$$

$$\text{(الداخل) } BOD5 \times \text{نسبة الإزالة} - \text{(الداخل) } BOD5 = \text{(الخارج) } BOD5 \\ = 4000 - 20/100 \times 4000 = 3200 \text{ mg/l}$$

$$\text{(الداخل) } COD \times \text{نسبة الإزالة} - \text{(الداخل) } COD = \text{(الخارج) } COD \\ = 7300 - 20/100 \times 7300 = 5840 \text{ mg/l}$$

$$\text{(الداخل) } TSS \times \text{نسبة الإزالة} - \text{(الداخل) } T.S.S = \text{(الخارج) } T.S.S \\ = 800 - 40/100 \times 800 = 480 \text{ mg/l}$$

OIL AND (الداخل) × نسبة الإزالة - (الداخل)

GREASE

$$=450-70/100 \times 750 = 135 \text{ mg/l}$$

ملاحظة: إزالة الزيوت والشحوم سوف تؤدي إلى انخفاض تركيز BODS، COD و T.S.S بنسب مختلفة ولكن بشكل عام تتراوح نسبة الإزالة بين 10-40% وذلك حسب طبيعة الزيوت والشحوم (طافية - مستحلبة..). وحسب نوعها (معديني - قابل للتصبن).

ثانياً: تصميم حوض إزالة المعادن الثقيلة:

تم إجراء عدة تجارب مخبرياً باستخدام جرعات من الكلور 100 ملغ/ك و بتركيز 150 ملغ/ل و 250 ملغ/ل من أجل إزالة المعادن الثقيلة وكانت القيمة الأمثلية هي مع استخدام 250 ملغ/ل و pH=8.75 وتنتج حمأة حجمها 3% من حجم الوعاء الذي رسبت فيه.

إذاً جرعة الكلور هي بتركيز 250 ملغ/ل.

- تصميم حوض الترويب وتشكيل الندف:

نختار حوض تشكيل ندف مجهز بخلاط وذلك لخلط محلول الكلور مع مياه الصرف الصناعي:

1- زمن المزج حوالي 5 دقائق.

2- زمن المكوث في حوض تشكيل الندف هو 30 دقيقة من أجل التدفق

الساعي الأعظمي.

- التدفق الساعي الأعظمي هو 35 م³/ساعة

إذاً حجم حوض المزج البطيء:

$$5/60 \times 35 = 2.91 = 3 \text{ m}^3$$

- حجم حوض تشكيل الندف $V=30/60 \times 35 = 17.5 \text{ m}^3$

أما عمق حوض تشكيل الندف والحواجز الميكانيكية فيعطى ارتفاعه

بالعلاقة:

$$H=0.5 \times (V)^{1/3} = 0.5 \times (17.5)^{1/3} = 1.3m$$

إذا مساحة حوض تشكيل الندف هي:

$$A=V/H=17.5/1.3 = 13.46m$$

نسبة الطول إلى العرض = 3

$$L/B=3, A=L.B \quad A=B \times (3B)=3B^2$$

ومنه $B=2.12m, L=6.35m$

أما أبعاد حوض المزج البطيء $H=1.3m = L=B$ نختار

$$L=B=1.5m \quad A=3/1.3 = 2.3$$

ثالثاً- حساب أبعاد حوض ترسيب المعادن الثقيلة:

يؤخذ زمن المكون فيه 1.5 ساعة عند التدفق الساعي الأعظمي:

$$V=35 \times 1.5 = 52.5m^3$$

نختار $H=2.7m$ وعمق إضافي للأمان $3m$, مساحة هذا الحوض

$$A=L.B, (فرض) L=3B, A=, 7/52, 52 = , 45m 19$$

$L=7, 7m \quad B=2, 55m$ ويكون قاع هذا الحوض مائل ميل 1 أفقي

و 4 شاقولي لسهولة جمع الحمأة

وبينت التجارب بأن مياه الصرف الصناعي مثل هذه الحالة تخسر

20-30% من قيمة BOD_5 , COD الخارج من عمليات المعالجة بالكلس ويتم

تخفيض حوالي 60-90% من تركيز المعادن الثقيلة.

هو وذلك بتطبيق العلاقة (I):

$$BOD_5 (\text{الخارج}) = 3200 - 20/100 \times 3200 = 2560mg/l$$

$$COD (\text{الخارج}) = 5840 - 20/100 \times 5840 = 4672mg/l$$

$$OIL \text{ AND GREASE} = 135 - 20/100 \times 135 = 108mg/l$$

إذا قيمة: $BOD_5 = 2560$ ملغ/ل

$COD = 4675$ ملغ/ل

التي سوف تدخل على المعالجة البيولوجية.

رابعاً- تصميم المرشح البيولوجي ذو التهوية الطبيعية:
نختار وسائط ترشيح من النوعية الجيدة وذلك من أجل إنشاء مرشح
بيولوجي ذو معدل عالي:
العلاقات المستخدمة:

$$S1/S0=e^{-(k \times z)/(Q \times A)^n}$$

$$\text{BOD5 (الداخل)}=S0=2560\text{mg/L}$$

وعامل إزالة الـ BOD5 في الدرجة C20 هو K=1.6 ونفرض كفاءة هذا المرشح في 60% فتكون:

$$\text{BOD5 (الخارج)} = S1 = 2560 - 0.6 \times 2560 = 1024\text{mg/L}$$

معدل التحميل الهيدروليكي $Q/A = 40\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$ $n=0.5$

$$2560/1024 = e^{-(1.6 \times Z)/(40)^{0.5}}$$

ومنه نجد $Z=3.6\text{m}$ ارتفاع المرشح وللأمان نختار مرشح بارتفاع 4.5m
أما مساحة المرشح من العلاقة:

$$Q/A = 40\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$$

(مساحة الرشح) $A = 300/40 = 7.5\text{m}^2$ قطر المرشح

ولكن للأمان أيضاً نختار قطر للمرشح مساوياً 3.5م

- تدفق المضخة المغذية للمرشح:

$$\text{على فرض } (Q/A)_{\min} = 30\text{م}^3/\text{م}^2/\text{يوم}$$

$$QF = A \times (Q/A)_{\min} = 7.5 \times 30 = 225\text{m}^3/\text{day}$$

عدد المضخات المستعملة:

$$B = Q_{\text{MAX}}/Q_F = 300/225 = 1.33$$

عملياً نختار مضختين استطاعة تدفق كل واحدة هو 300م³/يوم (واحدة
عاملة والثانية احتياط)، إذاً قيمة BOD5 الخارج من المرشح هي
.BOD5=1024mg/l

- تصميم حوض الترسيب (بعد المرشح):

يصمم وفق الأسس نفسها التي صمم عليها حوض ترسيب المعادن الثقيلة إذاً $V=52.5m^3$ ولكن نختار في هذه الحالة مرسباً شاقولياً (لتقليل المساحة اللازمة للمحطة).

$$V=52.5m^3$$

$$نختار معدل التحميل السطحي Q/A = 25m^3/م^2/يوم$$

$$A=300/25 = 12m^2 \quad D=4m$$

$$H=V/A = 4.4m$$

وعملياً يزال 15% من BOD5 في حوض الترسيب بعد المرشح BOD5 الخارج من حوض الترسيب بعد المرشح:

$$BOD5 = 1024 - 0.15 \times 1024 = 870.4mg/l \text{ (الخارج)}$$

- حساب وتصميم حوض التهوية:

$$BOD5=870.4mg/l \text{ الداخل } Q=300m^3/day$$

$$BOD5 < 500mg/l \quad Q_{max} = 35m^3/hour$$

نختار طريقة الحمأة المنشطة التقليدية ذات المزج الكامل:

$$MLSS = 3300mg/l \text{ فرضيات}$$

$$F/M=0.4$$

$$F/M=Q \times (BOD_i - BOD_e) / (V \times MLSS) \dots (2)$$

نفرض أن كفاءة هذا الحوض هي 50% إذاً تركيز BOD5 الخارج من هذا الحوض هو

$$BOD_e = 0.5 \times 870.4 = 435.2mg/l \text{ خارج}$$

إذاً يكون حجم الحوض وذلك بتطبيق العلاقة (2):

$$4 = (300 \times (870.4 - 435.2) \times 10^{-3}) / (3300 \times 10^{-3} \times V) \quad 0$$

$$V = 100m^3 \text{ (حجم حوض التهوية)}$$

$$إذاً زمن المكوث هو ساعات 8100 = 300 \times 24$$

إذاً نختار أبعاد حوض التهوية

$$H=2.7m, A=V/H = 37m^2$$

$$L=3B \quad A=L \times B$$

$$B=3.5m, \quad L=14m$$

- حساب كمية الأوكسجين اللازمة:

كل 1 كغ BOD5 مزال يحتاج إلى (2-0.8) كغ O₂ نختار عملياً 1.2 كغ O₂ لكل 1 كغ BOD5 مزال مكون كمية الأوكسجين اللازمة

$$O_2=1.2 \times (870.4-435.2) \times 10^{-3} \times 300=156.6 \text{kgO}_2/\text{day}$$

$$=5 \times 156.6 = 784 \text{m}^3 \text{air}/\text{day}$$

كمية الهواء اللازمة باختبار نافثات دقيقة ذات مردود 12% تكون كمية الهواء اللازمة فعلياً

هي:

$$=(784/0.12)/24 = 272 \text{m}^3 \text{air}/\text{hour}$$

تصميم حوض الترسيب النهائي: يصمم كما صمم حوض ترسيب المعادن

الثقيلة:

$$L=7.7m, \quad B=2.55m, \quad H=2.7m$$

كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة البيولوجية هي:

أ- الحمأة الناتجة عن المعالجة البيولوجية بالمرشح البيولوجي:

عادة تعطي كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة البيولوجية بالمرشح البيولوجي

كنسبة من BOD5 المزال وبشكل عام هي 10-30%:

وبشكل وسطي: كمية الحمأة الناتجة:

$$=0.2 \times (BOD_i - BOD_e) \times Q$$

$$=0.2 \times (2560-1024) \times 10^{-3} \times 300=92.16 \text{kg}$$

ب- كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة:

$$=0.3 \times (870.4-435.2) \times 10^{-3} \times 300=39.168 \text{kg}$$

- إذاً كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة البيولوجية هي 131.4 كغ/يوم حمأة

جافة

- إذا فرضنا أن رطوبة هذه الحمأة هي 98.5% ووزنها النوعي 1طن/م³

فيكون حجم الحمأة الناتجة يومياً:

كل م3 حمأة تحتوي 15 كغ حمأة جافة (لأن محتوى رطوبة الحمأة هي 98.5%)

كل x م3 حمأة تحتوي 131.4 كغ حمأة جافة (لأن محتوى رطوبة الحمأة هي 98.5%)

$x = 131.4 \times 1/15 = 8.76$ م3 حمأة تنتج يومياً من المعالجة البيولوجية وتحتاج معالجة.

كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة الكيميائية هي:

$$5/100 \times 300 = 9 \text{ m}^3/\text{day}$$

ناتجة عن المعالجة الكيميائية تحتاج معالجة خاصة لاحتوائها على معادن ثقيلة.

7-11-11- مياه صرف معامل الخميرة

7-11-11- إنتاج خميرة الخبز من مولاس الشوندر:

تقوم خميرة الخبز في العجين عند الظروف المناسبة من الحرارة بفرز أنزيمات Enzymes تحول السكريات المعقدة والديكستريونات إلى سكريات أحادية، وإنزيمات أخرى تقوم بالأكسدة التامة لهذه السكريات الأحادية منتجة الكحول الإيثيلي وغاز ثاني أكسيد الكربون وبعض المنتجات الثانوية الأخرى، و يترافق ذلك مع تحلل العديد من المكونات العضوية الموجودة داخل كتلة العجين مما يجعل الخبز الناتج سهل الهضم والتمثل من قبل الجهاز الهضمي للإنسان.

تعتمد صناعة خميرة الخبز على تراكم خلايا الخميرة بطريقة إكثار مستتبت نقي في وسط مائي يحتوي على المواد المغذية الضرورية للنمو، ومن ثم فصل الخلايا المتشكلة لاستخدامها في صناعة الخبز، وتمتاز السلالة المستخدمة بقدرة خلاياها على النمو السريع في الوسط المغذي، وبثباتها في الوسط المغذي، و يكبر حجمها وغناها بالإنزيمات وخصوصا المالتاز Maltase والزيماز Zymaze.

7-11-2- التركيب الكيميائي لخميرة الخبز:

تحتوي خلايا خميرة الخبز الطازجة (الطرية أو المضغوطة) على الرطوبة بنسبة (68-73)% أي أن محتوى المادة الجافة يتراوح بين (27-32)%، وقد وجد أن الخميرة الطرية ذات الرطوبة 75% تحتوي على 25% من الماء بين الخلايا و50% في داخلها على شكل ماء حر ومتحد، ويدخل الماء المرتبط في تركيب المواد الغروية ولا يعد هذا الماء محلاً ويتصف بصعوبة تجمده أو تبخره، في حين أن الماء الحر يلعب دور المحل.

الجدول (7-33): التركيب الكيميائي للمادة الجافة في الخميرة

النسبة المئوية %	اسم المركب
8-6	الأزوت الكلي
50-37	البروتين
2.5-1.5	المواد الدسمة
45-35	المواد اللا آزوتية
10-6	الرماد

الجدول (7-34): العناصر الكيميائية الداخلة في تركيب المادة الجافة للخميرة

القيمة الوسطية % من المادة الجافة	اسم العنصر
47	الكربون
6	الهيدروجين
32.5	الأوكسجين
8.5	الأزوت
0.02	الكلور
2.6	الفوسفور P_2O_5
2.5	البوتاسيوم K_2O
0.05	الكالسيوم CaO
0.40	المغنيزيوم MgO
0.005	الألومنيوم Al_2O_3
0.03	الكبريت SO_3
0.007	الحديد Fe_2O_3

7-11-3- المرحلة الأخيرة لإنتاج الخميرة:

وتتألف مما يلي:

- في حال إنتاج خميرة طرية يضح سائل الكريما إلى قسم المرشحات الدوارة (وهي عبارة عن مرشحات دوارة عدد 3/ مغطاة بشبك معدني تتوضع عليها طبقة من نشاء البطاطا لحجز خلايا الخميرة ويفصل الماء عن الكريما للحصول على الخميرة الطرية 30% مادة جافة)، حيث يتم قشط الخميرة بسكين متوضعة بقرب سطح الاسطوانة، ويتم تصريف السائل المتبقي إلى المجرور، مع العلم أن المرشحات الدوارة تعمل على مدار 16 ساعة دون توقف، ويقدر السائل المصرف بحوالي 2م³/ساعة.
- تؤخذ الخميرة إلى قسم التعبئة والتغليف حيث تغلف بوزن 500 غ ويتم تخزينها في مستودعات خاصة.
- في حال إنتاج خميرة جافة فإنها تؤخذ إلى قسم المرشح الضاغط حيث تكبس وتضغط بقماش ويتم تصريف المياه الناتجة عن الضغط إلى الشبكة العامة (المجرور) وهي تصنع حسب الطلب ثم تؤخذ إلى آلة التحييب ومنه إلى وحدة المجففات ثم إلى قسم التعبئة فمستودع التخزين.

7-11-4- المنصرفات السائلة الناتجة عن معمل خميرة حلب - سوريا -

حالة دراسية:

كمية مياه الصرف الناتجة عن المخمرات:

- كل 24 ساعة (مدة التخمر) في مخمر الاستنبات يتم صرف ما يلي:
 - المياه المصروفة من مخمر الاستنبات الأول بحدود 50م³.
 - المياه المصروفة من مخمر الاستنبات الثاني بحدود 100م³.
 - مياه الغسيل للمخمرات بحدود 30م³.
- مجموع ما يتم تصريفه من مخمر الاستنبات وسطيا بحدود 180م³/يوم.

كمية مياه الصرف الناتجة عن المخمر التجاري:

كل 17 ساعة (مدة عملية التخمر) في المخمر التجاري يتم صرف ما يلي:

- المياه المصروفة من المخمر التجاري (عدد 3) بحدود 550 م^3 .
- مياه الغسيل للمخمرات بحدود 50 م^3 .
- مجموع ما يتم تصريفه من المخمرات التجارية وسطياً بحدود:
 $(50+550) = 600 \text{ م}^3/\text{يوم}$.

كمية مياه الصرف الناتجة عن قسم المرشحات:

كل يوم في قسم المرشحات يتم صرف مياه من المرشح الدوار (عدد 3) $35 \text{ م}^3/\text{يوم}$.

كمية مياه الصرف الناتجة عن الاستخدام البشري للعمال:

عدد العمال: 177 عامل.
نقدر أن كل عامل أنه يستهلك وسطياً 50 لتر في الوردية الواحدة.
فتكون الكمية المصروفة اليومية $= 177 \times 0.05 \times 0.8 = 7 \text{ م}^3/\text{يوم}$.
حيث فرضنا أن 80% من المياه المستهلكة تذهب إلى المجرور العام.

كمية مياه الصرف الناتجة عن غسيل الأراضي والناتجة عن صرف قسم من مياه التبريد:

وتقدر بحدود $30 \text{ م}^3/\text{يوم}$.

كمية مياه الصرف الناتجة عن العمل المخبري:

وتقدر بـ 1-2 $\text{م}^3/\text{يوم}$.
وبالتالي الكمية اليومية لمياه الصرف هي:
 $180 + 600 + 35 + 7 + 30 + 1 = 853 \text{ م}^3/\text{يوم}$.

7-11-5- مواصفات مياه الصرف الناتجة عن معمل الخميرة:

تمتاز مياه الصرف الناتجة عن معمل الخميرة بشكل عام بارتفاع قيمة الأحمال العضوية معبراً عنها بـ COD, BOD₅, TSS, كما تتميز أيضاً بارتفاع تركيز الشوارد المنحلة فيها وبالأخص شاردة الصوديوم والكلوريد والكبريتات، وقبل البدء بالبحث تم أخذ عدة عينات ودراسة قابلية إجراء المعالجة البيولوجية لها ونتائج تحليل عينات مفردة (غير مركبة) أي لحظية هو موضح بالجدول (7-35):

الجدول (7-35): النتائج المخبرية لتحليل مياه صرف معامل خميرة حلب - سوريا

القيمة لمياه الصرف لعمل الخميرة				الرمز	اسم العنصر
6.55	5.33	5.47	5.12	PH	الرقم الهيدروجيني
28 مغوية	23.4 مغوية	21.4 مغوية	28.5 مغوية	T ^o	درجة الحرارة
13320 ملغ/ل	7580 ملغ/ل	15330 ملغ/ل	36000 ملغ/ل	COD	الاحتياج الكيميائي للأوكسجين
لا يوجد تحليل	لا يوجد تحليل	760 ملغ/ل	4985 ملغ/ل	BOD5	الاحتياج الكيميائي للأوكسجين
890 ملغ/ل	1524 ملغ/ل	2180 ملغ/ل	1978 ملغ/ل	TSS	مجموع المواد العالقة
15423 ملغ/ل	10790 ملغ/ل	18840 ملغ/ل	20860 ملغ/ل	TDS	الأملاح الكلية المنحلة
لا يوجد تحليل	3500 ملغ/ل	1800 ملغ/ل	لا يوجد تحليل	SO ₄ ⁻	الكبريتات
لا يوجد تحليل	لا يوجد تحليل	500 ملغ/ل	500 ملغ/ل	PO ₄	الفوسفات
لا يوجد تحليل	لا يوجد تحليل	56.76 ملغ/ل	740 ملغ/ل	NH ₄ ⁺	الأمونيوم
لا يوجد تحليل	2.9 ملغ/ل	9.86 ملغ/ل	لا يوجد تحليل	-	النيترولات
لا يوجد تحليل	160 ملغ/ل	259 ملغ/ل	358 ملغ/ل	Oil	الزيوت والشحوم
لا يوجد تحليل	1037.5 ملغ/ل	لا يوجد تحليل	لا يوجد تحليل	Na ⁺	الصوديوم
لا يوجد تحليل	1090.5 ملغ/ل	لا يوجد تحليل	لا يوجد تحليل	k ⁺	البوتاسيوم
لا يوجد تحليل	4520.5 ملغ/ل	لا يوجد تحليل	لا يوجد تحليل	Ca ⁺	الكالسيوم

من خلال فحص نتائج تحاليل عينات مياه الصرف الصناعي يتبين ما

يلي:

- تعتبر مياه الصرف الصناعي لمعمل الخميرة شديدة التلوث لارتفاع قيم المؤشرات فيها حيث بلغت قيمة COD لإحدى العينات 36000 ملغ/ل.
- إن قيمة الـ COD لمياه معمل الخميرة بحسب واقع معمل الخميرة وطريقة التصنيع والخبرة العملية والمراجع العلمية تتراوح بين 10000-18000 ملغ/ل وبشكل وسطي تبلغ حوالي 14000 ملغ/ل وهذه القيمة مرتفعة جداً إذ إن قيمة COD مياه الصرف المنزلي يبلغ حوالي 650 ملغ/ل وبالتالي قيمة COD المياه معمل الخميرة أكبر بـ 21 مرة مقارنة بمياه الصرف المنزلي مما يسبب زيادة الأحمال العضوية على محطة معالجة مياه صرف مدينة حلب.
- قيمة pH لمياه الصرف الصناعي لمعمل الخميرة أصغر من القيمة 6 (مياه حامضية) في بعض مراحل التصنيع مما يسبب خطراً كبيراً جداً على شبكة المجاري العامة لأن المياه الحامضية تسبب تآكلاً في شبكة المجاري العامة.
- تحتوي مياه صرف معمل الخميرة على تراكيز عالية من شاردة الكبريتات SO_4^{2-} قد تصل أحياناً حتى 3500 ملغ/ل مما يسبب إطلاق غاز H_2S الذي يعتبر غازاً شديداً الخطورة على حياة عمال الصيانة الذين يعملون في صيانة شبكات الصرف الصحي بالإضافة إلى أنه يسبب تآكلاً لشبكات المجاري العامة.
- تحتوي مياه صرف معمل الخميرة على تراكيز عالية من الزيوت والشحوم قد تصل أحياناً حتى 350 ملغ/ل مما يلحق ضرراً في شبكات المجاري العامة وفي محطة الضخ ومحطة المعالجة.
- تحتوي مياه صرف معمل الخميرة على تراكيز عالية من المواد المعلقة TSS والمواد الصلبة المنحلة TDS والمواد الصلبة الكلية مما يزيد كمية

الحماة المتشكلة في محطة المعالجة الرئيسية ويرفع من قيمة الأحمال العضوية.

- تحوي مياه صرف معمل الخميرة على تراكيز عالية من الفيولولات غير مسموح برميها في شبكات المجاري العامة وذلك لأن التراكيز العالية من الفيولولات تسبب أذىً كبيراً للبكتريا التي تعالج المياه في محطة المعالجة.

- دراسة تأثير مياه الصرف الصناعي لمعمل الخميرة على محطة معالجة مدينة حلب:

يبلغ التدفق الوسطي لمياه صرف معمل الخميرة حوالي 850 م³/يوم تقريباً وكما هو معلوم يبلغ وسطي تصريف متوسط الفرد الواحد في مدينة حلب 150 لتر في اليوم وسطياً.

أ- فيكون تصريف معمل الخميرة مكافئ إلى $0.15/850 = 5667$ نسمة وبالتالي فإن تصريف معمل الخميرة يعادل 5667 نسمة أي وكأن الحمل الهيدروليكي لمعمل الخميرة يعادل قرية عدد سكانها 5667 نسمة.

ب- بفرض أن كل فرد في مدينة حلب يعطي 100 غ COD/يوم الحمل العضوي الناتج عن معمل الخميرة:

$$= \text{التدفق} \times \text{تركيز COD الوسطي}$$

$$850 \times 1000/14000 = 11900 \text{ كغ COD/اليوم.}$$

المكافئ السكاني للحمل العضوي لمعمل الخميرة هو:

$$11900 \times 100/1000 = 119000 \text{ نسمة}$$

أي أن معمل الخميرة يعطي أحمالاً عضوية لمحطة معالجة مدينة حلب تكافئ الحمل العضوي لمائة وتسع عشرة ألف نسمة من السكان مدينة حلب.

7-11-6- دراسة قابلية حدوث إعاقة لنشاط البكتريا عند معالجة مياه صرف معمل الخميرة بيولوجياً:

من البديهي أن تكون مياه صرف معامل الخميرة قابلة للمعالجة بيولوجياً ولكن يجب على الباحث والمصمم لمحطات المعالجة البيولوجية قبل البدء بتصميم محطة معالجة أن يدرس تأثير وجود معيقات لنشاط البكتريا التي ذكرناها في الفصل الثاني، والتي يتبين منها بأن تركيز SO_4^{2-} الذي يسبب إعاقة لنشاط البكتريا (50% inhibitory concentration) والذي يرمز له اختصاراً بـ IC50 هو 3300 ملغ/ل و IC50 بالنسبة لشوارد الأملاح المنحلة (مثل Ca^{2+} , K^+ , Na^+) = 4700-7600 ملغ/ل.

من الجداول (6-36) نلاحظ أن قيمة تركيز SO_4^{2-} لمياه الصرف الخام من معمل الخميرة هي بحدود 2000-3500 ملغ/ل وهذه القيم تقارب بل وتنفوق أحياناً تفوق قيم IC50 لشاردة SO_4^{2-} وبالتالي نتوقع أن لا تزيد فعالية المعالجة بالبكتريا عن 50% من قيمة نشاطها النظرية لنشاطها.

أما بالنسبة للأملاح المنحلة فإن تركيزها في مياه الصرف الخام لمعمل الخميرة فهي بحدود 10000-20000 ملغ/ل بينما IC50 لشوارد الأملاح هو 4700-7600 ملغ/ل وبالتالي نتوقع أن لا تزيد كفاءتها عن 50% من قيمة نشاطها النظري.

النتيجة: من المتوقع حدوث إعاقة لنشاط البكتريا اللاهوائية بمقدار 50% عند معالجة مياه صرف معمل الخميرة بسبب وجود تراكيز عالية من شوارد الأملاح المنحلة.

7-11-7- معالجة مياه صرف معامل الخميرة:

توجد عدة طرق لمعالجة مياه صرف معامل الخميرة ولكن المفضل دوماً أن تكون دوماً هناك طريقة لاهوائية مع ملاحظة أن كفاءة المعالجة بأي طريقة لاهوائية لن تزيد عن 50-60% وذلك بسبب ارتفاع تركيز الشوارد المنحلة ووجود مواد خاملة صعبة التفكك، وقد أجريت تجارب مخبرية لمعالجة مياه

صرف معاميل الخميرة ذات المواصفات المبينة في الجدول الآتي وباستخدام مفاعل UASB وكانت نتائج المعالجة مبينة في الجدول (6-38)، وذلك عند زمن مكوث هيدروليكي مقداره 24 ساعة:

الجدول (7-37) مواصفات مياه معمل الخميرة

المؤشر	TSS mg/l	TS mg/l	TDS mg/l	COD mg/l	pH
القيمة	1300-500	24000-13000	23000-12000	19000-12000	7.5-6

الجدول (7-38) في المختبر بمفاعل UASB وذلك بزمن مكوث هيدروليكي مقداره 24 ساعة

درجة الحرارة (درجة مئوية)	13-9	17-14	28-25	33-30	37-34
وسطي إزالة الـ %COD	36.6	37.45	43	44.2	47.15

7-11-8- حالة عملية لمحطة معالجة لمياه صرف معمل خميرة الخبز:

الموقع: سانيكو - الشيلي

إن مياه الصرف الصناعي لهذه المحطة تعادل كحمل عضوي 150-200 ألف نسمة وإن كمية التدفق اليومي، ومواصفات مياه الصرف قبل المعالجة مبينة في الجدول (7-39):

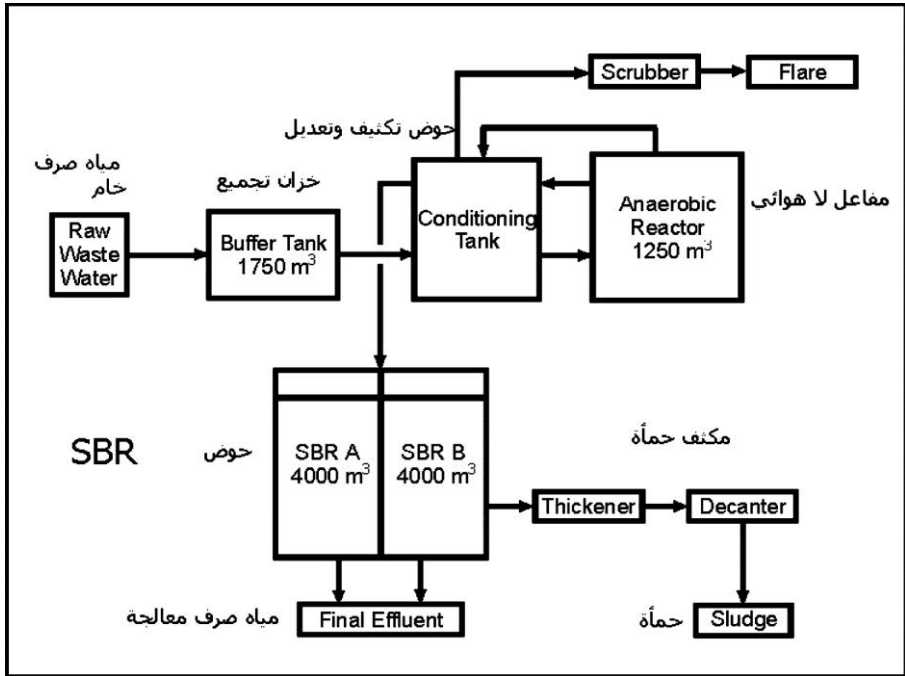
الجدول (7-39): مواصفات مياه صرف معمل خميرة سانيكو - الشيلي

المؤشر	الواحدة	القيمة الوسطية
Flow	m ³ /day	3.600
COD	kg/day	28000-23000
BOD	mg/l	7780-6.390
Suspended solids	kg/day	18.500
Total Kjeldahl Nitrogen	mg/l	5.190
	kg/day	2.500
	mg/l	694
	kg/day	1.150
	mg/l	319

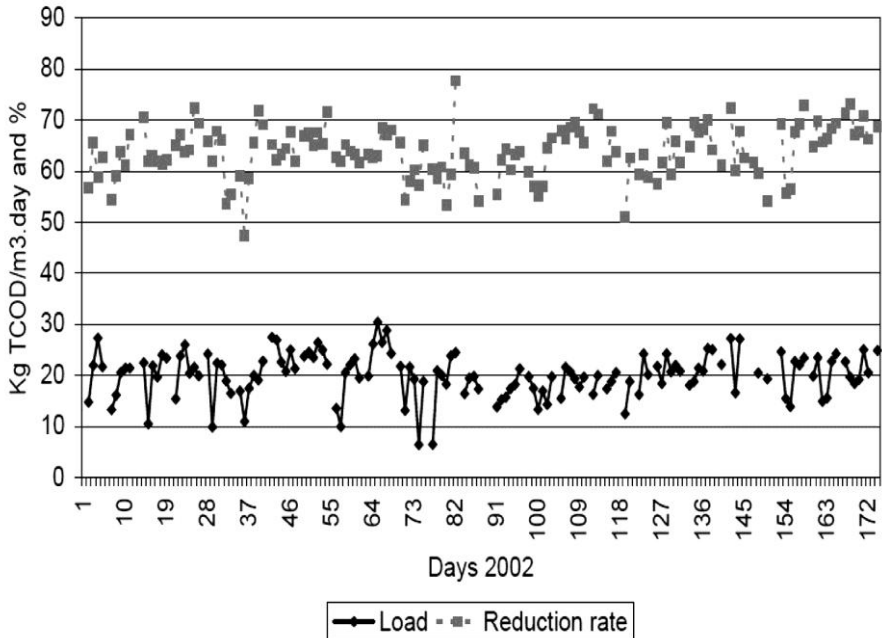
المؤشر	الواحدة	القيمة الوسطية
P-PO ₄	kg/day	55
	mg/l	15
Sulphate	kg/day	3.000
	mg/l	1.000

تتألف محطة المعالجة لمياه صرف معمل خميرة سانيكو الشيلي من المراحل الآتية:

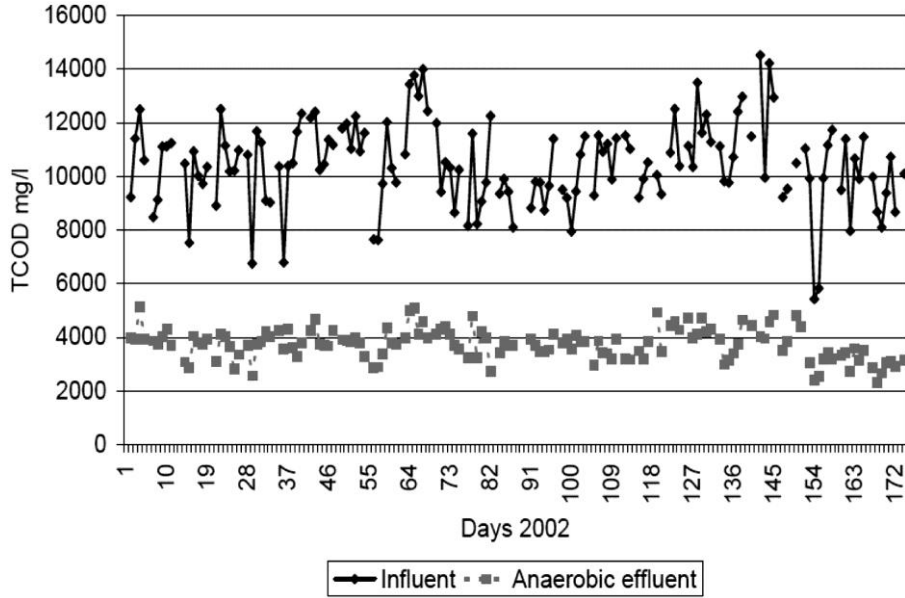
- خزان تجميع بسعة 1750 م³ يتم فيه موازنة التدفقات والأحمال الهيدروليكية والعضوية.
- حوض تعديل وتكييف لمياه الصرف بحيث يتم ضبط pH المياه ودرجة الحرارة يمكن أيضاً أن تتم إضافة بعض المواد المغذية للبكتريا وكلور الحديد FeCl₃.
- مفاعل لاهوائي (سرير الحمأة الحبيبي المتمدد) (EGSB) Expanded granular sludge bed بحجم 1250 م³ وبمعدل حمولة عضوية حوالي 25 كغ COD/م³.يوم، ودرجة حرارة مياه الصرف كانت تتراوح بين 25-35 درجة مئوية وذلك تبعاً للطقس ويحقق إزالة 60-65% من COD، وينتج الغاز الحيوي والذي يحوي على 70% غاز الميثان 26% من غاز ثاني أكسيد الكربون و4% من كبريتيد الهيدروجين.
- حوضين subsequent batch reactor كل واحد 4000 م³. وفي المياه المعالجة كان تركيز BOD أقل من 35 ملغ/ل وتركيز المواد المعلقة أقل من 80 ملغ/ل و تركيز TKN أقل من 50 ملغ/ل وكانت كمية الحمأة الجافة الناتجة عن مرحلة المعالجة الهوائية هي 1500 كغ/يوم، المخطط الصندوقي لمحطة المعالجة مبين في الشكل الآتي:



الشكل (7-20): صورة تبيين اتجاه الجريان في محطة المعالجة



الشكل (7-21): مخطط يبين معدل الحمولة العضوية الحجمية وكفاءة إزالة TCOD



الشكل (7-22): مخطط يبين تركيز TCOD للتدفق الداخل والخارج من المفاعل اللاهوائي

إن مياه صرف خميرة الخبز تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية الخاملة والتي يصعب أن تتفكك بالمعالجة البيولوجية اللاهوائية، حتى الهوائية لذا فإن قيمة COD في المياه المعالجة حوالي 2000 ملغ/ل بينما قيمة BOD أقل من 35 ملغ/ل.

7-12- صناعة الألبان والأجبان

7-12-1- صناعة الألبان والملوثات السائلة الناتجة عنها:

تعتبر صناعة الألبان والأجبان من الصناعات التقليدية القديمة في العالم فلا توجد محافظة أو مدينة في العالم إلا وفيها العشرات من مصانع الألبان والأجبان ومشتقاتها، وتنتج مياه صرف معمل الألبان والأجبان عن غسل الآلات والأراضي وعن تصريف ماء اللبن - المصل - وذلك عند إنتاج اللبنة (فصل السائل عن اللبن لينتج منتج اسمه لبنة) بالإضافة إلى بعض فواقد الحليب والانسكابات، والملوثات الهامة الأخرى الموجودة في مياه المصرفة هي الفوسفور

والنيتروجين والكلور، قد تحتوي المياه المهدورة مسببات الأمراض من المواد الملوثة أو عمليات الإنتاج. ويوضح الجدول (7-40) مواصفات مياه الصرف الصناعي لمعمل الألبان المهدورة غير المعالجة النموذجية من تصنيع الألبان.

الجدول (7-40): يبين مواصفات مياه معامل الألبان

العنصر الملوث/المؤشر	المجال
SS	24-5700 mg/l
TSS	135-8500 mg/l
COD	500-4500 mg/l
BOD5	450-4790 mg/l
بروتين	210-560 mg/l
الدهون	35-500 mg/l
كربوهيدرات	252-931 mg/l
نتروجين الامونيا	10-100 mg/l
نتروجين	15-180 mg/l
فوسفور	20-250 mg/l
صوديوم	60-807 mg/l
كلور	48-469 (up to 2000*) mg/l
الكالسيوم	57-112 mg/l
المغنيسيوم	22-49 mg/l
بوتاسيوم	11-160 mg/l
pH	5.3-9.4
درجة الحرارة	12-40°C

إن المجال الكبير لقيم ملوثات معمل الألبان والأجبان سببه الاختلاف التكنولوجي في التصنيع، فالمعامل التي تقوم بتنظيف الآلات بطرق لا تؤدي إلى تصريف المياه، وكذلك لا تصرف المصل تكون قيمة الملوثات - تراكيز الملوثات - فيها صغيرة مقارنة مع المعامل التي تستخدم المياه بكميات كبيرة في عملية غسل الآلات وإن كميات التلوث الناتجة عن صناعة الألبان مبنية في الجدول (7-41):

الجدول (7-41) يبين بعض كميات التلوث الناتجة عن صناعات الألبان

حجم الماء المهدورة (l/kg)	المؤشر			المنتج
	Total P	Total N	COD	
25-0.9	0.02-0.01	0.14-0.05	10-2	الحليب واللبن
60-0.7	0.05-0.01	0.2-0.08	13-0.8	الجبين
60-0.4	0.2-0.01	0.3-0.03 33	6-0.5	الحليب ومصل البودرة
7.8-2.7				آيس الكريم

أما قيمة BOD النموذجية لمنتجات الألبان المختلفة فهي مبينة في الجدول (6-42):

الجدول (7-42): يبين قيمة BOD5 لبعض منتجات الألبان

المنتج	حليب صافي	حليب منزوع	كريمة	اللبن	مثلجات	مصل الحليب
قيمة BOD5 (ملغ/ل)	104000	67000	399000	91000	292000	34000

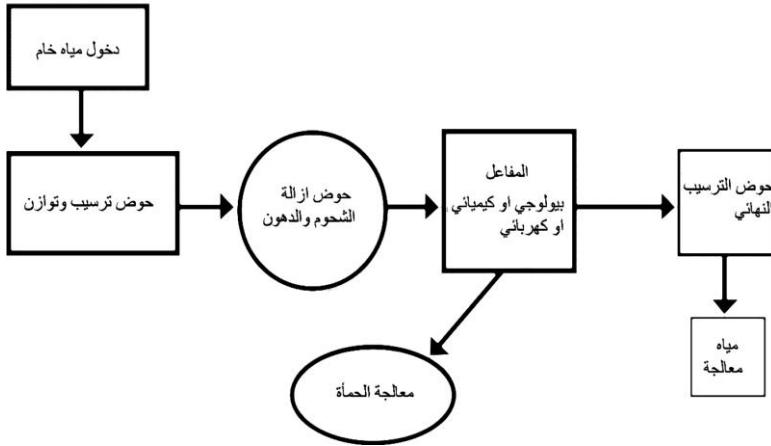
عمليات تصنيع الألبان تشمل الاستقبال والفرز والتخثير وتصنيع الزبدة وتصنيع الجبنه واللبن وما شابه ذلك، وإن مياه صرف معامل الألبان تنشأ بشكل رئيسي عن تصنيع الجبنه والبن والزبدة وتنشأ مياه الصرف بشكل أساسي عمليات غسيل الآلات والانسكاب المفاجئ للحليب واللبن. وسط تفاعل مياه المجاري لمعامل مشتقات الحليب قريب من الحيادي ويمكن أن يتحول أحياناً إلى وسط حامضي ضعيف أثناء طرح المصل أو حامضي أو قلوي أو قلوي ضعيف عند إلقاء محاليل غسيل قلوية.

7-12-2- المعالجة الفيزيائية - الكيميائية (التطويف):

يمكن استخدام طريقة التطويف لمياه المجاري لمعامل مشتقات الحليب دون استخدام محثرات قليلة، حيث تسمح بإنقاص محتوى الدهون بنسبة (50-60%)

والمواد الصلبة بنسبة (50%)، وعند استخدام مخثر كبريتات الألمنيوم المائية (الشبة) أو كلور الحديد بجرعة (100mg/l) (أملاح دون ماء)، ووفقاً لقيمة الـ COD تساوي (1000mg/l) والـ (pH=6.7) تكون فعالية المعالجة والإزالة للمواد الصلبة المحملة بنسبة (75-80%) وللدهون (80-90%) ولـ (60BOD-70%)، ولكن عند إضافة جرعة مخثر كبيرة تتشكل كمية رواسب كبيرة (حتى 10% من حجم مياه المجاري)، وبالتالي فإن كمية كبيرة من الحمأة تحتاج إلى معالجة؛ لهذا فإن المعالجة بالمخثرات لم تلق قبولاً كثيراً في معالجة مياه صرف معامِل مشتقات الحليب.

مخطط كروكي لمحطة معالجة لمعامِل الحليب والالبان



الشكل (7-23): يبين مخطط صندوقي لمحطة معالجة مياه صرف معامِل الألبان

7-12-3- مثال تصميمي لمحطة معالجة لمعمل ألبان (لم ينشأ بعد):

أ- لدي الاستفسار من صاحب المنشأة وتدقيق الخط التكنولوجي تبين أن هذا المعمل سوف يصنع 10 أطنان حليب وبيتحويلها إلى منتجات أخرى:

ب- بعد الإطلاع على الخط التكنولوجي للمعمل ومقارنته بمعامِل نفذت سابقاً تبين ما يلي كل 1 طن حليب خام معالج سوف يؤدي إلى

تصريف 3 م³ من مياه الصرف إلى المجرور العام فيكون بذلك التدفق التصميمي هو:

$$10 \times 3 = 30 \text{m}^3/\text{day}$$

اختيار طريقة المعالجة المناسبة:

أ- توجد عدة طرق للمعالجة البيولوجية ونختار طريقة معالجة بيولوجية لاهوائية من المفاعل UASB متبوعة بطريقة الحمأة منشطة ذات المزج الكامل.

ب- الأمور الواجب مراعاتها أثناء التصميم:

ت- الناحية الاقتصادية.

ث- سهولة التشغيل.

ج- صغر المساحة.

ح- عدم الاعتماد على مواد مستوردة في المعالجة.

خ- القدرة على تحمل الصدمات البيولوجية.

د- الجودة الجيدة.

تصميم حوض التوازن وترسيب وضبط pH:

الغاية من حوض التوازن هي:

أ- تحقيق التجانس في صفات المياه الداخلة للمعالجة.

ب- يشكل حوض ترسيب أولي في عملية المعالجة.

ت- يوفر حجم احتياطي في حال تعطل أحد أقسام محطة المعالجة.

ث- في هذه الحالة يغطي هذا الحوض لتشجيع ظهور الحمأة اللاهوائية.

ج- يضاف الكلس إلى هذا الحوض لضبط PH المياه وتضاف نفايات هواء

عدد 6 على الأقل لتحقيق الخلط المناسب.

- تصميم المفاعل اللاهوائي UASB:

- إذا كانت قيمة COD أكبر من 5000 ملغ/ل فإننا نعتمد على طريق

معدل الحمولة العضوية الحجمية.

- وبشكل عام في معامل الألبان يتراوح زمن المكوث بين 18-36 ساعة لذلك نختار في حالتنا هذه زمن مكوث يوم فيكون حجم المفاعل هو 30م³.

ارتفاع المفاعل لا يقل عن 4.5 م نختار مفاعلاً ارتفاعه 5 م منها 0.5 م ارتفاع حر فوق سطح الماء، فيكون قطره 3م.

إذا أبعاد المفاعل اللاهوائي: الارتفاع: 5م القطر: 3م الكفاءة الأصغرية لهذا المفاعل هي: 50% فيكون تركيز BOD5 الخارج من هذا المفاعل هو:

$$2635 \times 0.5 = 1318 \text{mg/l}$$

تصميم الجزء الثاني من المحطة وهو المعالجة بالحمأة المنشطة (ذات المزج الكامل):

$$\text{BOD5e} = 800 \text{mg/l} \quad \text{BOD5i} = 1318 \text{mg/l}$$

بفرض نسبة COD إلى BOD5 هي 2

$$\text{BODi} = 1275 \quad \text{BODe} = 800 \text{ mg/l}$$

حجم الحوض هو $30 \times 6 / 24 = 7.5 \text{m}^3$

نفرض أن $\text{MLSS} = 4500 \text{mg/l}$ وتكون $\text{MLVSS} = 4500 \times (\text{VSS}/\text{TSS})$

$$\text{MLVSS} = 4500 \times 1130 / 1300 = 3911 \text{mg/l}$$

$$F/M = (1318 - 800) \times 30 / (7.5 \times 3911) = 0.53 \text{ OK } (0.2 - 0.6)$$

حساب التدفق المعاد من حوض الترسيب النهائي إلى حوض التهوية QR

$$\text{QR} = 100 / (10^6 / (X \times \text{SVI}) - 1) \times Q \quad X = \text{MLSS} = \text{MLVSS} / (0.65 -$$

$$0.9) = \text{XV} / (0.65 - 0.9)$$

نفرض $\text{SVI} = 80$ فيكون (حمأة جيدة)

$$\text{QR} = 1 / (10^6 / (4500 \times 80) - 1) \times 30 = 16.9 \text{ m}^3/\text{day} = 0.705 \text{m}^3/\text{h}$$

- تصميم حوض التهوية وحوض الترسيب النهائي:

$$V = 8 \text{ m}^3 \quad L = 2\text{m} \quad B = 2\text{m} \quad H = 2\text{m}$$

كمية الهواء اللازمة

$$((1318-800) \times 30 / 1000 \times 1.3 \times 5 / 0.1) / 24 = 42 \text{ m}^3 / \text{h}$$

تصميم حوض الترسيب النهائي: زمن المكوث 2 ساعة فيكون الحجم

$$V = 30 \times 2 / 24 = 2.5 \text{ m}^3$$

$$B=1\text{m } L=3\text{m } H=1.3\text{m (فرضي) } Q/A=10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day}$$

يزال 30% من BOD5 في حوض الترسيب النهائي

إذاً تركيز الـ BOD5 الخارج من حوض الترسيب النهائي هو 560 ملغ/ل

حساب كمية الحمأة الذاهبة إلى المعالجة (هضم هوائي)

$$0.3 \times (3100 - 560) \times 30 / 1000 = 22.9 \text{ kg/day}$$

- حجم الحمأة الزائدة:

$$\text{كتلة الحمأة} \times (100 / (\text{وزن المواد الصلبة الجافة})) \times (1 / \text{كثافة الحمأة}$$

الرطوبة) / 1000

بفرض رطوبة الحمأة 99% ووزن المواد الصلبة 1%

$$\text{فيكون الحجم} = (22.9 \times 100 / (1 \times 1 - 99)) / 1000 = 2.3 \text{ م}^3/\text{يوم}.$$

تصميم حوض هضم الحمأة:

يجب لزمن مكوث 3 أيام كحد أدنى فيكون حجم الحوض

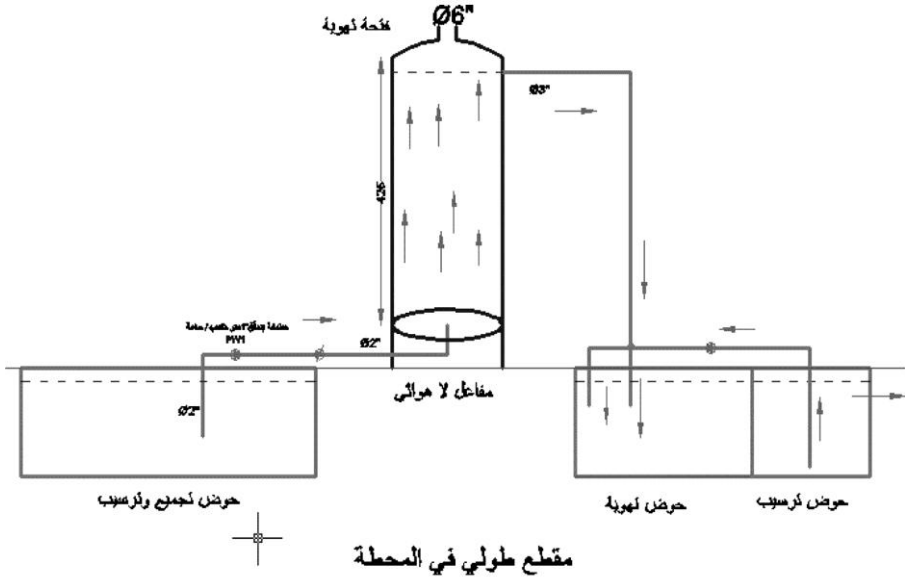
$$V = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ m}^3 \text{ والأبعاد } L=B=2\text{m } H=2\text{m } \text{نفرض أن } 90\% \text{ من وزن الحمأة}$$

هي مواد عضوية قابلة للتأكسد فتكون كمية الهواء اللازمة

$$(22.9 \times 9 \times 1.3 \times 5 / 0.1) / 24 = 55.8 \text{ m}^3 \text{ air / h}$$

ملاحظة (لا ينفذ حوض هضم الحمأة إلا بعد 3 أشهر من بداية تشغيل

المحطة).



الشكل (7-24): يبين مقطع طولى في محطة معالجة مياه صرف معامل الألبان المصممة

7-12-4- تجرية واقعية من سوريا:

- أ- المنشأة: ألبان الشهباء
- ب- العنوان: المنطقة الصناعية الشيخ نجار بحلب الفئة الثانية
- ت- التدفق التصميمي: 10 م³/يوم
- ث- المبدأ التصميمي: معالجة بيولوجية لاهوائية ومعالجة هوائية بطريقة الحمأة المنشطة ذات المزج الكامل
- ج- الجهة الدراسة والمنفذة: الصغير لمعالجة المياه والغازات.



الشكل (6-25): صورة فوتوغرافية تظهر مفاعل UASB

إن نتائج تحليل عينة مياه الصرف المعالجة للمحطة المذكورة أعلاه مبينة في الجدول (7-43):

الجدول (7-43): يبين نتائج تحليل عينة مياه صرف معالجة لمحطة ألبان الشهباء

البارامتر	القيمة قبل المعالجة (ملغ/ل)	القيمة بعد المعالجة (ملغ/ل)
COD	4100	1210
BOD5	1980	340
TSS	950	365
TDS	2550	2545
Cl ⁻	900	890
Cr (total)	-	0.16
Cu	-	0.8
pH	7.5	7.37
NH ₄ ⁺ -N	35	19.76
SO ₄ ²⁻	30	35
OIL	120	68
PO ₄	35	18.82

7-13- الصناعات الدوائية:

تعتبر الصناعات الدوائية من الصناعات واسعة الانتشار في العالم وتنتشر في الوطن العربي في عدد من الدول كدول الخليج ومصر وسوريا وغيرها، وتتميز الصناعات الدوائية بمجال واسع في الإنتاج فتضمن الصناعات الدوائية المكملات الغذائية والفيتامينات والمضادات الحيوية وغيرها، وتتميز عملية إنتاج كل صنف دوائي بملوثات خاصة بها لذا فمجال معالجة مياه صرف معامل الأدوية مجال واسع وفيه الكثير من التنوعات، وسنحاول فيما يأتي تناول الحديث عن معالجة مياه صرف معامل الأدوية بشكل عام مع ذكر بعض الأمثلة الواقعية والتطبيقية.

بعض المواد المستخدمة في التصنيع الدوائي:

- 1) مواد مستخدمة في صناعة العقاقير: حموض عضوية ومعدنية - خمائر - بكتريا - كلوريدات - هيدروكربونات - المحلات العضوية (البيريدين) - مواد مخدرة (مركبات عضوية) - خمائر - برومات - أنزيمات - مذيبيات - نترات - فيتامينات - أمينات.
- 2) بعض المركبات المستخدمة في إجراء التحاليل في المخابر: كلور الألمنيوم - كبريتات الألمنيوم - يود الأمونيوم - أكسيد الزرنيخ - بروميد الأمونيوم - فلور الأمونيوم - سيانيد البوتاسيوم - كبريتات النحاس - نترات الرصاص - كربونات الرصاص - نترات القضة - أحمر كلور الفينول - يود الكادميوم - فينول فتالين.

7-13-1- تقنيات التصنيع الكيميائي المستخدمة في عمليات التصنيع للمواد الصيدلانية:

إن عمليات التصنيع الصيدلانية تشمل التصنيع والاستخلاص والتنقية وتحضير المواد الكيميائية وتعليبها وتعبئتها كدواء. إن مياه صرف معامل الأدوية تنشأ بشكل رئيسي عن تصنيع وتشكيل العقاقير حيث إن معظم العناصر الفعالة تسوق وتباع كعقاقير وتصنع بواسطة

تراكيب كيميائية وإن التراكيب الكيميائية هي عمليات التصنيع للمواد لصيدلانية عن طريق تفاعلات كيميائية عضوية أو غير عضوية.

التخمير: وهي تفاعلات بيوكيميائية تحدث ضمن المفاعل وذلك بوجود أحياء دقيقة فعالة خاصة أو بوجود أنزيمات وتنفذ التفاعلات تحت ظروف كيميائية وفيزيائية وتنتج عقاقير مختلفة بواسطة التخمير كالمضادات الحيوية والأنزيمات والهرمونات والفيتامينات واللقاحات وتكون مياه الصرف لهذه المرحلة ذات نسبة كبيرة من COD/BOD5

الاصطناع العضوي: تنتج أعداد كبيرة من المنتجات الصيدلانية بواسطة الاصطناع العضوي، وهذا الاصطناع العضوي يشمل على عدة خطوات أو مراحل مثل: الأكسدة - الإرجاع - النترية والكبريتة والأسترة والهدرجة والترسيب. والمنتجات التي تنتج بواسطة الاصطناع العضوي كثيرة مثل: أدوية مرضى السكر والملاريا.... وتنتج عن ذلك مياه صرف ملوثة بشكل كبير وتتميز بارتفاع BOD₅ وTKN وS.S وتكون نسبة COD/BOD₅ أصغر من مرحلة التخمير.

الاصطناع الكيميائي: تعتبر هذه المرحلة أكثر المراحل خطورة وأكثرها تلويثاً للبيئة وتنتج الملوثة عديدة عن هذه المرحلة مثل كلورفورم - كلور الميثان - كلور البنزين والبنزن والفينولات والتولوين والسيانيد، حيث يستخدم التولوين بشكل واسع كمذيب عضوي وذلك لأنه مركب ثابت ولا يتفكك بسهولة في التفاعلات الكيميائية. حيث إنه تستخدم المذيبات في عمليات الاصطناع الكيميائي وذلك لتذويب أو لحل المواد الصلبة والغازية والغروية كذلك تفيد المذيبات في نقل الحرارة إلى أو من الجزيئات المتفاعلة.

وبعض المذيبات تستخدم لضبط حرارة التفاعل والعديد من محطات المعالجة لمياه الصرف الصيدلانية تعمل على استعادة المذيبات حيث أنها تنقي المذيبات من الملوثة ليعاد استخدامها، هذه الوحدات تشمل على أجزاء لاستعادة المذيبات والتي تحتوي عادة على أعمدة تقطير وكذلك قد تشمل على عمليات استخلاص.

المياه الملوثة تنتج بشكل عام عن وحدات التعديل الكيميائي التي تتطلب ملء وتفريغ الكمية المتفاعلة وهذه المياه الملوثة يمكن أن تحتوي على مواد خام غير متفاعلة بالإضافة إلى بعض المركبات ذات السلسلة الطويلة المتصقة بمركبات أخرى نتيجة اختلاف الطبيعة الكيميائية وذلك نتيجة التفاعلات الكيميائية الناتجة (النترة - الأمينات - الهالوجينات....).

إن الملوثات الموجودة في التدفق المياه الملوثة الخارجة من عمليات الاصطناع الكيميائي تختلف بالسمية وبقابلية التحلل العضوي وكذلك عمليات الإنتاج يمكن أن تنتج حموض ومعادن وملوثات أخرى بينما ماء الغسيل يمكن أن يحتوي على بقايا مذيبيات عضوية وإن الملوثات الناتجة عن بعض عمليات التصنيع الدوائي وطرق المعالجة المقترحة لها مبينة في الجدول رقم (7-44).

الجدول (7-44): يبين الملوثات الناتجة عن بعض عمليات التصنيع الدوائي وطرق المعالجة المقترحة لها مبينة

العملية	بعض الملوثات	طريق المعالجة المفضلة
الاصطناع العضوي	BOD5, TKN, S.S مركبات كبريتية	معالجة هوائية على مراحل أو معالجة لاهوائية أو الاثنتين معاً
التخمير	COD, BOD5, S.S العديد من المركبات العضوية المعقدة	معالجة لاهوائية أو معالجة فيزيو كيميائية
الاصطناع الكيميائي	فينولات - بنزين - التولوين - السيانيد - كلوروفورم	استخلاص المذيبيات - معالجة فيزيو كيميائية - معالجة لاهوائية

7-13-2- مصادر المياه الملوثة في الصناعات الدوائية:

- (1) مياه التفاعل: وهي المياه الناتجة عن التفاعلات الكيماوية.
- (2) مياه عمليات المذيب: تستخدم المياه لنقل المواد الكيماوية المتضمنة خلال التفاعلات وهذا المياه عادة تزال من العمليات خلال فصل

الحمأة وذلك عن طريق الطرد المركزي أو التجفيف أو أي من طرق فصل المياه عن الحمأة.

(3) **العمليات على مياه التغذية:** تضاف عادة المياه ذات الصفة الحامضية أو القلوية بشكل ضئيل على المجرى، مما قد يسبب في تلوث المجرى هذا المياه تكون ناتجاً عن فصل المزيج.

(4) **المياه الناتجة عن الغسيل:** وهو الماء المضاف إلى التفاعل لتنقية المنتجات الوسيطة أو المنتجات النهائية وذلك لغسل الشوائب أو هو المياه المستخدمة لغسل المنتجات النهائية بعد أن تتم إزالتها من المفاعل الوسطي.

(5) **المياه الحامضية والقلوية:** والتي يمكن أن تنتج من عمليات التصنيع حيث تضاف أحياناً عناصر محفزة ذات صفة حامضية أو قلوية للتفاعلات؛ مما يؤدي إلى إنتاج مياه ملوثة ذات صفة حامضية أو قلوية.

(6) **المياه الناتجة عن التكثيف:** حيث يتم أحياناً استخدام المياه لإنشاء وسط معتدل أو تستخدم المياه من أجل استعادة المذيبات أو من أجل معالجة مياه الصرف.

(7) **المياه الملوثة الناتجة عن جهاز السكروربر:** (لغسل الغازات منعاً لتلوث البيئة) حيث يتم استخدام المياه أو مركبات حامضية أو قلوية وذلك بحيث تنفث بشكل رزاز من أجل التقاط الغازات الضارة في جهاز السكروربر وذلك للتحكم بالاطلاقات الناتجة عن التفاعل، أو عن فرن الترميد أو أحواض التخزين.

(8) **المياه الناتجة عن معدات وتجهيزات الغسيل:** وهو المياه الناتجة عن غسل التجهيزات وذلك عند توقف العمل خلال العطل أو الانسكابات الناتجة عن التنظيف الاعتيادي..

(9) **المياه الناتجة عن المضخة الملقمة:** وهي المياه الناتجة عن التبريد للمضخات؛ وحيث يتم أحياناً تنظيف المضخات وأحياناً غسيل

غرف المضخات التي تكون أرضها ملوثة.
بالإضافة إلى المياه الملوثة السابقة هناك أنواع أخرى من المياه الملوثة يمكن أن
توجد مثل: مياه الصرف المنزلي (للتواليتات) - مياه مطرية - مياه غسيل
البراميل - مياه المراجل الساخنة...

التجارب التي يجب إجراؤها عند معالجة مياه صرف معامل الأدوية

(1) Pb; CN Cr; Cd؛ الفينولات: تجرى لمرة واحدة فقط عند بدء تصميم
المحطة وفي الحالات الخاصة.

(2) OIL , P(TOTAL), TDS, pH, TKN SS , T BOD5 COD,
(C⁰): يجرى بشكل دوري.

7-13-3- معالجة مياه صرف معامل الأدوية:

لقد صنفت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA الفضلات الصيدلانية السائلة
إلى صنفين رئيسيين هما:

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

وعندما شرعت EPA بوضع تقاريرها حول الصناعات الدوائية قامت
بتصنيف الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصيدلانية إلى أقسام عديدة
أهمها:

(1) ملوثات تقليدية: مثل BOD COD ؛ pH ؛ S.S ؛ OIL؛ والكلوروفورم
حيث قامت بتنظيم وضبط معايير: BOD ؛ COD ؛ SS ؛ pH بينما لم
تتم بمشكلة الزيوت والكلوروفورم لأنها اعتبرت ظهور هذه الملوثات
هو مشكلة استثنائية في معامل المنتجات الصيدلانية.

(2) ملوثات غير تقليدية: الفينولات والأسيتون والبنزن والإيتانول.

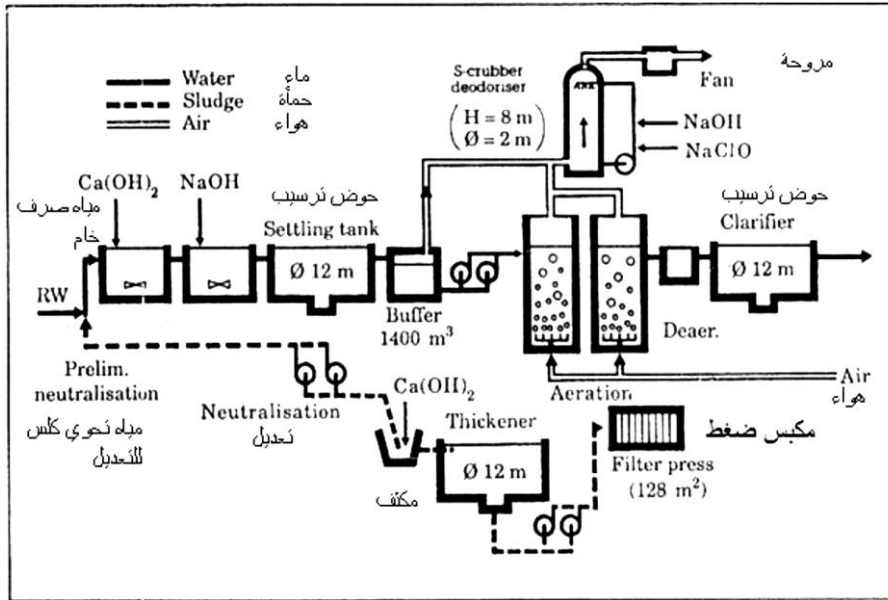
7-13-4-4- أمثلة واقعية وعملية لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن معامل الأدوية:

7-13-4-1- مصنع الجمعية الكيميائية "روش" بقرية نوف في شرق فرنسا:

هذا المصنع ينتج بشكل رئيسي الفيتامينات ومواد مختلفة تستعمل كعلف للحيوانات وخاصة مادة الكاروتين (Carotin). إن حجم الماء المعالج يومياً في هذا المصنع يبلغ حوالي 720 m^3 / الإنتاج السنوي للحمأة يصل إلى $850 \text{ طن} / \text{كل عام}$ ، والنتائج لهذا المعمل موضحة في الجدول (6-45):

الجدول (7-45): جدول يبين قيم بعض مؤشرات التلوث قبل وبعد المعالجة لمصنع الجمعية الكيميائية "روش"

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



الشكل (7-26): مخطط محطة معالجة مياه الصرف لمصنع شركة روش في شرق فرنسا

كمية (COD) المتبقية:

إن نسبة المواد المعقدة غير المتفككة حيويًا تؤدي إلى وجود (COD) الباقي في المياه المعالجة ($10 > \text{COD/BOD}_5$) بعد المعالجة البيولوجية، وهذا يبرر المعالجة الثلاثية المتطورة (عند الرغبة في استعمال هذه المياه للري).

7-13-5- مثال تصميمي لمحطة معالجة لمعمل أدوية:

لدينا منشأة دوائية لإنتاج الفيتامينات والمكملات الغذائية وكانت نتائج التحليل لعينة مأخوذة من حوض تجميع يتسع لحجم من المياه يعادل التدفق اليومي وهو (200م³/يوم) مبينة في الجدول (7-47):

الجدول (7-47): نتائج تحليلية لعينة مياه صرف صناعي لمعمل أدوية

البارامتر	القيمة(ملغ/ل)	البارامتر	القيمة(ملغ/ل)
COD	3862	T.S.S	1350
BOD5	2182	S.S30 قابلة للتسيب	50
TKN	202	V.S.S	1130
pH	7.8	T.D.S	2430
NH ₄ -N	60	Pb	0.001
SO ₄ ²⁻	820	CN	0.002
OIL	80	Cd	0.008
P(TOTAL)	40	Cr-6	0.009

الغاية من المعالجة هو تحقيق المواصفات المبينة في الجدول (7-48) الخاصة بالصرف إلى الجور:

الجدول (7-48): مواصفات بعض مؤشرات مياه الصرف قبل المعالجة والقيم المسموحة لها

البارامتر	القيمة قبل المعالجة (ملغ/ل)	القيمة الأعظمية المسموحة(ملغ/ل)	الكفاءة الأصغرية المطلوبة
COD	3862	1600	%58.6
BOD5	2182	800	%63.4
TSS	1350	500	%63
SS30	50	10	%80
TDS	2430	2000	%21.5

اختيار طريقة المعالجة المناسبة:

من الجدول السابق نجد أن نسبة $COD/BOD_5=1.77$ ونسبة $BOD_5/N/P=54.6/5.05/1$ وبالتالي فإنه يمكن معالجة المياه بيولوجياً وخصوصاً أن مياه صرف هذه المنشأة لا تحوي على مواد سامة ومعادن ثقيلة يمكن أن تعيق نشاط البكتريا، يوجد عدة طرق للمعالجة البيولوجية ونختار طريقة معالجة بيولوجية هوائية تتألف من مرشح بيولوجي مع حمأة منشطة.

الأمر الواجب مراعاتها أثناء التصميم:

الناحية الاقتصادية - سهولة التشغيل - صغر المساحة - عدم الاعتماد على مواد مستوردة في المعالجة - القدرة على تحمل الصدمات البيولوجية - الجودة الجيدة.

- تصميم حوض التوازن وأكسدة بيولوجية:

يصمم حوض التوازن ليستوعب حجم دورة عمل فقد يصمم على زمن مكوث 8 ساعات أو قد يصمم على زمن مكوث 36 ساعة وهذا عائد للمنحط التكنولوجي للصناعة.

الغاية من حوض التوازن هي:

- تحقيق التجانس في صفات المياه الداخلة للمعالجة.

- يشكل حوض ترسيب أولي في عملية المعالجة.

- يوفر حجم احتياطي في حال تعطل أحد أقسام محطة المعالجة.

نختار حوض توازن يتسع لتدفق معادل للتدفق الأعظمي لزمن مكوث يوم فيكون حجم الحوض هو 200 م^3 نختار ارتفاعاً للحوض مقدار 4 م فتكون المساحة $50=200/4 \text{ م}^2$ نختار الطول ضعف العرض فيكون الطول 10 م والعرض 5 م يتم العمل في هذا الحوض على ارتفاع 3 م و 1 م هو ارتفاع أمان لحجم مقداره 50 م^3 وزمن مكوث 6 ساعات كأمان احتياطي.

من أجل عدم صدور الروائح السيئة وتحقيق خلط جيد في هذا الحوض يجب ضخ هواء في هذا الحوض وتعتمد كمية الهواء المضخوخ على مقدار إزالة

BOD5 في هذا الحوض والتي تحسب من العلاقة: على فرض درجة الحرارة
التصميمية $t=15c0$

$$T=18/24=0.75\text{day} \quad K_{20}=0.5$$

$$\text{BODi}=2182\text{mg/l} \quad \text{O}=1.035$$

$$\text{BODe}/\text{BODi}=1/(1+Kt \times T) \quad (1)$$

$$Kt=K_{20} \times O^{(t-20)} \quad (2)$$

بالتعويض في المعادلتين 1,2 نجد أن $\text{BODe}=1658 \text{ mg/l}$ (الخارج من هذا الحوض) والكفاءة هي 24%، إذاً كمية BOD5 المزال في هذا الحوض هي:

$$(2182-1658)/1000 \times 200 = 105 \text{ kg/day}$$

كمية الأوكسجين اللازم بمعدل 1.3 كغ أو كسجين لكل 1 كغ BOD مزال نختار نفاثات ناعمة تكون كفاءة انتقال الأوكسجين تقريباً 10% وكل 5 م³ هواء تحتوي على 1 م³ أو كسجين:

بالتالي كمية الهواء اللازمة لهذا الحوض هي:

$$(105 \times 1.3 \times 5 / 0.1) / 24 = 285 \text{ m}^3 \text{ air/hour}$$

- تصميم المرشح البيولوجي:

نختار المرشح البيولوجي من النوع البرجي ونفرض كفاءة المعالجة لهذا

$$\text{المرشح هي } 60\% \text{ ونفرض } T=15C^0$$

$$\text{العلاقة المستخدمة هي: } \text{BODe}/\text{BODi}=e^{-kZ}/(Q/A)^n$$

$$\text{BODi}=1658 \text{ mg/l} \quad (\text{الداخل إلى المرشح})$$

$$\text{BODE}=0.4 \times 1658 = 663.2 \text{ mg/l} \quad (\text{الخارج من المرشح})$$

$$K=K_{20} \times O^{(T-20)} \quad \text{بالتعويض نجد: } n=0.5 \quad \text{O}=1.05$$

$$K=1.6 \times (1.05)^{(15-20)} = 1.254$$

$$0.4 = e^{(-1.254 \times Z)/(Q/A)^{0.5}}$$

$$\text{نفرض قيمة } Z=5 \text{ m} \quad (\text{ارتفاع المرشح}) \quad \text{فنجد } Q/A=47\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$$

$$A=200/47=4.26\text{m}^2 \quad (\text{ارتفاع المرشح}) \quad H=5\text{m} \quad (\text{قطر المرشح}) \quad D=2.35\text{m} \quad \text{إذاً } A=200/47=4.26\text{m}^2$$

$$A=4.33\text{m}^2$$

الحمولة العضوية:

$$(200 \times (1658 - 663.2) / 1000) / (5 \times 4.33) = 9.2 \text{ kgBODr/m}^3/\text{day}$$

نلاحظ بأن الحمولة العضوية كبيرة لذلك يجب تغيير الحجم من أجل جعل الحمولة العضوية ضمن المجال المسموح: نختار ارتفاع $D=4\text{m}$ $H=6\text{m}$ فتكون الحمولة العضوية:

$$Q/A = 16\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day} \text{ والحمولة الهيدروليكية هي } 0.64\text{kgBODr/m}^3/\text{day}^2$$

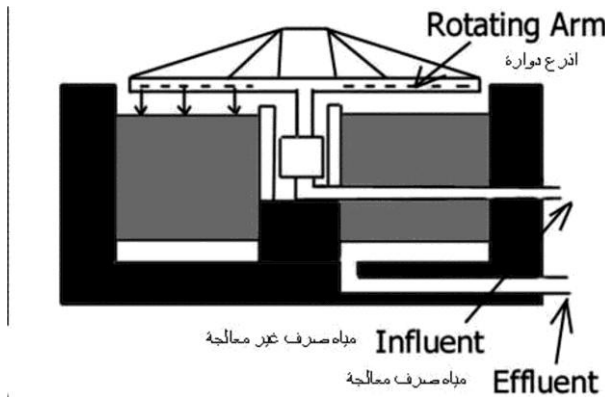
حساب كمية الأوكسجين:

$$200 \times (1658 - 663.2) / 1000 = 199\text{kg day/ المزال BOD}$$

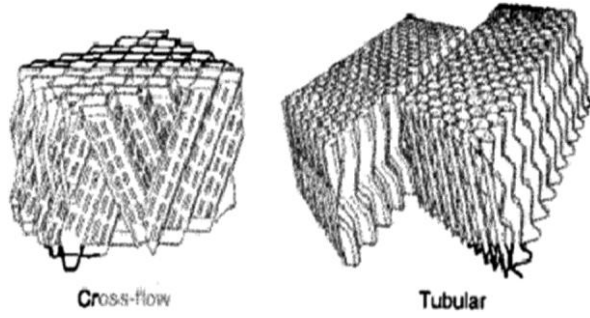
كمية الهواء اللازم على اعتبار أن كل 1 كغ BOD مزال يحتاج 2 كغ O_2 وبفرض أن المردود الاستفادة من الهواء من قبل البكتريا هو 24% فإن كمية الهواء اللازمة في الساعة هي:

$$(199 \times 2 \times 5 / 0.24) / 24 = 346 \text{ m}^3\text{air/hour}$$

ملاحظة: لقد اعتبرنا أن كمية الأوكسجين 2 كغ لكل 1 كغ من (BOD) مزال وذلك لارتفاع قيمة الأحمال العضوية في هذا المرشح، يتم اختيار الوسط المرشح (media) من المواد البلاستيكية ذات السطح النوعي الكبير، وكلما كان السطح النوعي كبيراً كانت كفاءة المرشح البيولوجي أكبر، ويتم إعادة تدفق المعالجة إلى بداية المرشح بمعدل (0.5-1.5) من التدفق الداخل إلى المرشح، الشكل التالي يبين شكلاً توضيحياً للمرشح والزرارعة الدوارة والوسط الحامل للبكتريا:



الشكل (27-7) شكل توضيحي للمرشح



الشكل (7-28): شكل يبين الوسط الحامل للبكتريا في المرشح البيولوجي



الشكل (7-29): يبين الزراع الدوارة التي تنشر المياه فوق المرشح

- تصميم الجزء الثاني من المحطة وهو المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة (ذات المزج الكامل):

(الخارج) $BOD_e=300\text{mg/l}$ (الداخل) $BOD_i=663.2\text{mg/l}$

نختار زمن مكوث 4 ساعات فيكون حجم الحوض هو $200 \times 4 / 24 = 33.5\text{m}^3$

نفرض أن $MLSS=4500\text{mg/l}$ فتكون القيمة التقريبية لـ $MLVSS$ هي:

$$MLVSS=4500 \times (VSS/TSS)$$

$$MLVSS=4500 \times 1130 / 1300 = 3911 \text{ mg/l}$$

$$F/M=Q \times (BOD_i - BOD_e) / (V \times MLVSS)$$

$$F/M= ((663.2-300) \times 200 / (33.5 \times 3911)) = 0.554 \text{ OK (0.2-0.6)}$$

حساب التدفق المعاد من حوض الترسيب النهائي إلى حوض التهوية QR:

$$QR=100 / (10^6 / (X \times SVI) - 1) \times Q$$

$$X=MLSS=MLVSS / (0.65-0.9) = XV / (0.65-0.9)$$

نفرض أن: SVI=100 (حمأة مقبولة)

$$QR=100 / (10^6 / (4500 \times 80) - 1) \times 200 = 90 \text{ m}^3/\text{day} = 3.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

حساب حجم حوض التهوية و كمية الهواء اللازم:

$$V=33.5 \text{ m}^3 \text{ (حجم الحوض) } L=4.4 \text{ m (طول الحوض) } B=2.2 \text{ m (عرض$$

$$\text{الحوض) } H=3.5 \text{ m (ارتفاع الحوض).}$$

كمية الهواء اللازمة: كمية الأوكسجين اللازم بمعدل 1.3 كغ أو كسجين

لكل كغ BOD مزال نختار نافثات ناعمة تكون كفاءة انتقال الأوكسجين تقريباً

10% و كل 3م5 هواء تحوي على 1م3 أو كسجين إذاً كمية الهواء اللازمة هي:

$$((663-300) \times 200 / 1000 \times (1.3 \times 5 / 0.1)) / 24 = 197 \text{ m}^3/\text{h}$$

تصميم حوض الترسيب النهائي:

$$V=200 \times 2 / 24 = 16.7 \text{ m}^3 \text{ نختار زمن المكوث 2 ساعة فيكون الحجم}$$

$$B=2.2 \text{ m } L=4.1 \text{ m (معدل التحميل السطحي) } Q/A=10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day}$$

$$H=1.85 \text{ m}$$

حساب كمية الحمأة الذاهبة إلى المعالجة (هضم هوائي):

$$0.3 \times \text{كمية الحمل العضوي المزال في حوض التوازن والأكسدة}$$

$$0.1 \times \text{كمية الحمل العضوي المزال في المرشح البيولوجي}$$

$$0.1 \times \text{كمية الحمل العضوي المزال في عملية الحمأة المنشطة ذات المزج.}$$

إذاً كمية الحمأة المنتجة يومياً:

$$0.3 \times 105 + 199 \times 0.1 + 72.6 \times 0.1 = 59 \text{ kg/day}$$

حجم الحمأة الزائدة (الذاهبة إلى المعالجة):

كتلة الحمأة $\times (100/(\text{وزن المواد الصلبة الجافة})) \times (1/\text{كثافة الحمأة الرطبة})/1000$

بفرض رطوبة الحمأة 99% ووزن المواد الصلبة 1%
فيكون الحجم = $59 \times (1/100) \times (1/1) \times 1000 = 5.9 \text{ م}^3/\text{يوم}$
تصميم حوض هضم الحمأة:

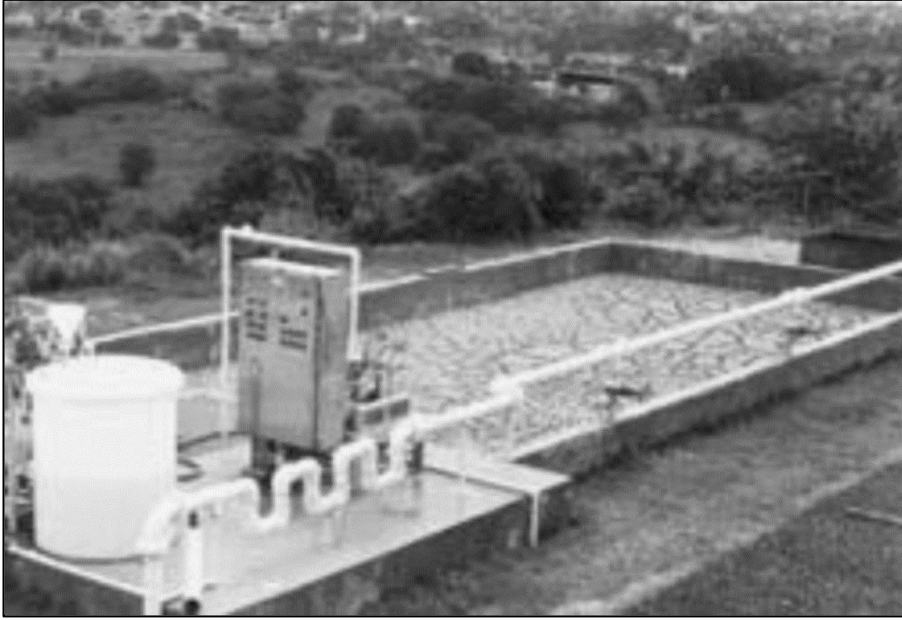
يحسب لزمن مكوث 3 أيام كحد أدنى فيكون حجم الحوض
 $V=3 \times 5.9=17.7 \text{ م}^3$ والأبعاد $L=B=3 \text{ m}$ $H=2 \text{ m}$ نفرض أن 90%
من وزن الحمأة هي مواد عضوية قابلة للتأكسد فتكون كمية الهواء
اللازمة:

كمية الأوكسجين اللازم بمعدل 1.3 كغ أو كسجين لكل كغ BOD مزال
تكون كفاءة انتقال الأوكسجين تقريباً 15% وكل 5 م³ هواء تحوي على 1 م³
أو كسجين إذا كمية الهواء اللازمة هي
 $(59 \times 9 \times 1.3 \times 5 / .15) / 24 = 96 \text{ م}^3 \text{ air/h}$

ملاحظة: (لا ينفذ حوض هضم الحمأة إلا بعد 3 أشهر من بداية تشغيل
المحطة وذلك لأنه غالباً لا تتطابق كمية الحمأة المحسوبة نظرياً مع القيمة الفعلية
الناجمة).

حوض تجفيف الحمأة:

نختار حوض تجفيف الحمأة وفق الأبعاد التالية:
الطول = العرض = 3م وارتفاع الحوض 1م ويملاً الحوض بالبحص الخشن
سماكة 35سم، ثم بحص ناعم سماكة 35سم ثم طبقة من الرمل سماكة 30سم،
وتوضع أنابيب تصريف في هذا الحوض فطر 6 إنش (15سم) وتعاد المياه
الراشحة إلى مدخل المحطة.



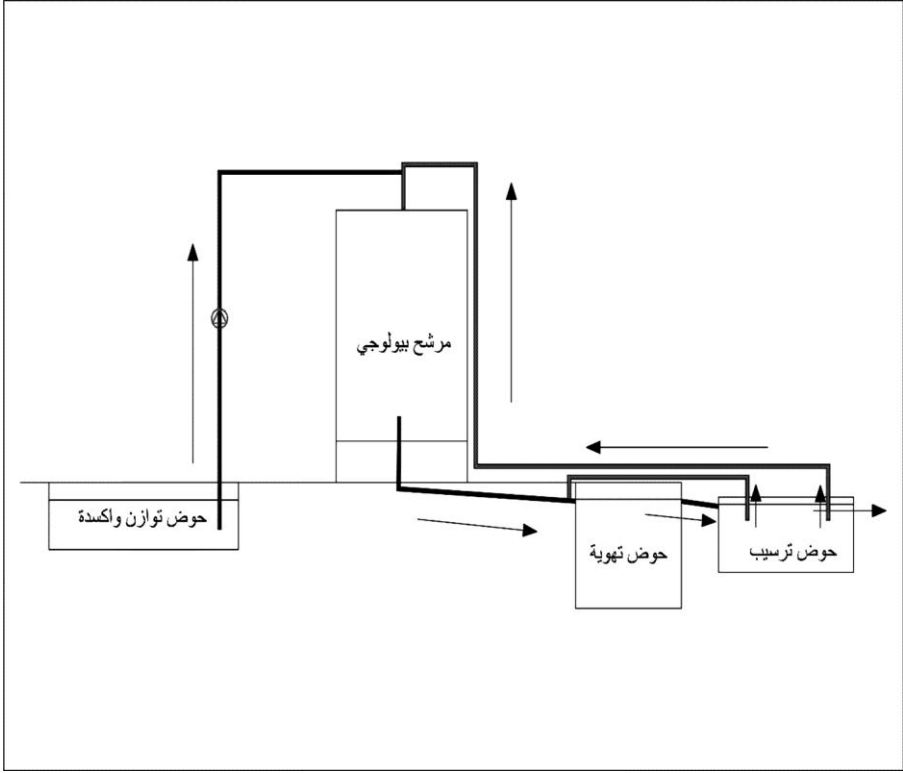
الشكل (7-30): حوض رملي لتجفيف الحمأة

ملخص الأبعاد التصميمية: إن الأبعاد التصميمية لمعالجة مياه صرف معمل الأدوية المصممة أعلاه مبينة في الجدول (7-49) كما أن الشكل (7-31) يبين كروكي لمخطة المعالجة المذكورة.

الجدول (7-49): يظهر الأبعاد التصميمية لمحطة معالجة مياه صرف معامل الأدوية

المساحة	الأبعاد	الجزء
50	4×5×10	حوض التوازن (و أكسدة)
12.6	H=6 m D=4 m	مرشح بيولوجي
9.7	3.5×2.2×4.4	حوض تهوية
9	1.85×2.2×4.1	حوض ترسيب
9	2×3×3	حوض هضم الحمأة
9	1×3×3	حوض تجفيف الحمأة

المساحة الكلية اللازمة = 99.3م²



الشكل (7-31): كروكي لمحطة معالجة معامل الأدوية المصممة

إزالة الشوارد المنحلة في المياه بالترشيح الغشائي والمواد العضوية

8-1- إزالة الشوارد المنحلة بالترشيح الغشائي:

إزالة الشوارد المنحلة في المياه كشوارد الصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريتات والنترات والنترات قد نحتاجها أحياناً عند معالجة مياه الصرف الصناعي خصوصاً عند إعادة استخدام المعالجة، أو عند استخدام المياه المعالجة لأغراض الزراعة، وتستخدم تقنية الترشيح الغشائي وخصوصاً التناضح العكسي كثيراً في معالجة مياه الشرب وكذلك بعض الصناعات كالصناعات الدوائية تتطلب كثيراً إزالة الشوارد المنحلة.

8-1-1- الترشيح الغشائي (Membrane Filtration):

يقسم الترشيح الغشائي بشكل عام إلى قسمين تبعاً للقوى التي تساهم في إنجاز عملية الترشيح الغشائي فمنه ما يتم بقوى الضغط المتزايد على الغشاء ومنه ما يتم بقوى الفصل الكهربائي. وهو ما يسمى بالميز الغشائي بالكهرباء (Electrodialysis).

أغشية الترشيح الغشائي الذي يتم بقوى الضغط:

إن عمليات الترشيح الغشائي التي تتم بقوى الضغط المتزايد على الغشاء يمكن تصنيفها حسب قطر مسامات الغشاء، حيث تقسم هذه الأغشية إلى ميكروفيلتر (Micro filter) والترافلتر (Ultra filter) ونانوفيلتر (Nano filter)

وغشاء التناضح العكسي (Reverse Osmosis) وإن أقطار مسامات الأغشية والمواد التي يمكن فصلها عبر الغشاء مبينة في الجدول (8-1):

الجدول (8-1): تصنيف المرشحات الغشائية تبعاً لحجم مسامات الغشاء

نوع المرشح الغشائي	قطر مسامات الغشاء (µm)	أمثلة عن المواد التي يمكن فصلها عبر هذا الغشاء
ميكروفلتر (MF)	1.5-0.05	الخلايا الجرثومية، الغروانيات الكبيرة، الجزيئات الناعمة.
الترافلتر (UF)	0.05-0.002	الذرات كبيرة الحجم، الفيروسات، الغروانيات.
نانوفلتر (NF)	0.007-0.0005	الفيروسات، الحموض الدبالية، الجزيئات العضوية Ca^{2+} ، Mg^{2+} .
غشاء التناضح العكسي (RO)	0.003-0.0001	الأملاح المنحلة في الماء، شوارد المعادن

ومن بين الأسباب التي أدت إلى استعمال وتطوير طريقة الترشيح الغشائي في أعمال معالجة المياه وتحمية ماء البحر قليل الملوحة هي ما يلي:

1- الصيانة المبسطة للمرشح الغشائي والتي تتمثل بتغيير النماذج المتكررة كل فترة من الزمن.

2- التحسن المستمر في خواص الأغشية والبنية المدعمة لها.

3- الحيز الصغير الذي تشغله وحدات الترشيح الغشائي.

تستعمل أغشية ميكروفلتر (MF) لإزالة العكارة وإزالة الجراثيم المرضية المقاومة للكلور مثل (*Cryptosporidium* و *Giardia*) وتبعاً لقطر مساماتها فإن أغشية ميكروفلتر يمكن أيضاً أن تزيل الجراثيم ولكنها لا تقدم إزالة كاملة للفيروسات، علماً بأن هذه الإزالة تكون كبيرة وهامة إذا ترافق وجود هذه الفيروسات مع الجزيئات المعلقة كبيرة الحجم، هذه الأغشية تشغل تحت ضغط تفاضلي أقل من (1 bar) ومعادل تدفق يصل إلى (150 l/m².h).

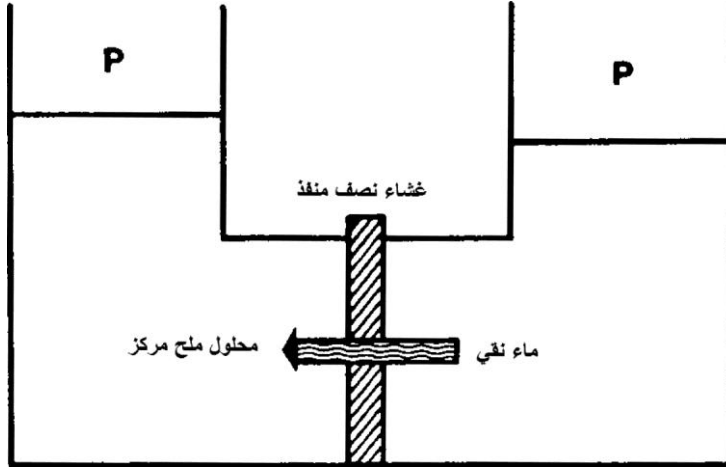
تستعمل أغشية الترافلتر (UF) في الصناعات الغذائية وغيرها من الصناعات كما أن هذه الأغشية تلقى تطبيقات متزايدة في عمليات معالجة مياه الشرب ومياه المجاري، إن أغشية الترافلتر المصنوعة من الفيبر المرغ تستعمل بالترافق مع بودرة الكربون المنشط وذلك لتأمين إنتاج مباشر لمياه الشرب اعتباراً من المياه السطحية في المستودعات المائية (إنتاج مياه الشرب بعملية ترشيح غشائي فقط بدون عمليات تنقية أخرى).

إن أغشية النانوفلتر وأغشية التناضح العكسي تملك حدوداً أخفض للمسامات منها لأغشية الترافلتر، وهي قادرة على أن تنبذ المواد العضوية وغير العضوية، ويتحدد نبذ النانوفلتر للمواد غير العضوية بالتركيب الكيميائي للماء حيث يكون نبذ الشوارد ثنائية التكافؤ أكبر بكثير من نبذها للشوارد أحادية التكافؤ.

تزيل أغشية التناضح العكسي، المواد العضوية المنحلة في الماء بشكل تام تقريباً وتزيل أيضاً الأملاح اللاعضوية، ولذلك فهي تستعمل للحصول على ماء الشرب اعتباراً من المياه المالحة (مياه البحار) والمياه قليلة الملوحة (مياه مصبات الأنهار في البحار).

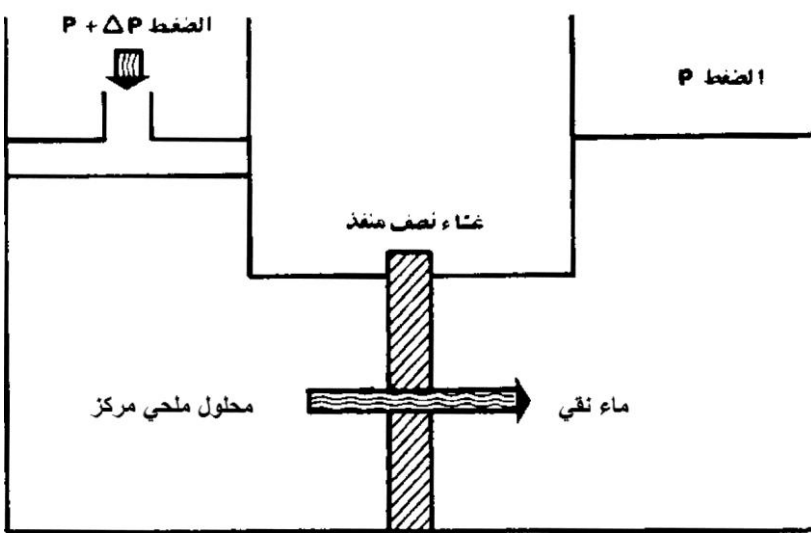
8-1-2- مبدأ التناضح العكسي:

التناضح (Osmosis) هو انتقال المذيب (كالماء مثلاً) في محلول (كالماء المالح) عبر غشاء نصف منفذ يفصل بين محلولين مختلفين في التركيز موجودين على جانبي هذا الغشاء كما في الشكل (8-1).



الشكل (1-8): شكل بين الانتقال الطبيعي للمذيب (الماء)

حيث يبدو في الشكل (1-8) الانتقال الطبيعي للمذيب (الماء) من ناحية الماء النقي إلى طرف المحلول المالح عبر غشاء نصف نفوذ، أي من الطرف الأقل تركيزاً إلى الطرف الأكثر تركيزاً. والغشاء نصف النفوذ هنا هو الغشاء الذي يسمح للمذيب (الماء) بالمرور عبره ولا يسمح للمادة المذابة التي نريد التخلص منها بالنفاذ عبره وهذا الانتقال بالتناضح (Osmotic flow) يمكن تقليل كمية جريانه إذا طبقنا ضغطاً متزايداً في طرف المحلول المركز، وإذا استمر هذا الضغط في الزيادة فإن انتقال المذيب سيستمر بالتناقص حتى الحد الذي تصل فيه قيمة الضغط المطبق إلى ما يسمى بفرق الضغط الأسموزي ($\Delta\pi$) وعندها يتوقف انتقال الماء النقي (المذيب) من طرف الماء النقي إلى طرف المحلول المركز، ولو زاد الضغط في طرف المحلول المركز بحيث تصبح قيمته أكبر من فرق الضغط الأسموزي ($\Delta P > \Delta\pi$) فإن انتقال المذيب ينعكس اتجاهه فيصبح من جهة المحلول المركز إلى جهة الماء النقي كما في الشكل (2-8).



الشكل (2-8): شكل يعبر عن اتجاه الانتقال العكسي للمذيب وفقاً لمبدأ التناضح العكسي

ولهذا فإن تعبير التناضح العكسي يطلق على تلك العملية التي يستخدم فيها فرق الضغط لإحداث انتقال مذيب من طرف المحلول المركز عبر غشاء نصف نفوذ إلى طرف المحلول المخفف، وقد أثبتت هذه الطريقة كفاءتها في تحلية الماء قليل الملوحة (Brackish water).

8-1-3- تصنيع أغشية التناضح العكسي:

بدأ في عام 1960 تصنيع أغشية التناضح العكسي من مادة اسيتات السيليلوز غير المتماثل، وأطلق على الغشاء كلمة غير المتماثل بسبب وجود قشرة حدية على السطح كثافتها أعلى بكثير من بدن الغشاء المسامي الذي يليها، وتم استعمال هذه الأغشية في عمليات التناضح العكسي بسبب قدرتها العالية على إنفاذ الماء خلالها وعدم إنفاذها الكبير للأملاح.

وهذا الغشاء يتكون من قشرة سطحية سماكتها (0.25) ميكرون، وهي تكون عند الناحية التي تعرضت للجو عند صب الغشاء وهذه الطبقة السطحية تكون كثافتها البوليميرية عالية جداً وذلك نتيجة لفقد المذيب (الأستون) السريع بعد صب الغشاء. يتبع هذه الطبقة السطحية طبقة مسامية إسفنجية سمكها

يتراوح بين (50) وبين (100) ميكرون ويوجد بين هاتين الطبقتين طبقة متوسطة السماكة تعرف بأنها طبقة انتقالية.

8-1-4 وحدات التناضح العكسي ذات المرحلة الواحدة (1 stage reverse system)

وتستخدم عندما يكون تركيز الأملاح في التدفق الداخل لا يزيد عن 5000 ملغ/ل، ويوضح الشكل رقم (3-8) منشأة صغيرة للتناضح العكسي، وأما مقدار المياه المعالجة والطاقة الكهربائية فهي موضحة في الجدول (2-8) بحسب نشرات الشركة المصنعة، والشكل رقم (3-8) بين تظهر فيه وحدة المعالجة بالتناضح العكسي.

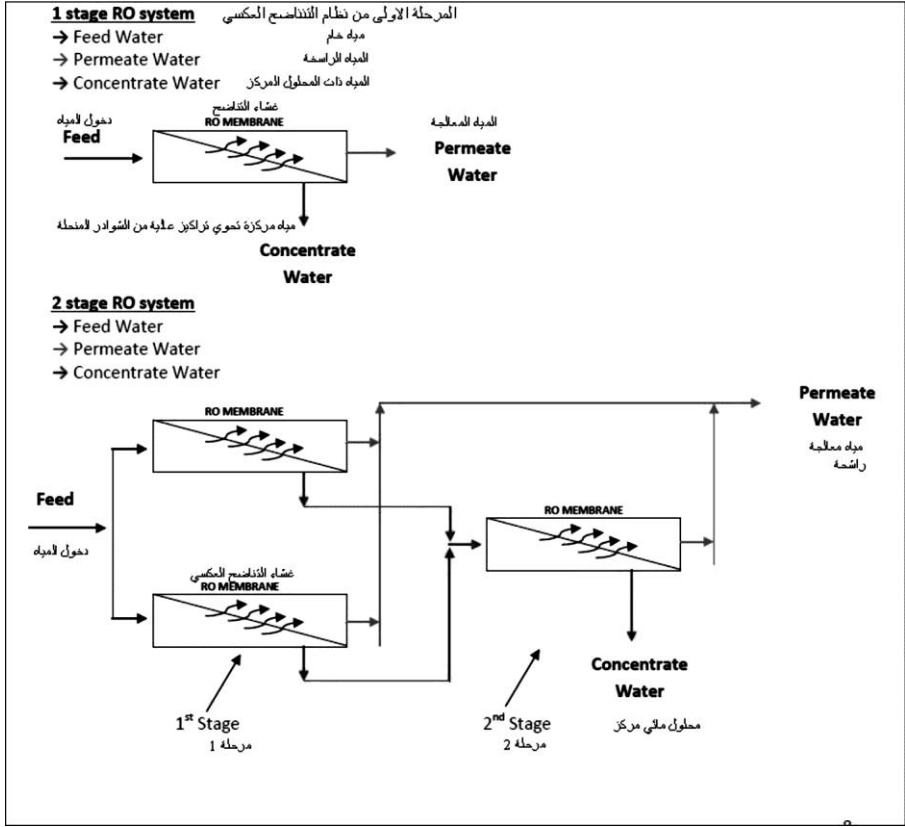


الشكل (3-8): صورة تبين وحدة تناضح عكسي ذات المرحلة الواحدة

الجدول (8-2): كمية المياه المعالجة واستهلاك الطاقة الكهربائية في وحدة التناضح العكسي ذات المرحلة الواحدة

الاستطاعة الكهربائية اللازمة بالكيلو واط	عدد الأغشية	نسبة التدفق المسترجع (التدفق الخارج من المعالجة)	التدفق الداخل م ³ /ساعة
3	8	60	2.5
4	12	65	3.2
4	16	70	4.5
7.5	20	70	5.7
11	6	57	6
11	8	65	8
15	12	65	12.5
18.5	18	65	19
18.5	24	75	23
37	30	75	31
37	36	75	37.5
37	42	75	37
45	60	75	52
2x37	72	75	72
2x37	90	75	77
2x45	108	75	98

جدول يبين القيم التصميمية والعملية لوحدة التناضح العكسي ذات المرحلة الواحدة.



الشكل (8-4): بين حالة الجريان في وحدات التناضح العكسي ذات المرحلة الواحدة وذات المرحتين

8-1-5- وحدات التناضح العكسي ذات المرحتين أو المراحل المعالجة المضاعفة (double pass reverse osmosis):

وتستخدم لإزالة الأملاح من مياه البحر، لأن تركيز الأملاح الكلية المنحلة في البحار يصل حتى 160000 ملغ/ل في البحر الميت بينما في البحار العادية حوالي 35000-40000 ملغ/ل، وكذلك تستخدم عندما يكون تركيز الأملاح في المياه المطلوب معالجتها أكثر من 10000 ملغ/ل، أو أكثر كما يمكن استخدام هذه النوع النظام من وحدات التناضح العكسي عند الرغبة في الحصول على مياه معالجة تحتوي تركيزاً قليلاً جداً من الأملاح أقل من 20 ملغ/ل.

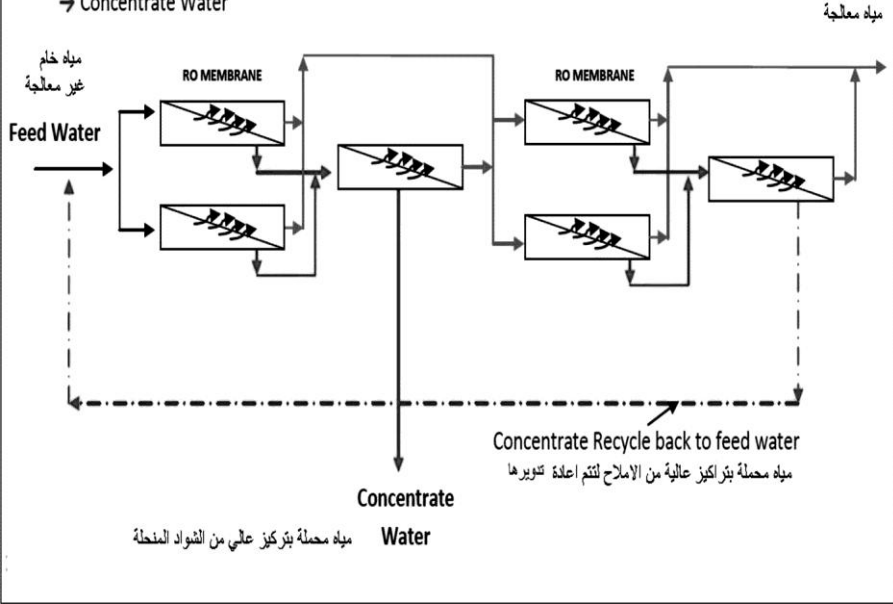
نظام التناضح العكسي المضاعف

Double Pass RO

→ Feed Water

→ Permeate Water

→ Concentrate Water

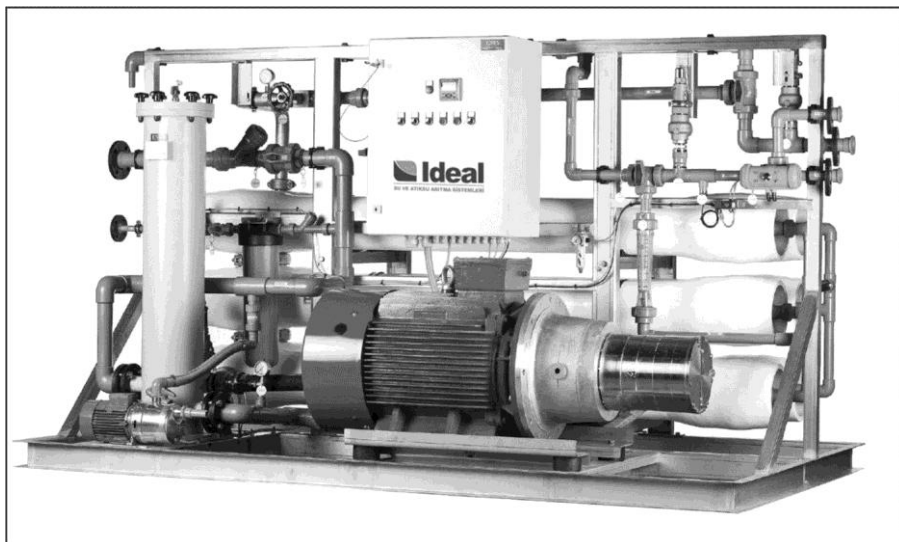


الشكل (8-5): يبين حالة الجريان في وحدات التناضح العكسي ذات المعالجة المضاعفة (المرور المضاعف) مع إعادة تدوير قسم من المياه المعالج

ومن أجل تحلية مياه البحار وعند استخدام أجهزة التناضح العكسي ذات المعالجة المضاعفة (المرور المضاعف)، فإن ذات الشركة السابقة التي مرت معنا في الفقرة السابقة قد أعطت القيم الموضحة في الجدول (8-3) لوحدات التناضح العكسي ذات المرور (المعالجة المضاعفة):

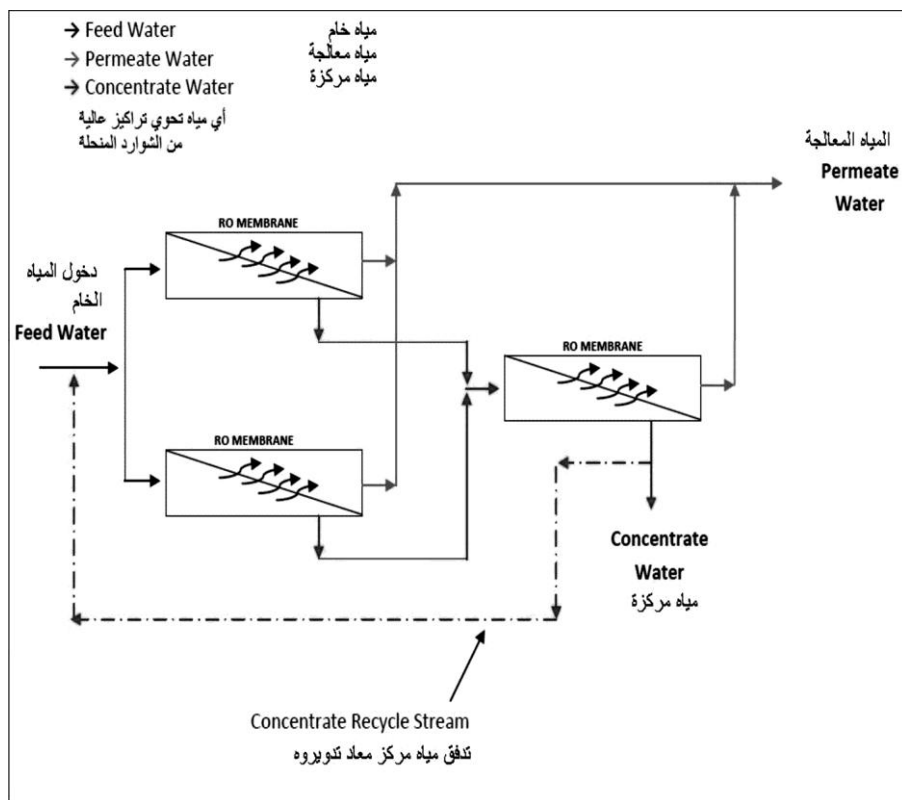
الجدول (3-8): كمية المياه المعالجة واستهلاك الطاقة الكهربائية في وحدة التناضح العكسي ذات المرحلة المرور المضاعف

التدفق الداخل م ³ /ساعة	عدد الأغشية	الاستطاعة الكهربائية اللازمة بالكيلو واط
0.13	2	3
0.42	5	5.5
0.83	2	11
1.25	3	11
3.2	3	11
6.5	12	22
9.5	18	30
13	24	37
16.2	30	60
18.5	36	60
22.7	42	74
33.3	48	75
41.7	60	107
50	72	121



الشكل (6-8) صورة تبين وحدة تناضح عكسي ذات عدة مراحل

وفي وحدات التناضح العكسي ذات المرحلة أو ذات المرحلتين أو ذات المرور المضاعف (المعالجة المضاعفة)، يمكن تدوير جزء من تدفق المياه المركزة المليئة بالأملاح وإعادة معالجتها والهدف من ذلك زيادة كمية المياه المعالجة وتقليل كمية المياه المركزة المليئة بالأملاح كما هو موضح في الشكل الآتي:



الشكل (7-8): وحدة تناضح ذات المرحلتين

8-1-6- كفاءة الاستعادة في محطات المعالجة بالتناضح العكسي:

ويقصد بها كمية المياه المعالجة التي تنتج عن محطات التناضح العكسي، فقد مر معنا أن هناك كمية من المياه محملة بالأملاح تصرف خارج وحدة التناضح العكسي، وعادة تكون نسبة الاستعادة بين 50-85% وذلك بحسب الضغط المطبق والعوامل التصميمية الأخرى، ويتعلق هذا الأمر أيضاً بقيمة تركيز الأملاح

في المياه غير المعالجة الداخلة إلى وحدة التناضح العكسي، إن قيمة الاستعادة موضحة في العلاقة الآتية:

$$\text{Recovery (\%)} = \frac{\text{permeate flow}}{\text{feed flow}} \times 100$$

Feed flow: التدفق الداخل إلى وحدة التناضح العكسي.

Permeate flow: تدفق المياه المعالج الخارج من وحدات التناضح العكسي.

8-1-7- العوامل المؤثرة في تصميم محطات التناضح العكسي:

توجد الكثير من العوامل التي تؤثر على تصميم وحدات التناضح العكسي منها:

- 1- الضغط المطبق: تزداد كفاءة المعالجة بازدياد الضغط المطبق وتزداد نسبة الاستعادة ولكن الكلفة التشغيلية وخصوصاً كلفة الطاقة الكهربائية تزداد أيضاً.
- 2- ترميز الأملاح في التدفق الداخلي: كلما زاد تركيز الأملاح في التدفق الداخل تقل نسبة الاستعادة.
- 3- درجة المعالجة المطلوبة.
- 4- تركيز الأملاح في المياه المعالجة: يتناسب تركيز الأملاح في المياه المعالجة طردياً.
- 5- ناقلية ماء الخام.
- 6- عامل نفوذية الأغشية المستخدمة.
- 7- درجة الحرارة.

8-1-8- انسداد الأغشية:

إن انسداد الأغشية وما يتبعه من نقصان للتدفقات المنتجة منها هو من أهم المشاكل التي تحدد استعمال الترشيح الغشائي في مجال معالجة المياه. وهو يتسبب من البناء التدريجي لطبقة من المواد الصلبة على سطح الغشاء. وهذه المواد الصلبة التي تبني على سطح الغشاء يمكن أن تحتوي على الجزيئات الغروانية وأكاسيد الحديد والمنغنيز والمواد العضوية أو قد تحتوي على الترسبات اللاعضوية، مثل

كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيزيوم وكبريتات الكالسيوم والسيليكا وماءات المغنيزيوم وغيرها. وهذا الانسداد يمكن إنقاظه بشكل كبير بتأمين معالجة مسبقة لمياه التغذية بالتخثير الكيميائي والترشيح الثقالي السريع أو بالمعالجة بالترشيح المضغوط. أما ترسبات كربونات الكالسيوم وماءات المغنيزيوم وكبريتات الكالسيوم والسيليكا وكربونات المغنيزيوم فيمكن إنقاظها بتدقيق تركيب الماء الكيميائي بحيث يكون ماء التغذية مستقراً قدر الإمكان.

لذلك تتم معالجة المياه بشكل أولي قبل أن تدخل وحدات المعالجة بالأغشية حيث توضع دوماً، مرشحات دقيقة تسبق وحدة المعالجة بالأغشية وكذلك تستخدم مواد تتمتع حدوث الترسب على سطح الأغشية (Antiscalants/Scale Inhibitors).

8-1-9- مثال عملي:

لدينا منشأة صناعية فيها محطة معالجة مياه صرف صناعي، وبعد أن تمت معالجة مياه الصرف الصناعي بطرق فيزيوكيميائية وبيولوجية ومرشحات رملية وصل تركيز الأملاح الكلية المنحلة إلى 4500 ملغ/ل، والمطلوب معالجة مياه الصرف الصناعي بحيث يصل تركيز الأملاح في المياه المعالجة إلى 650 ملغ/ل، علماً تدفق المياه اليومي هو 1000م³/يوم، ومعامل نفاذية الأغشية: 2×10^{-9} s/m، ومعامل نفاذية الأملاح: 1.25×10^{-6} s/m.

الحل:

نختار ضغطاً مطبقاً صافياً حوالي 50 ضغط جوي فيكون

- الضغط الصافي المطبق:

$$\Delta P - \Delta \pi = 50 \text{ atm} = 50 * 101.325 = 5066.25 \text{ Kpa} = 5066.25 \times 10^3 \text{ kg/m.s}^2$$

- حساب معدل تدفق المياه المعالجة (التي ستمر الأغشية) في واحدة

المساحة من الغشاء:

$$q_w = Kw.(\Delta P - \Delta \pi) \quad w = 1.8. 10^{-9} \text{ s/m}$$

$$= 2 \times 10^{-9} \times 5066.25 \times 10^3 = 10.13 \times 10^{-3} \text{ kg/ m}^2.\text{s}$$

$$=10.13 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

- حساب مساحة الأغشية اللازمة:

نفرض أن نسبة الاستعادة 75% أي يكون معدل تدفق المياه المستعادة

(الراشحة) هو 75%

وبالتالي تدفق المياه الراشح هو:

$$Q_p = 0.75 \times 1000 = 750 \text{ m}^3 / \text{day} = 8.68 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{sec}$$

$$Q_p = q_w \times A = 10.13 \times 10^{-6} \times A = 750 (24 \times 3600)$$

$$A = 857 \text{ m}^2$$

- حساب تركيز الأملاح في المياه المعالجة:

$$\text{TDS} = 4500 \text{ m} / \text{l} = 4.5 \text{ kg} / \text{m}^3$$

يعطى تدفق الأملاح في واحدة المساحة من الغشاء (qs) بالعلاقة الآتية:

$$q_s = S \cdot (C_f - C_p)$$

C_p : تركيز الأملاح في المياه المعالجة (الراشحة)

C_f : تركيز الأملاح في المياه الخام (مياه التغذية) غير المعالجة

S : عامل نفاذية الأملاح عبر الغشاء

$$Q_p \cdot C_p = F_s \cdot A = S (C_f - C_p) \cdot A$$

$$C_p = (S \times C_f \times A) / (Q_p + S \times A)$$

$$= (1.25 \times 10^{-6} \times 4.5 \times 857) / (8.68 \times 10^{-3} + 1.25 \times 10^{-6} \times 857) = 0.495 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 495 \text{ mg} / \text{l}$$

وهو أقل من التركيز المسموح 650 ملغ/ل إذاً فالتصميم مقبول.

ويمكن التقليل من مساحة الأغشية أو من الضغط المطبق بما يحقق التركيز الأعظمي المسموح في المياه المعالجة وذلك بمرزج جزء من تدفق مياه التغذية مع تدفق المياه الراشحة، ولكن هذا الأمر غير منسوح به كثيراً في التطبيقات الصناعية والحياة العملية بل من المفضل دوماً ترك عامل أمان في التصميم وعدم التصميم على الحال الحدية.

8-2- الامتزاز (Adsorption):

ويعتبر من الطرق الفيزيوكيميائية لمعالجة المياه ويعرف بأنه تراكم مادة ما (عادة أيونات أو غازات على هيئة ذرات أو جزيئات) على سطح سائل أو صلب.

إن مصطلح الامتزاز adsorption يعني تمرکز المادة على السطح ومصطلح الامتصاص absorption: يتضمن اختراق ودخول مادة إلى داخل جسم مادة أخرى إضافة إلى تمرکزها على السطح، ويمكن أن يتم الامتزاز في ظروف حركية أو في ظروف ساكنة ففي الظروف الحركية يحدث هناك خلط كأن يتم إضافة الكربون المنشط إلى حوض يحوي مياه الصرف مع الخلط أما في الظروف الساكنة فعادة تكون هناك مرشحات للامتزاز، وتمر المياه المراد معالجتها فيها، ويستخدم الامتزاز في معالجة مياه الشرب ومياه الصرف الصحي والصناعي كما هو مبين في الجدول (8-4):

الجدول (8-4): مجال تطبيق عمليات الامتزاز

المادة المازة	الغاية	مجال التطبيق
- الكربون المنشط - الكربون المنشط	- إزالة المواد العضوية المنحلة - إزالة المواد العضوية الملوثة الدقيقة	- معالجة مياه الشرب
- أكسيد الألمنيوم - هيدروكسيد الحديد	- إزالة الزرنيخ	- معالجة مياه الشرب
- أكسيد الألمنيوم - الكربون المنشط	- إزالة الفوسفات - إزالة المواد العضوية الملوثة الدقيقة	- معالجة مياه الصرف المنزلية (البلدية)
- الكربون المنشط - البولييمرات	- إزالة بعض المواد الكيميائية	- معالجة مياه الصرف الصناعي
- الكربون المنشط	- إزالة المواد العضوية	- معالجة مياه أحواض السباحة
- الكربون المنشط	- إزالة المواد العضوية	- معالجة المياه الجوفية
- الكربون المنشط	- إزالة المواد العضوية	- معالجة الرشاحة الناتجة عن أعمال الصحة

8-2-1- طرق الامتزاز Adsorption:

لإجراء هذه العملية يستعمل جسم صلب ففت إلى ذرات صغيرة جدا ذات سطح نوعي كبير كالكربون المنشط، ويمكن أن يتم الامتزاز في الظروف الستاتيكية، وفي هذه الحالة يضاف الجسم الماز بشكل ذرات إلى المياه التي تتعرض للمعالجة ويخلط معها بشكل جيد وبعدها يفصل عن المياه بوساطة الترسيب - sedimentation، ويمكن أن تجري عملية الامتزاز في الظروف الديناميكية (الحركية)، والجدول (8-5) يبين بعض المواد المستخدمة في الامتزاز والسطح النوعي لها:

الجدول (8-5): يبين بعض المواد المستخدمة في الامتزاز ومقدار سطحها النوعي

المادة المازة	السطح النوعي م ² /غ
الكربون المنشط	1200-600
البوليمر الممتز Polymeric adsorbents	1400-300
أكسيد الألمنيوم	350-150
هدروكسيد الحديد الحبيبي	350-150
الزبوليت Granular ferric hydroxides	900-400

وفي الظروف الستاتيكية يجري خلط المياه الصناعية مع الأداة الماصة (Adsorbent) في خزانات تحتوي خلطات ميكانيكية أما عزل المادة الماصة بعد إنجاز عملية الامتصاص فيتم بوساطة الترسيب أو الترشيح، وبما أن المادة الماصة تفقد قدرتها على الامتصاص بعد فترة من زمن المعالجة فإنها تساق إلى محطات تنشيط لاستعادة صفاتها الامتصاصية.

أما في الظروف الحركية فإن المياه الصناعية تواجه مرشحات محملة بمادة ماصة ويجري الترشيح من الأسفل إلى الأعلى حيث تدخل المياه الملوثة من الأسفل، وتجمع المياه المعالجة من سطح المرشح، ولكن بعد مرور فترة من الزمن فإن مادة المرشح تفقد قسما من صفاتها الامتصاصية وتبدأ الأوساخ بالظهور في المياه الخارجة من المرشح.

إن المدة بين بدء عمل المرشح وبين لحظة ظهور الأوساخ غير الممتصة
بوساطة المادة الماصة في المياه المرشحة تسمى دفاع المرشح.
إن عملية الامتصاص تتم نظرياً وفق العلاقة التالية:

$$A = X/M = K \cdot C^n$$

حيث إن:

A: وزن المادة الممتصة (adsorbed). بملغ في (1 مل أو 1 غرام) من المادة
الماصة الكلية الخام (Adsorbent) المستعملة Specific Sorption.
C: التركيز المتوازن للمواد الصلبة المنحلة في المياه الصناعية مع/ل.
K, N: عوامل تجريبية تتعلق بشكل المادة الماصة وصفات وتركيز المواد
الصلبة في المياه الصناعية وأيضاً تتعلق بدرجة حرارة الوسط.
يقصد بتعبير التركيز المتوازن للمواد الصلبة المنحلة C تركيز المواد الصلبة
المنحلة في المياه الصناعية التي تعرضت للمعالجة في اللحظة التي تنقطع فيها عملية
الامتصاص.

في عمليات امتصاص الفينول بوساطة الفحم المنشط فإن قيمة K تتراوح
من 17 إلى 18 وتكون قيمة n (بدرجة حرارة 16 °C) n=0.23 أما في عمليات
امتصاص حمض الخل فإن K=0.97 و n=0.4 (بدرجة حرارة من 18°C-20°C
وعندما يكون تركيز حمض الخل في المياه التي تتعرض للمعالجة من 2000 إلى
20000 ملغ/ل).

إن كمية المادة الماصة اللازمة لمعالجة المياه الصناعية تعطى بالعلاقة
التالية:

$$m = \frac{(C_s - C) \cdot Q}{A}$$

حيث إن:

C_s: التركيز الأولي للمواد الصلبة المنحلة في المياه الصناعية غ/ل.
C: التركيز المتوازن غ/ل.
Q: تدفق المياه الصناعية ل.

وعند استعمال طريقة الامتصاص في الظروف الحركية. فإن مدة عمل المرشح تحدد بالعلاقة التالية:

$$t = KH - f$$

حيث إن:

H: ارتفاع المرشح بالتر.

K, f: عوامل تجريبية تتعلق بعدة عوامل منها التركيز الابتدائي للمواد المنحلة في المياه الصناعية وسرعة جريان الماء المرشح.

ولتحديد كمية المواد المنحلة الممتصة من قبل المرشح تستعمل العلاقة التالية:

$$V = (H - h)F \times a$$

V: كمية المواد التي يحجزها المرشح بالكغ.

H: ارتفاع المرشح بالتر.

h: ثابت يحدد تجريبياً.

a: الفعالية الديناميكية لمترب مكعب واحد من المادة الماصة الخام تساوي

0.8-0.85 من قيمة A أي من قيمة هذه الفعالية في الحالة الستاتيكية.

F- المساحة الأفقية للمرشح بالتر المربع.

ومنه يمكن حساب ارتفاع المرشح اللازم بالعلاقة التالية:

$$H = \frac{V}{aF} + h$$

إن السرعة الحسابية لجريان الماء في المرشح Filtration rate (من الأسفل إلى

الأعلى) تؤخذ 2-4 م/ساعة.

إن عملية الامتصاص في الظروف الديناميكية تؤمن نتائج أفضل منها في

الظروف الستاتيكية المعالجة بالامتصاص، ويمكن أن تجري على مرحلة واحدة أو

على مراحل بالتالي.

8-2-2- مثال:

المطلوب تحديد كمية المادة الماصة (الفحم المنشط ذي الوزن الحجمي

500 kg/m³) وحجم المنشأة اللازم لمعالجة مياه صناعية حاوية الفينول بتركيز

ابتدائي قدره $C_s=6\text{g/l}$ بطريقة الامتصاص في الظروف الستاتيكية، وتدفع المياه المعالجة $Q=300\text{m}^3/\text{day}$.

يفرض أن الزمن اللازم لإشباع المادة الماصة بالفينول 3Hour وأن الكمية المتبقية للفينول في الماء يجب أن لا تزيد على $C=0.1 \text{ g/L}$. الفعالية الستاتيكية لمتر مكعب من الفحم النشط $A=400\text{g/Kg}$.

الحل:

إن الكمية اللازمة من المادة الماصة الكلية الخام تعطى بالعلاقة:

$$m = \frac{(C_s - C)}{A} = \frac{(6 - 0.1)300 \cdot 1000}{400} = 4425 \text{ kg}$$

وإذا استمر عمل منشأة الامتصاص h_3 وفترة إملاء وتفريغ المادة الماصة في المنشأة $1h$ يكون عدد العمليات المعالجة يومياً.

$$n = \frac{24}{4} = 6$$

ويكون حجم الماء الواجب معالجته في عملية واحدة:

$$q = \frac{Q}{n} = \frac{300}{6} = 50 \text{ m}^3$$

نختار خمسة أحواض امتصاص حجم كل واحد:

$$\frac{50}{5} = 10\text{m}^3$$

نسبة قطر إلى ارتفاع حوض الامتصاص $D/H = 0.7$ يكون:

$$D = 2.1 \text{ m}$$

$$H = 2.7 \text{ m}$$

8-2-3- مثال:

مياه صناعية تحتوي على الفينول تجب معالجتها بطريقة الامتصاص في الظروف الديناميكية في مرشح محمل بمادة ماصة من الفحم النشط. التركيز الابتدائي للفينول في المياه الصناعية $C_s = 3.6 \text{ g/l}$ ، درجة حرارة الوسط الذي تجري فيه المعالجة هي 20 درجة مئوية والثابت

$$A=400$$

$$a = 0.8 \times A = 0.8 \times 400 = 320 \text{ Kg/m}^3$$

إن قيمة العوامل التجريبية في هذه الظروف $k = 22.5$.

$$t = 6.52 \quad h = 0.28$$

الحل:

إذا صممنا مرشحاً ارتفاعه $H=1\text{m}$ ومساحة مقطعه $F=4\text{m}^2$ بحيث تكون سرعة جريان الماء خلاله 1m/h^2 . فتكون مدة عمل المرشح (الزمن بين بدء عمله وبين لحظة ظهور الأوساخ في الماء المعالج) هي:

$$T = KH - t = 22.5 \times 1 - 6.52 = 16 \text{ Hour}$$

أما إذا كان ارتفاع طبقة الترشيح 1.4m فإن مدة عمل المرشح تكون:

$$t = 22.5 \times 1.4 - 6.25 = 16 \text{ hour}$$

وتكون كمية الفينول المحجوز في هذا المرشح معطاة بالعلاقة:

$$V = (H-h)Fa = (1-0.28)4 \times 320 = 921.6 \text{ Kg}$$

الإدارة الاستراتيجية لتقليل ومنع التلوث بالنفايات السائلة

تستهلك المنشآت الصناعية كميات كبيرة من المياه قد يتحول قسم كبير مياه إلى مياه صرف صناعي ملوثة للبيئة ومسببة عدة أضرار لمحطات المعالجة ولشبكات المجاري، وتؤدي إلى تلوث البيئة، إن الإدارة البيئية السليمة للمنشآت الصناعية من الأمور الهامة والتحديات الكبيرة التي تواجه المعنيين بهذا الأمر، ويتوجب على مصممي محطات معالجة مياه الصرف الصناعي العمل على ترشيد استهلاك المياه في المصانع والعمل على تقليل كمية التلوث الناتجة عن المنشآت.

إن استراتيجيات إدارة التخفيف من التلوث موضحة في الجدول (9-1) وهي مرتبة من الأكثر تفضيلاً إلى الأقل تفضيلاً:

الجدول (9-1): استراتيجيات إدارة التخفيف من التلوث

الطريقة	التوضيح
1- التقليل من المصدر	- أي تكنولوجيا أو تقنية يمكن أن تقلل من حجم النفايات والمواد الملوثة والخطرة قبل التفكير بإعادة تدويرها أو معالجتها أو التخلص منها.
2- إعادة التدوير في العمليات	- المواد غير المتفاعلة وغير الداخلة في العمليات يمكن إعادة استخدامها في العمليات.
3- التدوير وإعادة الاستخدام في الموقع نفسه	- النفايات من العمليات الابتدائية تجمع وتحويل إلى تجهيزات وأقسام أخرى حيث يتم تحويلها إلى منتجات أخرى في نفس الموقع.

الطريقة	التوضيح
4- التدوير وإعادة الاستخدام خارج الموقع	- النفايات من العمليات الابتدائية تجمع وتحول إلى أقسام أخرى (معامل أخرى). ليتم تحويلها إلى منتجات تجارية خارج الموقع.
5- معالجة النفايات	- تفصل النفايات وتعالج إلى نفايات أقل خطورة.
6- التخلص الآمن	- تفصل النفايات وترسل إلى موقع التخلص الآمن (المطمر).
7- التخلص المباشر	- تفصل النفايات عن المنتجات وتطلق في البيئة.

9-1- المنهجية المتبعة من وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA

لتقليل ومنع التلوث الناتج عن الفضلات الصناعية السائلة:

لقد قامت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA بوضع بعد الإرشادات المفيدة الخاصة بتقليل كمية الفضلات السائلة أو منع نشأتها وهذه الإجراءات موضحة في الجدول (8-2)، وبشكل عام كل صناعة يمكن أن يكون لها منهجية مختلفة من ناحية تقليل كمية الفضلات الصناعية السائلة الناتجة عنها.

الجدول (9-2): استراتيجيات ضبط التلوث

الصناعة	منهجية تقليل أو منع التلوث
1- تشكيل الألمنيوم	- تقليل كمية المياه المصرفة ويتضمن ذلك تقليل كمية المياه الناتجة عن جهاز فصل ومعالجة الغازات بالمياه وتقليل كمية الرشع عبر شبكات المياه وإعادة تدوير المياه.
2- صناعة البطاريات (الرصاص)	- يتم العمل على تخفيض استهلاك المياه في العمليات وفي الخط الإنتاجي لتقليل كمية المياه ولتقليل استهلاك المياه.
3- صناعة الكربون الأسود	- الشفط الجاف للكربون الأسود المنسكب ويمكن استخدام عمليات التبخير والترسيب أو الفلاتر الحشنة للترشيح قبل إعادة استخدام المياه أو المواد.
4- مناجم الفحم Coal mines	- استخدام أفضل طرق إنتاج لمنع التصريف ويمكن أيضاً استخدام أحواض الترسيب والمصائد لمنع تصريف الملوثات في المياه.

الصناعة	منهجية تقليل أو منع التلوث
5- تشكيل النحاس The formation of copper	- تقليل التدفقات المائية المستخدمة وتشمل إعادة تدوير المحلول المعالج واستخدام الدورات المغلقة في الإنتاج.
6- الطلي بالكهرباء Electroplating electricity	- تقليل التدفقات المائية وإعادة استخدام المياه واسترجاع محاليل الطلي عبر استخدام تقنيات التبادل الأيوني أو التبخير أو التناضح العكسي.
7- صناعة المتفجرات	6- تقليل كميات المياه المستخدمة عبر تنظيف التجهيزات بطرق جافة وكذلك تنظيف الأراضي واسترجاع المساحيق بطرق جافة - عبر الشفط (vacuum) وإعادة استخدام المياه والعمل على استخدام الطرق الجافة في التصنيع.
8- صناعة خلاط الحديد	- كبريتيد الكالسيوم: إعادة استخدام المياه وتدويرها في جهاز معالجة الغازات الرطب والعمل على استخدام طرق التصنيع التي لا تستخدم مياه الخلاط الحديدية الناتجة عن التحليل الكهربائي وتقليل تدفقات المياه عبر إعادة تدوير المياه.
9- صناعة الحديد والفولاذ	- استخدام تقنيات التصنيع التي لا تصدر مياه.
10- المطامر	- تقليل مياه الصرف والمركبات السامة وذلك من خلال تقليل كمياتها من المصدر وفصلها قبل أن تأتي للمطر.
11- صناعة دباغة الجلود	- تقليل المياه أثناء الإنتاج.
12- إنهاء تشكيل المعادن	- استخدام أفضل أساليب الإدارة لمنع إصدار المواد الخطرة والمياه الملوثة.
13- استخلاص الغاز والزيوت المعدنية	- عدم تصريف المياه عبر استخدام دارات مغلقة وخطوط تكنولوجية تضمن عدم تصريف المياه. - تقليل الملونات وذلك من خلال تقليل انسكابات الزيوت. - إعادة تدوير المواد الصلبة في معامل الزيوت المكررة.
14- صناعة الدهان	- إعادة استخدام المذيبات (في حال استخدامها). - التنظيف الجاف للأراضي والمعدات.
15- صناعة المبيدات الكيميائية	- استخدام تقنيات التصنيع وفق دارة مغلقة بحيث لا يتم تصريف مياه صرف صناعي. - استخدام تقنيات التنظيف الجاف في عمليات التنظيف كالقشط (Vaccum).

الصناعة	منهجية تقليل أو منع التلوث
16- صناعة الورق والكرتون	<ul style="list-style-type: none"> - تقليل عمليات استخدام المياه في مراحل الإنتاج. - إعادة استخدام المياه بمياه الصرف الصناعي المعالجة بالتطويف. - تقليل استخدام المواد الكيميائية ما أمكن. - الاعتماد على التنظيف الجاف للآلات والأراضي. - إعادة استخدام الورق التالف والمستعمل في عمليات الإنتاج بدلا من استخدام لحاء الأشجار والمواد الأولية.
17- صناعة المطاط	<ul style="list-style-type: none"> - تقليل كميات المياه المصرفة وذلك باستخدام طرق التنظيف الجاف في المعمل. - تدوير المياه (إعادة استخدامها) في العمليات الصناعية مرة ثانية.
18- المحطات البخارية لتوليد الطاقة	<ul style="list-style-type: none"> - ضبط استخدام المواد الكيماوية. - تقليل استخدام المواد السامة. - تقليل استخدام حجم المياه وذلك باستخدام تقنيات الفصل الجاف والتنظيف الجاف. - استخدام دارات مغلقة في عمليات التبريد.
19- إنتاج الأخشاب	<ul style="list-style-type: none"> - التنظيف الجاف للآلات والمعدات. - استخدام تكنولوجيا لا تصرف المياه بشكل عسير. - استخدام الدارات المغلقة في الإنتاج.

9-2- تجارب دولية في ترشيد استهلاك المياه في الاستخدامات

الصناعية:

9-2-1- تجربة معمل الشرق الأوسط للصناعات الورقية في المملكة

العربية السعودية:

لمحة عن الشركة:

تشكل شركة الشرق الأوسط للصناعات الورقية (MEPCO) مثالا على النجاح في تحقيق نتائج اقتصادية مع خفض إنتاج النفايات، تنتج الشركة صناعات ورقية مستخدمة أوراق النفايات، وجدت شركة MEPCO عدداً

من الإيجابيات في موقعها في جدة ولا سيما على مستوى لوجستية أوراق النفايات والمنتجات الجاهزة، إلا أن هذه الإيجابيات يقابلها افتقار مدينة جدة للموارد المائية السطحية والجوفية الضرورية لعملياتها التي تستهلك الكثير من المياه.

ولكن الشركة تخطت هذه الصعوبات باعتمادها مقاربات مبتكرة فاستمرت في النهوض بإنتاجيتها المائية، حيث أدخلت التعديلات الضرورية أولاً" وسدت طلبها من المياه عبر معالجة مياه الصرف المنزلية، إلى جانب ذلك حسنت الشركة من فعاليتها المائية عبر خفض استهلاكها للمياه من 20 م³/طن من المنتج إلى 8 م³/طن وهي تعمل الآن على خفض هذه النسبة لتبلغ 4 م³/طن من المنتج هذه قصة نجاح شركة MEPCO، إن ملخص تجربة شركة MEPCO موضح في الجدول (3-8).

الجدول (3-9): ملخص تجربة شركة MEPCO في ترشيد استهلاك المياه

الصناعة الورقية	القطاع
الشرق الأوسط للصناعات الورقية	اسم الشركة
420000 م ³ /السنة	كمية المياه المدخنة:
تم التخطيط لادخار 1200000 م ³ /السنة.	كمية المياه المخطط لادخارها أيضاً:
ادخار سنوي بلغ 1523500 ريال سعودي سنوياً تقريباً (فترة عائد الاستثمار - خمسة وعشرون شهراً).	الآفاق المالية
التخطيط لادخار 600000 ريال سعودي سنوياً تقريباً (فترة عائد الاستثمار: 16 سنة)	عوامل النجاح الرئيسية
- ارتفاع ملحوظ باستهلاك المياه في منطقة تفتقر للموارد المائية.	
- إدارة رشيدة تتقن إجراءات ادخار المياه.	
- التزام حازم بالاستمرار في التحسين.	
- تمتع مدير الشركة العام بالمعرفة التقنية لإدارة الموارد المائية.	

وضعت الشركة لهذا الغرض مصفاة ومصاف طبلية دوارة وحدتي تطويف بالهواء، مما سمح لها بإعادة تدوير كمية من المياه في الشركة والحد من استهلاكها للمياه حتى 8 م³/طن من المنتج، كما هو موضح في الشكلين (1-9) و(2-9).

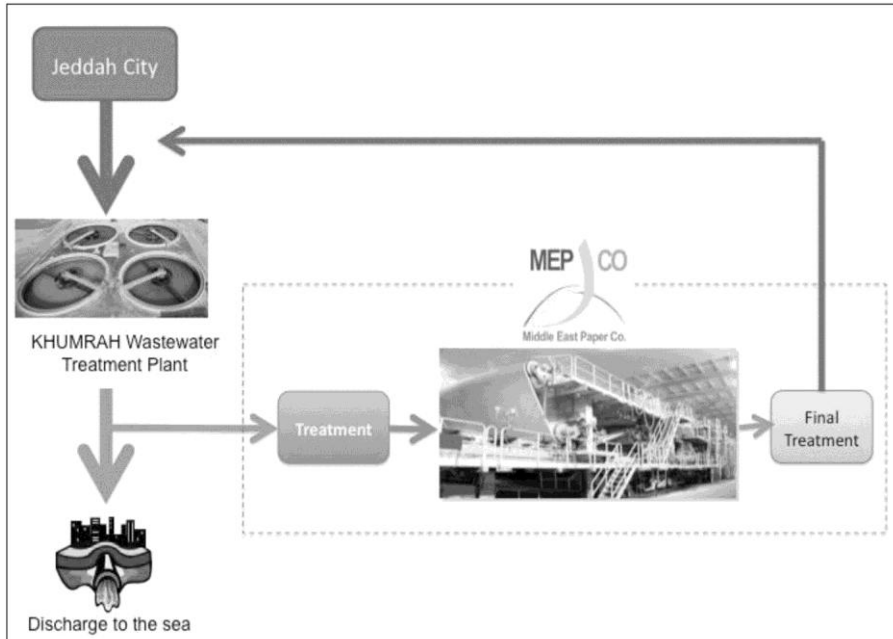
سمح هذا النظام أيضاً بإعادة الألياف تخطط الشركة أيضاً إلى تركيب وحدة معالجة حيوية تحد من دخول المواد العضوية إلى المجاري وتسمح بإعادة تدويرها لدى تشغيل هذه الوحدة ستمكن الشركة من تخفيض استهلاكها للمياه حتى 6 م³/طن من المنتج.

يادخال هذه الإجراءات الجديدة التي سمحت بإعادة تدوير المياه ضمن الشركة، استطاعت الشركة أن تخفض استهلاكها للمياه بنسبة 420000 م³/السنة، وعند تشغيل وحدة المعالجة الحيوية، سيكون من الممكن للشركة أن تدخر 120000 م³/السنة.

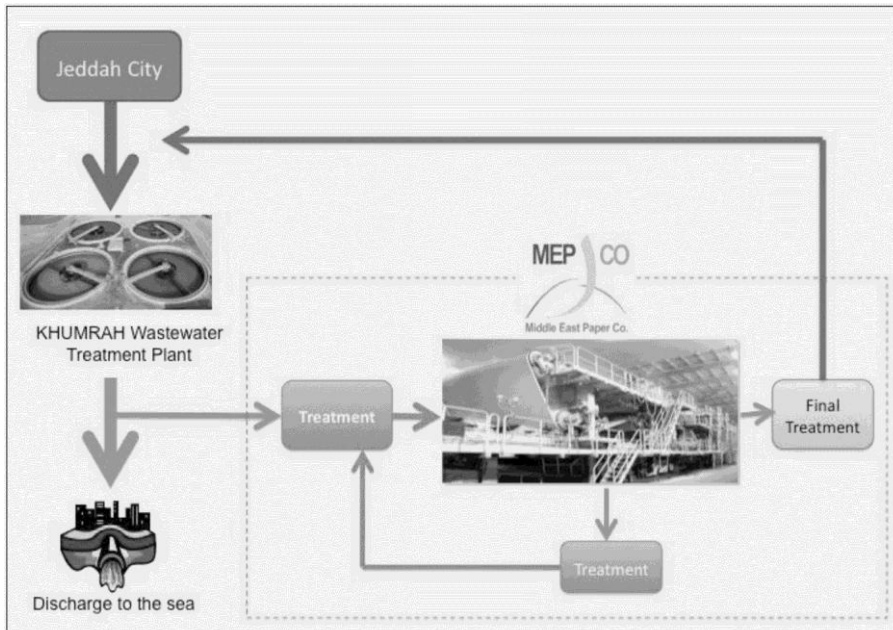
استثمرت الشركة 3250000 ريال لتخفيض استهلاك المياه من 20 م³/طن إلى 8 م³/طن مما حقق للشركة توفيراً مالياً يقدر بـ 1523200 ريال سنوياً مما يعني عائد على الاستثمار يقارب السنتين، أما بالنسبة للخطوة القادمة فتعتزم الشركة تركيب وحدة معالجة حيوية مما يتطلب استثماراً قدره 10 مليون ريال سعودي ويساهم في توفير 600000 ريال سعودي سنوياً (عائد الاستثمار يصل إلى 16 سنة).

عوامل النجاح الرئيسية:

- ارتفاع ملحوظ بالاستهلاك المياه في منطقة تفتقر للموارد المائية.
- إدارة رشيدة تتقن إجراءات ادخار المياه.
- التزام حازم بالاستمرار في التحسين.
- تمتع مدير الشركة العام بالمعرفة الفنية لإدارة الموارد المائية.



الشكل (1-9): قبل إدخال نظام إعادة التدوير حيث كان استهلاك المياه 20م³/طن



الشكل (2-9): بعد إدخال نظام إعادة التدوير أصبح استهلاك المياه 8م³/طن

9-2-2- تجربة شركة سادافكو في المملكة العربية السعودية:

لمحة عن الشركة وقصة نجاحها:

تعتبر شركة سادافكو أكبر منتج للحليب المعاد جمعه على الحرارة العليا (UHT) في المملكة العربية السعودية إذ يصل الإنتاج اليومي فيها إلى 400 ألف لتر وبالإضافة إلى الحليب، تنتج الشركة أنواعاً مختلفة من عصير الفاكهة (ما يقارب 20 ألف لتر يومياً) ومعجون الطماطم (40 ألف لتر يومياً).

تتضمن العمليات المستعملة في الشركة (الخلط - معالجة المنتج الحرارية - تعب) بالإضافة إلى المياه المستخدمة في المنتجات المتعددة تستعمل الشركة المياه للتدفئة والتبريد وتنظيف المعدات والمواقع وأيضاً لأغراض "منزلية".
تشتري الشركة 2020م³ من المياه وتصرف 1420 م³ من المياه العادمة عبر نظام الصرف يومياً، تمكنت شركة سادافكو بنجاح من خفض استهلاكها للمياه من 4.26 لتر ماء لكل لتر من المنتج إلى 3.33 لتر ماء لكل لتر من المنتج في أقل من سنة.

في بداية البرنامج كانت المعلومات الوحيدة المؤكدة فيما يخص استعمال المياه هي "كميات المياه التي تم شراؤها" و"كميات المياه المصروفة"، رأت الشركة أن هناك حاجة لتعزيز معرفة كيفية الاستهلاك في العمليات والأنشطة لذا تم تركيب أجهزة قياس تدفق والبدء ببرنامج حساب التدفقات.

أظهرت عمليات الرصد وقياس التدفق أن هذه هناك استعمالاً مفرطاً للمياه من نظام التبريد القديم الذي يخدم آلتين للتعقيم على الحرارة العليا UHT، لذا قررت الشركة إعادة استخدام مياه التبريد ضمن نظام دارة مغلقة، لذا تم تركيب برج تبريد جديد بالإضافة إلى الأنابيب والمضخات الضرورية، مع النظام الجديد، بعد استعمال مياه التبريد التي تصل حرارتها إلى 60 درجة مئوية ترسل المياه إلى برج التبريد المركب حديثاً حيث تبرد لتصل إلى 40 درجة مئوية، ويعاد استعمالها للتبريد.

وكذلك تبين أن نظام التبريد المستخدم الآلات التعليب يهدر كميات كبيرة من المياه فتم رفع هذا الموضوع إلى مصنع المعدات وبدأ العمل بمشروع تطوير مشترك، كجزء من هذا المشروع فبدأت سادافكو باختبار نظام تدوير مياه تبريد معدات التعليب.

كما عملت الشركة على خفض عدد مآخذ المياه واستبدال الأنابيب المسربة، مما يقلل من الخسائر في نظام توزيع المياه، ثم تم تركيب فوهات بزنادات لتكييف الضغط على خرطوم المياه المستعملة لتنظيف الأماكن، إن ملخص تجربة شركة سادافكو موضح في الجدول (9-4).

الجدول (9-4): ملخص تجربة شركة سادافكو في ترشيد استهلاك المياه

القِطاع	تصنيع المواد الغذائية
اسم الشركة	سادافكو
كمية المياه المدخرة	160000 م ³ /السنة تقريباً
الآفاق المالية	ادخار سنوي بلغ 570000 ألف ريال سعودي تقريباً (مما يعادل 153000 دولار أمريكي) (فترة عائد الاستثمار: 9 أشهر). التخطيط لادخار 150 ألف ريال سعودي تقريباً (مما يعادل 40 ألف دولار أمريكي) (فترة عائد الاستثمار: 1.2 سنة).
وسائل تحقيق الكفاءة	- خفض. - إعادة الاستعمال.
عوامل النجاح الرئيسية	- دعم الإدارة العليا. - مقارنة نظامية. - نظام رصد فعال. - تدريب الموظفين والتزامهم.

تم تخفيض استهلاك المياه بنسبة 20% عبر إقفال دورة مياه التبريد واحدة بذلك تم توفير بذلك أكثر من 120000 م³ من المياه سنوياً، وبفضل إجراءات ترشيد استهلاك المياه والإدارة البيئية الجيدة وبفضل التدابير المتبعة الأخرى انخفض استهلاك المياه الخاصة من 4.5 إلى 3.33 لتر لكل لتر من المنتج. ما يجعل مستوى

الخفض السنوي 160000م3.

من المقرر تحقيق انخفاض اضافي لاستعمال المياه بنسبة 10% عبر إقفال دورات مياه التبريد حول الآلات الأخرى ما يؤدي إلى إدخار كمية مياه إضافية تعادل 70000 متر مكعب سنوياً.

من أجل إقفال دورة مياه التبريد حول التي الحرارة العليا الكبيرتين. استثمرت الشركة 450000 ريال سعودي (أي ما يعادل 120000 دولار أمريكي) لهذا الاستثمار فترة عائد استثمار تصل إلى تسعة أشهر، وهو يساهم في توفير قيمة 574000 ريال سعودي سنوياً. (أي ما يقارب 153000 دولار أميركي) بفضل الانخفاض في كلفة شراء وتصريف المياه.

أما بالنسبة إلى الخطوة القادمة فإن الشركة تعتمد تركيب نظام مشابه لأربع آلات أخرى لإعادة استعمال مياه التبريد، مما يتطلب استثماراً قدره 170000 ريال سعودي (أي ما يقارب 45000 دولار أمريكي)، ويساهم في توفير 150000 ريال سعودي سنوياً (أي ما يقارب 40000 دولار أميركي) بعد فترة عائد الاستثمار تصل إلى 1.2 سنة.

عوامل النجاح الرئيسية:

شكلت العوامل التالية أسس نجاح الشركة في ادخار المياه:

- قناعة الإدارة العليا بأن المياه مورد استراتيجي ودعمها الكامل لبرنامج الكفاءة.
- اعتماد مقارنة نظامية على أساس دورة دمينغ للتحسين المستمر.
- بدء برنامج قياس ورصد متكامل.
- التزام موظفي الشركة الناجح في توليد الأفكار.
- إذكاء الوعي الفعال بين الموظفين.

9-2-3- التجربة الأسترالية:

تقدر ما تستخدمه الصناعة حوالي 35% من المياه المنقاة للشرب في المناطق الحضرية في أستراليا، لذا بدأت الولايات الأسترالية في تشجيع أهل الصناعة

لتخفيض هذا الاستهلاك، خاصة عن طريق إعادة الاستخدام (recycling)، والذي ستكون له نتائج إيجابية إضافية منها تخفيض الاستخدام للمياه النقية ورفع مستوى نوعية الصرف الصحي والذي عادة ما يتصل بنظم المياه السطحية ويصل إلى المحطات ومصادر المياه الجوفية ويلوثها إذا لم يكن ذا نوعية جيدة، وتشمل الأمثلة الناجحة ما تقوم به في ولاية جنوب أستراليا إحدى الشركات الكبيرة التي تعمل في مجال الأنسجة الصوفية من جمع لمياه صرف الأمطار من ساحات أحد المطارات القريبة لتضيفها لمياهها المعاد استخدامها (recycled) لمقابلة احتياجاتها والتأكد من صرف الفائض من المياه على درجة كبيرة من النقاء لئلا يلوث البيئة المجاورة. والمثال الناجح الثاني من مدينة سدني حيث تم النجاح في إطار برنامج "كل نقطة محتسبة Every Drop Counts" المعد للصناعات من توفير 7,000 متراً مكعباً في اليوم مع نهاية عام 2003م مع وضع هدف محدد ليصل التوفير إلى 17,000 متراً مكعباً في اليوم مع نهاية عام 2007م.

9-2-4- تجربة إنتيل ريو رانشو في المكسيك الجديدة:

تعتبر إنتيل (INTEL) أكبر مصنعي صفائح الحاسب الآلي (computer chips) في العالم وأكبر شركة خاصة في مدينة ألبيركي عاصمة ولاية المكسيك الجديدة بالولايات المتحدة الأمريكية، كما كانت تعتبر من أكبر مستهلكي المياه في مصنعي الولاية، وتستهلك في السنة كمية من المياه تعادل ما يحتاج إليه لري تسعة ميادين للعبة الغولف، لذا أتبع إنتيل استراتيجية مكثفة الجوانب لخفض هذا الاستهلاك من أجل جماهير الولاية وميائهم الشحيحة ومن أجل مصلحة الشركة نفسها، وقد كانت الكمية المستهلكة في عام 1993م تساوي 2,8 مليون جالون في اليوم، وقد أشارت التوقعات إلى أن الشركة ستحتاج إلى 10 مليون جالون في اليوم. لمقابلة توسعاتها الجديدة التي ستشمل 70% زيادة في منتجاتها، إلا أن أتباع سياسة ترشيديّة مكثفة قد مكّنتهم من تخفيض تلك الكمية إلى 3,86 مليون جالون في اليوم فقط وبذلك بلغت نسبة التوفير 61,4%، وكانت إنتيل في السابق تستخدم مياه نقيّة لكل عمليّاتها بما فيها أبراج التبريد ولكن مع سياسة

الترشيد يتم الآن إعادة دوران استخدام المياه عدة مرات (recycle). ويفقد حالياً 15% فقط من المياه لتبخرها ولري الساحات وغيرها، أما بقية المياه المنصرفة فتتم معالجتها (pre-treatment) ونقلها لشبكة مجاري المدينة لمعالجتها بصورة أفضل ومن ثم صرفها إلى حوض Rio Grande.

9-2-5- تجربة معامل سانديا القومية في ألبكيري في المكسيك الجديدة:

يتم تشغيل معامل سانديا القومية (Sandia National Laboratory - SNL) لمصلحة وزارة الطاقة الأمريكية بواسطة مؤسسة سانديا وهي شركة تابعة للوكهيد (Lockheed) الشهيرة، وتقوم هذه الشركة بتصميم كل الأجزاء غير الذرية (non-nuclear) من أجل صناعة الأسلحة الذرية، كما تقوم أيضاً بعمل أنواع مختلفة من الأبحاث في وحدات الطاقة الشمسية ورقائق الحواسيب الآلية وغيرها، وتستخدم المؤسسة أكثر من 8,000 شخصاً موزعين على 760 مبنى في قاعدة كيرتلاند العسكرية، وتستخدم المؤسسة ما يقدر بـ 400 مليون جالون من المياه في السنة في منطقة ذات ندرة في المياه، لذا لجأت المؤسسة إلى ترشيد استهلاك تلك المياه النادرة بوضع استراتيجية تشمل إعادة الاستخدام وتكرار دورة الاستخدام (Re-use & recycle) وتقليل الاستهلاك في العمليات الصناعية وأبراج التبريد وفحص وإصلاح التسرب وأتباع ترشيد مكثف بالنسبة للاستهلاك المكتبي، وقد نتج عن ذلك تخفيض الاستهلاك من 400 مليون جالون في عام 1995م إلى 324 مليون جالون في عام 1998م مع وجود خطة لخفض الاستهلاك إلى 280 مليون جالون في عام 2004م، وهذا يعني تخفيض بنسبة 30% من استهلاك عام 1993م، وقد أنشئت وحدة للترشيد حيث يتوقع أن يستمر هذا الانخفاض بعد 2004م.

9-2-6- تجربة منتجات بونديروسا في مكسيك الجديدة:

يقوم هذا المصنع (New Mexico, 1999) بإنتاج قطع خشبية تستخدم في صناعة الدواليب وأرفف المطابخ المنزلية حيث يعمل به 130 عاملاً وتبلغ مبيعاته السنوية 16-20 مليون دولار في السنة مستخدماً 500,000 رطل من بقايا

الأخشاب يومياً، وقد اتبع هذا المصنع سياسة لترشيد المياه في عام 1989م حيث بلغ استهلاكه للمياه 63 مليون جالون تستخدم لغرضين أساسيين هما الغلايات وإزالة غبار الأخشاب، ونجحت هذه السياسة في تخفيض الاستهلاك إلى 27,7 مليون جالون في عام 1998م أي بنسبة 57%، وقد قدر التوفير للمصنع في فاتورة المياه بـ 148,000 دولار في السنة، ويتبع المصنع سياسة معالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها (recycle) وينظرون إلى الوقت الذي يصل مستوى إعادة الاستخدام فيه إلى 100%.

9-2-7- تجربة مصنع المسيسيبي للبوتاش في المكسيك الجديدة:

تشغل هذه الشركة 3 مصانع في مدينة كارلسباد تعمل جميعها 24 ساعة في اليوم ولمدة 7 أيام في الأسبوع وتعمل في شكل ورديات طيلة أيام السنة، وتنتج هذه المصانع كولوريد البوتاس والذي يستخدم كمخصب في الزراعة (سماد) وفي بعض العمليات الصناعية، وقد عمد المصنع إلى ترشيد المياه وذلك بتكرار إعادة استخدامها (recycle) وقد نتج عن هذه السياسة خفض كمية المياه المستهلكة من 2,18 بليون جالون في السنة إلى 1,05 بليون جالون في السنة، أي بنسبة تخفيض بلغت 52% في مصانعها الثلاثة، هذا إضافة إلى أن جميع العاملين قد تم توعيتهم بندرة المياه وأهمية ترشيدها لضمان مشاركتهم وزيادة فعالية دورات إعادة الاستخدام وتقليل الاستخدام في دورات المياه وغيرها من مناطق استخدام المياه، وتجدر الإشارة بأن سياسة الترشيد تمنع ري الحدائق واستخدام مراحيض ذات استخدام قليل للمياه.

9-2-8- تجربة شركة هوني ويل في المكسيك الجديدة

:Honey Well Home and Building Control

تشتهر هذه الشركة عالمياً بتصنيع الدفايات والمراوح والمرطبات والمبخرات وأدوات تنقية الهواء الألكترونية، والثيرموستات وأجهزة تنقية المياه بالمنزل وأجهزة الأمان بالمنزل، ويعمل في فرع الشركة بألبكركي أكثر من 250 موظفاً وقد بلغت كمية المياه المستهلكة في عام 1994م 8 مليون جالون تستخدم غالباً

لتنظيف طاولة الجهاز قبل تركيب معداته الألكترونية. وبتغيير هذا النظام واستخدام طاولة نظيفة مع اجراءات ترشيدية أخرى تم خفض الاستهلاك في عام 1995م إلى 3 مليون جالون بنسبة تخفيض بلغت 63%، ومن ثم توسعت استراتيجية الترشيد لتهدف إلى تقليل 500,000 جالون كل عام عن طريق ترشيد استخدامات الحمامات، أجهزة التكييف وري الحدائق ليصل الاستهلاك في عام 1998م إلى 1,419 مليون جالون بنسبة 82% من التخفيض مقارنة بعام 1994م.

9-2-9- تجربة شركة بوردر فودس - Border Foods, Deming في المكسيك الجديدة:

تعتبر هذه الشركة من أشهر شركات تحضير وتعبئة الشطة والفلفل وتصديرها لجميع الولايات الأمريكية والعديد من دول العالم، وتستخدم المياه في جميع عمليات التحضير، إضافة لذلك فإن أعمال الشركة في توسع مستمر حيث تضاعف إنتاجها 3 مرات في فترة خمس سنوات، وقد اتبع فرع الشركة في ألبكيريكي سياسة لترشيد استخدام المياه منذ عام 1992م حيث بلغت كمية الاستهلاك 0.75 جالوناً لكل رطل من المنتج ليتم خفض هذا الاستهلاك إلى 0.51 جالوناً للرطل من المنتج في عام 1995م بنسبة تخفيض بلغت 27% رغم الزيادة المستمرة في منتوجاتها، وتمارس الشركة أيضاً سياسة إعادة استخدام المياه حيث تستخدم الشركة حوالي 47 مليون جالون في العام من مياه صرفها الصحي لري مزرعتها المجاورة والمقدرة مساحتها بـ 25 هكتاراً والمزروعة بعدة أنواع من الأعلاف.

9-1-10- تجربة شركة كوداك -

:Eastern Kodak Company (Wainwright, 2009)

تصنع شركة كوداك أفلام فوتوغرافية ومنتجات ورقية للصناعة والطب والحكومات والاستخدام المنزلي، وتحتوي مواقع الشركة في روشستر بالولايات المتحدة حوالي نصف إنتاج الشركة عالمياً، بمساحة موقعية تبلغ 5,200 هكتاراً و15,000 مستخدماً وتشمل الموقع كل الخدمات من طرق ومياه وصرف صحي

مكوناً مدينة مستقلة، وتعتبر خطوط إنتاج المصنع ذات استهلاك عال للمياه حيث يبلغ الاستهلاك اليومي 33 مليون جالون حسب قياس عام 1997م، وترجع أكثر من 80% من تلك المياه كصرف صحي إلى نهر كينسي بعد تنقيتها إلى درجة ثانية داخل المصنع وتهتم الشركة بالحفاظ على البيئة وترشيد استخدام المياه وقد وضعت خطة لذلك يتوجب تحقيق أهدافها في خمس سنوات، وتشمل تلك الأهداف خفض استخدام المياه بنسبة 15% بعام 2003 م مع اعتبار عام 1997م عاماً أساسياً، وقد تم تشكيل فريق مؤهل لمتابعة هذه المهمة بالتعاون مع جميع الإدارات، فوجد أن أكثر من 60% من المياه تستخدم في التبريد أثناء عملية الإنتاج أو في صهاريج التبريد، فقام بإيجاد فرص لإعادة الاستخدام كما تم تحقيق قدر من التوفير بتغيير الصمامات (valves) وبتركيز عمليات التصنيع، وبهذا الترشيد انخفض استهلاك المياه اليومي إلى 26,5 مليون جالون في يونيو 2001م وهي تساوي نسبة 16,5% وهي نتيجة تفوق هدف الـ 15% المتوقع في عام 2003م، ويعمل الفريق على مواصلة هذه الحملة للوصول إلى مستويات أعلى من التوفير.

معالجة الحمأة

10-1- معالجة الحمأة:

يقصد بمعالجة الحمأة تثبيتها (أي معالجة المواد العضوية فيها وتحويلها إلى مركبات خاملة) و و زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة (تكثيفها) ومن ثم تخفيفها، وتعتبر معالجة الحمأة من الأمور البيئية والصحية الهامة جداً عند معالجة مياه الصرف الصناعي لما تحتويه على مواد سامة ومعادن ثقيلة وملوثات أخرى، والتحدي الذي يواجه المصممين والمشغلين دوماً عند معالجة الحمأة هو كيفية تقليل حجم الحمأة، وإن إقلال الحجم الإجمالي للحمأة عن طريق إزالة القسم الأعظم من المياه وبالتالي زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة.

في تطبيقات معالجة مياه الصرف الصناعي يكون التركيز على نزع المياه من الحمأة، وتخفيفها والتخلص منها أما تثبيت الحمأة فإنه يمكن أن يتم أحياناً للحمأة الناتجة عن المحطات معالجة مياه الصرف بطرق بيولوجية وخصوصاً للحمأة الناتجة عن الصناعات الغذائية، لذلك سيتم التركيز في هذا الفصل على تكثيف الحمأة وتخفيفها فقط.

10-2- تكثيف الحمأة:

الغاية من تكثيف الحمأة هو إنقاص المحتوى المائي في الحمأة وبالتالي زيادة تركيز المواد الصلبة فيها من المجال (0.5-1.5%) لحمأة مياه الصرف المنزلي إلى المجال (3-7)% وهناك طريقتان لتحقيق هذه الغاية وهما التكثيف الثقالي والتكثيف بالتعويم أو التطويق.

10-2-1- التكتيف الثقالي:

ويستخدم في حالة الحمأة الأولية، أو مزيج الحمأة الأولية والثانوية ويعتمد على فصل المواد الصلبة في الحمأة عن المياه الملوثة عن الترسيب نتيجة فرق الوزن النوعي بين وزن المواد الصلبة والمياه.

يتحقق ذلك في أحواض تشبه أحواض الترسيب تحتوي على تجهيزات تحريك ميكانيكية بطيئة الدوران للمساعدة على فصل المواد الصلبة عن الماء في الحمأة.

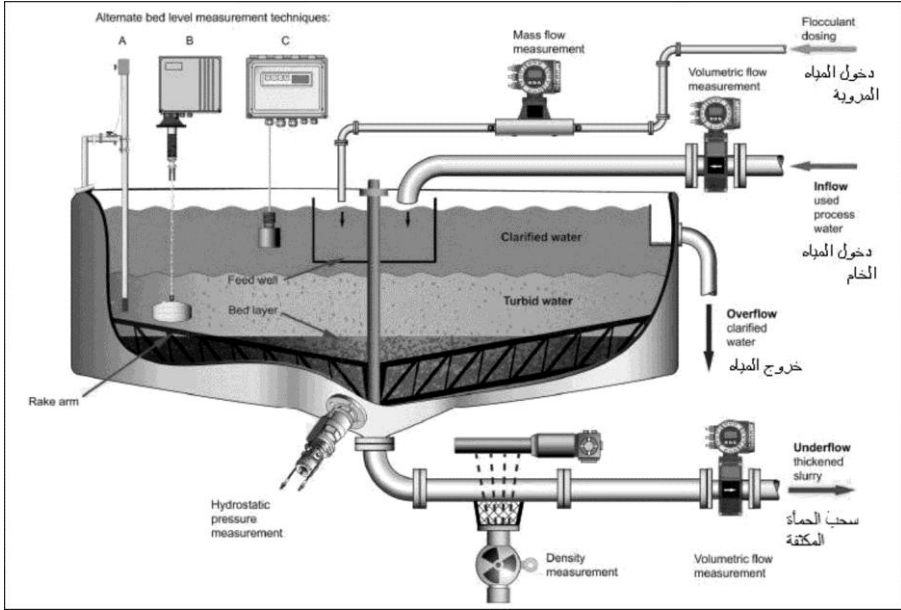
تمزج عادة الحمأة الأولية الصادرة عن أحواض الترسيب الابتدائي مع الحمأة الثانوية الصادرة عن أحواض الترسيب النهائي (الثانوي) بنسبة جزء من النوع الأول إلى ثمانية أجزاء من النوع الثاني، يضاف الكلور أحياناً إلى الحمأة لدرء حدوث تعفن وبالتالي انطلاق الغازات التي تحول دون الترسيب.

تستخدم أحياناً بعض المركبات الكيميائية التي تساعد على عملية تكتيف الحمأة وزيادة معدلات الترسيب.

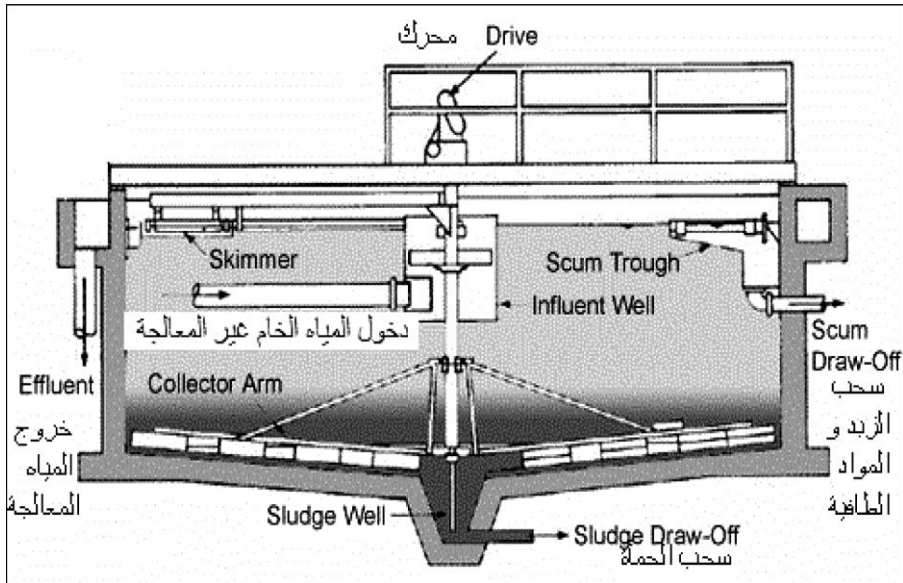
ويمكن أيضاً لزيادة فاعلية حوض التكتيف الثقالي أو بالتطويف إضافة مواد كيميائية تساعد على نزع المياه من الحمأة وتكتيف المواد الصلبة وعادة تضاف بوليميرات ومواد مخثرة ومروبة.

الجدول (10-1) يوضح مزايا وسلبيات طريقة التكتيف الثقالي

المزايا	السلبيات
استهلاك قليل للطاقة	مشاكل في الرائحة
تكلفة تأسيسية منخفضة	مرونة تشغيل قليلة
تكلفة منخفضة للتشغيل والصيانة	غير فعالة في الحمأة المنشطة لوحدها
تشغيل سهل	المياه المعادة إلى المعالجة



الشكل (1-10): حوض تكثيف ثقالي مع إضافة مواد كيميائية



الشكل (2-10): حوض للحمأة تكثيف ثقالي دون إضافة مواد كيميائية

10-2-1-1- الأسس التصميمية لأحواض التكتيف الثقالي:

يتم تصميم أحواض التكتيف الثقالي بمراعاة زمن مكوث هيدروليكي يتراوح بين (3-6) ساعات وتحقيق معدل حمولة المواد الصلبة المبينة في الجدول (10-2).

الجدول (10-2): تركيز المواد الصلبة في الحمأة غير المكثفة والمكثفة ومعدل حمولات المواد الصلبة في المكثفات الميكانيكية

حمولات المواد الصلبة في المكثفات الميكانيكية (كغ/2م/يوم)	الصلبة (%)	الحمأة أو المواد	نوع الحمأة
	مكثفة	غير مكثفة	حمأة منفصلة
135-90	10-8	5.5-2.5	أولية
45-36	9-7	7-4	من المرشح البيولوجي
80-32	7.9-4.3	4-2	من التهوية المعدلة
80-18	3.3-2.5	1.2-0.5	منشطة
			حمأة مشتركة
90-54	9-7	6-3	أولية ومن المرشح البيولوجي
90-54	11.6-8.3	4-3	أولية ومن التهوية المعدلة
72-36	9-4.6	4.8-2.8	أولية ومنشطة

10-2-1-2- مثال:

بفرض حجم الحمأة المراد تكتيفها: $Q_w = 127 \text{ m}^3/\text{day}$ المطلوب تصميم أحواض التكتيف الثقالي:
الحل:

بفرض التحميل السطحي الهيدروليكي: $O_{FR} = 18 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{day}$ - بفرض ارتفاع الحمأة ضمن أحواض التكتيف: $h = 3 \text{ m}$

$$A=QW/QFR=127/18=7m^2$$

- نختار عدد المكثفات: $n= 1$

- نفرض قطر المكثف: $D= 3m$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{فتكون المساحة اللازمة لحوض التكتيف:}$$

$$A = \frac{\pi(3)^2}{4} = 7.06 \quad m^2$$

حجم الحوض اللازم: $V = 1 \times 3 \times 7.06 = 21.18 \text{ m}^3$

زمن المكث من أجل المرحلة الأولى:

$$T=21.18/127 \times 24=4hr$$

ويضاف البولي ألكتروليتي السائل عن طريق مضخة نبضية لزيادة تكتيف الحمأة ونزع رطوبتها.

وتخرج الحمأة من حوض التكتيف إلى مرشحات قماشية تعمل تحت الضغط.

تصميم المرشحات القماشية التي تعمل تحت الضغط 15 بار.

- حساب كمية الحمأة المكثفة (الخارجة من المكثف):

بفرض نسبة المواد الصلبة: (5%) يكون حجم الحمأة الزائدة الخارجة من المكثف:

$$Q_x=634.15/(1000 \times 0.05)=12.68 \text{ m}^3/\text{day}$$

كمية الحمأة هو 15634. كغ بإهمال وزن البوليميرات المتحددة مع المواد الصلبة وذلك لأن كمية البوليميرات في الحمأة المكثفة صغير جداً.

نختار فلتر بريس عدد (1) بقدرة استيعاب 3 م³/ ساعة استطاعة الجهاز هذه

المرحلة يعمل الفلتر حوالي 5 ساعات في اليوم.

وكعكسة الحمأة الناتجة عن فلتر بريس تحتوي على تركيز من المواد الصلبة

يتراوح بين 20-50% من المواد الصلبة وبشكل نموذج وعملي تكون نسبة المواد

الصلبة في كعكة الحمأة حوالي 36%.

10-2-2- التكتيف بالتعويم أو التطويف:

يتحقق ذلك بحقن الهواء المضغوط ضمن الحمأة لزيادة انحلال (ذوبان) الهواء فيها. ومن ثم إعادة الضغط إلى الضغط الجوي قبيل دخول مزيج الحمأة والهواء إلى حوض التكتيف بالتعويم.

يؤدي إعادة تخفيض الضغط إلى تحرر وانطلاق فقاعات ناعمة جداً من الهواء تحمل معها إلى سطح الماء في الحوض معظم المواد الصلبة خفيفة الوزن حيث تشكل على السطح زبدًا يمكن جمعه وإزالته بواسطة قاشط الرزد.

أما المواد الصلبة ثقيلة الوزن فترسب فوق القاع حيث يتم جمعها بواسطة كاشط الرواسب في حجرة مخصصة لها ومن ثم تصرف إلى خارج الحوض.

يمكن ضغط كامل مياه المجاري مع الهواء المضغوط في خزان الضغط قبل تحرير المزيج في حوض المياه الصادرة عن حوض التعويم مع الهواء المضغوط في خزان الضغط ومن ثم إعادة مرة ثانية وخلطها بالحمأة الواردة قبل دخولها إلى حوض التعويم.

10-3- تجفيف الحمأة:

توجد عدة طرق لنزع المياه وزيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة وأهمها عند معالجة الصرف الصناعي ولعل أشهرها وأسهلها وأكثرها شيوعاً هو مرشحات تحت الضغط (المكبس المرشح (filter press)، والمكبس المرشح الحزامي (belt press) والتكتيف بالتطويف وغيرها، إن مردود عمليات نزع المياه من الحمأة موضح في الجدول (10-3):

الجدول (10-3): مردود كفاءة عمليات نزع المياه من الحمأة

المواد الصلبة في الكعكة (%)	استخلاص المواد الصلبة (%)	العملية
		الطرد المركزي
13-5	90-80	وعاء الطرد
7-5	97-80	القرص والفوهة
10-9	90-70	السلة
6-4	95	التعويم بالهواء المنحل
25-8	99-85	أحواض التجفيف
60-40	99	المكبس المرشح
12-5	95-90	المكثف الثقالي
35-28	90	المرشح بالانفراغ

10-3-1-1- التجفيف الميكانيكي للحمأة:

فصل المواد الصلبة عن المياه بطريقة ميكانيكية وذلك بغية الإقلال من حجم الحمأة. لا يكون الفصل كاملاً - دائماً، وإنما تبقى دوماً كمية من المياه مع المواد الصلبة، وتختلف هذه الكمية باختلاف الطريقة المتبعة.

غالباً ما يتم إضافة بعض المركبات الكيميائية (كلس - الوم - كلور الحديد - بولي الكتروليت) للحمأة قبل عمليات التجفيف الميكانيكي وذلك لتسهيل فصل المواد الصلبة عن المياه وفي هذه الحالة تدعى عملية الإضافة بالتكييف.

من أهم الطرق الشائعة في التجفيف الميكانيكي للحمأة ما يلي: الترشيح بالانفراغ - النبد - المكبس المرشح ذو الحزام - المكبس المرشح.

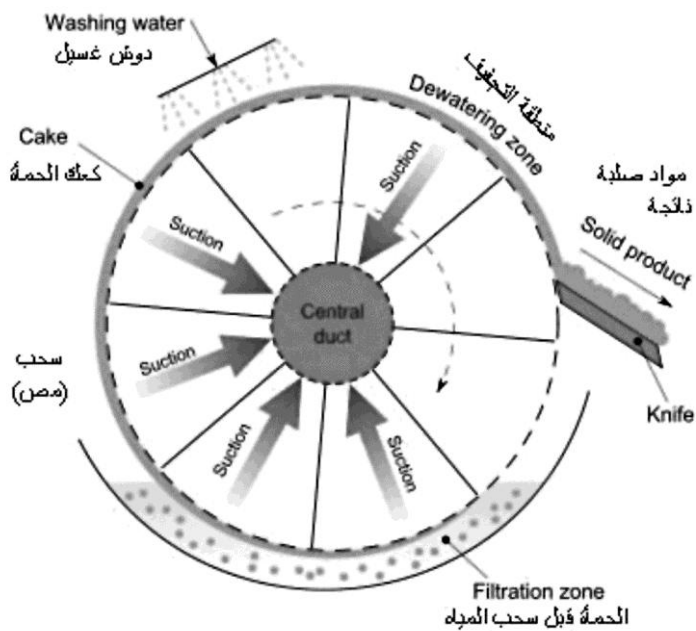
10-3-1-1-1- الترشيح بالانفراغ:

يتم فصل المواد الصلبة عن المياه في هذه الطريقة بتأثير الضغط السالب أو الانفراغ.

تستخدم من أجل ذلك أسطوانة دوارة ببطء، سطحها الجانبي عبارة عن وسط مرشح غالباً ما يكون نسيجاً من الكتان السميك المتين، وينغمر حوالي

2040% من الأسطوانة في الوعاء الحاوي على الحمأة حيث تلتصق طبقة رقيقة منها بالنسيج، وحين دوران الأسطوانة حول محورها يتم ترشيح المياه الموجودة في الحمأة من الطبقة المذكورة عبر مساحات النسيج الكتاني، يساعد على ذلك الامتصاص الناجم عن الضغط السالب ضمن الأسطوانة، تستعمل هذه الطريقة غالباً عندما تكون كميات الحمأة الناتجة يومياً قليلة.

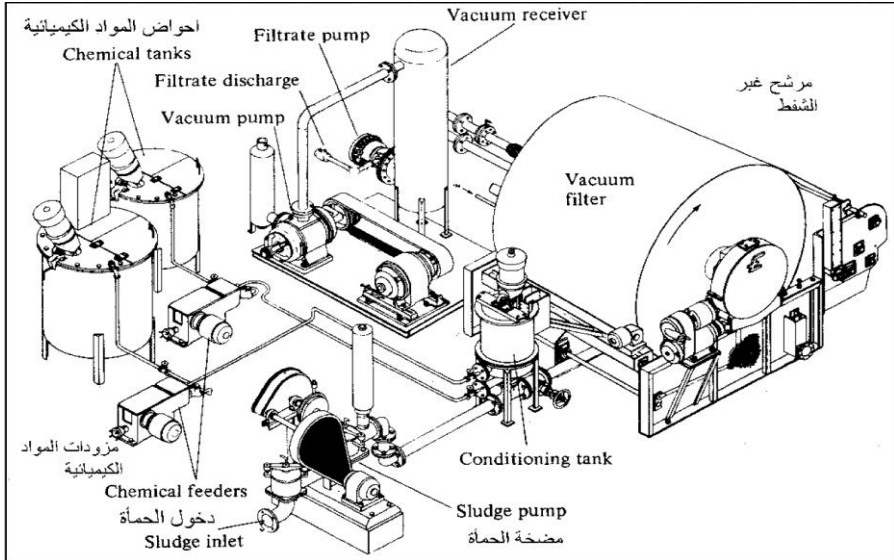
يتألف الجهاز من أسطوانة دوارة حول محورها وتستقبل الحمأة من إحدى قاعدتيها فيتم اندفاع المواد الصلبة الموجودة في الحمأة باتجاه جدار الأسطوانة الدوارة بينما تبقى المياه أقرب إلى محور الدوران، وإن العيارات الوسطية للمواد الكيميائية المستخدمة في الترشيح بالانفراغ مبينة في الجدول (10-4).



الشكل (10-3): صورة تبين وحدة الترشيح بالانفراغ لنزع رطوبة الحمأة

الجدول (10-4): العيارات الوسطية للمواد الكيميائية المستعملة في الترشيح بالانفراغ

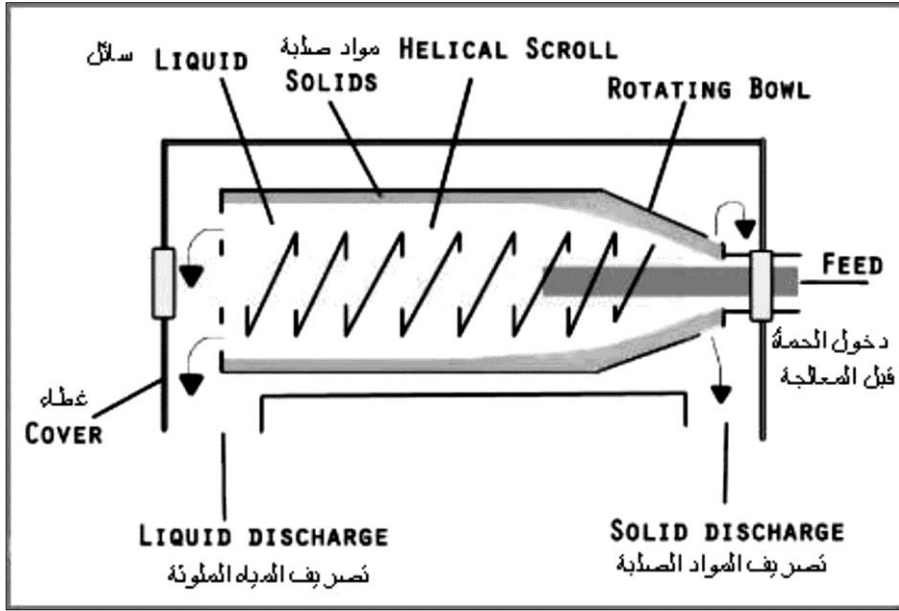
رطوبة الحمأة (%)	الإنتاج (كغ/م ² /ساعة)	الكلس (%)	كلور الحديدك (%)	نوع الحمأة
69	31	8.8	2.1	أولية خامية
73	32	12	3.8	أولية مهضومة
69	43	0	3.4	أولية مهضومة مروقة
75	32	11	2.6	أولية خامية + دبال مرشح بيولوجي
77.5	20	10.1	2.6	أولية خامية + منشطة
84	0	0	7.5	منشطة خامية
77.5	21	15	5.3	أولية خامية + دبال مرشح بيولوجي
78.5	18	18.6	5.6	أولية مهضومة + منشطة
				أولية مهضومة مروقة + منشطة
79	17	0	8.4	وسطيا دون كلس
76.2	17	6.2	2.5	وسطيا مع كلس



الشكل (10-4): مخطط يبين وحدة الترشيح بالانفراغ لنزع رطوبة الحمأة

10-3-1-2- النبذ أو الطرد المركزي Centrifugation:

يتم فصل المادة الصلبة عن المياه في هذه الطريقة بتأثير الفعل النابذ الناجم عن دوران الحمأة حول محور معين، وتمتاز هذه العملية بسهولة الصيانة وسهولة التشغيل وصغر المساحة اللازمة لذا فإنها منتشرة جداً في التطبيقات الصناعية والشكل الآتي فيه صورة تبين مخطط النابذ/الطارد مركزياً لتجفيف الحمأة، وإن يوضح معدل أداء النابذ/الطرد المركزي حسب نوع الحمأة موضح في الجدول (10-5).



الشكل (10-5): يبين أقسام وحدة نزع المياه من الحمأة بطريقة النبذ أو الطرد المركزي

الجدول (10-5): معدل أداء النابذ/الطرد المركزي حسب نوع الحمأة الواردة

نوع الحمأة الواردة	المواد الصلبة في الكعكة (%)	نسبة إزالة المواد الصلبة (%)	عيار البوليمير المضاف (gr/kgDry solid)
حمأة أولية غير مهضومة	28-34	90-95	1-2
حمأة أولية مهضومة لا هوائياً	26-32	90-95	2-3
حمأة منشطة غير مهضومة	14-18	90-95	6-10
حمأة منشطة مهضومة لا هوائياً	14-18	90-95	3-7
(حمأة أولية + حمأة منشطة) غير مهضومة	18-25	90-95	7-8
(حمأة أولية + حمأة منشطة) مهضومة لا هوائياً	17-24	90-95	3-8
حمأة بتهوية مديدة أو حمأة مهضومة هوائياً	12-16	90-95	6-10



الشكل (10-10): صورة واقعية للنابذ وتظهر عليه الحمأة



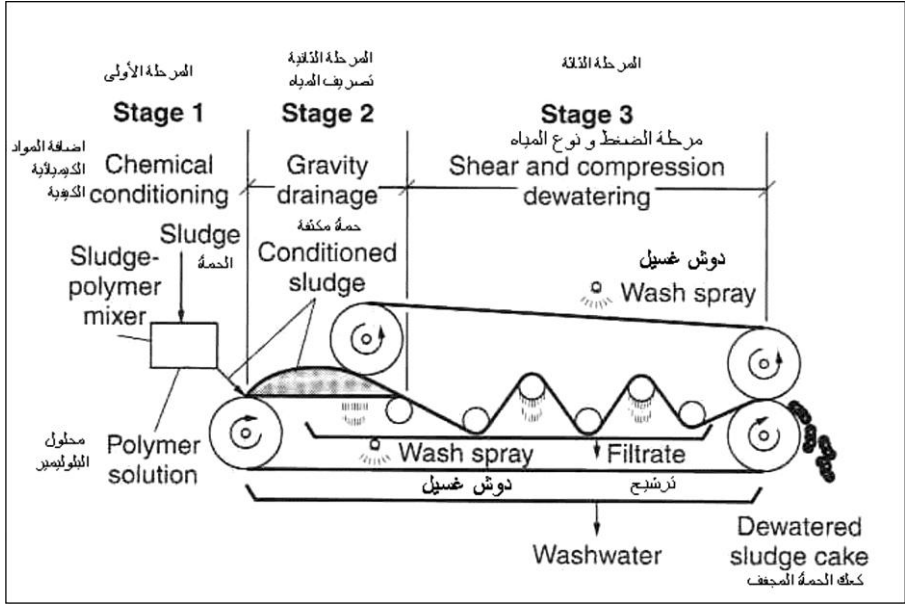
الشكل (10-11): يظهر محطة نزع المياه من الحمأة بالطريقة الطرد المركزي أو النبذ

10-3-1-3- المكبس المرشح ذو الحزام belt press:

يتم فصل المواد الصلبة عن المياه في هذه الطريقة بتأثير الضغط المباشر للحمأة بين حزامين قابلين للنفوذ حيث تمرر الحمأة (التي أضيفت إليها بعض المواد الكيميائية المساعدة لتسهيل عملية فصل المواد الصلبة عن المياه) بين حزامين مشدودين من النسيج المتين القابل للنفوذ منطبقين على بعضهما بقوة، بحيث يؤدي انضغاط الحمأة بين الحزامين المتحركين إلى رشح جزء كبير من الماء عبر مسامات الحزام وتبقى المواد الصلبة مع نسبة قليلة من المياه ضمنها.



الشكل (10-12): يظهر الحمأة الناتجة عن المكبس المرشح ذو الحزام belt press

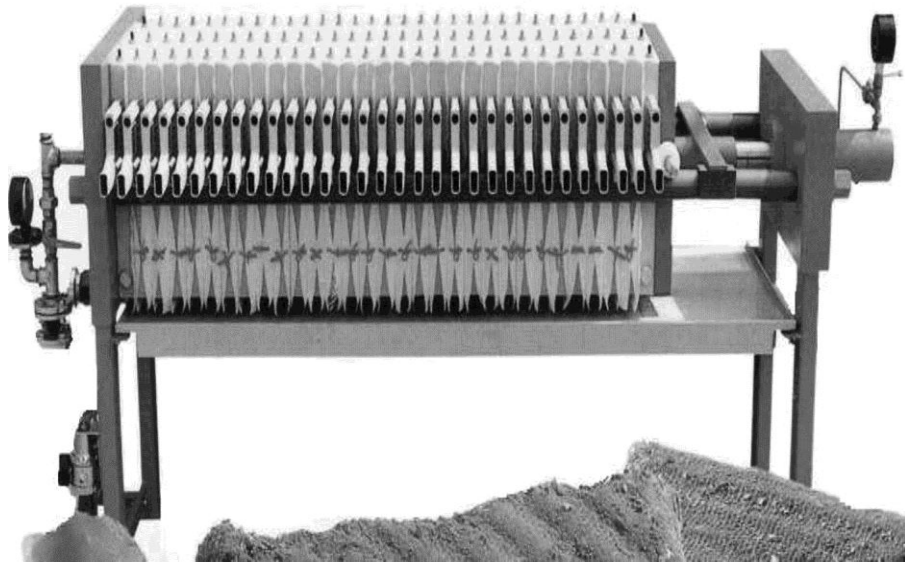


الشكل (10-13): يظهر المكبس المرشح ذو الحزام belt press

10-3-1-4- المكبس المرشح (filter press):

يتم فصل المواد الصلبة عن المياه في هذه الطريقة بتأثير الضغط المباشر من غرف تستقبل الحمأة الداخلة إلى المكبس تحت ضغط عال فترشح المياه من جدرانها المؤلفة من نسيج متين قابل للنفاذ يستند على مجموعة من الإطارات المعدنية المتينة، تضاف بعض المركبات الكيميائية المساعدة لتسهيل عملية فصل المواد الصلبة عن المياه.

تضغط الحمأة داخل المكبس المرشح إلى حوالي (7-20) بار وتبقى هكذا مضغوطة لمدة (1-3) ساعات حيث يرشح معظم الماء الموجود في الحمأة خلال هذه الفترة عبر مساحات النسيج القابل للنفاذ، بعد ذلك يخفض الضغط إلى الضغط الجوي ثم تفكك الإطارات المعدنية ويجري تفريغ الجهاز من الحمأة وقد جفت إلى حد ملحوظ، معايير تصميم المكبس المرشح موضح في الجدول (10-6).



الشكل (9-14): يظهر المكبس المرشح filter press

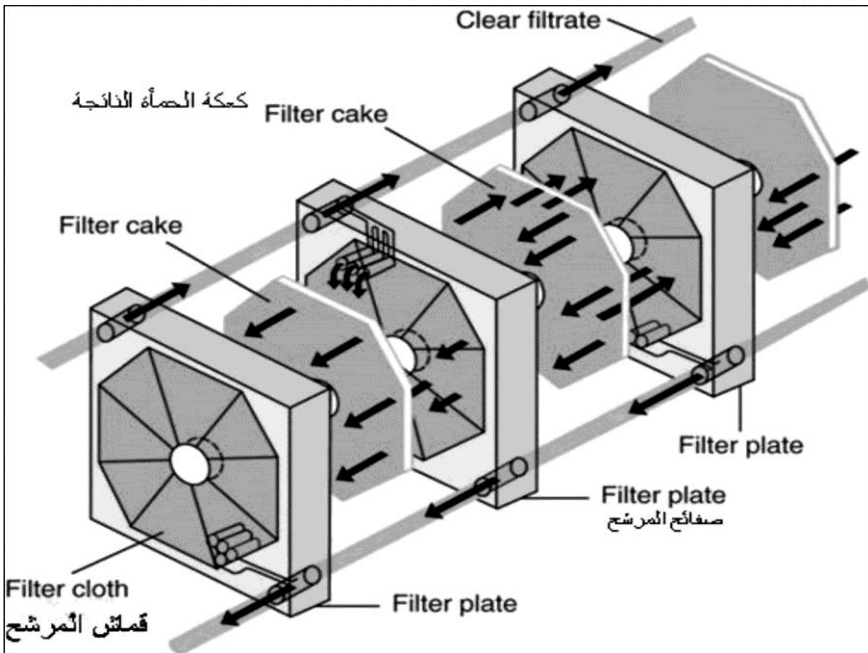
الجدول (10-6) يوضح أهم معايير التصميم للمكبس المرشح

تركيز المواد الصلبة في الكعكة %	زمن الدورة (hr)	عيار المواد الكيميائية المضافة %		نوع الحمأة
		CaO	FeCl ₃	
45	2	10	3	حمأة أولية
45	2.5	15	5	حمأة أولية + منشطة
45	2.5	15	7.5	حمأة منشطة
40	2	30	6	حمأة أولية مهضومة لا هوائياً
45	2	10	5	حمأة (أولية + منشطة) مهضومة هوائياً

والأشكال الآتية تبين المكبس المرشح وبعد عمليات التكتيف تنتج الحمأة على شكل أقراص تدعى cake كما هو موضح في الشكل (9-15):

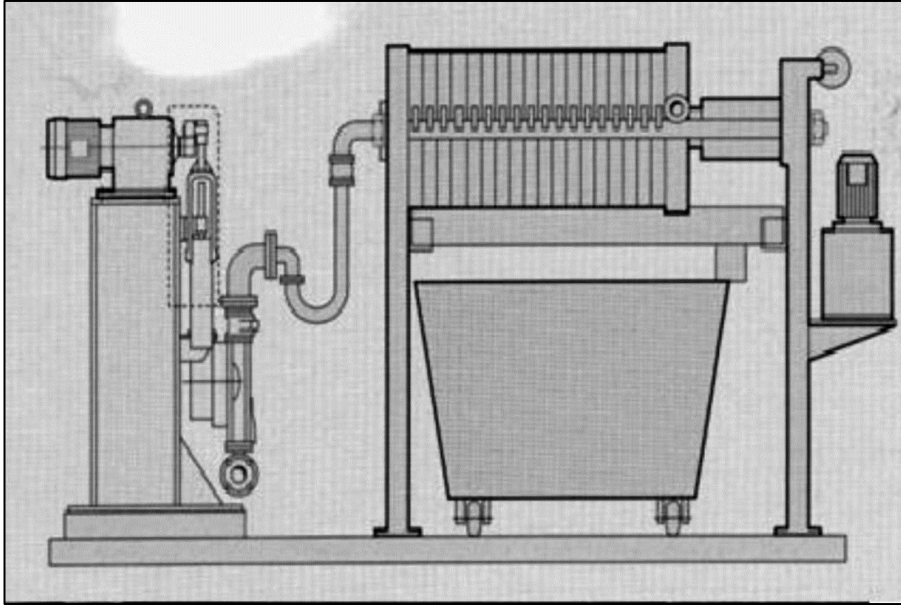


الشكل (9-15): يوضح صفائح وجريان الحمأة في المكبس المرشح



الشكل (10-16): يوضح صفائح وجريان الحمأة في المكبس المرشح

ومن الأمور الهامة جداً قبل دخول الحمأة إلى المرشح تحت ضغط أنه يجب تكثيفها بحيث يكون محتوى المواد الصلبة لا يقل عن 7% وعادة تضاف البوليمرات وينشأ حوض تكثيف قبل عملية الترشيح بواسطة فلتر بريس أو بلت بريس، إن المؤشرات التصميمية الخاصة بالنزع من الحمأة بطريقة المكبس المرشح (filter press) مبينة في الجدول a(8-9) و b(8-9).



محاسن ومساوئ مرشحات الحمأة بالضغط (filter press + belt press):

من المحاسن:

- 1- المساحة التي تشغلها صغيرة.
- 2- الكلفة التشغيلية صغيرة جداً.
- 3- يمكن استخدامه لفصل المياه وفصل المواد الصلبة.

- تصميم المرشح الضاغط وفق ما يلي:

- 1- نحسب حجم الحمأة المراد نزع المياه منها بوحدة لتر/يوم V.
- 2- لدينا أي تركيز الحمأة الخارجة من المكثف قبل فلتر برس Ci.

3- نحسب كمية المواد الصلبة التي ستجفف يومياً MS بوحدة kg.

$$MS = V \times Ci/1000$$

النتائج:

Sf: معامل الجفاف لكعكات الحمأة الناتجة (نسبة المواد الجافة/الرطوبة) %

Sf: كتلة المواد الجافة/الكتلة الكلية $\times 100$

Ω : كتلة المواد الصلبة التي ستجفف يومياً/الكتلة الكلية $\times 100$

- الحجم اليومي لكعكات الحمأة المنتجة يومياً

$$V_j = MS \times 100 / (Sf \times \Omega)$$

- حساب حجم الفلتر بريس Vf:

إن فلتر برس إن بلت بريس لا يعمل بشكل مستمر طوال اليوم بل يعمل بشكل متقطع عدد N مرة وزمن كل دورة عمل هو T_C وعدد ساعات التشغيل الكلي هو T_E وبالتالي نحسب عدد دورات التشغيل من العلاقة:

$$N = T_E / T_C$$

في حال التدفقات الكبيرة يمكن استخدام عدة مرشحات ضاغطة n

$$V_f = V_j / (N \times n)$$

لتحديد حجم المرشح يلزمنا Sf و Ω ويمكن أن نحصل على هذه القيم من الجداول التي ستم لاحقاً وهي قيم عملية تجريبية من الخبرة العملية.

10-3-1-4-1- مثال تصميمي:

احسب حجم مرشح الضغط المستخدم لتجفيف الحمأة وفقاً للمعطيات

الآتي:

الحمأة ناتجة عن إزالة الفوسفور في مياه الصرف المعالجة حيث تم استخدام كلور الحديد بتركيز 3.5 كغ/كغ 100 كغ من المواد الصلبة وبوليمرات بكمية 5 كغ/1000 كغ من المواد الصلبة في الحمأة وبقية المعطيات هي:

$$V = \text{volume of sludge to be dewatered per day (liter)} = 17000$$

$$Ci = \text{sludge concentration (g/L)} = 30$$

Sf = dryness of the cakes produced in % (dry/wet)=28

Ω = density of the cakes (kg/L)=1.05

الحل:

MS = V x C/1000 + MS Conditioning

MS1=17000×30/1000=510kg

MS2=(3.5/100)×17000×30/1000=17.85 kg

MS3=527.85/1000×5=2.64 kg

MS=530.49 kg

حساب حجم كعك الحمأة (أقراص الحمأة) المنتج يوميا

$V_j = MS \times 100 / (Sf \times \Omega) = 530.49 \times 100 / (28 \times 1.05) =$

زمن العمل هو 8 ساعات وزمن دورة العمل للفلتر بريس هو 2.5 ساعة

فيكون عدد مرات تشغيل الفلتر بريس هو:

$N = Te/TC = 8/2.5 = 3.2$

عملياً نجعل الفلتر بريس يعمل 3 دورات

نحسب حجم الفلتر بريس من العلاقة باعتبار أنه لدينا فلتر بريس واحداً

$V_f = V_j / (N \times n) = 1804 / (3 \times 1) = 601 \text{ liter} = 0.601 \text{ m}^3$

10-3- ساحات تجفيف الحمأة:

الغاية ومبدأ العمل:

زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة بإنقاص كميات أكبر من المياه المتبقية فيها وذلك عن طريق ترشيح المياه الموجودة فيها عبر طبقة مسامية (رمل وحصي ناعم) تفرش فوقها الحمأة الواردة سواء من أحواض الترسيب الثانوي والأولي إلى أحواض التكتيف أو أحواض الهضم. ويتم ذلك في أحواض تدعى أحواض أو أسرة التجفيف.

تساهم أشعة الشمس والهواء في تبخر جزء ملحوظ من المياه الموجودة في الحمأة في المناطق الحارة والجافة حيث يكثر استعمال هذه الطريقة بشكل خاص.

ويمكن الوصول إلى تركيز للمواد الصلبة يبلغ حوالي (30-50%) في الحمأة المخففة بهذه الطريقة.

تتألف أحواض التجفيف من طبقة رملية سماكتها (20-40) سنتيمتراً مستندة على طبقة من الحصى الناعم الذي يستند بدوره على مجموعة من المصارف المثقبة التي تتباعد عن بعضها بحوالي (3-7) أمتار. تجمع هذه الأنابيب المياه الراشحة من الحمأة وتعيدها مرة أخرى إلى المعالجة نظراً لاحتوائها على نسبة عالية من الملوثات.

تترك الحمأة في أحواض التجفيف لفترات كافية حسب الطقس لترشيح وتبخير أكبر كمية من المياه الموجودة في الحمأة وتزداد هذه المساحة بـكبر محطة المعالجة.

لا يفضل اتباع هذه الطريقة في المناطق ذات الهطول المطري الشديد أو الرطوبة العالية. وفي هذه الحالات يتم تغطية الأحواض حيث تسهم هذه التغطية أيضاً في الإقلال من انتشار الروائح. والجدول (7-9) يبين مقارنة بين تجفيف الحمأة بالطرق الميكانيكية وبين تجفيفها بواسطة النشر على الأراضي.

الجدول (10-7): مقارنة بين طريقة تجفيف الحمأة بالطرق الميكانيكية وبين تجفيفها عبر النشر على الأراضي

طريقة المعالجة		
نزع الرطوبة بالبوليمرات وتكثيف الحمأة وتشكيلها على شكل قوالب خاصة بواسطة فلتر برس	وتجفيف الحمأة بالنشر فوق الأراضي	مجال المقارنة
تطبق في كل الظروف وفي جميع المواقع إلا أنها تعتبر اقتصادية لمحطات المعالجة الصغيرة ومتوسطة التدفق	في محطات معالجة مياه الصرف ذات التدفق الكبير في المناطق غير الماطرة وذات سطوع شمسي طويل عند توفر ساحات كبيرة في موقع محطة المعالجة عندما تكون محطة المعالجة بعيدة عن التجمعات السكانية	المجال الأمثل للتطبيق
تحتاج إلى مساحة صغيرة وذلك بالمقارنة مع طريقة النشر فوق الأراضي	تحتاج إلى مساحات كبيرة من الأراضي	المساحات اللازمة
لا يستغرق أكثر زمن صغير قد يكون بضع سويعات وذلك حسب قدرة استيعاب الفلتر بريس	قد يصل حتى 30 يوم وذلك تبعاً للطقس	زمن معالجة الحمأة
لا تتأثر هذه الطريقة مطلقاً بالعوامل الجوية	تتأثر هذه الطريقة بشكل كبير بالعوامل الجوية ففي فصل الشتاء وخصوصاً أثناء الطقس الماطر وغير المشمس نحتاج إلى وقت طويل لتجفيف الحمأة بالإضافة إلى دخول كميات كبيرة من مياه الأمطار من ساحات تجفيف الحمأة المكشوفة	التأثر بالعوامل الجوية

طريقة المعالجة		
لا يحتاج لآليات خاصة وإنما يمكن جمع الحمأة على شكل قوالب خاصة ونقلها بواسطة سير ناقل إلى ساحات النقل	يحتاج إلى آليات خاصة كالتركس أو البوبكات من أجل جمع الحمأة ونقلها إلى ساحات النقل	جمع الحمأة المعالجة
تساوي تقريبا أو تقل عن طريقة النشر فوق الأراضي	تعتبر مساوية تقريبا أو أعلى من طريق فلتر بريس والبوليمرات نتيجة المساحات الواسعة التي نحتاج إليها والآليات اللازمة لجمع الحمأة ونتيجة كلفة تجهيز ساحات التجفيف	الكلفة التأسيسية
تعتبر هذه الطريقة صديقة للبيئة ولا تسبب أي أثر بيئي ضار	سوء جدا وتؤدي هذه الطريقة إلى الروائح الكريهة وتلوث هواء في المنطقة المحيطة بساحات التجفيف وتؤدي إلى انتشار الذباب في المنطقة المحيطة وإلى انتقال الأمراض وقد تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية في حال كانت ساحات التجفيف غير كتيمة	الأثر البيئي
وتشمل: 1- التكتيف 2- ضغط الحمأة بواسطة المرشح تحت الضغط 3- كلفة إضافة البوليمرات 4- الكلفة تقارب كلفة التشغيل في طريقة التجفيف فوق الأراضي	وتشمل: 1- التكتيف 2- ضخ الحمأة إلى ساحات التجفيف 3- تجميع الحمأة المحففة في ساحات التجفيف بواسطة العمال أو آليات خاصة. 4- إعادة تأهيل ساحات التجفيف كل فترة زمنية بحسب الحاجة	الكلفة التشغيلية

الجدول (10-8)a: يبين بعض المؤشرات الخاصة بنزع المياه من الحمأة بطريقة المكبس المرشح (filter press)

DRYNESS الجفاف	زمن دورة العمل		كثافة كجمك الحمأة	سماكة كجمك الحمأة	ضغط الترشيح	تركيز المواد الصلبة في الحمأة	المواد المستخدمة في التكثيف	مصدر الحمأة
	زمن عمل المرشح	زمن عمل قماش الترشيح						
%40-35	2 h 25	1 h 30	1,2	30 mm	15 bars	40 g/l		حمأة هيدروكسيد المعادن ونيكل وكروم بالكلس هيدروكسيدات المعادن وحمأة ترسيب تحميد والنيكل والكروم بواسطة هيدروكسيد الصوديوم
%35-30	4 h 00	3h 00	1,15	25 mm	15 bars	30 g/l		ترسيب المعادن الثقيلة كهدروكسيدات بواسطة هيدروكسيد الصوديوم
%25	4 h 30	3 h 00	1,05	20 mm	15 bars	20 g/l		صناعة الكربون + الحجر + الصمغ صناعة الألبان
%30	3 h 00	2 h 30	1,1	30 mm	15 bars	25 g/l	Lime 50 à 70% + FeCl ₃ 10%	
%35	3 h 00	2 h 00	1,1	30 mm	15 bars	25 g/l	Wood flour + FeCl ₃	
%50	4 h 00	3 h 00	1,2	30 mm	15 bars	10 g/l	electro flocculation	صناعة الكربون + الحجر + الصمغ
%85-70	0 h 30	0 h 15	1,8	35 mm	7 à 15 bars	300 g/l	Polymers	حمأة صناعة المعادن
%80-60	1 h 30	0 h 75	1,7	30 mm	15 bars	100 g/l	Nothing or polymers	الحمأة الناتجة عن غسل السميراميك حمأة دباغات
%40	4 h 00	3 h 00	1,3	30 mm	15 bars	50 g/l	Polymers	
%33	2 h 30	2 h 00	1,1	30 mm	15 bars	20 g/l	Lime 30% + FeCl ₃ %70	الحمأة مياه الشرب الناتجة عن التخثير وترويب بواسطة كبريتات الألمنيوم
2 ₀ + %28	5 h 00	3 h 00	1,05	25 mm	15 bars	10 g/l	Polymers 5kg / T de MS	

الجدول (10-8b): يبين بعض المؤشرات الخاصة بنزع المياه من الحمأة بطريقة المكبس المرشح (filter press)

DRYNESS الجفاف	زمن دورة العمل		كثافة كعك الحمأة	سماكة كعكة الحمأة	ضغط الترشيح	تركيز المواد الصلبة في الحمأة	المواد المستخدمة في التكييف	مصدر الحمأة
	زمن عمل المرشح	زمن عمل قماش الترشيح						
%35mini	2 h 30	2 h 00	1,15	32 mm	15 bars	40 g/l	Lime + FeCl ₃ %30 %7	
2-+%28	3 h 00	2 h 00	1,05	25 mm	15 bars	40 g/l	Polymers + FeCl ₃ , 4 kg/T MS 5%	100% حمأة مياه صرف منزلية
2-+%26	3 h 00	2 h 00	1,05	25 mm	15 bars	40 g/l	Polymers only 5 kg / T MS	كحرة مدينةة + إزالة الفوسفور بكلور الحديد
%32	2 h 30	2h00	1,05	25 mm	15 bars	40 g/l	Wood flour 30% + FeCl ₃ 5%+ poly	
2-+%35	2 h 30	2 h 00	1,15	30 mm	15 bars	40 g/l	Lime + FeCl ₃ 35% %8	50% حمأة مياه صرف منزلية
2-+%26	3 h 00	2 h 00	1,05	30 mm	15 bars	40 g/l	Polymers + FeCl ₃ 4 kg / T MS 7%	50% حمأة صناعات غابائية كالألبان...
%32	2 h 30	2h00	1,05	25 mm	15 bars	40 g/l	Flour + FeCl ₃ + poly	
%37	2 h 30	2 h 00	1,15	30 mm	15 bars	40 g/l	Chaux + FeCl ₃ 30% %7	100% حمأة مياه صرف منزلية
2-+%32	2 h 30	2 h 00	1,05	25 mm	15 bars	40 g/l	Polymers + FeCl ₃ 3 kg / T MS %5	50% حمأة من حوض الترسيب الأولي
2-+%30	2 h 75	2 h 00	1,05	25 mm	15 bars	40 g/l	Polymers 4 kg / T MS	50% حمأة من حوض الترسيب الثانوي ذات كحرة طويلة
%32	2 h 30	2h00	1,05	30 mm	15 bars	40 g/l	Wood flour + FeCl ₃ + poly	
%38	2 h 30	2 h 00	1,15	30 mm	15 bars	40 g/l	Lime + FeCl ₃ 30% %7	100% حمأة مياه صرف منزلية
2-+%32 %32	2h30	2 h 00	1,15	30 mm	15 bars	35 g/l	Polymers + FeCl ₃ 4 kg / T MS 4%	حمأة ناتجة عن معالجة فنيرو كيميائية
2-+%35	2 h 30	2 h 00	1,05	30 mm	15 bars	40 g/l	Lime + FeCl ₃ 30% %7	
2-+%30	2 h 30	2 h 00	1,05	30 mm	15 bars	35 g/l	Polymers + FeCl ₃ 4 kg / T MS 4%	
2-+%28	2 h 30	2h00	1,05	30 mm	15 bars	35 g/l	Polymers only 5 kg / T MS	
%33	2h30	2 h 00	1,15	30 mm	15 bars	40 g/l	Wood flour + FeCl ₃ + poly	100% حمأة مياه صرف منزلية تم هضمها

الملحق

بعض المواصفات القياسية العربية
الخاصة بتصريف مياه الصرف الصناعي
إلى الشبكة العامة للصرف الصحي

**- المواصفات القياسية السورية: المخلفات السائلة الناتجة
عن النشاطات الاقتصادية المنتهية
إلى شبكة الصرف الصحي 2008/2580:**

- مياه الصرف الصناعي: هي المياه التي تنتج عن نشاطات صناعية والتي تحتوي على المخلفات والملوثات الناتجة عن مختلف مراحل هذه النشاطات، سواء كانت معالجة أم غير معالجة.

يجب أن تتحقق الاشتراطات التالية في مياه الصرف الصناعي التي تصرف من النشاطات الواردة أعلاه إلى شبكة الصرف العامة:

الجدول (م-1): المواصفات القياسية السورية رقم 2580 لعام 2008

الملاحظات	الوحدة	الحد الأقصى المسموح به	الرمز	اسم العنصر
	سيليسيوس	35	T	1- درجة الحرارة
	/	9.5-6.5	pH	2- الرقم الهيدروجيني
بعد 30 دقيقة	مل/ل	10	S.S	3- المواد الصلبة القابلة للتسيب
	ملغ/ل	500	T.S.S	4- مجموع المواد العالقة
	ملغ/ل	2	S	5- الكبريتيد
	ملغ/ل	1000	SO ₄	6- الكبريتات
	ملغ/ل	100	NH ₄ -N NH ₃ -N	7- الأمونيا/الأمونيوم
	ملغ/ل	20	PO ₄	8- الفوسفات
	ملغ/ل	100	-	9- الزيوت والشحوم القابلة للتصبن والمواد الراتنجية
	ملغ/ل	10	-	10- الزيوت والشحوم المعدنية
	ملغ/ل	3	Ba	11- الباريوم
	ملغ/ل	1	B	12- البورون

	ملغ/ل	0.1	Cd	13- الكادميوم
	ملغ/ل	0.1	Cr	15- الكروم السداسي
	ملغ/ل	2	Cr	16- الكروم الكلي
	ملغ/ل	1	Cu	17- النحاس
	ملغ/ل	1	Pb	18- الرصاص
	ملغ/ل	0.01	Hg	19- الزئبق
	ملغ/ل	2	Ni	20- النيكل
	ملغ/ل	1	Se	21- السيلينيوم
	ملغ/ل	1	Ag	22- الفضة
	ملغ/ل	4	Zn	23- التوتياء
	ملغ/ل	0.5	CN	24- السيانيد
	ملغ/ل	0.1	As	25- الزرنيخ
	ملغ/ل	2	-	26- مركبات الفينول
	ملغ/ل	800	BOD	27- الاحتياج الكيميائي الحيوي للأوكسجين
	ملغ/ل	1600	COD	28- الاحتياج الكيميائي للأوكسجين
	ملغ/ل	2000	TDS	29- الأملاح الكلية المنحلة
	ملغ/ل	600	Cl	30- الكلورايد
	ملغ/ل	8	F	31- الفلورايد
	ملغ/ل	0.005	-	32- المبيدات
	ملغ/ل	5	ABS	33- المنظفات
	ملغ/ل	0.1	AOX	34- المركبات العضوية الهالوجينية

- المواصفات القياسية السعودية الخاصة بصرف مياه الصرف الصناعي إلى الشبكة العامة للصرف الصحي

مياه الصرف الصحي:

المياه الحاملة للفضلات التي مصدرها المساكن والمباني التجارية والحكومية والمؤسسات والمصانع.
تلتزم الجهات الحكومية، والخاصة، والمؤسسات التجارية، قبل تصريف مياه صرف صحي ذات نوعية لا تطابق الحدود المسموح بها لتصريفها، إلى شبكة الصرف الصحي العامة حسب الجدول رقم (م - 2) بإجراء معالجة مسبقة لهذه المياه.

خواص ومعايير مياه الصرف الصحي الخام الداخلة إلى الشبكة العامة ومحطات المعالجة:

يجب أن تكون الخواص الطبيعية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المصروفة إلى شبكة الصرف الصحي العامة في حدود المستويات الموضحة في الجدول رقم (م - 2) المرفق باللائحة.

الجدول (م-2): خواص ومعايير مياه الصرف الصحي الخام الداخلة إلى الشبكة العامة ومحطات المعالجة

أقصى مستويات التلوث ملغ/لتر	الخواص	
خالية	المواد الطافية	الخواص الطبيعية
600	المواد الصلبة العالقة TSS	
9-6	الأس الهيدروجيني pH	
50 درجة مئوية	درجة الحرارة	
500	متطلب الأوكسجين الكيموحيوي BOD ₅	الخواص الكيميائية العضوية
1000	متطلب الأوكسجين الكيميائي COD	
400	الكربون العضوي الكلي TOC	
100	الزيوت والشحوم OIL & GREASE	
5	الفينول PHENOL	
15	المنظفات DETERGENTS	
خالية	المبيدات PESTISIDES	
1000	الكلوريدات Cl ₂	خواص المركبات الكيميائية
1000	الكبريتات (SO ₄)	
200	القلوية (CaCO ₃ Alkalinity as)	
80	الأمونيا (N-NH ₃)	
25	الفوسفات (PO ₄)	
0.1	الزرنيخ As	الخواص الكيميائية (العناصر الثقيلة)
1.2	الكروم الكلي Cr	
0.05	السيانيد Cn	
0.05	الزئبق Hg	
2.6	الزنك Zn	
5.0	المنجنيز Mn	
0.5	السيلينيوم Se	
2.0	البورون B	
0.02	الكادميوم Cd	
1.2	النحاس Cu	
1.0	الرصاص Pb	
2.0	النيكل Ni	
1.0	الباريوم Ba	
0.5	الموليبدينوم Mo	
1.0	الفانديوم V	

**- المواصفات القياسية الفلسطينية: مقياس
ومعايير جودة وخصائص مياه الصرف الصناعي
المصرفة إلى شبكه الصرف الصحي:**

يجب أن تتطابق الخصائص الفيزيائية في مياه الصرف الصناعي والمعايير المبينة
في الجدول (م-3):

الجدول (م-3)

رقم البند	الخاصية	(ملجم/لتر) ما لم يذكر خلاف ذلك
1	الحرارة (C) Temperature °C	40
2	اللون (كوبالت بلاتيني) Color (PCU)	100 (قابلة لتحلل)
3	المواد العالقة الكلية TSS	600
4	المواد الذائبة الكلية TDS	2000
5	الحرارة (C) Temperature (C)	40
6	الأس الهيدروجيني pH	6-9
7	الأكسجين الممتص حيويًا BOD	600
8	الأكسجين الممتص كيميائيًا COD	1500
9	التروجين الكلي TKN	80
10	أمونيا NH ³ -N	7
11	نترات NO ³ -N	80
12	فلوريدات Fluorides	2
13	فوسفور كلي Phosphorus Total	15
14	كبريتيد Sulfides	1
15	الفينول Phenols	3
16	الزيوت والشحوم Fat Oil & Grease	20
17	زيوت معدنية Mineral Oil	15
18	المنظفات ¹ (MBAS) Detergent	25
19	الكلور المتبقي Residual Chlorine	2

رقم البند	الخاصية	(ملجم/لتر) ما لم يذكر خلاف ذلك
20	Cyanide سيانيد	0.75
21	Beryllium بيريليوم	0.5
22	Boron بورون	3
23	Lithium الليثيوم	3
24	Aluminum الألمنيوم	2
25	sodium الصوديوم	600
26	chloride الكلوريد	1200
27	Chromium total كروم كلي	0.5
28	Tin قصدير	1
29	Nickel نيكل	1
30	Cadmium كادميوم	0.5
31	Arsenic زرنيخ	0.25
32	Lead رصاص	0.5
33	Manganese منغنيز	1
34	Silver فضة	0.03
35	Mercury زئبق	0.05
36	Iron حديد	50
37	Zinc زنك	4
38	Cobalt الكوبالت	0.5
39	Selenium السيلينيوم	0.01
40	Vanadium الفاناديوم	0.1
41	Molybdenum الموليبدنم	0.15
42	Copper النحاس	1

- المواصفات والمقاييس المصرية الخاصة بصرف المخلفات
السائلة إلى الشبكة العامة للصرف الصحي:
المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المخلفات السائلة
التي يرخص بصرفها في شبكات الصرف الصحي العامة:

القانون رقم 93 لسنة 1962 ولائحته التنفيذية المعدلة رقم 44 لسنة 2000
للصرف على المجاري العمومية.

أ- يشترط للترخيص بصرف المخلفات السائلة من المنشآت الصناعية
والتجارية إلى شبكات الصرف الصحي العامة ألا تتجاوز النسب
والمعايير المبينة في الجدول (م - 4):

الجدول (م-4)

المؤشر	القيمة العظمى
درجة الحرارة	43 درجة مئوية
الأس الهيدروجيني P.H	لا تقل عن 6.0 ولا تزيد عن 9.5
الأوكسجين الحيوي الممتص B.O.D ₅	600 جزء في المليون
الأوكسجين الكيماوي المستهلك CO.D (داى كرومات)	1100 جزء في المليون
المواد العالقة	800 جزء في المليون
زيوت وشحوم	100 جزء في المليون
كبريتيدات دائبة	10 جزء في المليون
النيتروجين الكلى	100 جزء في المليون
الفسفور الكلى	25 جزء في المليون
السيانيد	0.2 جزء في المليون
الفينول	0.05 جزء في المليون
(المواد الراسبة/لتر)	
بعد 10 دقائق	8 سم ³
بعد 30 دقيقة	15 سم ³
(المعادن الثقيلة)	
الكروم السداسي	0.5 مللجم/لتر
الكادميوم	0.2 مللجم/لتر
الرصاص	1 مللجم/لتر
الزئبق	0.2 مللجم/لتر
الفضة	0.5 مللجم/لتر
النحاس	1.5 مللجم/لتر
النيكل	1.0 مللجم/لتر
القصدير	2.0 مللجم/لتر
الزرنيخ	2.0 مللجم/لتر
البورون	1.0 مللجم/لتر
على ألا يتعدى مجموعها 5 مللجم/لتر.	

الجدول (م-5): قابلية انحلال الأوكسجين في الماء الصافي تحت ضغط جوي mm760
 زئبق حيث يحتوي الهواء على نسبة 920% من حجمه أوكسجيناً

5	4	3	2	1	0	درجة الحرارة (م°)
12.80	13.13	13.48	13.84	14.23	14.66	كمية الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)
11	10	9	8	7	6	درجة الحرارة (م°)
11.08	11.33	11.59	11.87	12.17	12.48	كمية الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)
17	16	15	14	13	12	درجة الحرارة (م°)
9.74	9.95	10.15	10.37	10.60	10.83	كمية الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)
23	22	21	20	19	18	درجة الحرارة (م°)
8.68	8.83	8.99	9.17	9.35	9.54	كمية الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)
30	28	27	26	25	24	درجة الحرارة (م°)
7.63	7.92	8.07	8.22	8.38	8.53	كمية الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)
100-90	80	70	60	50	40	درجة الحرارة (م°)
1.7-0	2.8	3.9	4.7	5.6	6.4	كمية الأوكسجين المنحل (ملغ/ل)

الجدول (م-6)

قيم اللزوجة والكثافة للماء بدرجات مختلفة للحرارة

اللزوجة المطلقة (μ)		اللزوجة الحركية (ν)		الكثافة (ρ)	الحرارة
بواز gram cm ⁻¹ sec ⁻¹	Kg m ⁻¹ sec ⁻¹	ستوك cm ² sec ⁻¹	m ² sec ⁻¹	(kg/m ³)	درجة مئوية
0.017921	0.0017921	0.017923	⁶ -10 1.7923	999.87	0
0.015676	0.0015676	0.015676	⁶ -10 1.5676	1000.00	4
0.013872	0.0013872	0.013874	⁶ -10 1.3874	999.88	8
0.012390	0.0012390	0.012396	⁶ -10 1.2396	999.52	12
0.011156	0.0011156	0.011168	⁶ -10 1.1168	998.97	16
0.010087	0.0010087	0.010105	⁶ -10 1.0105	998.23	20
0.009161	0.0009161	0.009186	⁶ -10 0.9186	997.33	24

الجدول (م-7): الجداول تحويل الوحدات

الوحدات الدولية	معادلة التحويل	الوحدات الأمريكية
cubic meter (m ³) متر مكعب	(m ³)(35.31)=cu ft	cubic foot (cu ft) قدم مكعب
	(m ³)(1.308)=cu yd	cubic yard (cu yd) يارد مكعب
cubic meters per day (m ³ /d) متر مكعب في اليوم	(m ³ /d)(0.1835)=gpm	(gallons per minute (gpm
	(m ³ /d)(2.642 × 10 ⁻⁴)=mgd	million gallons per day (mgd)
cubic meters per 3 ^م ثانية second (m ³ /s)	(m ³ /s)(2.119 × 10 ³)=cfm	cubic feet per minute (cfm)
	(m ³ /s)(35.32)=cfs	cubic feet per second (cfs)
	(m ³ /s)(1.585 × 10 ⁴)=gpm	gallons per minute (gpm)
cubic meters per ساعة/متر مكعب per hour (m ³ /h)	(m ³ /h)(264.2)=gph	gallons per hour (gph) في الساعة
cubic meters per minute (m ³ /min)	(m ³ /min)(264.2)=gpm	gallons per minute (gpm)
centimeter (cm) سم	(cm)(0.3937)=in.	inch (in) إنش
cubic centimeters per لتر ³ /liter (cm ³ /L)	(cm ³ /L)(0.2309)=cu in./gal	cubic inches per gallon (cu in./gal) إنش مكعب/غالون
cubic meters per meter per second (m ³ /m•s)	(m ³ /m•s)(6.959 × 10 ⁶)=gpd/ft	gallons per day per foot (gpd/ft)
cubic meters per square meter per day (m ³ /m ² •d)	(m ³ /m ² •d)(1.704 × 10 ⁻²)= gpm/sq ft	gallons per minute per square foot (gpm/sq ft)
cubic meters per square meter per hour (m ³ /m ² •h)	(m ³ /m ² •h)(3.281)=cfh/sq ft	cubic feet per hour per square foot (cfh/sq ft)
cubic meters per square meter per second (m ³ /m ² •s)	(m ³ /m ² •s)(2.21 × 10 ⁶)=gpd/sq ft	gallons per day per square foot (gpd/sq ft)
degrees مئوية سلسيوس (°C)	1.8(°C) + 32=°F	degrees Fahrenheit (°F)
degrees Kelvin (K)	(K)(1.800)=°R	degrees Rankine (°R)
gram (g) غرام	(g)(3.527 × 10 ⁻²)=oz	ounce (oz)
grams per سنتيمتر/centimeter (g/cm)	(g/cm)(11.16)=oz/in.	ounce per inch (oz/in)
grams per centimeter per second (g/cm•s)	(g/cm•s)(11.16)=oz/in./sec	ounce per inch per second (oz/in./sec)

الوحدات الدولية	معادلة التحويل	الوحدات الأمريكية
grams per kilogram (g/kg) / غرام / كيلوغرام	(g/kg)(1 × 10 ⁻³)=lb/lb	pounds per pound (lb/lb)
grams per liter (g/L) / غرام / لتر	(g/L)(0.1335)=oz/gal	ounces per gallon (oz/gal)
grams per liter per day (g/L·d)	(g/L·d)(0.1335)=oz/gpd	ounces per gallon per day (oz/gpd)
grams per mole (g/mol) / غرام / مول	(g/mol)(3.527 × 10 ⁻²)=oz/mol	ounces per mole (oz/mol)
hertz (Hz) / هرتز	(Hz)(1)=cycles per second	cycles per second
kilogram (kg) / كيلو غرام	(kg)(2.205)=lb	pound (lb)
kilograms per cubic meter (kg/m ³) / كيلو غرام / م ³	(kg/m ³)(6.243 × 10 ⁻²)=lb/cu ft	pounds per cubic foot (lb/cu ft)
kilograms per cubic meter per day (kg/m ³ ·d)	(kg/m ³ ·d)(6.242 × 10 ⁻²) = lb/d/cu ft	pounds per day per cubic foot (lb/d/cu ft)
kilograms per cubic meter per annum (kg/m ³ ·a)	(kg/m ³ ·a)(6.242 × 10 ⁻²) = (lb/yr/cu ft)	pounds per cubic foot per year (lb/yr/cu ft)
kilograms per day (kg/d) / كيلو غرام / يوم	(kg/d)(2.205)=lb/d	pounds per day (lb/d) / ليبر / يوم
kilograms per hectare per day (kg/ha·d)	(kg/ha·d)(0.8922)=lb/ac/d	pounds per acre per day (lb/ac/d)
kilograms per liter (kg/L)	(kg/L)(8.347)=lb/gal	pounds per gallon (lb/gal)
kilograms per meter per hour (kg/m·h)	(kg/m·h)(0.6720)=lb/hr/ft	pounds per foot per hour (lb/hr/ft)
kilograms per metric ton (kg/tonne)	(kg/tonne)(0.4998)=lb/ton	pounds per ton (lb/ton)
kilograms per square meter per day (kg/m ² ·d)	(kg/m ² ·d)(0.2048)=lb/d/sq ft	pounds per square foot per day (lb/d/sq ft)
kilograms per square meter per hour (kg/m ² ·h)	(kg/m ² ·h)(0.2048)=lb/hr/sq ft	pounds per square foot per hour (lb/hr/sq ft)
kilograms per square meter per second (kg/m ² ·s)	(kg/m ² ·s)(0.2048)=lb/s/sq ft	pounds per square foot per second (lb/s/sq ft)
kilojoules per kilogram (kJ/kg) / كيلو جول لكل كيلو غرام	(kJ/kg)(0.4300)=Btu/lb	British thermal units per pound (Btu/lb)
kilopascal (kPa) / كيلو باسكال	(kPa)(9.872 × 10 ⁻³)=atm	atmosphere (atm) / جو

الوحدات الدولية	معادلة التحويل	الوحدات الأمريكية
kilowatt (kW) كيلو واط	(kW)(1.341)=hp	horsepower (hp)
kilowatt per cubic meter (kW/m ³) كيلو واط/م ³	(kW/m ³)(5.076)=hp/1000 gal	horsepower per 1000 gallons (hp/1000 gal)
liter (L) لتر	(L)(0.2642)=gal	gallon (gal)
liters per cubic meter per second (L/m ³ •s)	(L/m ³ •s)(0.4888)=cfm/cu ft	cubic feet per minute per cubic foot (cfm/cu ft)
liters per day (L/d) لتر/يوم	(L/d)(0.2642)=gpd	gallons per day جالون/يوم (gpd)
liters per minute (L/min) لتر/دقيقة	(L/min)(0.2642)=gpm	gallons per دقيقة/دقيقة minute (gpm)
liters per second (L/s) لتر/ثانية	(L/s)(15.85)=gpm	gallons per minute (gpm)
liters per square meter per minute (L/m ² •min)	(L/m ² •min)(40.73)=gpm/sq ft	gallons per square foot per minute (gpm/sq ft)
liters per square meter per second (L/m ² •s)	(L/m ² •s)(2.121 × 10 ³) = gpd/sq ft	gallons per day per square foot (gpd/sq ft)
meter (m) متر	(m)(3.281)=ft	foot (ft) قدم
meters per minute (m/min) متر/دقيقة	(m/min)(3.281)=ft/min	feet per minute (ft/min)
meters per second (m/s)	(m/s)(3.281)=ft/sec	feet per second (ft/sec)
micrograms per liter (μg/L) ميكروغرام لتر	(μg/L)(1)=ppb	parts per billion (ppb)
milliliters per gram (mL/g)	(mL/g)(1.0429)=oz/oz	ounce per ounce (oz/oz)
milliliters per minute (mL/min)	(mL/min)(6.102 × 10 ⁻²) =cu in./min	cubic inches per minute (cu in./min)
milligrams per liter (mg/L)	(mg/L)(1)=ppm	parts per million (ppm)
millimeters per second (mm/s) ملم/ثانية	(mm/s)(0.1969)=ft/min	feet per minute (ft/min)
newton (N) نيوتن	(N)(1 × 10 ⁵)=dyn	dyne (dyn)
newtons per square meter (N/m ²) نيوتن/م ²	(N/m ²)(1 × 10 ⁻⁵)=bar	bar (bar) بار
pascal (Pa) باسكال	(Pa)(1.450 × 10 ⁻⁴)=psi	pounds per square inch (psi)
square centimeters per second (cm ² /s)	(cm ² /s)(0.3937)=sq in./sec	square inches per second (sq in./sec)
square meter (m ²) متر مربع	(m ²)(10.76)=sq ft	square foot (sq ft)

الوحدات الدولية	معادلة التحويل	الوحدات الأمريكية
square meter per cubic meter (m ² /m ³) متر مربع/م ³	(m ² /m ³)(3.048)=sq ft/cu ft	square feet per cubic foot (sq ft/cu ft)
metric ton (tonne) طنون متري	(tonne)(1.102)=ton	ton (short)
watt (W) واط	(W)(0.7380)=ft-lb/sec	foot-pounds per second (ft-lb/sec)
watts per cubic meter (W/m ³) واط لكل متر مكعب	(W/m ³)(3.797 × 10 ⁻²) = hp/1000 cu ft	horsepower per 1000 cubic feet (hp/1000 cu ft)

الرموز

BOD	: كمية الأوكسجين اللازم للتثبيت الكيميائي الحيوي (Biochemical Oxygen Demand).
COD	: كمية الأوكسجين اللازم للأوكسدة الكيميائية (Chemical Oxygen Demand).
FOG	: الشحوم والزيوت والدهون.
k	: معدل الاستخدام الأعظمي للمواد العضوية والمغذيات (substrate) ويقدر بواحدة زمن ⁻¹ .
k _d	: معامل اضمحلال الخلايا بواحدة زمن ⁻¹ .
K _S	: ثابت نصف السرعة مقدراً بـ ملغ/ل.
K _n	: ثابت سرعة النصف ويمثل تركيز المواد العضوية والمغذيات (المحددة للنمو) عند نصف معدل استعمال المواد العضوية والمغذيات النوعي الأعظمي (غرام/م ³).
k _{dn}	: معامل اضمحلال الأحياء الدقيقة المترجة بواحدة يوم ⁻¹ .
HRT	: زمن المكوث الهيدروليكي في حوض التهوية مقدراً باليوم.
NH ₄ ⁺	: شاردة الأمونيوم.
NO ₃ ⁻	: شاردة النترات.
θ	: معامل فعالية درجة الحرارة.
θ _C	: زمن مكوث المواد الصلبة (عمر الحمأة) مقدراً باليوم.
θ _C ^M	: زمن مكوث المواد الصلبة الأصغري مقدراً باليوم.
PO ₄ ³⁻	: شاردة الفوسفات الثلاثية.
rg	: معدل نمو البكتيريا مقدراً بـ ملغ/ل.يوم.

- TDS : المواد الصلبة الكلية المنحلة (Total Dissolved Solid).
- TS : المواد الصلبة الكلية (Total Solid).
- TSS : المواد الصلبة الكلية المعلقة (Total suspended Solid).
- TMS : المواد الفلزية الكلية.
- TMDS : المواد الفلزية الكلية المنحلة.
- TMSS : المواد الفلزية الكلية المعلقة.
- TVS : المواد الصلبة الكلية الطيارة (Total Volatile Solid).
- TVSS : المواد الصلبة الكلية المعلقة الطيارة (Total Volatile suspended Solid).
- TVDS : المواد الصلبة الكلية المنحلة الطيارة (Total Volatile Dissolved Solid).
- TKN : نتروجين كالدال بواحدة ملغ/ل.
- U : معدل استخدام الملوثات بواحدة يوم⁻¹.
- μ : معدل النمو النوعي بواحدة زمن⁻¹.
- μ_m : معدل النمو الأعظمي بواحدة زمن⁻¹.
- μ_n : معدل النمو النوعي للأحياء الدقيقة المنتزعة بواحدة يوم⁻¹.
- μ_{nm} : معدل النمو الأعظمي للبكتريا المنتزعة بواحدة يوم⁻¹.
- VSS : المواد الصلبة المعلقة الطيارة (Volatile Suspended Solid).
- Y : معامل الإنتاجية الأعظمي مقاساً خلال فترة النمو اللوغارتمي المحدود ويقدر بـ نسبة كتلة الخلايا المشكّلة إلى كتلة المواد العضوية والمغذيات (substrate) المستهلكة.

TERMINOLOGY- المصطلحات

A	
Activated Carbon	كربون منشط
Activated Sludge	حمأة منشطة
Adsorption	امتزاز
Aeration Tank	حوض مهوى/ حوض تهوية
Aerator	جهاز تهوية
Aerobic Bacteria	بكتيريا هوائية
Airlift Pump	مضخة ذات رفع بالهواء
Alkalinity	قلوية
Anaerobic Bacteria	بكتيريا لاهوائية
Artesian Spring	نبع ارتوازي
Artesian well	بئر ارتوازية
Asbestos cement pipe	انبوب اسبستوس لإممتي
Autotrophic Bacteria	بكتيريا ذاتية التغذية
Available Pressure	الضغط المتوفر
Average daily demand	الاحتياج اليومي الوسطي
B	
Bacterial Growth Rate	معدل النمو البكتيري
Ball valve	سكر ذو كرة
Bar Screen	مصافي قضبانية
Barometric Pressure	ضغط بارومتري
Belt Filter press	مكبس مرشح بالحزام
Biochemical Oxygen Demand (COD)	الاحتياج الكيمياحيوي لأوكسجين
Biodegradable	قابل لتفكك العضوي
Biological Discs	أقراص بيولوجية
Biological Filters	مرشحات بيولوجية
Biological Treatment	معالجة بيولوجية
Biomass	الكتلة الحيوية

Bolted gland joint	وصلة السدادة ذات البراغي
Boulders	جلاميد
Boundary condition	الظروف الجوية
Brass	نحاس أصفر
Brush Aerator	جهاز تهوية من نوع الفرشاة
Bulking Sludge	حمأة منتفخة
Butterfly valve	سكر فراشة
By-pass	مجرى تحويلي
C	
Capacity	استطاعة (سعة)
Capillarity	خاصة شعرية
Capillary	شعري
Centrifugal Pump	مضخة نابذة - مضخة طرد مركزي
Channel	قناة
Check valve	سكر عدم رجوع
Chemical Oxygen Demand	الاحتياج الكيميائي للأوكسجين
Chemical Treatment	المعالجة الكيميائية
Clarification	ترويق (ترفيد)
Colorimetric analysis	تحليل الشدة اللونية
Compact Treatment Unit	وحدة معالجة مدمجة او مرصوصة
Complete Mix	مزج كامل
Cone of Depression	مخروط الهبوط
Contact Stabilization	التثبيت بالتماس
Continuity equation	معادلة الاستمرار
Conveyance of water	أنابيب وأقنية نقل الماء
Copper pipe	أنبوب نحاسي
Corrosion	تآكل
Cracks	أحاديدي - شقوق
D	
Dechlorinating	إزالة الكلور
Daily demand	الاحتياج اليومي
Dead- end lines	خطوط الأنابيب ذات النهايات الميتة
Diffused Air	هواء مذرر
Digester	حوض هضم
Discharge	تصريف

Draw down	هبوط
Dry Weather Flow	جريان الطقس الجاف
Ductile iron	حديد مطاوع (فونت مرن)
Dug well	بئر محفورة
Dumping	الردم
Dupuit equation	علاقة ديوي
E	
Electrolyte	الكتروليت
Elevated storage	خزان عالي
Energy	طاقة
Equilibrium flow	تدفق التوازن
Excavation	حفريات
Expansion joint	وصلة تمدد
Extended Aeration	التهوية المديدة
F	
Facultative Bacteria	بكتيريا اختيارية
Filamentous	خيطي
Filter	مرشح
Fire hydrant	مأخذ إطفاء حريق
Fittings for pipes	القطع الخاصة للأنايب
Flame Trap	مصيدة لهب
Flanged pipe	أنبوب ذو فلنجات
Flexible	مرن
Flexible coupling	وصلة الرباط المرن
Float	فواشة
Flocculation	تشكيل الندف
Flotation	تعويم - تطويف
Flourescein	الفلوريسين
Flow pipe	أنبوب جريان
Flow pressure	الضغط أثناء الجريان
Fusion butt welding	لحام تناكبي انصهاري
G	
Galvanized steel	الفولاذ المغلفن
Gate valve	سكر بوابة
Gravity thickening	تكثيف ثقلي

Grit tank	حوض الراسب الرملي
Glass reinforced plastic pipes	الأنابيب البلاستيكية المسلحة بألياف الزجاج
Granite	غرانيت
Gravity well	بئر ثقالية
Ground water table	بساط الماء الجوفي
H	
Heterotrophic Bacteria	بكتيريا عضوية التغذية
Head loss	ضياع الحمولة
Horizontal well	بئر أفقية
Hydraulic Detention time	زمن الحجز الهيدروليكي
Hydraulic gradient	التدرج الهيدروليكي
I	
Influent	الوارد - الداخلى
Impervious stratum	طبقة غير نفوذة
Inhibition of corrosion	كبح التآكل
K	
Kinetic energy	الطاقة الحركية
Kinematic viscosity	لزوجة حركية
L	
Laminar flow	جريان صفحي
Lead pipe	أنبوب رصاصي
Lift check valve	سكر عدم رجوع ذا رافعة
Limestone	حجر كلسي
Lysimetric	مقياس التحلل
M	
Mixed Liquor	المزيج المنحل
Modified Aeration	تهوية معدلة
Most probable Number	العدد الأكثر احتمالا
Multiple Hearth Furnace	الفرن متعدد الطبقات
N	
Neutralization	تحييد
Nitrification	نترجة
Nitrogenous Oxygen Demand	الاحتياج الأوكسجين في المرحلة النترات
Non-return valve	سكر عدم رجوع
Nutrient	غذاء

P	
Percolate	يرشح
Percolation capacity	طاقة التسرب
Permeability	قابلية النفوذ
Permeable	نفوذ
Pervious wall	جدار نفوذ
photosynthesis	التمثيل الضوئي
Plastic pipe	أنبوب بلاستيكي
Polyethylene pipes	أنابيب بولي إيثيلين
Polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs)	الهيدروكربونات العطرية متعددة النوى
Positive Displacement pump	مضخة ذات ازاحة موجبة
Pressure relief valve	سكر تلطيف الضغط
Pressure well	بئر مضغوطة
Primary Sedimentation	ترسيب اولي
Primary Treatment	معالجة أولية
Pumping station	محطة ضخ
R	
Raw Wastewater	مياه مجاري خام
Rate of flow	معدل التدفق
Reactor	المفاعل (حوض التفاعل)
Reinforced concrete pipe	أنبوب من الخرسانة المسلحة
Relief valve	سكر تلطيف الضغط
Remote control	التحكم عن بعد
Return pipe	أنبوب راجع
Rigidity	صلابة
Rise and fall main	أنبوب رئيس بجريان ذاهب آيب
Rough pipe	أنبوب خشن
Rubidium	روبيديوم
S	
Sampling	أخذ العينات
Safe yield of an aquifer	الإنتاجية الآمنة للطبقة المائية
Safety valve	صمام أمان
Salt water intrusion	تطفل الماء المالح
Sand Filter	مرشح رملي

Sand stone	حجر رملي
Scouring Velocity	سرعة الجرف
Scraper	كاشط
Secondary Treatment	معالجة ثانوية
Sedimentary deposits	مخلفات رسوبية
Seepage	تسرب
Septic Tank	خزان التحلل (الحفرة الفنية)
Series Flow	جريان متتابع
Shale	طين صفحي
Shock absorber	ماص للصدمة
Sludge Conditioning	تكيف الحمأة
Sludge Density Index	دليل كثافة الحمأة
Sludge Dewatering	نزع المياه من الحمأة
Sludge Digestion	هضم الحمأة
Sludge Drying	تجفيف الحمأة
Sludge Incineration	حرق الحمأة
Sludge loading index	دليل تحميل الحمأة
Sludge Recirculation	اعادة تدوير الحمأة
Sludge Return Rate	معدل اعادة الحمأة
Sludge thickening	تكتيف الحمأة
Sludge Volume index	دليل حجم الحمأة
Softening point	نقطة التلين
Steady flow	جريان هادئ مستقر
Step Aeration	التهوية الجزأة
Stop tab	حنفية إيقاف
Strength	مقاومة
Substrate	الطبقة المغذية
Suction	امتصاص
Surface water	ماء سطحي
Surplus Sludge	الحمأة الزائدة
Suspended Solids	المواد الصلبة المعلقة
Synthesis Coefficient	عامل الاصطناع
T	
Thermistor	مقاوم حراري
Thermostatic control	تحكم حراري

Threaded	ملولب
Throttle valve	سكر خانق
Tile drain	مصرف آجري
Till	طين قاسي
Tilting disc check valve	سكر عدم رجوع ذا قرص مائل
Total Dissolved Solids	المواد الصلبة المنحلة الكلية
Total Suspended Solids	المواد الصلبة المعلقة الكلية
Toughness	متانة
Tower Filter	مرشح برج
Toxicity	السمية
U	
Underground flow	تدفق جوفي
Underground stratum	طبقة جوفية
Unplasticised polyvinyl chloride pipes (UPVC)	أنابيب البولي فينيل كلورايد غير اللدنة
V	
Vacuum breaker	كاسر انفراغ
Velocity	سرعة
Vent pipe	أنبوب تهوية
Victaulic joint	وصلة فيكتاوليك
Viscosity	لزوجة
Volatile Suspended Solids	المواد الصلبة المعلقة الطيارة
W	
Wastewater	مياه المجاري
Warning pipe	أنبوب مفيض وإنذار
Wastewater treatment plant	محطة معالجة مياه المجاري
Water-bearing bed	السرير الحامل للماء
Water-level indicator	مؤشر مستوى الماء
Water main	خط التغذية الرئيسي للماء
Water Hammer	مطرقة مائية

المراجع العربية (من الأحدث إلى الأقدم)

- 1) عابدين محمد علي صالح، 2012، قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة - جامعة الخرطوم، تجارب عالمية في ترشيد استخدام الموارد المائية، جمعيات مستخدمي المياه في الجزائر.
- 2) حجار سلوى، صغير عبد الله، 2011 - "تعيين المعاملات الحركية لنشاط البكتريا في حوض التهوية الخاصة بإزالة BOD₅ وعملية الترتة في المعالجة المتقدمة لمياه صرف المذابح الفنية"، مجلة بحوث جامعة حلب - سلسلة العلوم الهندسية العدد (99).
- 3) حجار سلوى، صغير عبد الله، 2011 - "إعادة استخدام مياه صرف المذابح الفنية المعالجة بطريقة بيولوجية متقدمة"، مجلة جامعة البعث، رقم قبول البحث: 2399 بتاريخ 2011/6/19.
- 4) حجار سلوى، صغير عبد الله، 2011 - "معالجة مياه صرف المذابح الفنية بالمفاعل UASB متبوعاً بحوض منقوص الأوكسجين ثم بحوض التهوية ثم حوض ترسيب نهائي"، مجلة بحوث جامعة حلب - سلسلة العلوم الهندسية العدد (92).
- 5) السلطة الوطنية الفلسطينية، سلطة جودة البيئة، 2010، مقاييس ومعايير جودة وخصائص مياه الصرف الصناعي المصروفة إلى شبكه الصرف الصحي.
- 6) بنود عبد الحكيم، مراد آغا محمد أجمد، 2010 - "معالجة مياه المجاري والمياه الصناعية"، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب.
- 7) حجار سلوى، صغير عبد الله، 2010 - "المعالجة البيولوجية لمياه صرف المذابح الفنية"، مجلة بحوث جامعة حلب - سلسلة العلوم الهندسية العدد (88).
- 8) دليل منهجي لاستهلاك المياه في القطاع الصناعي السعودي، 2009، <http://www.wafeer.net>
- 9) تركماني عبد الرزاق، فاخوري موفق، 2008 "أساسيات الإزالة البيولوجية لآلآزوت والفسفور من مياه المجاري" <http://www.4enveng.com/pdetails.php?id=68>
- 10) تركماني عبد الرزاق، 2008 "المعالجة الثالثية (المتقدمة) لمياه المجاري المنزلية" <http://www.4enveng.com/pdetails.php?id=66>
- 11) هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، 2008، "مواصفات المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة المواصفات القياسية السوري للمرمي

- في المجرور رقم 2580"، الجمهورية العربية السورية وزارة الصناعة.
- (12) حجار سلوى، صغير عبد الله: 2007 - "المعالجة البيولوجية اللاهوائية لمياه الصرف الصناعي عالية الحمل العضوي بالمفاعل UASB"، مجلة بحوث جامعة حلب - سلسلة العلوم الهندسية العدد (58).
- (13) صغير عبد الله، 2007 - "المعالجة البيولوجية اللاهوائية لمياه الصرف الصناعي عالية الحمل العضوي بالمفاعل UASB"، رسالة ماجستير أجزيت في كلية الهندسة المدنية - جامعة حلب، إشراف الدكتورة سلوى حجار.
- (14) فرهود ناهد، 2007 - "المعالجة البيولوجية لمياه المصانع باستعمال السرير المميع"، رسالة دكتوراه أجزيت في كلية الهندسة المدنية - أجزيت في جامعة حلب - بإشراف الدكتورة سلوى حجار.
- (15) حجار سلوى، 2006، معالجة مياه الشرب، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة حلب.
- (16) وزارة المياه والكهرباء في المملكة العربية السعودية، اللائحة التنفيذية، 2006، لنظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها.
- (17) شركة الصرف الصحي للقاهرة الكبرى في مصر، 2005 - برنامج تدريبي عن المخلفات الصناعية وآثارها الضارة على البيئة وكيفية التصدي لها ومعالجتها للكوادر الفنية بمحطات المعالجة لشركات الصرف الصحي (حمص - حلب - حماه) وزارة الإسكان والتعمير الجمهورية العربية السورية.
- (18) الوقائع المصرية، العدد 230 في 9 أكتوبر لعام 2000 - قرار وزارة الإسكان والمرافق والاجتمعات العمرانية في جمهورية مصر رقم 44 لسنة 2000 الخاص بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم 93 لسنة 1962 في شأن صرف المخلفات السائلة.
- (19) أصفري أحمد فيصل 1996، "معالجة مياه الفضلات الصناعية"، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي.
- (20) أصفري أحمد فيصل 1991 "تصميم محطات معالجة مياه المجاري"، الشركة العربية لمعالجة المياه (AWTC).
- (21) بلاش عمر، 1987، "علم الجراثيم" منشورات جامعة حلب.
- (22) حجار سلوى، 1987، "الهندسة الصحية - البيئة ومياه المجاري" مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب.
- (23) حجار سلوى، 1985، "معالجة مياه الشرب والمياه الصناعية" مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة حلب.

المراجع الأجنبية

- 1) İDEAL ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ, Reverse Osmosis Systems, 2014,
http://www.idealsu.com/brosur/dobel_pass_RO_system.pdf
- 3) -Puretec Industrial Water, Basics of Reverse Osmosis, 2013,
<http://puretecwater.com/downloads/basics-of-reverse-osmosis.pdf>
- 5) “City of Tacoma Environmental Services Source Control Oil Water Separator Policy”, 2012, Chapter 11 Oil Water Separators,
<http://cms.cityoftacoma.org/surfacewater/swm2012/V5-C11.pdf>
- 6) Worch, E. 2012, Adsorption Technology in Water Treatment ,Fundamentals, Processes, and Modeling, © 2012 Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin/Boston.
- 7) Water Environment Federation (WEF) Third edition ,2008. WEF Manual of Practice No. FD-3, INDUSTRIAL WASTEWATER MANAGEMENT, TREATMENT, AND DISPOSAL.
- 8) Valéria Del Nery A, Eloisa Pozzi B, Márcia H.R.Z. Damianovic B, Mércia R, Domingues B, Marcelo Zaiat, 2007, “Granules characteristics in the vertical profile of a full-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor treating poultry slaughterhouse wastewater”, a Céu Azul Alimentos Ltda, Rua Laura Maiello Kook, 300, CEP: 18052-580, Sorocaba, SP, Brazil.
- 9) EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control, 2006, Reference Document on Best Available Techniques for the Food, Drink and Milk Industry.
- 10) Ghangrekar Makarand M. and Tom Keenan.2005, "Design of an UASB Reactor" ,Indian Institute of Technology Kharagpur, at
<http://www.waterandwastewater.com/AskTom!Column.htm>
- 11) Amin, M. M. and Movahedian H, 2005, "Performance evaluation of UASB system treating slaughterhouse wastewater", Sharif University of Technology And Esfahan University of Medical Sciences.
- 12) Nguyen Tuan Anh and Tom Keenan, 2004 "Methods for UASB Reactor Design", National Environmental Services Agency (NESA). at
<http://www.uasb.org/discover/agsb.htm>
- 13) Nadais H, Capela I, Arroja L and Duarte A, 2004, Treatment of dairy wastewater in UASB reactors inoculated with flocculent biomass, Environment and Planning Department Chemistry, Aveiro.

- 14) Jean Pierre Deltreil, 2003, Mechanical Dewatering Using Filter Presses Technology,
http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/DELTREIL%202003%20Mechanical%20Dewatering%20Using%20Filter%20Presses%20Technology.pdf
- 15) Metcalf, Eddy, 2003, "Wastewater Engineering, Treatment, and Reuse", McGraw-Hill, Inc, NEW YORK, 4rd ed.1819 pages.
- 16) EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), 2003, Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry.
- 17) EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), 2003, Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins Industry.
- 18) Integrated Pollution Prevention and Control, 2003-Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries, European Commission ,Directorate-General JRC, Joint Research Centre.
- 19) Belgian TWG member, 2003, "Comments on second draft of the "Slaughterhouses and animal by-products BREF".
- 20) Germany, 2002, "Comments on first draft of the "Slaughterhouses and animal byproducts BREF".
- 21) YASEMIN CAKIR F, and MICHAEL K. STENSTROM, 2002, "anaerobic treatment of low strength wastewater", Department of civil and Environmental Engineering, UCLA, Los Angeles.
- 22) Lettinga, G and Tom Keenan, 2002, "anaerobic treatment\Anaerobic Biodegradability" National Environmental Services Agency (NESA), at <http://www.uasb.org>
- 23) Lettinga, G and Tom Keenan of. 2002, "anaerobic treatment\Anaerobic Toxicity", National Environmental Services Agency (NESA), at <http://www.uasb.org>
- 24) P. Radrigán, DSM ,A.I. Versprille, H.P. Korthout, Biothane Systems International, 2002, High rate anaerobic treatment for bakery yeast wastewater in Chile, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/unam7/high.pdf>
- 25) German TWG Members, (2001). Best available techniques reference document on the "Slaughterhouses and animal by-products industry". 37-Del Nery, V, Damianovic, M.H.Z, Barros, F.G, 2001b, "The use of upflow anaerobic sludge blanket reactor in the treatment of poultry slaughterhouse wastewater", Water Sci. Technol. 44 (4), 83-88.
- 26) Del Nery, V, Gianotti, E.P, Damianovic, M.H.Z, Barros, F.G, 2001a, "Upflow anaerobic sludge blanket reactors treating poultry slaughterhouse wastewater under different design and operational parameters". In: 9th World Congress Anaerobic Digestion, Antwerpen, vol. 1, pp.423-428.

- 27) The Composting Association, (2001), "Large-scale composting-a practical manual", for the UK.
- 28) Khanal, S.K, and Huang, J.-C, 2001, "anaerobic treatment of industrial wastewater", Part-1 at www.public.iastate.edu
- 29) Khanal, S.K, and Huang, J.-C, 2001, "Effect of high influent sulfate on anaerobic wastewater treatment", Water Environment Research (in-press).
- 30) SUNG, S.H, 2001, "Anaerobic Waste Treatment" at www.public.iastate.edu
- 31) U.S, Army Corps of Engineers Washington,1999, DC 20314-1000, Design, Construction and operation Small Wastewater systems.
- 32) American Public Health Association/American Water Works Association,1995, "Standard Methods for the Examination of Water and Waste water", 19th Edition, Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- 33) Warren Viessman ,Jr. marks J. Hammer, 1993, "water supply and pollution control" Fifth Edition Harper Collins collage publishers.
- 34) Metcalf, Eddy, 1991, "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse", McGraw-Hill, Inc, New York, 3rd ed.1344 pages.
- 35) Soap and Detergent Association, 1988, "Principles and Practice of Nutrient removal from municipal wastewater".
- 36) Daigger, G.T.G.D, Waltrip, E.D, Romm, and L.M, Morales, 1988, "Enhanced secondary treatment incorporating Biological nutrient removal", Journal wpcf, vol. 60, no. 10.
- 37) U.S Environmental Protection Agency, 1987, "Phosphorus removal design manual", EPA, September.
- 38) Holland, K.T.J.S, Knapp et al 1987, "Anaerobic Bacteria" Chapman and Hall New York.
- 39) Tetreault, M.J, A.H, Bendedict, C. Kaempfer and E.F, barth, 1986, "biological phosphorus removal a technology Evaluation 8", Journal wpcf, vol. 58, no. 7.

