جامعة حلب
كلية الهندسة التقنية
تقانات الهندسة البيئية
مشروع التخرج لطلاب السنة الخامسة

مشروع التخرج

دراسة وتصميم
محطة معالجة مياه الصرف الصناعي
للشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية بحلب

تقديم الطالبين :
أسعد منير علبي
أيمن الأحمد

بأشراف الدكتور :
محمد هيثم حبوب

في :
2008/7/7

Designed By : A.O

إهداء ،،،

إلى الأخ العزيز الذي تحمّلني كلّ هذه السّنوات ، وعلّمني كثيراً من الخبرات ، وصبر عليّ في الأزمات ،إلى من ذكّرني بالله أيّام الهفوات

إلى الجنديّ المجهول الذي أرسله الله لي ليحمل عبء وحدتي، ويتحمّل إزعاجي لألا يقلق راحتي ، إلى من يعمل كلّ شيء كي لا أضيّع دقيقتي ، إلى من حنّ عليّ مثل أمّي وأبتي

إلى من شاركني مرارة الحياة و حلاوتها ... آلامها و آمالها ... إلى من يفرح لفرحي ويبتهج بلقائي ويأنس بمجالستي ... إلى من يرجو انتصاري ...

إلى الكتف التي حملت عني كثيراً ... إلى اليد التي أعطتني كثيراً ... إلى من علمني كيف أن لا شيء مستحيل مع الإرادة ...

إلى من شاركني .. آنسني .. ذكرني .. علمني الكثير ...

ماذا بوسعي أن أقول ..... لقد هربت مني الكلمات وتشتت شمل العبارات .... لا أدري أي الكلام يفيك حقك ... بل أي العبارات تليق بمقامك ...

شكراً لأخي.... حبيبي صبحي ....

أسعد علبي

فرحة الأقواس

من كبر فرحتي ..... حاسس إني بطير

زرعنا خير ..... وبالآخر حصدنا خير

نجحنا والله وفقنا ..... وبالآخر صبرنا و نلنا

فرحنا من قبل ..... لكن أكيد هالفرحة غير

سهرنا نطلب العالي..... نحس باليوم والتالي

وبعدها الكل هنانا ..... دموع الفرحة هي التعبير

طوينا الصعب وأوقاته ..... وتخطيناها عثراته

قضيناها لياليا ..... نبني بجد وبتجديد

تواعدنا مع الأيام ..... تسابقنا ونسابقها

وعالجنا التعب فينا ..... ونلنا الحب والتقدير

الفهرس والمحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
إهداء	1
فرحة لا توصف	2
الفهرس والمحتويات	3
الملخص Abstract	6
الفصل الأول : مقدمة عن محطات معالجة مياه الصرف الصناعي	7
1 ـ 1 ـ طبيعة وخصائص مياه الصرف الصناعي	7
1 ـ 1 ـ 1 ـ الخواص الفيزيائية	9
1 ـ 1 ـ 2 ـ الخواص الكيميائية	10
1 ـ 1 ـ 3 ـ الخواص البيولوجية	15
1 ـ 2 ـ أهمية محطات معالجة مياه الصرف الصناعي	17
1 ـ 3 ـ الطرق الشائعة لمعالجة مياه الصرف	17
1 ـ 3 ـ 1 ـ العمليات الفيزيائية	17
1 ـ 3 ـ 2 ـ العمليات الكيميائية	18
1 ـ 3 ـ 3 ـ العمليات البيولوجية	18
الفصل الثاني : توصيف الصناعة والزيارة الميدانية	19
2 ـ 1 ـ الهدف من إنشاء الشركة	19
2 ـ 2 ـ موقع الشركة	20
2 ـ 3 ـ مستلزمات الشركة	20
2 ـ 4 ـ الوصف الفني لمعمل إعادة تصنيع الورق	22
2 ـ 4 ـ 1 ـ وحدة إستقبال النفايات الورقية ومتمماتها	22
2 ـ 4 ـ 2 ـ وحدة عجن النفايات الورقية وتنظيفها وعزل الشوائب وتجميعها	23
2 ـ 4 ـ 3 ـ وحدة التشكيل	23
2 ـ 4 ـ 4 ـ وحدة العصر والتجفيف	24
2 ـ 4 ـ 5 ـ وحدة التلميع والصقل	24
2 ـ 4 ـ 6 ـ وحدة تحضير وطبخ النشاء	24
2 ـ 5 ـ الوحدات المساعدة في المعمل	24
2 ـ 5 ـ 1 ـ وحدة توليد الهواء المضغوط	24
2 ـ 5 ـ 2 ـ محطة معالجة المياه الصناعية ومتمماتها	24
2 ـ 5 ـ 3 ـ محطة توليد البخار	27

الموضوع	رقم الصفحة
2 ـ 5 ـ 4 ـ المخبر	27
2 ـ 5 ـ 5 ـ محطة تجهيز الكهرباء	27
2 ـ 6 ـ مياه الصرف	28
2 ـ 6 ـ 1 ـ مواقع استعمال المياه	29
2 ـ 6 ـ 2 ـ أنواع الملوثات التي تطرح مع مياه الصرف والتي تتم معالجتها	29
2 ـ 6 ـ 3 ـ مصادر مياه الصرف	29
2 ـ 7 ـ الملاحظات البيئية التي تم تسجيلها خلال الزيارة الميدانية	30
2 ـ 7 ـ 1 ـ جلب النفايات الورقية إلى موقع المعمل	30
2 ـ 7 ـ 2 ـ تجميع البالات	30
2 ـ 7 ـ 3 ـ عجن النفايات الورقية	30
2 ـ 7 ـ 4 ـ فصل وإزالة المواد الصلبة غير السيللوزية	30
2 ـ 7 ـ 5 ـ إضافة المواد المساعدة	30
2 ـ 7 ـ 6 ـ المد والتجفيف	30
2 ـ 7 ـ 7 ـ المد واللف	30
2 ـ 7 ـ 8 ـ تشغيل ومراقبة المصنع	31
2 ـ 7 ـ 9 ـ تجهيزات إطفاء الحريق	31
2 ـ 7 ـ 10 ـ الضجيج	31
2 ـ 7 ـ 11 ـ المستودعات	32
2 ـ 8 ـ الصيانة في المعمل	32
2 ـ 9 ـ الفضلات الصلبة الناتجة عن المعمل	33
2 ـ 10 ـ معدات حماية العاملين	33
الفصل الثالث : الدراسة التصميمية لمحطة معالجة مياه الصرف	34
3 ـ 1 ـ الدراسة النظرية	34
3 ـ 1 ـ 1 ـ التأثيرات البيئية والصحية المحتملة لمياه الصرف الناتجة	34
3 ـ 1 ـ 2 ـ طرق وأساليب الحد من تلوث مياه الصرف	35
3 ـ 1 ـ 2 ـ 1 ـ أساليب التحكم	35
3 ـ 1 ـ 2 ـ 2 ـ المعالجة الأولية	35
3 ـ 1 ـ 2 ـ 3 ـ المعالجة الثانوية	36
3 ـ 1 ـ 2 ـ 4 ـ المعالجة الثالثية	36
3 ـ 2 ـ دراسة أسس التصميم	36

الموضوع	رقم الصفحة
3 ـ 2 ـ 1 ـ التصفية	36
3 ـ 2 ـ 2 ـ الترسيب	41
3 ـ 2 ـ 3 ـ المعالجة الثانوية	50
3 ـ 3 ـ مراحل العمل و التصميم	51
3 ـ 3 ـ 1 ـ أخذ عينات المياه واجراء التحاليل المخبرية لها	51
3 ـ 3 ـ 2 ـ تصميم قناة المصافي وأحواض الترسيب [المعالجة التمهيدية]	53
3 ـ 3 ـ 3 ـ المعالجة البيولوجية	57
3 ـ 3 ـ 3 ـ 1 ـ لمحة عن المفاعل اللا هوائي UASB	57
3 ـ 3 ـ 3 ـ 2 ـ تصميم المفاعل اللا هوائي UASB	60
3 ـ 3 ـ 4 ـ المعالجة الكيميائية	72
3 ـ 3 ـ 4 ـ 1 ـ تصميم حوض الترويب وحوض الترسيب الكيميائي	72
3 ـ 3 ـ 5 ـ تصميم حوض تجميع المياه المعالجة	74
3 ـ 3 ـ 6 ـ تصميم حوض تجميع الحمأة	75
3 ـ 3 ـ 7 ـ تجفيف الحمأة	76
3 ـ 3 ـ 8 ـ ترتيبات أخرى	77
3 ـ 3 ـ 8 ـ 1 ـ خزانات المواد الكيميائية وأحواض ضبط PH والمبادل الحراري	77
3 ـ 3 ـ 8 ـ 2 ـ تصميم أنابيب نقل الماء ضمن المحطة وأنابيب نقل الرواسب	77
3 ـ 3 ـ 8 ـ 3 ـ تصميم غرفة بيتونية للمضخات	78
3 ـ 3 ـ 8 ـ 4 ـ تصميم غرفة الإدارة والمستودع	78
3 ـ 3 ـ 9 ـ الحسابات الهيدروليكية للمحطة	79
الفصل الرابع : خلاصة التصميم	88
4 ـ 1 ـ وصف المشروع / معلومات عامة	88
4 ـ 2 ـ مواصفات التجهيزات	89
الملحق	94
المراجع	99

الملخص : Abstract

يشمل البحث المقدم أربع فصول بحيث تغطي كافة الجوانب المتعلقة بتصميم محطة معالجة مياه صرف صناعي لمعمل إعادة تصنيع النفايات الورقية :

- فالفصل الأول يمنح القارئ فكرة أولية –حاولنا تبسيطها قدر الإمكان– عن محطات معالجة مياه الصرف الصناعي فيعرض بأسلوب سلس خواص مياه الصرف الصناعي بشكل عام ، مع إعطاء أولوية وأهمية لصناعة الورق ، كما نوّهنا في هذا الفصل بأهمية محطات معالجة مياه الصرف الصناعي ، وختمنا الفصل باستعراض لأهم الطرق الشائعة لمعالجة مياه الصرف بشكل عام .
- في حين يتضمن الفصل الثاني توصيفاً دقيقاً لهذه الصناعة ولما رأيناه أثناء جولاتنا الميدانية السبع على المعمل ، وقد حاولنا تسليط الضوء قدر الإمكان على كل مراحل خط الإنتاج بأدق التفاصيل ، و كنا نتمنى لو أننا دعمنا ذلك بالصور إلا أن محاولاتنا قد باءت بالفشل نظراً لأن التصوير "ممنوع" حسب تعليمات مدير المعمل . لكن لم ننسى في المقابل تقديم وعرض بعض الملاحظات البيئية التي تحوم حول سير العمل في الشركة بدءاً من الملاحظات الصغيرة جداً وانتهاء بالمخالفات البيئية الكبيرة ، والتي حاول القائمون على المعمل إخفاء بعضها دون نتيجة !! ونأمل أن نكون وفقنا في ترتيب الأفكار في هذا الفصل نظراً لكثرتها ودقتها ، لكي تصل المعلومة للقارئ بأسلوب بسيط وسريع .
- أما الفصل الثالث فهو لب البحث ويتضمن الدراسة التصميمية لمحطة المعالجة التي اخترنا أسلوب وطريقة عملها بناءً على المعطيات التي عرضناها في الفصلين السابقين .

ولتجنب تشتت القارئ فقد عملنا على تقسيم هذا الفصل إلى قسمين : الأوّل يتضمن دراسة نظرية وضّحنا فيها في البداية التأثيرات البيئية والصحية المحتملة لمياه الصرف الناتجة ثم مررنا بشكل سريع ومفيد على مبادئ و أساليب التحكم والمعالجة ، لننهي هذا القسم بدراسة نظرية بحتة لأسس التصميم لأبرز مراحل محطة المعالجة والتي تشمل التصفية والترسيب والمعالجة الثانوية والبيولوجية ، معتمدين في ذلك على أحدث المراجع المتوفرة بين أيدينا في هذا المجال .

أما القسم الثاني خصصناه لشرح مراحل العمل والتصميم مدركين أن الفهم السريع والصحيح للقارئ يحتاج إلى إتباع طريقة سلسة في الحل دون اختصار أي مراحل بل وحتى حاولنا شرح بعض العمليات المعقدة من خلال ملاحظات إعتراضية بحيث يستطيع أي طالب يقرأ البحث أن يفهم ما يجري . وكان سبيلنا في ذلك تجزئة الحل والتصميم إلى مراحل مستقلة عن بعضها البعض .

- ولكي نتوّج عملنا هذا فقد خصصنا الفصل الرابع لعرض ملخص عن عمل محطة المعالجة التي صممناها بدءاً من دخول المياه الصناعية إلى المحطة ، وحتى خروجها إلى المجرور العام . ولقد قمنا بسرد تفاصيل سريعة ومختصرة عن كل التجهيزات التي صممناها في جدول أنيق ومرتب . ونرجوا أن نكون وفقنا في هذا العمل .
- وأخيراً فإن وفق هذا البحث وحوى في طياته على إيجابيات ونجاح يذكر ، فهو منسوب لجميع من سعى وأعاننا لإخراجه على هذه الصورة ، ولا نستثني منهم أحد، وما كان به شيء من السلبيات أو التقصير أو النقد فهو راجع للباحث وحده .

الفصل الأول : مقدّمة عن محطات معالجة مياه الصرف الصناعي

1-1- طبيعة وخصائص مياه الصرف الصناعي :

تفضل الشركات الصناعية التخلص من مخلفاتها الصناعية السائلة بصرفها مباشرة على المجار ي العمومية ولذلك فانه من الضروري ألا تسمح السلطات الرقابية بصرف أية مياه صرف صناعية على الشبكات العمومية قبل معرفة خصائص هذه المياه ومدى قدرة شبكة الصرف على استيعابها بالإضافة إلى معرفة تأثير ومدى خطورة صرف المركبات المختلفة الموجودة في هذه المياه على شبكات الصرف الصحي .

وكوسيلة لحماية شبكات الصرف، يمكن وضع نظام يحدد أنواع وتركيزات مياه الصرف الصناعي والتي يمكن صرفها على شبكة الصرف العمومية ويقارن الجدول (1) بين الحدود المثالية المختلفة لكل من الأكسجين الحيوي الممتص والمواد الصلبة العالقة الكلية في مياه الصرف الصحي والصناعي ، كما يوضح الجدول (2) مقارنة بين القيم المختلفة للتركيز .

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

مصدر المخلفات	الأكسجين الحيوى الممتص BOD (كغ/طن منتج)	المواد الصلبة العالقة TSS (كغ/طن منتج)
الصرف الصحي	0.025 (كغ/يوم/شخص)	0.022 (كغ/يوم/شخص)
صناعة الألبان	5.3	2.2
صناعة الخميرة	125	18.7
صناعة النشا والجلوكوز	13.4	9.7
صناعة حفظ وتعليب الفواكه والخضراوات	12.5	4.3
صناعة الغزل والنسيج	314 - 30	196 - 55
صناعة الورق والكرتون	130 - 4	26 - 11.5
صناعة المشروبات	220 - 2.5	257 - 1.3
صناعة دباغة الجلود	86 - 48	155 - 85

الجدول (2) القيم المثالية للتركيزات المختلفة لمياه الصرف الصحي والصناعي

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

أما الجدول (3) فيوضح أهم الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصناعي وغالبا ما تهتم المعالجة الثانوية القياسية لمياه الصرف بالتخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد العالقة والبكتريا الممرضة . هذا وقد تم مؤخرا وضع معايير أكثر تشددا بالنسبة للمواد المغذية والملوثات الرئيسية قبل الصرف ، أما إذا أريد إعادة استخدام المياه فتشمل المواصفات حدودا معينة للمواد العضوية صعبة التحلل والمعادن الثقيلة وأحياناً الأملاح الغير عضوية الذائبة .

الجدول (3) أهم الملوثات في مياه الصرف الصناعي

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

1-1-1 : الخواص الفيزيائية :

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

) المواد الصلبة الكلية :

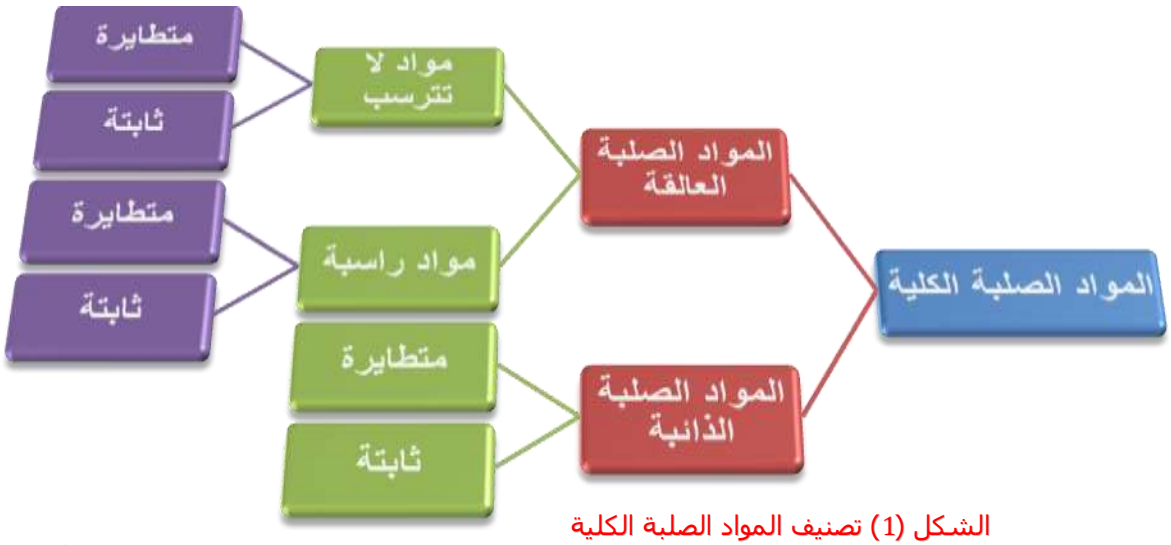
علميا تعرف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف على أنها كل المواد التي تتبقى بعد التبخير عند درجة حرارة من 103 إلى 105 ºم. أما المواد التي لها ضغط بخاري مرتفع فإنها سوف تفقد في عملية التبخير عند هذه الدرجة و بالتالي لا تعتبر مواد صلبة .

وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب على أنها المواد التي تترسب في قاع إناء على شكل مخروطي (يسمى مخروط امهوف) خلال زمن قدرة 60 دقيقة . تعتبر المواد الصلبة القابلة للترسيب المقاسة بالملليتر/لتر مقياسا تقريبيا لكمية الحمأة التي سوف تنفصل بالترسيب الأولي. ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية أو المتبقية بعد التبخير أيضاً إلى مواد لا يمكن ترشيحها (عالقة) أو مواد يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال فلتر (مرشح).

و يحتوي الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة على مواد رغوية ومواد صلبة مذابة. ويحتو ي جزء المواد الرغوية على جزيئات بحجم من 0.001 إلى 1 ميكرومتر. أما المواد الصلبة المذابة فتحتو ي على جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وأيونات ذائبة في الماء. وبشكل عام لا يمكن فصل المواد الرغوية بالترسيب . لذلك يجب استعمال إما الأكسدة البيولوجية أو الترقيد يتبعها مرحلة الترسيب لترويق المياه .

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

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



الشكل (1) تصنيف المواد الصلبة الكلية

Designed By : A.O

) الروائح :

تنبعث الروائح عادة من الغازات المتولدة من تحلل المواد العضوية أو من المواد المضافة إلى مياه الصرف وقد تحتو ي 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 ، وعلى مدى ملائمة المياه للاستخدامات المفيدة . فمثلا ارتفاع درجة الحرارة قد يؤد ي إلى اختلاف في فصائل الأسماك المتواجدة في البيئة المائية المستقبلة لمياه الصرف . ولذلك فإن العديد من المنشآت الصناعية تولى اهتماماً بالغاً بدرجة حرارة المياه السطحية التي يتم استخدامها في عمليات التبريد .

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

) اللون :

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

) العكارة :

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

1-1-2 : الخواص الكيميائية :

أولاً : المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفى 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 مصنعة والتي يتباين تركيبها الكيميائي تباينا كبيرا مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والملوثات العضوية الرئيسية والمركبات العضوية المتطايرة والمبيدات الزراعية كما هو مبين بجدول (2-3). وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصناعي لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجيا أو تتحلل ببطء شديد .

) الزيوت والدهون والشحوم :

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

) المنظفات الصناعية :

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

) الفينول:

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

) المركبات العضوية المتطايرة:

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

) المبيدات والكيماويات الزراعية:

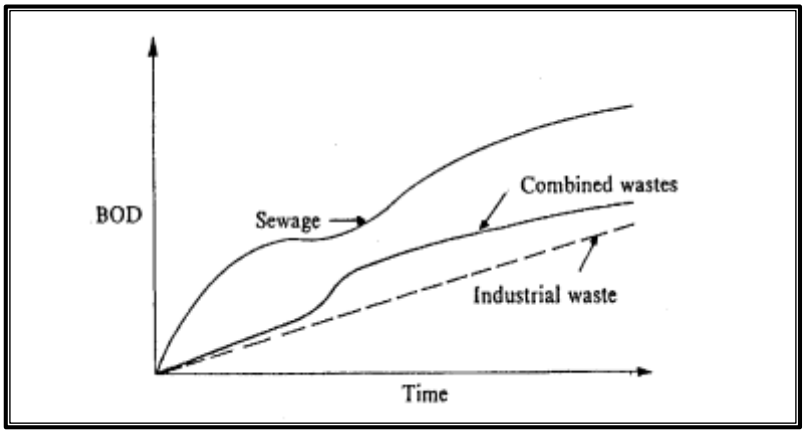
تعتبر المركبات العضوية الموجودة في المبيدات الحشرية والنباتية بالإضافة إلى الكيماويات الزراعية سامة بالنسبة لمعظم الكائنات الحية ويمكن اعتبارها مادة ملوثة مهمة فعالة في المياه المستقبلة للصرف .

ثانياً: مؤشرات المكونات العضوية

) الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5):

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

ويوضح الشكل (2) إحدى التأثيرات المتوقعة من صرف المخلفات الصناعية السائلة على محطة معالجة لل صرف الصحي. في هذا المثال فإن معدل تحلل مياه الصرف الصناعي يأخذ منحني ثابت في حين أن المنحني الممثل لمعدل التحلل للصرف الصحي يقل ويكون ثابتا لفترة ثم تبدأ بعدها عملية أكسدة المواد النيتروجينية . أما المنحني الخاص بخليط الصرف الصناعي والصحي فإنه يوضح تأثير الصرف الصناعي على إبطاء عملية الأكسدة السريعة في حالة الصرف الصحي .



الشكل (2) معدل استهلاك الأكسجين للصرف الصحي ولصرف صناعي معين بالإضافة إلى كليهما معا

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

وتستخدم نتائج الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5) في الآتي :

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

الأسباب المؤدية لقصور اختبارات الأكسجين الحيوي الممتص:

- ارتفاع تركيز البكتيريا البادئة النشطة .
- الحاجة للمعالجة المبدئية عند التعامل مع المخلفات السامة كذلك خفض تأثيرات الكائنات .
- يتم قياس المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا فقط بهذه الطريقة .
- لا يوجد صلاحية للاختبار بعد استهلاك المواد العضوية الذائبة في المياه .
- طول المدة (5 أيام) للحصول على النتائج .

) الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD):

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

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

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

ثالثاً: المواد غير العضوية

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

) الأس الهيدروجيني (pH):

إن تركيز الأيون الهيدروجيني يعتبر أحد المؤشرات الهامة لمياه الصرف . ويعتبر مدى التركيز المناسب لتواجد معظم الحياة البيولوجية صغيرا جدا وحرجاً . إن مياه الصرف ذات الأس الهيدروجيني الخارج عن المدى من

الصعب معالجتها بالطريقة البيولوجية ، وبالتالي إذا لم يتم ضبط (pH) قبل الصرف فإنه سيؤثر عكسيا على (pH) في المياه الطبيعية .

) القلوية (Alkalinity) :

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

) النيتروجين :

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

) الفوسفور :

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

) الكبريت :

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

) المركبات السامة الغير عضوية:

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

أما كاتيونات البوتاسيوم والأمونيوم فإنها تعتبر سامة عند 4000 ملغ/لتر. أما السيانيد والكرومات والتي تعتبر أيونات سامة تظهر أيضا في مياه الصرف الصناعي الناتجة عن طلاء المعادن ويجب إزالتها من البداية بالمعالجة الأولية في المصنع بدلا من خلطها بالصرف الصحي . ويتواجد الفلوريد – وهو عنصر سام – بشكل شائع في مياه

الصرف الناتجة من صناعات الإلكترونيات . كذلك يمكن أن تحتوي مياه الصرف الصناع ي أيضا على مواد عضوية سامة .

) المعادن الثقيلة :

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

1-1-3 : الخواص البيولوجية :

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

الجدول (4) المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي

المؤشر	الصناعة												
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير عضوية	الكيماويات العضوية	منتجات اللحوم	تشطيب المعادن	البلاستيك	الورق والكرتون	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الأثبان
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5)	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD)	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
الكربون الكلي العضوي (TOC)			X			X				X	X			X
الاحتياج الكلي للأكسجين (TOD)					X									
الأس الهيدروجيني (PH)		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
المواد الصلبة الكلية	X				X									
المواد الصلبة العالقة	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
المواد الصلبة القابلة للترسيب		X					X							
المواد الصلبة الذائبة		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	
المواد الصلبة العالقة المتطايرة											X			
الزيوت والشحوم	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	
المعادن الثقيلة [عام]						X		X		X			X	
الكروم	X			X	X						X	X	X	
النحاس											X			
النيكل	X													
الحديد	X			X	X						X	X		
الزنك	X			X				X			X	X		
الزرنيخ					X									
الزئبق				X	X									
الرصاص	X				X						X			
قصدير	X											X		
الكادميوم	X													

1-2- أهمية محطات معالجة مياه الصرف الصناعي :

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

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

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

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

1-3- الطرق الشائعة لمعالجة مياه الصرف :

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

1-3-1 : العمليات الفيزيائية :

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

1-3-2 : العمليات الكيميائية :

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

1-3-3 : العمليات البيولوجية :

وهي التي تعتمد على النشاط البيولوجي في التخلص من الملوثات . وتستخدم هذه الطرق أساساً من أجل التخلص من المواد العضوية (الرغوية أو الذائبة) القابلة للتحلل بيولوجيا . وتتم هذه العملية من خلال تحويل هذه المواد إلى غازات تتسرب إلى الهواء الخارجي أو إلى نسيج الخلايا البيولوجية (الحمأة) التي يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب . وتستخدم المعالجة البيولوجية أيضا في التخلص من المغذيات (النيتروجين والفوسفور). وفي أغلب الأحيان يمكن معالجة مياه الصرف بيولوجيا مع التحكم البيئي الملائم .

الفصل الثاني : توصيف الصناعة والزيارة الميدانية :

من خلال الزيارات المتعددة والمتكررة التي قمنا بها إلى الشركة استطعنا أن نلم بالمعلومات التالية عنها .

الشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية المساهمة المغفلة مشمولة بأحكام قانون الاستثمار رقم / 10 / لعام / 91 / وتعديلاته بموجب القرار الصادر عن رئيس مجلس الوزراء رقم / 551 / تاريخ 1994/2/17 والسجل الصناعي رقم /4/ تاريخ 1994/5/2 وعضو غرفة صناعة حلب للدرجة الممتازة رقم / 34 / تاريخ 1998/7/21 وعضو غرفة تجارة حلب للدرجة الممتازة رقم /21/ تاريخ 1994/8/21 .

2-1- الهدف من إنشاء الشركة :

إن اختيار تكنولوجيا إعادة تدوير النفايات الورقية Recycling Paper هو في مصلحة حماية البيئة ، فعملية استرجاع النفايات الورقية وإعادة تدويرها Recuperation & Recycling waste paper يخلص مدينة حلب ومحافظات القطر الأخرى من آلاف الأطنان سنوياً من النفايات الورقية ويحولها إلى مواد مفيدة للإنسان . والنفايات الورقية غنية بالألياف السيللوزية ، ومن السهل معالجتها و تحويلها إلى منتجات ورقية وكرتونية .

من جهة أخرى تساهم عملية استرجاع النفايات الورقية و إعادة تدويرها Recuperation & Recycling waste paper في الحفاظ على الغابات على مستوى العالم لأنها تقلل من الحاجة إلى لب الخشب اللازم لإنتاج عجينة الورق ، كما تتميز صناعة الورق من النفايات الورقية بأنها أقل استهلاكاً للطاقة والمياه مقارنةً مع صناعة الورق من لب الخشب لكونها تمر بمراحل إنتاجية من مراحل إنتاج الورق من لب الخشب .

المخلفات الناتجة عن صناعة المنتجات الورقية في الشركة موجود معظمها أساساً في المادة الأولية التي رماها الآخرون فيما يخص المخلفات الصلبة ، هذه الصناعة سهلة الفصل والمعالجة ، سواء كانت سائلة أم غازية ، ويمكن الاستفادة من نسبة كبيرة من المياه المستعملة عن طريق تدويرها بعد إخضاعها إلى عملية معالجة مناسبة .

تتمتع خطوط الإنتاج بالشركة العربية بتقنيات متطورة نظراً لارتباط الجودة بالمعلوماتية وإسهاماتها في إنتاج نوعيات من الورق والكرتون بمواصفات قياسية عالمية ، نالت رضا زبائنها ، وتلبية متطلبات مصانعهم من :

الجدول (5) الطاقة الإنتاجية للشركة

الطاقة الإنتاجية للشركة 18900 طن سنويا من النوعيات التالية			
الكمية المنتجة [طن]	نوع الورق	قياس العرض [سم]	غرام /متر مربع
6000	كرتون الدوبلكس Duplex Board	240	330-260
4000	كرتون المصنفات Gray Board	260	330-260
4900	ورق الفلوتينغ Fluting Medium	260	130-115
4000	ورق التيست لاينر Test liner	260	200-130
18900 طن			

حيث تستخدم في قطاع الصناعات التحويلية :

صناديق التغليف ، لفافات (كونات) النسيج ، ألواح الخشب المضغوط (الفورميكا – اللدائن) ، علب الحلويات المطبوعة ، أغلفة الدفاتر و الكتب المدرسية ، أطباق الحلويات المستديرة ، الكرتون لأغلفة الكتب المنشورة ، ورق تغليف الحمضيات.

إن قيام الشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية المساهمة المغلقة في تجميع نفايات الورق والكرتون من محافظات القطر العربي السوري وإعادة تدويرها Recycling Paper والتي كانت في السابق تتحلل بالمياه الآسنة في الشوارع أو تحرق في أطراف المدن ، كان له الأثر البالغ في الحفاظ على البيئة من التلوث في المدن ، وهذه الصناعة مصنفة عالمياً من الصناعات البيئية . لكن هذا لا يعني أن هذه الصناعة نظيفة بيئياً إذ أن مخلفات مياه الصرف كفيلة لوحدها /إن لم تتم معالجتها/ بنسف كل الفوائد البيئية التي حققتها هذه الشركة ، وللأسف هذا ما حصل مع الشركة حتى الآن ، الأمر الذي دعاها إلى التفكير جدياً بإنشاء محطة معالجة لمياه الصرف الناتجة . وهو ما سنأتي على ذكره لاحقاً .

2 – 2 – موقع الشركة :

تشاد مثل هذه المشاريع عالمياً على أطراف المدن لسهولة وصول نفايات الورق والكرتون إلى المصنع ، والمشروع قائم على العقار الموصوف بالمحضر رقم /421/ من المنطقة العقارية "خان العسل" بموجب قرار السيد محافظ حلب رقم /933/ تاريخ 1995/7/6 ضمن التجمع الصناعي الذي يضم حوالي ثلاثين مصنعاً في المنطقة المذكورة وأقرب تجمع سكاني يبعد عن موقع الشركة مسافة تزيد عن /2000/ متر .

2 – 3 – مستلزمات الإنتاج :

تحتاج الشركة يومياً إلى المواد التالية :

) **النفايات الورقية** : يلزم الشركة /75 – 100/ طن يومياً من النفايات الورقية حسب متطلبات الإدارة الفنية للشركة يتم تجميعها و توريدها من المراكز الموزعة في محافظات القطر ، وهي متوفرة بشكل دائم .

) **المياه** : يسحب يومياً /200 – 240/ متراً مكعباً من مياه البئر المحفور في أرض المنشأة الصناعية حسب متطلبات الإدارة الفنية للشركة العربية ، ويبلغ عمق البئر / 300/ متراً ، والمنسوب الستاتيكي للمياه / 195/ متراً ، أما منسوب المياه الديناميكي فيبلغ/212/ متراً وتضخ المياه من البئر بواسطة مضخة أنزلت إلى عمق / 235/ متراً ، ويصل تدفقها إلى أكثر من /40/ $م^3$/سا .

لقد حللت هذه المياه في جامعة حلب كلية العلوم – وحدة العمل المهني – وكانت نتائج التحليل كما هي موضحة في الجدول (6) .

وتجمع المياه المضخوخة من البئر في خزان معدني موجود فوق سطح الأرض الطبيعية ، وتبلغ سعة هذا الخزان / 60/ متراً مكعباً ، ويتم استخدام هذه المياه في خطوط الإنتاج :

- ❖ لتأمين البخار .
- ❖ لغسيل أدوات تجفيف الورق (مصافي العصر ، شبك الطاولة) .
- ❖ أحياناً لعجن النفايات الورقية ، إذا دعت الضرورة إلى ذلك .

) **الكهرباء** : يتم تأمين الكهرباء من الشبكة العامة باستطاعة /6.3/ ميغاوات .

) **مواد مساعدة** : أغلب المواد المساعدة متوفرة محلياً ، وجزء قليل يتم استيراده ، ولا تشكل المواد المساعدة مع النشاء سوى /9%/ من مستلزمات الإنتاج ، حيث تم توصيفها في الجدول (7) :

الجدول (6) تحليل عينة من مياه البئر– جامعة حلب – كلية العلوم

	المكونات	التركيز ملغ/ل
1	اللون	عديمة اللون
2	الرائحة	عديمة الرائحة
3	الرواسب والمواد المعلقة	346
4	الـ PH	7.70
5	الناقلية الكهربائية EC (ميكروسيمنس/سم)	702
6	القساوة الكلية ، درجة فرنسية	31.5
7	القساوة المؤقتة ، درجة فرنسية	19.1
8	القساوة الدائمة ، درجة فرنسية	12.4
9	نسبة الكالسيوم Ca	104
10	نسبة المغنيزيوم Mg	13.2
11	الحديد Fe	0.029
12	المنغنيز Mn	0.018
13	النحاس Cu	0.023
14	الزنك Zn	0.81
15	الكلور Cl	44.4
16	الكبريتات So_4	184
17	القلوية الكلية	240
18	البيكربونات	233
19	النترات No_3	49
20	النتريت No_2	لا يوجد
21	الـ COD	0.49
22	الملوثات السامة (As,Pb,Hg,Cd,Cr,Cn)	لا يوجد
23	التعداد العام للجراثيم خلية /غرام	50 – 40
24	تعداد الكولونيات خلية/100 غرام	لا يوجد
25	تعداد الفطريات خلية/غرام	لا يوجد
26	تعداد الطفيليات خلية/غرام	لا يوجد

الجدول (7) المواد الأولية والمساعدة المستخدمة سنوياً

تسلسل	اسم المادة	تركيز الضخ ٪	الكمية / طن
1	نفايات ورقية	----------	22000
2	مرطبات مصافي(فلاتر)	----------	3.42
3	سلفات الألمنيوم	%7	850
4	نشاء صناعي	%2	375
5	أصبغة	%0.2	85
6	مواد مضادة للصدأ	%0.02	1.36
7	حمض كلور الماء	%3	64.8
8	كوستيك صودا	%4	45.3
9	مشكل ندف	%0.05	2.052
10	مضاد رغوي	%0.05	19.2
11	شريط لاصق	----------	39
12	تغليف	----------	67.5
13	عامل نضح الماء	%0.1	84
14	ريزينات تحلية مياه المرجل	----------	45
15	ريزين قلفوني	----------	273.6
16	مبيض ضوئي	----------	40
17	هيدروجين بيروكسيد	----------	40

2-4- الوصف الفني لمعمل إعادة تصنيع الورق:

يشمل العمل في المنشأة الصناعية المراحل التكنولوجية المبينة على المخطط التكنولوجي في الصفحة التالية . حيث يبين الشكل (1) توزع صالات العمل ومستودعات قطع الغيار ، وتجدر الإشارة هنا إلى وحسب أقوال الشركة أنه وحتى تاريخه لم تتلق الشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية الموافقة من الجهة الوصائية لبناء مستودعاتها المستقبلية والتي أصبحت ملحة ، وهي مستودعات تخزين المنتج ، صالات توسع خط الإنتاج ومبنى الإدارة .

2-4-1 : وحدة إستقبال النفايات الورقية ومتمماتها:

ترد النفايات الورقية والكرتونية بمختلف أنواعها من كافة محافظات القطر ، إما على شكل بالات مكبوسة وهذه مصدرها الشركات المتعاملة بمنتجات الورق، أو على شكل دوكمه غير مكبوسة ومصدرها من المجهزين بكافة المستويات ، ومن يعمل على تجميعها من المحافظات وجلبها على شكل دفعات .

توضع جميع النفايات غير المكبوسة في ساحة مصنفة إلى ثلاث مواقع منها :

- صناديق كرافت مختلفة مع ألواح كرافت .
- المحاور المخروطية (الكونات) ومصدرها معامل النسيج.
- اللمامة وهي خليط من القصاصات الورقية والمجلات والجرائد وغيرها.

يتم السحب من المناطق الثلاث المذكورة أعلاه حسب نوعية المنتج النهائي المطلوب على الآلة بواسطة جرارين متوفرين في الساحة ، وتوضع النفايات على سيور ناقلة يتم فيها إخراج وعزل الشوائب سواءً أكانت قطعاً ثقيلة أو كبيرة أو خيوطاً أو حزماً بلاستيكية أو أكياس نايلون ، ويتم ذلك يدوياً من قبل عمال ، كما أن السير يعمل كهربائياً من خلا محرك وعلبة سرعة، ويمكنه التحرك إلى الأمام أ الخلف حسب متطلبات العمل.

2-4-2 : وحدة عجن النفايات الورقية وتنظيفها وعزل الشوائب وتجميعها:

بعد عزل الشوائب في بادئ الأمر على السيور الناقلة يتم نقل النفايات ووضعها في حوضي عجن يختص كل منهما بنوع ومنتج معين .

وعملية عجن النفايات تتم من خلال إضافة ماء قادم من حوض تطويف المياه المستعملة و المسترجعة ، أو من خلال الدارة المغلقة ، وكل عجنة واحدة تستغرق بحدود (20) دقيقة .

بعدها تبدأ مرحلة التنقية بأن تضخ العجينة إلى منتقيات الطرد المركزي من أجل إزالة الرمال والأجزاء الصلبة العالقة حيث تبدأ بعدها مرحلة هامة ، وهي إزالة الشوائب البلاستيكية و الأجزاء الخفيفة مثل الخيوط والستايربور في جهاز خاص مصمم لهذا الغرض ، أطلق عليه اسم التربو المنقي .

وهنا تجدر الإشارة إلى أن الألياف السيللوزية في الطبيعة تكون ذات نوعين مصنفين على أساس الطول ، أحدهما ألياف طويلة ، والأخرى ألياف قصيرة ، وفي هذه المرحلة من عملية تنظيف العجينة يتم ضخها إلى جهاز من أجل فرز الألياف السيللوزية وتصنيفها إلى طويلة وأخرى قصيرة ، تجمع كل منها في خزان (حوض) خاص بها .

إن الألياف الطويلة تمر بمرحلة طحن خاصة من خلال نقاشات خاصة ، تقوم بقطع وتنقيش الألياف ، ليتم مزجها مع الألياف الواردة من خزان الألياف القصيرة ، وتمديدها وضخها إلى مرحلة تنقية أخيرة من خلال منقيات تعمل بالطرد المركزي ، وبعدها إلى خزان الآلة .

2-4-3: وحدة التشكيل:

هذه الوحدة تتكون بالأساس من شبك طاولة تطرح عليه العجينة بعد إضافة المواد المساعدة لها من فتحات في صندوق الرأس ، وهو الأساس لتحديد تشكيل الورق ، حيث يتم التخلص من المياه بطريقتين :

- الأولى بالثقالة تزيد من فاعليتها حواجز يمر عليها الشبك .
- الثانية بطريقة الانفراغ ، ويتم في هذه المرحلة سحب جزء كبير من رطوبة العجينة الممددة عن طريق انفراغ يولد أسفلها .

وينتج عن هذه المرحلة أبخرة وغازات وماء ، يذهب الهواء المسحوب خارج صالة المعمل ، أما المياه فتذهب إلى الدارة المغلقة ، ثم يمرر الشبك على دوائر متتالية تستخدم المياه النظيفة ، وبضغوط مختلفة من أجل إبقاء الشبك نظيفاً بشكل مستمر ، وعدم السماح بانسداد مساماته .

2-4-4 : وحدة العصر والتجفيف :

تتكون هذه المرحلة من دورتي عصر :

- الأولى ، في العصارة الأولى ، والتي تتكون من اسطوانتي عصر ، يتم التخلص فيها من نسبة معينة من الماء .
- والثانية ، تتكون أيضا من اسطوانتي عصر مغلفة بالمطاط ، وذات طاقة أعلى من الأولى في إمكانية التخلص من نسبة معينة من المياه في العجينة .

بعدها تمرر إلى مرحلة هامة وهي تجفيف الورق ، وتتكون من عدة اسطوانات تجفيف تعمل بالبخار الذي يمر داخلها ، والورق يمرر على سطحها ، وهناك مرشحات في هذه المرحلة تعمل على زيادة تماس الورق بسطح الاسطوانات مما ينتج زيادة في عملية التبخير والتخلص من الرطوبة ، حيث تصل نسبة هذه الرطوبة في نهاية المرحلة إلى حدود 6% ، يتم لف الورق على لفافات خاصة تكون أوزانها متراوحة بين 4 إلى 5 طن .

2-4-5 : وحدة التلميع والصقل :

إن وحدة التلميع تعمل بإضافة النشاء المطبوخ إلى سطح الورق لإعطائه نعومة وقوة انفجار لتحسين المواصفات الفيزيائية للورق بشكل عام ، ويتكون من اسطوانتين مغلفتين بالمطاط بسمك حوالي 20 مم ، يمر الورق من خلالهما ، ويزداد استهلاك النشاء بزيادة الضغط على الاسطوانتين .

ومن أجل إعطاء تجانس للورق وتقليل سماكته يتم إمرار الورق في اسطوانات عمودية ذات أوزان عالية وضغوط مختلفة محورية تعمل على صقل وجه الورق من الجهتين .

2-4-6 : وحدة تحضير وطبخ النشاء :

هذه الوحدة متخصصة بطبخ النشاء الوارد إلى المصنع على شكل بودرة من خلال استخدام البخار ، وبعملية فيزيائية يتم ضخه مع العجينة من أجل تحسين مواصفات الورق ، وتقدر كمية استهلاكه بحدود 2% من المواد الأولية .

2-5- الوحدات المساعدة في العمل :

2-5-1 : وحدة توليد الهواء المضغوط :

تؤمن محطة توليد الهواء المضغوط الهواء للمعمل من خلال ضاغطتين دوارتين ، طاقة كل منهما خمسة أمتار مكعبة بالدقيقة ، وبضغط 7 بار موضوعة في حجرة معزولة ، يوجد فيها لوائح توجيهية وتحذيرية "مطابقة" لمتطلبات السلامة ، كما توجد أجهزة إنذار صوتي وضوئي في غرفة التحكم ، تعمل عند انخفاض الضغط إلى 4.5 بار .

2-5-2 : محطة معالجة المياه الصناعية ومتمماتها :

إن النسبة العظمى من المياه الصناعية المطروحة يجري إعادة تدويرها من خلال دارة مغلقة ، وهي تشكل أكثر من 70 % من كمية المياه المطروحة ، وكون طبيعة المنتج وطبيعة مياه الصرف الصناعي تحوي أليافاً سيللوزية لها قيمة اقتصادية ، يتم اصطياد الألياف السيللوزية ويعاد استعمالها ، وتتم هذه على مرحلتين :

أ -منظومة التنقية (كروفتا Krofta) : وهي عبارة عن محطة متكاملة لتصفية المياه الصناعية ، يعتمد العمل فيها على مبدأ التطويف مع مواد مخثرة (كبريتات الألمنيوم) حيث تطفو الألياف ، وتسحب مع جزء من الماء إلى خزان العجينة الأرضي لإعادة استعمالها ، أما المياه المصفاة فترسل إلى حوض التجميع حيث تسحب بعدها إلى المرحلة التالية من التصفية .

ب – **عملية التصفية الناعمة (Cylinder Mesh)** : المياه التي ترد من منظومة التنقية يتم إمرارها على مصفيات (فلاتر) دوارة ، ذات شبك ناعم ، حيث تخرج المياه بشكل صافٍ لتخزن في خزان مياه المعالجة الذي يغذي المصنع ، ولأكثر من موقع منها عجانات الورق ، رشاشات (دواش) الغسيل ، رشاشات (دواش) تنظيف الفلاتر ..... إلخ .

ت – **وحدة تحلية المياه** : تحتوي الوحدة على ثلاثة أعمدة تبادل أيوني نوع نوبل Nobel تخضع لعملية تنشيط بعد كل إنتاج لـــ 20 متراً مكعباً ماءً مزال العسرة ، وتقدم المياه مزالة العسرة إلى المرجل الذي يعوض الفاقد في دارته من الماء الخارج من وحدة التحلية ، ويستعمل ملح كلورايد الصوديوم لتنشيط الرزينات ، والسائل الناتج عن عملية التنشيط المحتوي على تركيز عالي من الكلورايد يطرح في مياه الصرف الصناعي . يتم متابعة وحدة التحلية بشكل مستمر ، حيث يتم فحص المياه الناتجة كل نصف ساعة للتأكد من صلاحيتها وعدم الاكتفاء بالعمل الآلي (الأوتوماتيكي) لأعمدة التبادل الأيوني ، كما يتم فحص مياه المرجل بشكل مستمر للتأكد من العسرة ونسبة الأوكسجين في المياه وعدم السماح بترسيب الأملاح داخل المرجل وبالتالي تقليل كفاءته .

ث – **وحدة معالجة مياه الصرف الصناعي**: إن المياه الملوثة التي تصرفها الشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية ، تحتم عليها عملية المعالجة وبناءً عليه وقعت الشركة عقداً مع شركة Envirotek التركية المختصة بدراسة وإنشاء وتنفيذ محطة معالجة لمياه الصرف الصناعي المطروحة من الشركة . وبذلك سيكون تحقيق المواصفة السورية رقم /2580/ تاريخ 2002/2/12 الصادرة عن وزارة الصناعة والتي بموجبها يسمح لمياه الصرف الصناعي الفائضة أن تطرح في المجرور العام ، أو لسقاية الأحراش في المنطقة .

الجدول (8) المواصفة رقم 2580 الخاصة بالمخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الإقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف الصحي

تسلسل	المكونات	الرمز		التركيز ملغ/ل
1	درجة الحرارة	T	درجة سيليسيوس	
2	الرقم الهيدروجيني	PH	6.5 - 9.5	
3	المواد الصلبة القابلة للترسيب	S.S		10
4	مجموع المواد العالقة	T.S.S		500
5	الكبريتيد	S		2
6	الكبريتات	SO_4		1000
7	الأمونيا / الأمونيوم	NH4-N/NH3-N		100
8	الفوسفات	PO_4		20
9	الزيوت والشحوم والمواد الراتنجية	----------		100
10	الزيوت والشحوم المعدنية	----------		10
11	الباريوم	Ba		3.0
12	البورون	B		10
13	الكاديوم	Cd		0.1
14	الكروم السداسي	Cr		0.1
15	الكروم الكلي	Cr		2.0
16	النحاس	Cu		1.0
17	الرصاص	Pb		1.0
18	الزئبق	Hg		0.01
19	النيكل	Ni		2.0
20	السيلينيوم	Se		1.0
21	الفضة	Ag		1.0
22	التوتياء	Zn		4.0
23	السيانيد	CN		0.5
24	الزرنيخ	As		0.1
25	مركبات الفينول	----------		2.0
26	الاحتياج الكيمياحيوي للأوكسجين	BOD		800
27	الاحتياج الكيميائي للأوكسجين	COD		1600
28	الأملاح الكلية المنحلة	T.D.S		2000
29	الكلورايد	CL		600
30	الفلورايد	F		8.0
31	المبيدات	----------		0.005
32	المنظفات	ABS		5
33	المركبات العضوية الهالوجينية	AOX		0.1

2-5-3: محطة توليد البخار:

تعتبر هذه المحطة من المراكز الرئيسية في المعمل حيث تغذي المصنع بالبخار اللازم لعملية تجفيف الورق بعد تشكيله من خلال مرجلين بخاريين .

أ - **المرجل الأساسي** : هو مرجل من صنع إيطالي ينتج البخار المشبع بضغط / 12/ بار وطاقة / 12/ طـــن بخار/ساعة والاستطاعة /9.98/ كيلو واط ، ويستخدم المرجل الحراق ، ويعمل بوقود الفيول بمعدل استهلاك يومي /11 – 13 / طـــن /يوم ، وتدفق الغازات الناتجة عن الاحتراق يكون بمعدل /5 – 6/ متر مكعب /ثانية ، والمرجل مصمم للعمل بشكل آلي (أوتوماتيكي) كامل مما يسهل عملية السيطرة على نسبة الهواء إلى الوقود، وبالتالي المحافظة الكاملة على نسب الاحتراق وتكاملها .

ب -**المرجل الاحتياطي** : وهو من صنع سوري ، ينتج البخار المشبع بطاقة / 8/ طـــن بخار /ساعة وبضغط أعظمي /10/ بار ، و الحراق المستخدم من نوع (Landis Sgyr) ، ويستخدم الفيول في عملية الحرق بكمية تتراوح بين 10 – 11 طـــن /يوم ، ومنظم لإنجاز عملية الاحتراق ، وبأقل نسبة من الغازات المطروحة للجو.

أما الوقود (الفيول) فيتم خزنه في خزانات كتيمة ذات سعات تخزين لكمية / 650/ طـــن ولكون طبيعة وقود الفيول ذات لزوجة عالية يتم تسخينه لمنع تكديسه في الأنابيب ، ومن ثم انسدادها ، مما يضمن عملية تدفق الوقود في هذه الأنابيب وبخاصة في فصل الشتاء البارد .

في المراجل المذكورة سابقاً يتم التحقق والمراقبة لمجموعة البخار وإجراء القياسات الضرورية لمستوى الماء داخل المرجل عن طريق مسابر الأمان المتصلة بأدوات إنذار ضوئي وصوتي ، وفي حالة وجود خلل يحصل توقف آلي للمرجل كما توجد أجهزة للتنبيه الصوتي والضوئي عند وجود ضغوط زائدة منها ما تعمل بالكهرباء وتعطي إنذاراً ثم توقف المعمل عن العمل ، وأخرى تعمل آلياً بشكل تلقائي لتفريغ البخار الزائد عن الحاجة مما ينتج عنه انخفاض الضغط داخل المرجل .

2-5-4: المخبر:

إن وجود المخبر في المنشأة الصناعية يسمح بتدقيق جودة العمل ، وتخفيف التلوث ، وذلك عن طريق التدقيق في نسب المواد المضافة من ماء ومواد مساعدة وغيرها . و يوجد في الشركة مخبر متكامل يقوم بالخدمات التالية :

أ. فحص الورق والكرتون مخبرياً للتأكد من مطابقته للمواصفات العالمية المحددة لكل نوع فيما يخص الوزن ، والسماكة ، والانفجار ، والشد الطولي والشد العرضي ، والمتانة والانسحاق الحلقي والقرصي ، كما يتم أيضاً تحديد مواصفات وجودة الورق المنتج .

ب. فحص المواد الكيماوية الواردة إلى الشركة للتأكد من سلامتها ومطابقتها للمطلوب .

ج . فحص عينات المياه من كافة مواقع الشركة وذلك عن طريق أجهزة خاصة لتحديد مواصفات مياه البئر ، المياه الداخلة إلى الحلايات ، مياه الدارة المغلقة ، وكذلك مياه الصرف الصحي والصناعي .

د . في المخبر توجد أجهزة خاصة لتحديد مواصفات العجينة ، ومتابعة تحضير المواد المساعدة وتحديد الكميات المطلوب ضخها من خلال التجارب التي تتم في المخبر .

هـ . يوجد في المخبر أفران تجفيف كهربائية .

2-5-5: محطة تجهيز الكهرباء:

قامت الشركة العربية بتأمين الكهرباء للمصنع عن طريق المؤسسة العامة للكهرباء بموجب عقد موقع أصولاً

مع المؤسسة ، حيث دفعت كما تقول تكاليف محولة موضوعة في محطة أكاديمية الأسد العسكرية ، استطاعتها /6.3/ ميغاوات تعمل على توتر /66/كيلو فولت من الربط الحلقي للقطر ومزود بمخرج / 20/ كيلو فولت متجه نحو المصنع بكابل هوائي لتغذية أربع محولات ضمن أربعة مراكز ، ثلاث منها استطاعتها / 1600/ كيلو فولت أمبير والرابعة استطاعتها /200/ كيلو فولت أمبير .

2-6- مياه الصرف :

تعتبر المياه المادة الأولية الثانية في عملية الإنتاج ، وتدخل في جميع مراحل العمل تقريباً ، وللتقليل من استهلاك المياه في المعمل يتم تدوير نسبة مهمة من مياه الصرف الناتجة بعد معالجتها كيميائياً ، وإزالة الألياف والندف المتشكلة بالتطويف ، وتسحب الألياف من المياه للاستفادة منها أيضاً ، ويعاد تدوير المياه المستعملة في العملية الإنتاجية في الشركة العربية مرات عديدة بفضل الدورة المغلقة للمياه ، وذلك بعد معالجتها فيزيوكيميائياً ، أما مياه الصرف التي لا تكفي معالجتها فيزيوكيميائياً لإعادة تدويرها ، المجمعة حالياً في أحواض كتيمة ، والتي تبلغ كميتها الوسطية حسب معطيات الإدارة الفنية للشركة العربية 200متراً مكعباً /يومياً . والمواصفات المتوسطة لمياه الصرف المجمعة في الأحواض الكتيمة مبينة في الجدول التالي :

الجدول (9) نتائج تحاليل عينة من مياه الصرف المجمعة في الخزانات الكتيمة (حسب مصادر الشركة)

-----	المكونات	التركيز ملغ/ل
1	المواد الصلبة الكلية TS	5966
2	المواد الصلبة المعلقة TSS	568
3	المواد الصلبة المنحلة TDS	5398
4	الطلب الكيميائي للأوكسجين COD	5800
5	القلوية الكلية HCo_3 (ملغ /ل ؟ $Caco_3$)	850
6	الناقلية الكهربائية EC (ميكروسيمنس/سم)	5480
7	المواد الراسبة بعد /30/ دقيقة (مل/ليتر)	4
8	التركيز الهيدروجيني PH	6.77
9	النحاس Cu	1.8
10	الكلورايد Cl	1200
11	الأمونيوم NH_4	7.8
12	الحديد Fe	0.37
13	الكالسيوم Ca	500
14	كبريت الهيدروجين H_2S	3.7
15	الكبريتات SO_4	440
16	الطلب البيوكيميائي للأوكسجين BOD	1250
17	النترات NO_3	60.3
18	النتريت NO_2	0.32
19	الفوسفات PO_4	1.93
20	الألمنيوم AL	1.2
21	المواد الصلبة المتطايرة	1890
22	المواد الصلبة المعدنية	4076

كما أنه متاح لأي جهة الاطلاع والتأكد من صحة وسلامة الفحوصات والتحاليل . هذه المياه المجمعة في الأحواض الكتيمة تُضخ حالياً بواسطة صهاريج من قبل الشركة العربية وتطرح في شبكة المجاري العامة ، عن طريق حفر التفتيش التي حددتها الشركة العامة للصرف الصحي في حلب .

2-6-1: مواقع استعمال المياه:

- مرحلة العجن الأولي (مياه مدورة) .
- التمديد المستمر للعجينة حتى مرحلة مدَ العجينة (مياه مدورة) .
- غسيل الشبك أثناء مدَ العجينة (مياه البئر + مياه مدورة) .
- غسيل الشبك أثناء مدَ العينة (مياه مدورة + مياه معالجة) .
- مياه الحلاية (مياه آبار) .
- دارة التبريد (مياه آبار) .
- مياه التخثير في حوض التطويف (مياه آبار +مياه معالجة) .
- مياه درة تعويض المرجل (مياه آبار) .
- غسيل مختلف أرضيات المعمل (مياه آبار + مياه المعالجة) .
- مياه المغاسل والمراحيض (مياه آبار) .

2-6-2: أنواع الملوثات التي تطرح مع مياه الصرف والتي يتم معالجتها:

- السيللوز المنحل من الورق.
- مواد عضوية واصلة مع النفايات الورقية.
- الأملاح المطروحة مع سائل إعادة تنشيط الحلاية.
- المواد المساعدة.

2-6-3: مصادر مياه الصرف:

- المياه الزائدة من العجن .
- مياه غسيل الأحواض .
- مياه غسيل الشبك .
- مياه إعادة تنشيط الحلايات .
- مياه الكسح للمرجل البخاري .
- المواد المساعدة (كمية قليلة) .

يوجد لمياه لصرف الخاصة بالعملية الصناعية شبكة مستقلة عن مياه المراحيض ، ويتم حالياً التخلص من مياه المراحيض ضمن حفرة فنية، وستجعل هذه الحفرة كتيمة وستنضح مياه الحفرة عن طريق صهريج ، لتطرح بعد ذلك في شبكة المجاري العامة عن طريق حفرة التفتيش التي حددت مواقعها الشركة العامة للصرف الصحي في حلب ، وذلك إلى وقت ربط المجرور العام .

2-7- الملاحظات البيئية التي تم تسجيلها خلال الزيارة الميدانية :

2-7-1: جلب النفايات الورقية إلى موقع المعمل :

- ✓ إن اعتماد المعمل على الكميات الكبيرة من النفايات الورقية والكرتونية كمادة أولية في الإنتاج ، يخفف من نسبة التلوث نتيجة إقلال كمية النفايات المطلوب نقلها وطمرها في المقالب ، وتتحول هذه النفايات إلى مواد مفيدة .
- ✓ إن استرجاع النفايات وإعادة تدويرها هو تحول في الأمان البيئي نحو الأفضل .

2-7-2: تجميع البالات :

- ✓ يتم تجميع البالات في فترات محدودة بسبب استمرارية التوريد اليومي ، وهذا من شأنه أن يمنع حصول أي تخمرات أو إصدار روائح .
- ✓ تصل النفايات إلى المعمل وهي مفروزة حسب نوعيتها (كونات ، كرافت ، ورق أبيض) وقد لاحظنا وجود حواجز في ساحات تحزين النفايات الواصلة التي بدورها تمنع تطاير النفايات .
- ✓ لاحظنا أن تلقيم النفايات ووضعها على السير الناقل يتم بوساطة تراكس دولاب ، وهذا يقلل من الحاجة للأيدي العاملة ، ومع ذلك تنفذ مراقبة مستمرة لإزالة أية مواد غير مرغوب وجودها أكياس النايلون وغيرها .

2-7-3: عجن النفايات الورقية :

- ✓ يتم سحب المواد بواسطة سيور ناقلة آلية إلى حوض العجن ، وكاحتياط أمان يتوقف العمل آلياً في حال حدوث طارئ كهربائي أو ميكانيكي .
- ✓ تتم المراقبة بواسطة المونتير ، وبالنسبة لعملية العجن لم نلاحظ أية روائح أو غازات بتركيزات تؤثر على الجو العام في محيط المعمل .

2-7-4: فصل وإزالة المواد الصلبة غير السيللوزية :

- ✓ تمرر العجينة على عدة مراحل تنقية للتخلص من المواد الثقيلة كالحديد والرمل ، ثم من المواد الخفيفة كالبلاستيك والستايربور ، وتبلغ نسبة هذه المواد بين 0.5 و 1% من كمية منتجات المعمل ، ويتم تجميع هذه النفايات ونقلها يومياً بواسطة آليات كميون قلاب إلى المقلب الوسيط الموجود في منطقة الشيخ سعيد ثم تنقل إلى مقلب تل الضمان المخصص من قبل مجلس مدينة حلب للتخلص من النفايات الصلبة .

2-7-5: إضافة المواد المساعدة :

- ✓ تتم إضافة المواد المساعدة من خلال مضخات خاصة ، ولاحظنا وجود نوعين من الأمان في التعامل مع المواد المساعدة :
  - عدم الهدر في المواد المساعدة بسبب الدقة في عملية الضخ .
  - عدم تعرض العاملين للتماس المباشر مع المواد المساعدة .

2-7-6: المد والتجفيف :

- ✓ تتم عمليات المدّ والتجفيف بشكل آلي ، ولا حاجة لتدخل يد عاملة لأن العمليات تخضع لمراقبة في حجرة مراقبة (كنترول) ، كما أن قسم التجفيف مغلق تماماً ولا يمكن دخوله أثناء العمل .

2-7-7: المد واللف :

- ✓ يتم بشكل آلي مع حماية كاملة للعاملين من خلال احتمال انزلاق البكرات وخروجها من موقعها .

2-7-8: تشغيل ومراقبة المصنع:

- ✓ يتم تشغيل ومراقبة المصنع من حجرة مراقبة مركزية حيث يوجد في هذه الحجرة مجموعة من الإنذارات والمؤشرات التي تراقب بواسطة الحاسوب ، ويمكن التحكم بهذه المؤشرات من حجرة المراقبة والتشغيل .
- ✓ من خلال جولتنا في كافة أقسام المعمل لاحظنا وجود وحدات مراقبة وإنذار في :
  - وحدة تحلية مياه البئر.
  - مراجل البخار.
  - التوصيلات الكهربائية وتجهيز المحولات والمقومات الكهربائية.
- ✓ ويوجد أيضاً حساسات وناقلات إشارة من مختلف المعدات ، وهذه الحساسات مرتبطة بالحاسب على المونتير، كما يوجد حماية لـــ :
  - حمولة زائدة ، صمامات فولت ، أزرار توقف فجائي .
- ✓ وتقوم الصمامات بمراقبة الضغط ، وتنقل إشارة إلى أجهزة إنذار وحاسوب موجود في غرفة المراقبة .

2-7-9: تجهيزات إطفاء الحريق:

- ✓ يوجد في المعمل نظام آلي لإطفاء الحريق ،كما يوجد في المنشأة أجهزة إطفاء بودرة ، وأجهزة CO_2 ، وقد لاحظنا أن أجهزة إطفاء الحريق موزعة في أماكن عديدة من المعمل .
- ✓ كما توجد عدد من منظومات الدفاع المدني والإطفاء لمتابعة كافة أعمال الحريق في حال حدوثها ضمن اتفاق مع الجهات المعنية وتقوم بالمراقبة يومياً .
- ✓ إن تطبيق الصيانة الوقائية في المعمل يساهم في الحفاظ على بيئة عمل مناسبة في المعمل ، ويوجد في المعمل منافذ نجاة ، وكذلك توجد لوائح تنبيه للأماكن التي فيها خطورة .
- ✓ ويتم تجديد الهواء بكفاءة جيدة في صالة العمل حيث وجدنا 20 مروحة توربين في صالة العمل ، لتجديد الهواء بفعالية ضمن هذه الصالة ، تسع عشرة مروحة توربين استطاعة الواحدة 8000 متر مكعب/ساعة ، واستطاعة الأخيرة 16000 مترمكعب/ساعة ، كما يتم في فصل الشتاء ضخ هواء تدفئة قادم من المبادل الحراري ، ويضخ الهواء مباشرة في الصالة ، ويتم أيضا سحب الهواء الرطب بشكل مستمر عن طريق (فاكيوم) ويسهم هذا في تحسين جو بيئة العمل .
- ✓ كما توجد حواجز لحماية العاملين، ويوجد مراقبة طبية للعاملين في الشركة من خلال التعاقد مع أطباء مختصين لإجراء كشوفات دورية .

2-7-10: الضجيج:

- ✓ يصدر الضجيج عن المضخات والفرازات والمحركات المستعملة وتبلغ شدة الضجيج في صالة العمل بين 80 و90 ديسيبل لذلك يتم توعية العمال الموجودين قي صالة العمل بضرورة وضع واقيات للأذنين بشكل مستمر مع وجود تعاميم بهذا الخصوص ، والإدارة متشددة حول هذا الموضوع لأهميته – كما تقول – . لكن مع ذلك لاحظنا مخالفات من قبل العمال .
- ✓ أما في حجرة محركات الفاكيوم ، وحجرة الحراقات (الشوديرات) فإن شدة الضجيج تزيد على 95 ديسيبل ، وهذه الحجرات معزولة عن صالة العمل ، والعامل الفني الذي يتابع هذه المعدات يضع واقيات للأذنين .

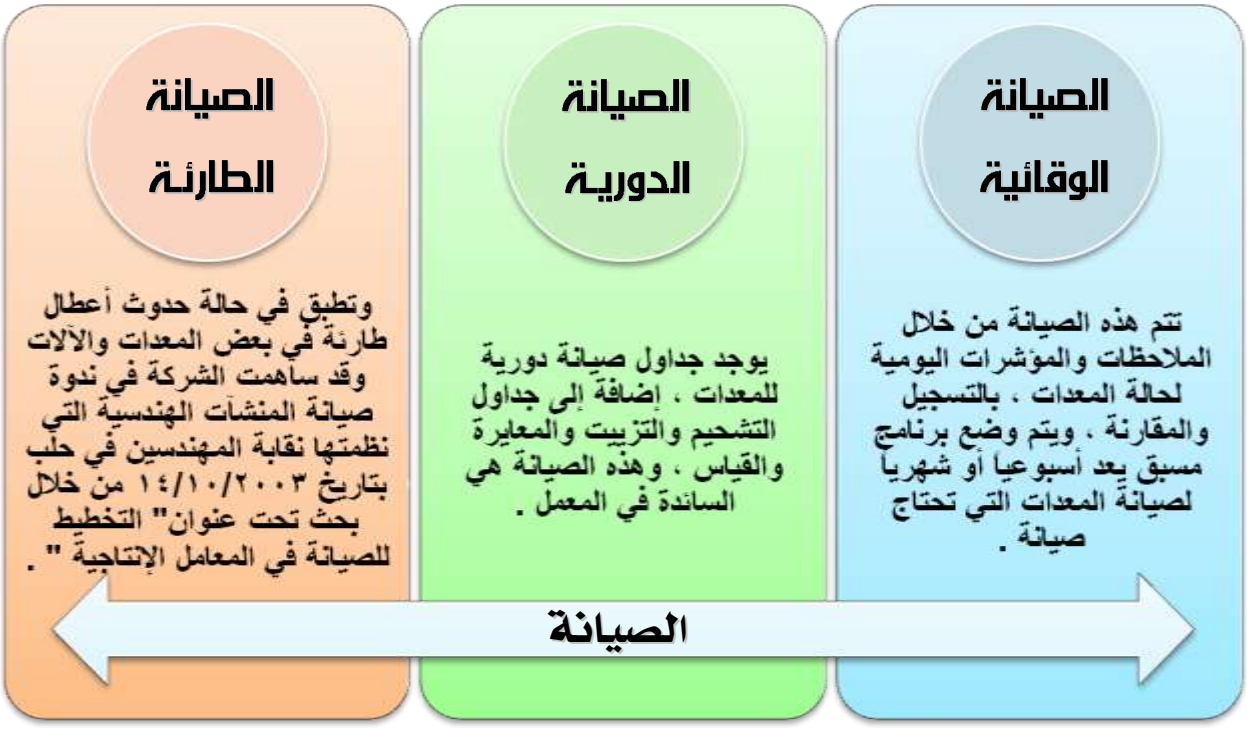
- ✓ وبالنسبة لشدة الضجيج في البيئة المحيطة بالمنشأة خارج السور فهي مقبولة أقل من 60 ديسيبيل .

2-7-11: المستودعات :

- ✓ يوجد نوعان من المستودعات ، الأول لتخزين قطع التبديل والمواد المساعدة ، والثاني لتخزين المنتجات وهو موجود في الساحة أمام طرف المبنى الغربي ، حيث يوضع المنتج في العراء ويغطى بخيام (بجوادر) بانتظار تحميله إلى الشاحنات وترحيله.
- ✓ يقع مستودع القطع والمواد في الجهة الجنوبية الغربية من المنشأة وأبعاد هذا المستودع 15×20متر ، وارتفاع السقف 6 أمتار ، وتوضع فيه قطع التبديل الجديدة ، والمستعملة التي يمكن الإفادة منها ، كما توضع فيه المواد المساعدة مثل النشاء ، وكبريتات الألمنيوم ، والأصبغة ، وقد لاحظنا أن جميع عبوات المواد الكيماوية تُرفع عن الأرض بوساطة قواعد خشبية خاصة ومعزولة عن بعضها ، ويوجد في هذا المستودع معدات إطفاء حريق كبيرة وصغيرة ، ويمكن دخول سيارات وشوكة لترتيب البضائع داخل المستودع قد لاحظنا أيضاً أن المستودع مهوى بشكل جيد .
- ✓ وقد رأينا طاقم العمل في المستودعات يعمل بوساطة الحاسوب للسيطرة على الموجودات وتحديد كميات الحد الأعلى و الأدنى لتنظيم طلبات الشراء بشكل دوري وتوفير متطلبات الإنتاج .
- ✓ يتم تجميع جزء من المنتجات داخل الصالة الرئيسية للمصنع ، كما يجمع جزء آخر من المنتجات في الساحة أمام طرف المبنى الغربي ، حيث تُصف البكرات ، وتغطى بخيم ، بانتظار تحميلها إلى الشاحنات .

2-8- الصيانة في المعمل:

إن عدد أيام العمل الفعلية في المعمل 300 يوم ، وباقي أيام السنة تخصص لصيانة آلات وأجهزة المعمل ، ويطبق في الشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية ثلاثة أشكال للصيانة :



الشكل (3) أنواع الصيانة في الشركة وترابطها ببعضها البعض

2-9- الفضلات الصلبة الناتجة عن المعمل :

تنتج الفضلات الصلبة في الشركة العربية عن إزالة الشوائب من النفايات الورقية الواصلة للمعمل وتتكون الفضلات الصلبة بشكل أساسي من شرطات اللصق البلاستيكية وأوراق السلوفان وحبيبات الستريوبور، وخيوط ، وقطع حديد صغيرة ، وبعض الأسلاك المعدنية . وتجمع هذه الفضلات خارج صالة العمل وتنقل يوميا إلى مقلب النفايات الصلبة في منطقة تل الضمان ، وذلك بموافقة مجلس مدينة حلب ، وتقدر كمية النفايات هذه يومياً بحدود 5-8 طن/يوم فيها 1طن مواد صلبة والباقي مياه عجينة سيللوزية ، أما المواد الصلبة فتكون حسب النسب التالية :

- بلاستيك 0.2%
- سلوفان 0.1%
- حديد 0.1%
- رمل 0.5%

وهذه النسب أعلاه مقاسة بكميات النفايات الداخلة في التصنيع وعلى اعتبار أعلى كمية استهلاك للنفايات بحدود 75طن/يوم ، تكون الكميات المطروحة كالتالي :

- بلاستيك 234 كغ
- سلوفان 117 كغ
- حديد 117 كغ
- رمل 585 كغ

المجموع:1053 كغ/يوم

2-10- معدات حماية العاملين :

يتم توزيع المعدات التالية على العمال ، وهي :

1) ألبسة موزعة بألوان موحدة وأحذية خاصة ، وتحدد الألوان حسب القسم في المصنع .
2) واقيات للأذنين للحماية من الضجيج .
3) قبعات واقية لحماية الرأس من الصدمات .
4) كفوف مطاطية .
5) معاطف .
6) حمامات .
7) تؤمن على العاملين بحال وفاة أحدهم بحادث عمل أو طبيعي، ويتقاضى الورثة مبلغ مليون ليرة سورية .

الفصل الثالث : الدراسة التصميمية لمحطة معالجة مياه الصرف

3-1- الدراسة النظرية :

قبل أن نبدأ بتصميم محطة المعالجة اللازمة للشركة لابد أن نأخذ فكرة عن طبيعة المواد الكيماوية المضافة وأنواعها ، فمن خلال ما تم ذكره سابقاً (الفقرة 2-4) عن مصادر مياه الصرف في الشركة العربية والملوثات الموجودة فيها أخذنا فكرة جيدة عن طبيعة مياه الصرف المستخدمة ، لكن ما هي المواد الكيميائية بالتحديد ؟

هذه المواد تشمل فوق أكسيد الهيدروجين ، هيدروكسيد الصوديوم وسيليكات الصوديوم .وبشكل عام يمكن أن نقول أن معدل استهلاك الكيماويات (كغ/طن من الورق المسترجع) يكون كما يلي :

- هيدروكسيد الصوديوم (10-20) .
- سيليكات الصوديوم (20-30) .
- الصابون (5-8) .
- مودرة الدالك (10-15) .
- فوق أكسيد الهيدروجين (5-25) .
- عامل مثبت Chelating agent (2-3) .
- ثنائي إيثيونيت الصوديوم Sodium Dithionite (6-10) .
- حمض الكبريتيك (8-10) .

3-1-1: التأثيرات البيئية والصحية المحتملة لمياه الصرف الناتجة :

1) يتسبب صرف المواد العضوية في استهلاك الأكسجين عن طريق تفاعلات التحلل في المياه المستقبلة . وتؤدي المواد العضوية إلى زيادة نمو البكتريا والطحالب الموجودة في الماء ، وهذه تستهلك الأكسجين المذاب . وتعتمد التأثيرات البيئية على خصائص المياه المستقبلة .
2) يتسبب إلقاء مياه الصرف الملوثة بنسبة عالية من BOD في البحيرات والبحر في سرعة نمو الطحالب ويكون له تأثير على التنوع البيولوجي . كما يتسبب الصرف الفجائي لأحمال عالية من BOD في شبكة المجاري العامة في تأثيرات بيئية غير مباشرة ، حيث يمكن أن تتسبب هذه الأحمال المفاجئة في أعطال لمحطة معالجة مياه الصرف .
3) يرتبط لون المخلفات السائلة بوجود مركبات عضوية ذات وزن جزيئي عال ، مثل مشتقات اللجنين . ويكون التأثير الرئيسي الناتج عن وجود اللون هو تقليل انتقال الضوء في الوسط المائي ، مما يقلل إنتاجية المياه المستقبلة . ويعتمد تأثير تغير اللون في كل حالة بعينها على الإنتاجية الكلية واللون الأصلي للمياه المستقبلة .
4) قد يتسبب صرف مركبات الفوسفور والنتروجين في زيادة مستويات المغذيات nutrients في المياه المستقبلة ، مؤدياً إلى زيادة إنتاج الكتلة الحيوية وزيادة استهلاك الأكسجين . وعادة ما تتأثر مستويات عديدة من النظام البيئي عندما يختل التوازن الغذائي .
5) يؤدي إلقاء زيوت التشحيم المستعملة من الثلاجات والورش في نظام المجاري إلى مشاكل بيئية عديدة .

3-1-2: طرق وأساليب الحد من تلوث مياه الصرف:

3-1-2-1: أساليب التحكم:

يحدث عموما أن المياه التي تمر خلال العمليات الصناعية تصبح ملوثة نتيجة لإضافة العديد من الملوثات . ولذلك فإن إغلاق دوائر المياه وتقليل المياه العذبة الداخلة (وهذا مطبّق في الشركة العربية لصناعة المنتجات الورقية) يؤدي إلى تقليل المياه الواردة إلى محطة المعالجة . وتشمل مبادئ خفض استخدامات المياه العذبة :

1. الإقلال من المتطلبات الأساسية للمحطة .
2. تفادي التداخلات السلبية لإغلاق دوائر المياه .
3. إعادة تدوير المياه وبالذات البيضاء غير المصفاة والمياه البيضاء المروقة المتولدة من نظام Save-all والمياه العذبة الناتجة من تنقية المياه المصفاة.

وبغض النظر عن نوع المعالجة الموجودة ، فلابد أن يتم تقدير احتمالات إعادة تدوير مياه الصرف المعالجة في نظم مغلقة أو شبة مغلقة ،آخذين في الاعتبار العوامل التالية:

- في المصانع الكبيرة ، يمكن إعادة تدوير مياه الصرف إلى المصنع في دائرة ثلاثية tertiary loop للاستخدام في مناطق محددة بعد خلطها بالمياه العذبة . ويسمح هذا الأسلوب بخفض استخدام المياه العذبة .
- استخدام وحدة غشاء أو تبخير يمكن أن يؤدي إلى عدم استخدام وحدة مكافحة تقليدية ، وبعد تغطية كل الاحتياجات الممكنة للمياه العذبة من المياه المعاد تدويرها ، يمكن خلق نظام خالي من الصرف يحتوي على إضافة مياه عذبة تعويضية فقط لموازنة فواقد التبخير.

ومن أجل تعظيم الفائدة من استخدام محطة مياه الصرف، فإنه يجب تطبيق المبادئ العامة التالية على التوالي للتحكم في ملوثات المياه كالتالي :

- يجب خفض استخدامات المياه وإعادة تدوير أو إعادة استخدام مياه الصرف . ولابد من صرف المياه غير الملوثة السطحية التي لا يمكن استخدامها في مسار منفصل .
- لابد من تطبيق أساليب الحد من مخاطر تلوث مياه العمليات والمياه السطحية .
- عموماً ، لابد من فصل مسارات المخلفات السائلة ، حيث يؤدي ذلك إلى كفاءة أعلى في المعالجة .
- لابد من تصميم النظم لضمان وصول جميع المخلفات السائلة لمحطة المعالجة .
- لابد أن تؤخذ في الاعتبار طبيعة المياه المستقبلة بالنسبة للـ BOD .

هذا وتعتمد المياه المنصرفة من المصنع قبل المعالجة على العمليات والكيماويات المستخدمة . وتشمل معالجة مياه الصرف المعالجة الأولية والترسيب والمعالجة البيولوجية . ويمكن تطوير بحيرات التهوية كي تشمل إعادة تدوير الحمأة .

3-1-2-2: المعالجة الأولية:

الهدف من هذه المرحلة هو إزالة الجسيمات الصلبة . وتستخدم لهذا الغرض كل من المرسبات ونظم الطفو بالهواء المذاب في معظم أنواع المصانع . ويمكن أن تنتج نظم الترسيب مياه مصفاة جيدا ولكنها يمكن أن تعاني من صعوبات التشغيل (مثل المواد الصلبة الطافية والروائح الكريهة) ، وبالذات عند معالجة مياه الصرف الدافئة ذات التركيزات العالية . ويتم استخدام وحدات الترسيب ذات السرعة العالية لمعالجة مسارات محددة مثل مياه صرف وحدة الطلاء Coating. ويتم استخدام

المعالجة الأولية بالكيماويات (مثل عديدة الإلكترونيات والمخثرات غير العضوية والبنتونايت) للإسراع بإزالة المواد الصلبة الغروية و/أو زيادة سرعة الترسيب .

3-2-1-3: المعالجة الثانوية:

الهدف من هذه المرحلة هو إزالة أو خفض الـ BOD والـ COD ، والذي يمكن الحصول عليه بالتحلل الفعلي للملوثات أو بالتصاقها مع الحمأة . وتؤدي الثانية أيضا إلى إزالة المواد غير القابلة للتحلل البيولوجي مثل الفلزات الثقيلة . والبدائل الأساسية لذلك هي النظم البيولوجية الهوائية واللاهوائية . وهناك العديد من التصميمات لكل منها . وفي الوحدة الهوائية يتم استخدام الهواء أو الأكسجين أو خليط منهما . ويؤدي استخدام الأكسجين إلى تحسين الأداء والتحكم ، ويمكن تركيبه في الوحدة الموجودة بالمنشأة .

4-2-1-3: المعالجة الثالثية:

يمكن ربط المعالجة الثالثية بالأساليب الحديثة وليس بالتحكم التقليدي في مياه صرف مصانع الورق .

2-3- دراسة أسس التصميم:

1-2-3: التصفية:

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

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

تصنيف المصافي:

يختلف تصنيف المصافي وفقاً لـ :

1. حجم الفتحات (خشنة – متوسطة – ناعمة) .
2. طريقة التركيب (على شكل رفش بمسننات – مصافي قضبانية – مصافي شبكية) .
3. طريقة تنظيف المواد المحجوزة خلف المصفاة (تنظيف بالمشط بطريقة يدوية – تنظيف بالمشط بطريقة آلية – تنظيف بالنافورة المائية)
4. تصنف أيضاً وفقاً لإمكانية حركة سطح المصفاة (ثابت أو متحرك)

منشأة المناخل القضبانية:

لا تخلوا محطات المعالجة بشكل عام من منشأة المناخل القضبانية والتي تتوضع في بداية محطة المعالجة ، وتتكون من قضبان معدنية متوازية ، المقطع العرضي لها دائري أو مغزلي أو مستطيل . تثبت هذه القضبان على إطار معدني وتتوضع في قناة دخول المياه إلى المحطة .

وتعتمد كفاءة عملها على البعد بين قضبان المصفاة :

1. يتم تصفية المواد الناعمة نسبياً من أجل تباعد أقل من 10 mm
2. يتم تصفية المواد المتوسطة من أجل تباعد أقل من 10 - 20 mm
3. يتم تصفية المواد الناعمة نسبياً من أجل تباعد يزيد عن 20 mm

بعد تشغيل المنشأة تعلق المواد بين القضبان مما يقلل من مساحة مقطع الجريان ويؤدي ذلك إلى ارتفاع سرعة جريان الماء عبر المنخل وإلى حدوث ضياعات هيدروليكية تتمثل في ارتفاع منسوب الماء أمام المنخل ، ولتحاشي احتمال ارتفاع الماء إلى حدود غير مقبولة أو اندفاع المواد العالقة إلى الطرف الثاني من المنخل بسبب ازدياد سرعة الجريان وقوة الدفع على هذه المواد لا بد من إزالة هذه المواد ويمكن أن يتم ذلك أوتوماتيكياً باستخدام تجهيزات خاصة أو يدوياً ، ونميّز تبعاً لأسلوب إزالة المواد العالقة بين :

1. المناخل ذات التنظيف اليدوي:

تستخدم في محطات المعالجة الصغيرة والتي لا يمكن استخدام مناخل ذوات تنظيف آلي فيها لارتفاع كلفتها. ونظراً لوجود خطر على صحة العمال الذين يتعاملون مع هذه المنشأة لا ينصح باستخدامها إلا إذا تعذر إيجاد مناخل ذات تنظيف آلي بأبعاد صغيرة .

2. المناخل القضبانية ذات التنظيف الآلي:

وهي المناخل الأكثر استخداماً في محطات المعالجة وخاصة الكبيرة منها .

تتمّ عمليّة إزالة الملوّثات من هذه المناخل بوساطة جهاز تنظيف يعمل آليّاً فعند وصول منسوب الماء أمام المنخل إلى منسوب أعظميّ بسبب تراكم المواد العالقة في المنخل يبدأ جهاز التنظيف بالعمل بوساطة حساس كهربائي موضوع عند المنسوب الأعظمي المسموح للمياه أمام المنخل حيث يعطي إشارة كهربائية إلى المحرّك الذي يقوم بتحريك جهاز التّنظيف من أجل البدء بالعمل، وأثناء ذلك تزال الملوثات تدريجيّاً فينخفض منسوب الماء أمام المنخل ليصل إلى موقع يوجد عنده حسّاس كهربائي آخر يعطي إشارة للمحرك من أجل التوقّف عن العمل، وهذا يعني أنّ عمل جهاز التنظيف دوريّ وليس دائم .

تزوّد منشأة المناخل القضبانيّة بقناة جانبيّة مهمّتها السّماح للمياه بالمرور خارج منشأة المناخل القضبانيّة بحالة الصيانة أو في حالة هطول المطر بشكل غزير وتزوّد هذه القناة الجانبيّة بمنخل مؤلّف من قضبان متوازية التّباعد بينها حوالي 10 cm ويتم تنظيفه يدوياً ويمكن تزويد منشأة المناخل القضبانيّة بآلة لطحن المواد العالقة وتنعيمها وإعادتها إلى مياه الصرف الصحي لمعالجتها معها إذا كنا لا نريد ترحيلها إلى خارج المحطة مع القمامة المنزلية وهناك عدة أنواع من المناخل ذوات التنظيف الآلي نذكر منها :

- **المناخل المائلة :**

تميل القضبان في هذه المناخل عن الأفق بزاوية تتراوح بين (75 - 60) درجة . أما عرض المنخل فيتراوح بين (0.8 - 2.4) m وبتزايد مقداره 0.2 m أو (4.8 - 2.4) وبتزايد مقداره 0.4 m . ويتراوح طول القضبان (2.8 - 0.6) وبتزايد مقداره 0.2 m أما التباعد بين القضبان فهو (15-20-25-40-60-80-100)

- **المناخل ذوات التنظيف المعاكس للتيار :**

يصنع هذا المنخل زاوية قائمة مع الأفق ، ويتم تنظيف هذا النوع من المناخل من الجهة الخلفيّة للمنخل ولذلك تدعى بالمناخل ذوات التنظيف المعاكس للتيار .

يتراوح عرض هذا المنخل بين (0.4 - 4.8) m وبتزايد مقداره 0.2 m

الطول (0.6-1.2)m وبتزايد مقداره 0.2 m

أمّا التّباعد بين القضبان فهو (15-20-25-40-60-80-100)

- **المناخل القوسية :**

تتكون القضبان من أقواس دائريّة متوازية ويتم تنظيفها بوساطة ذراع تنظيف يتحرك دائرياً وتصمم هذه المناخل بالمواصفات التالية :

يبلغ نصف قطر الذراع m (2 - 1.6 - 1.2) ويتراوح عرض المنخل بين m (0.6 – 0.3) وبتزايد مقداره 0.1 m أو (m (2 – 0.6 وبتزايد مقداره 0.2 m

التباعد بين القضبان (80 – 60 – 50 – 40 – 30 – 25 – 20 – 15)

العمق الأعظمي للماء خلف المنخل (1.4 – 1.2 – 1 – 0.8 – 0.6 – 0.4)

المصافي الدقيقة :

المصافي الدقيقة هي ألواح معدنية ذات شقوق أو ثقوب بأبعاد لا تزيد عن 5 mm ولا تستعمل إلا في حالات خاصة منها :

1. تصفية مياه المجاري قبل التخلص منها دون أيّة معالجة تالية .
2. التخفيف عن أحواض الترسيب الابتدائي عندما تكون كمّيّة الموادّ الصلبة الموجودة في مياه المجاري تتجاوز طاقة هذا المرسّب .
3. تخليص المياه الصناعيّة من الشوائب قبل إلقائها في شبكة المجاري .
4. الاستغناء تماماً عن أحواض التّرسيب الابتدائي .

يوضع قبل المصافي الدّقيقة مصفاة عاديّة ذات فتحات بأبعاد أقلّ من 20 mm .

تعمل المصافي الدقيقة بشكل مسطّح (دائري أو مستطيل) قرصي أو بشكل اسطواني ، ويتم تنظيف هذه المصافي بشكل جافّ بوساطة فرشاة خاصّة أو بشكل هيدروليكي بوساطة تيّار مائيّ .

الجدول (10) أنواع المصافي الميكانيكية

سطح المصفاة				
نوع المصفاة	نوع الحبيبات	حجم الفتحات	مادة صنع المصفاة	الاستخدام
مرقد الأعمدة المتوازية (Bar rack)	خشن	0.6 – 1.5	Steel, Stainless steel	معالجة تحضيرية
النوع المائل: الثابت الدوار	متوسط خشن	0.01 – 0.1 2×0.09×0.03	Stainless-steel wedge-wire screen Milled bronze or copper plates	معالجة أولية قبل المعالجة
القرص الدوار	خشن متوسط ناعم	0.1 - 0.2 0.01 – 0.1 6-35 µm	Stainless-steel wedge wire cloth Stainless-steel wedge-wire screen Stainless-steel and polyester screen cloths	معالجة تحضيرية معالجة أولية إزالة المواد الصلبة الثانوية الزائدة
أسطوانة دوارة	متوسط ناعم	0.01 – 0.4 0.001 – 0.02	Stainless-steel Stainless-steel	معالجة أولية معالجة أولية
مصفاة الطرد المركزي	ناعم	0.002 – 0.02	Stainless-steel, polyester and various other fabric screen cloths.	معالجة أولية ومعالجة ثانوية مع تنك الترسيب وإزالة المواد الصلبة العالقة الزائدة

Designed By : A.O

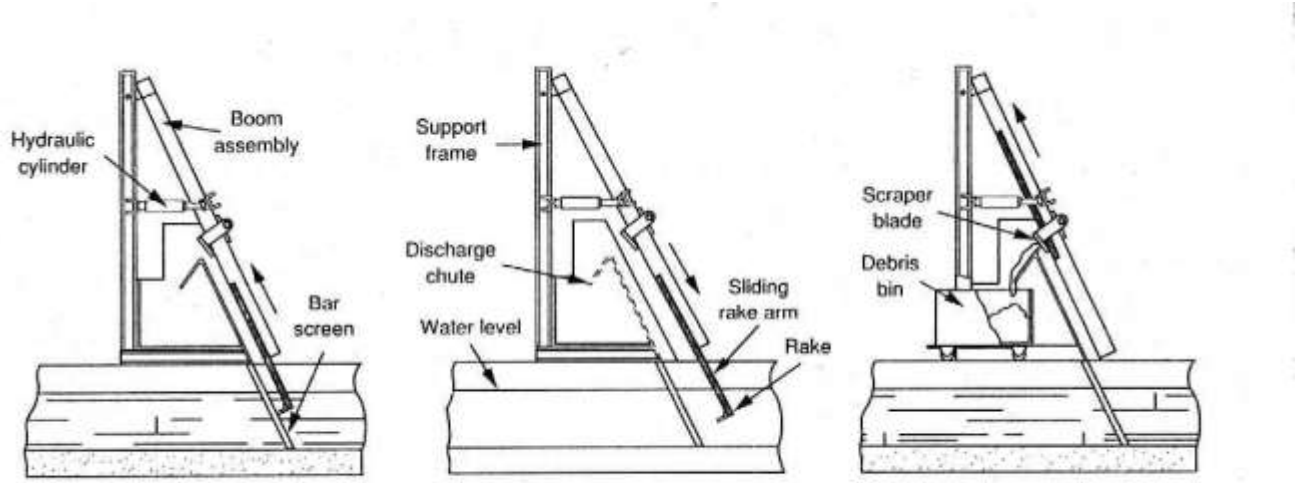


Figure (4): Typical Mechanically Cleaned Bar Rack

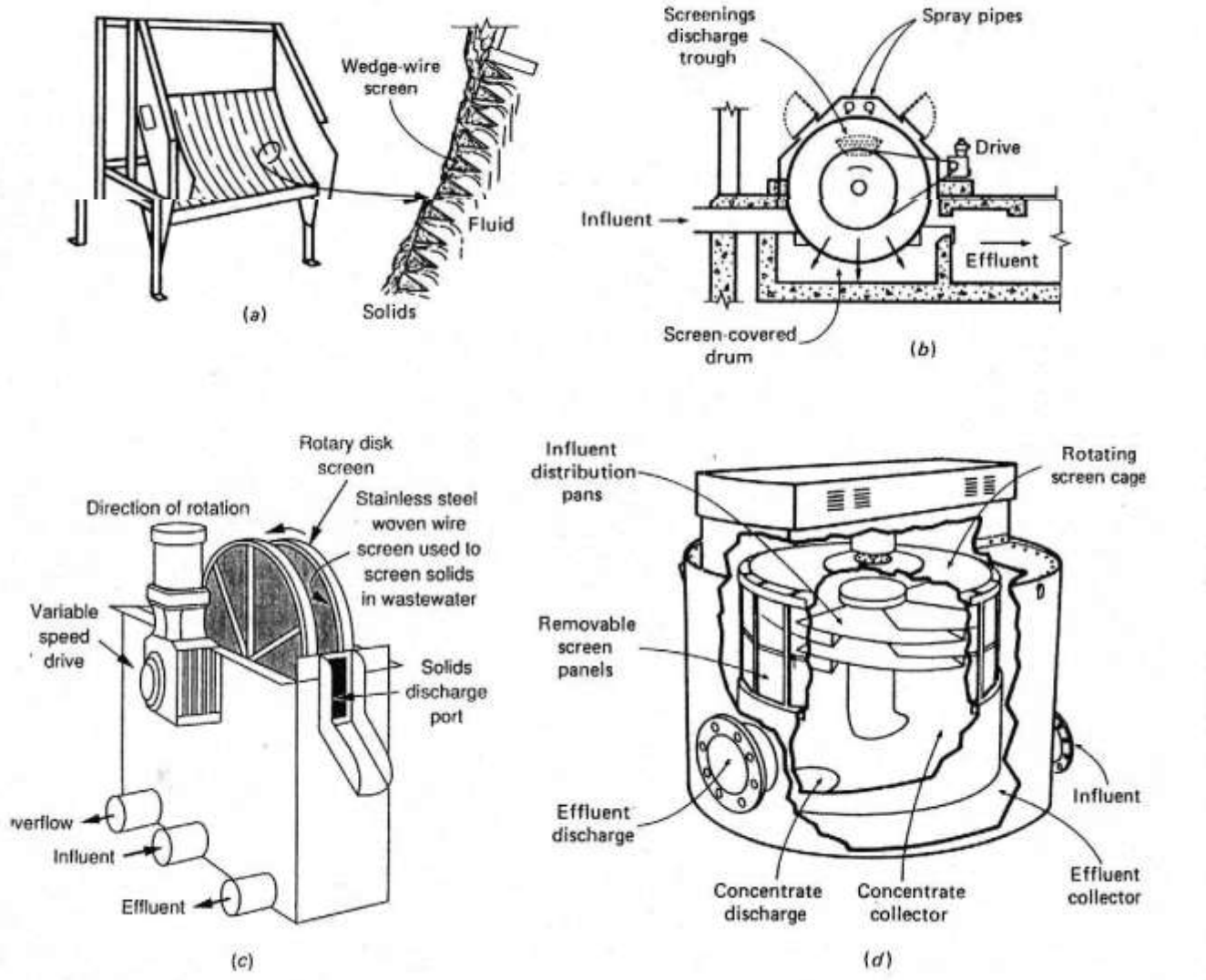


Figure (5): Typical screening devices used for wastewater treatment:
(a) inclined fixed screen (shown with cover removed, and (b) rotary drum screen,
(c) rotary disk screen, and (d) centrifugal screen.

3-2-2: الترسيب:

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

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

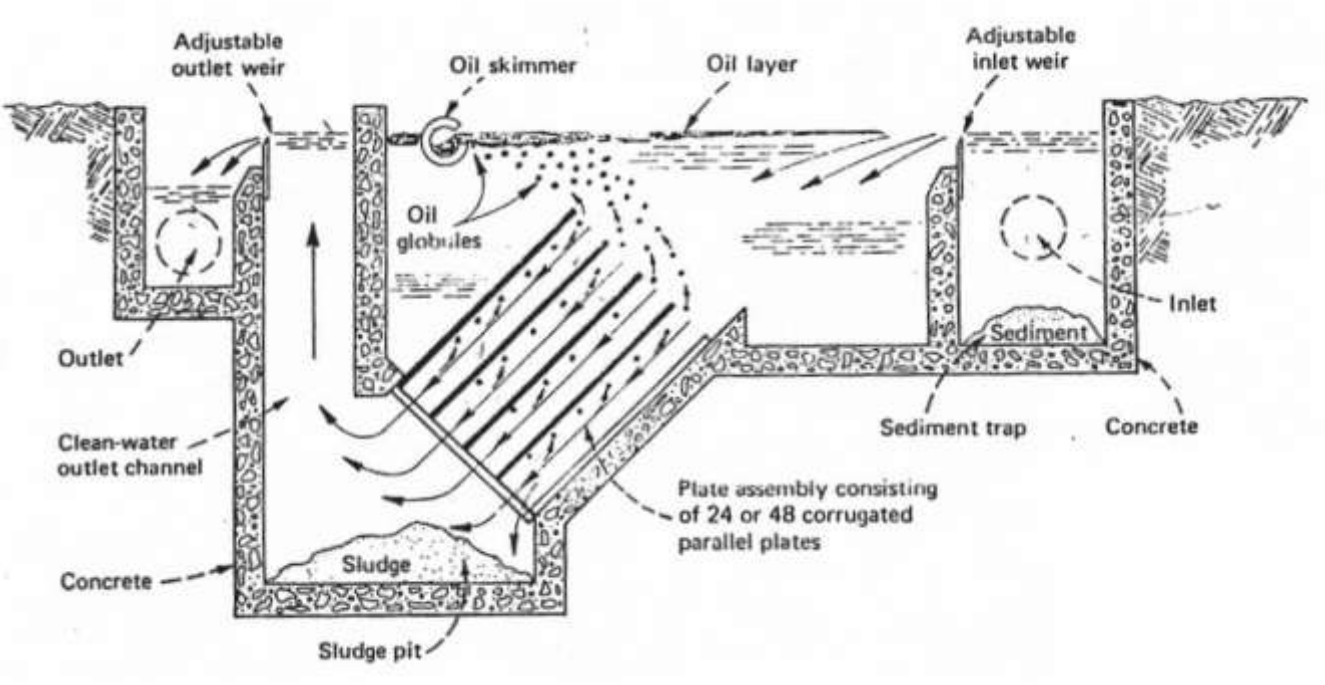


FIGURE (6) : Corrugated – plate Interceptor (CPI) for refinery wastewater

أنواع أحواض الترسيب الأولي:

أحواض الترسيب الأفقية (المستطيلة):

تتألف من خزان مستطيل الشكل ومقسم إلى عدة أقسام وغالبا ما يكون عددها أكثر من اثنين وذلك بهدف عدم تعطل المنشأة ككل في حال تعطل أحد أقسامها .

تقدر سرعة حركة جزيئات المواد العالقة في المخلفات السائلة ضمن حوض الترسيب الأفقي مساوية سرعة ترسبها (u) تحت تأثير الجاذبية الأرضية . وسرعة حركة المياه (v) واستمرار الجزيئات في حركتها يتبع لتأثير كل من هاتين السرعتين .فمن أجل معطيات معينة لكل من v , H , L يمكن تحديد قيمة (u) والتي خلالها يحصل التوازن في أبعد نقطة من الحوض ولتكن C .

سيتم ترسيب جميع المواد العالقة التي سرعة ترسبها أكبر من (u) أو تساويها . أما المواد الدقيقة العالقة ، والتي سرعة ترسبها أقل من (u) فستحملها المياه معها أثناء خروجها من الحوض .

ويتكون الحوض من 4 مناطق:

- المنطقة الداخلية: وفيه يتم توزيع المياه على المقطع الأفقي للحوض.

- منطقة الترسيب: وفيها ترسب المواد العالقة.
- المنطقة الخارجية: وفيها يتم تجميع المياه الرائقة.
- منطقة الحمأة: وفيها تتجمع المواد الصلبة في أسفل الحوض ثم يتم إزالتها نهائيا.

لتصميم أحواض الترسيب الأفقية لمعالجة المخلفات السائلة المنزلية والمخلفات الصناعية المشابهة لها بالتركيب . ينصح أن يكون العمق (3–4) م وسرعة حركة المياه (5–7) مم/ثا وطول الحوض $L = V * \frac{H}{N}$

الجدول (11) معايير تصميم أحواض الترسيب الأفقية

الأبعاد والحجوم	أحواض ترسيب ذات عرض	
	(م)6	(م)9
الطول (م)	30–24	36–30
العمق (م)	4.4–3.2	4.4–3.2
العمق الفعال (م)	4–3	4–3
الحجم الفعال (م^3)	690–536	1260–1050
مقطع ميزاب الخروج (مم)	600x450	900x600
التحميل على هدار المخرج (ليتر/ م^2.ثا)	5.3	8.6
حجم غرفة تجميع الرواسب (م^3)	17	31

يضاف إلى العمق الفعال ارتفاع جدران الحوض فوق سطح المياه وبحيث لا يزيد هذا الارتفاع عن (0.4) م . كما تقدر سماكة طبقة تجميع الرواسب في قاع الحوض أيضا بنحو (0.4) م . ومنه يحدد العمق الكلي للحوض.

يحدد عرض الحوض بحسب طريقة التنظيف المتبعة (يدوية أم آلية) ويفضل ألا يزيد عن (9) م وفي حال التنظيف الآلي يفضل أن تستعمل الأبعاد النموذجية بحيث يمكن استخدام آليات التنظيف لأكثر من منشأة في محطة المعالجة. وبالتالي فالعرض النموذجي للأحواض الأفقية (6 – 9) م .

من مزايا أحواض الترسيب الأفقية أنها قليلة العمق وذات كفاية عالية في الترسيب . ويمكن استخدام الآليات لأكثر من حوض . إلا أنها بسبب العرض القليل فيتطلب ذلك عددا كبيرا من الأحواض .

غالبا ما يتم تنظيف الأحواض الأفقية آليا ولذلك يعطى قاع الحوض ميلا بسيطا نحو هرم مقلوب أو أكثر عند المدخل . وتركب سلسلتان في كل من جانبي الحوض وتثبت كل سلسلة على أربع عجلات ذات تروس وتحيط بالعجلات الأربع في كل جانب سلسلة ، وتتصل السلسلتان بوساطة قضبان حديدية بعرض الحوض ، ويركب على هذه القضبان أمشاط خشبية تزحف علة قاع الحوض عند تحريك السلسلتين .

يتم تحريك السلسلتين بواسطة محرك كهربائي فتحرك الأمشاط دافعة أمامها الرواسب المتراكمة في قاع الحوض إلى غرفة تجميع الرواسب عند مدخل الحوض . ثم ترتفع الأمشاط لتسير على سطح الماء دافعة الخبث المتجمع على السطح إلى مجرى الخبث الموجود أمام هدار المخرج ومنه إلى خارج الحوض .

أحواض الترسيب الشاقولية :

يتألف حوض الترسيب الشاقولي من خزان دائري المسقط ، ويمثل القسم العلوي من الحوض منطقة الترسيب ، مع قاعدة هرمية تمثل القسم السفلي حيث يتم فيها تجميع المواد العالقة المترسبة

تدخل المخلفات السائلة إلى الحوض من خلال أنبوب رئيسي وتتجه إلى أسفل القسم العلوي حيث تخرج من خلال ف تحات موجودة في نهاية الأنبوب ومزودة بلوحات خاصة لعكس تيار المياه مما يساعد المياه على تغيير اتجاهها تدريجيا وترتفع إلى الأعلى بحركة بطيئة لتصل إلى ميزاب علوي تتجمع فيه لتصرف خارج الحوض .

أثناء حركة المياه إلى الأعلى بسرعة (v) فإن جميع المواد العالقة تحاول التحرك معها إلى الأعلى بالسرعة نفسها إلا أن قوى الجاذبية الأرضية تؤثر فيها أيضا وتحركها نحو الأسفل بالسرعة (u) والتي تتعلق بأبعاد الجزيئات وشكلها وكثافتها ولزوجة السائل .

تحتوي المياه على مواد عالقة بأبعاد مختلفة وسرعة ترسيب (u) مختلفة . أيضا لذلك أثناء تحركها في حوض الترسيب مع تيار المياه ذي السرعة الثابتة (v) فإن جزيئات هذه المواد تتخذ لنفسها حالات مختلفة . فمنها ما يرسب بسرعة إلى قاع الحوض لأن ($u > v$) .ومنها ما يبقى معلقا بالمياه لأن ($u = v$) والقسم الباقي الذي تكون من أجله ($u < v$) يتحرك نحو الأعلى مع التيار وأثناء ذلك تصطدم بطبقة المياه الغنية بالمواد العالقة التي بدأت بترسبها فتلتصق بها مشكلة جزيئات جديدة بأبعاد أكبر فترسب .

تقدر كمية المواد المترسبة بنحو (0.8) ل/الشخص /اليوم . وتتجمع في القسم السفلي من الحوض ذي شكل هرم مقلوب .

يتم تنظيف الحوض من الرواسب هيدروليكيا حيث تخرج الرواسب من خلال أنبوب صرف قطره لا يقل عن (200) مل م ويراعى أن يكون مخرج الرواسب أخفض من منسوب المياه في الحوض بنحو (1.5–2) م .

وتقدر رطوبة الرواسب الخارجة من الأحواض الشاقولية بنحو (95) % .

تصمم الأحواض الشاقولية من أجل سرعة جريان للمياه (0.7) مل/ ثا ومدة مكوث تتراوح من (30) دقيقة وحتى (1.5) ساعة وذلك حسب درجة المعالجة المطلوبة .

المساحة الفعالة للحوض تساوي مساحة سطح الماء في الحوض (المسقط) مطروحاً منها مساحة الأنابيب الرئيسية .

يحدد العمق الفعال للحوض بالمسافة من قاع الأنبوب الرئيس وحتى سطح الماء في الحوض .

تحدد مساحة الأنبوب الرئيسي (f) أو (مساحة جميع الأنابيب إذا كان هناك أكثر من حوض واحد) حسب التصريف الأعظمي م^3\ ثا والسرعة في الأنبوب (V_1) م / ثا بالعلاقة :

$$f = \frac{Q}{V_1}$$

ونأخذ السرعة V_1 عادة (0.03) م / ثا ويجب ألا تزيد على (0.1) م/ ثا عند توافر لوحات الانعكاس .

يحدد ارتفاع الجزء الفعال من الحوض (القسم العلوي) أو طول الأنبوب الرئيسي بالعلاقة :

$$H = v \cdot t$$

وبحيث لا يقل عن (2.7) م .

يحدد حجم القسم العلوي من الأحواض (إذا كان عددها أكثر من حوض) بالعلاقة :

$$W = \frac{Q.K.t}{24}$$

حيث :

Q : التصريف اليومي الوسطي (م^3 / ثا) .

K : عامل عدم الإنتظام اليومي .

T : زمن المكوث (ساعة) .

المساحة الفعالة للحوض (أو الأحواض) تعطى بالعلاقة :

$$F_1 = \frac{W}{h}$$

المساحة الكلية :

$$F = F_1 + f$$

يجب ألا يزيد قطر الحوض على ثلاثة أمثال العمق الفعال (h) ولا يزيد على (9) م . أما العمق الكلي (H) فيتضمن عمق القسم العلوي (h) والقسم السفلي وارتفاع جدار الحوض فوق منسوب المياه والذي يقدر بنحو (0.3–0.4) م . أما ارتفاع القسم السفلي فيحدد حسب حجم الرواسب المتجمعة في كل مرة وهذا يتعلق بعدد مرات غسيل الحوض خلال اليوم . وتؤخذ منطقة تجميع الرواسب بشكل هرم مقلوب أبعاد القاعدة السفلية فيه (0.4x0.4) م وميل الجدران مع الأفق بزاوية (50º) .

ويبين الجدول التالي أهم أبعاد حوض الترسيب الشاقولي البيتوني .

الجدول (12) معايير تصميم أحواض الترسيب الشاقولية

قطر الحوض [م]	التصريف الداخل إلى الحوض من أجل [1.5] ساعة [ل/ثا]	العمق [م]		
		الكلي	القسم العلوي	القسم السفلي
4	8.6	5.9	4.1	1.8
6	19.3	6.9	4.1	2.8
9	43.5	9.3	4.2	5.1

من مزايا هذه الأحواض أنها لا تشغل مساحات كبيرة وتنظيفها سهل وبسيط إلا أنها ذات أعماق كبيرة مما يؤدي إلى أن تكون التكاليف الإنشائية عالية وبخاصة في حال كون منسوب المياه الجوفية مرتفعا .

هناك نموذج أحدث لأحواض الترسيب الشاقولية حيث حركة المياه من الأعلى إلى الاسفل .

يتألف الحوض من خزان دائري المسقط مع هدار محيط بكامل الحوض لجمع المياه بعد عملية الترسيب . أما دخول المياه فيتم عبر أنبوب في أعلى الحوض إلى غرفة تهدئة ومنها إلى قناة فيها فتحات تحيط بالحوض وتخرج المياه من خلال الفتحات وتتوزع بانتظام على كامل سطح الحوض . تجهز الفتحات بصفائح عاكسة تغير اتجاه حركة المياه من شاقولية إلى أفقية . وأثناء حركة المياه من المحيط نحو المركز تتجه إلى الأسفل نحو قاع الحوض وتكون سرعتها بطيئة بحيث تفقد قدرتها على الحمل فترسب المواد العالقة فيها إلى القاع .

تمتاز هذه الأحواض بكفا ءة عالية إذ تصل نسبة إزالة المواد العالقة إلى (60–70) % . ومن أجل كفاءة الأحواض الشاقولية العادية نفسها فإن التصريف الواصل إلى هذه الأحواض يزيد بنحو مرة ونصف مرة .

أحواض الترسيب الدائرية :

وهي خزانات دائرية المسقط ، تدخل المخلفات السائلة إلى مركز الحوض من الأسفل وتتجه ضمن أنبوب رأسي نحو الأعلى . ثم تخرج من أنبوب وتتجه بحركة قطرية (شعاعية) نحو المحيط حيث تجمع عبر هدار المخرج على محيط الحوض .

تنظف هذه الأحواض بوساطة زحافات تزحف على القاع ومتصلة بمحرك كهربائي مثبت على جسر يرتكز على الجدار الدائري للحوض . عند دوران المحرك تكسح الزحافات ما أمامها من رواسب إلى هرم مقلوب في مركز الحوض ومنه تخرج الرواسب عبر أنبوب يتم تشغيله بصمام خاص .

أما الخبث الذي يطفو على سطح المياه في الحوض فيجمع بواسطة مشط مغمور غمرا جزئيا . فإذا دار المشط أزاح أمامه من خبث إلى غرفة الخبث في جانب الحوض ومنها إلى خارج الحوض حيث يتم التخلص النهائي منه .

أهم ما يجب مراعاته عند تصميم الأحواض الدائرية هو ألا يزيد التحميل على هدار المخرج على (10) ل/ ثا لكل متر طولي . ويؤخذ القطر (18–54) م وقد يصل حتى (60) م . ونسبة القطر إلى العمق عند المحيط تقدر بنحو (6–12) .

تبلغ كفاءة هذه الأحواض نحو (60) % .

ويبين الجدول التالي أهم أبعاد الأحواض الدائرية :

الجدول (13) معايير تصميم أحواض الترسيب الدائرية

القطر [م]	عمق منطقة الترسيب [م]	حجم منطقة الترسيب [$م^3$]	التصريف التصميمي من أجل زمن مكوث [1.5] ساعة [$م^3$ \ سا]
18	3.1	788	550
24	3.1	1400	930
30	3.1	2190	1460
40	3.65	4580	3054
50	4.7	9220	6150
54	5.7	10500	7000

تصمم الأحواض الدائرية على التصريف الساعي الأعظمي مع زمن مكوث (1.5 – 6) ساعة وذلك من أجل المخلفات السائلة المنزلية . وتصمم غرفة تجميع الرواسب بحيث تستوعب الرواسب المتجمعة خلال (4) ساعات ويميل جدارها مع الأفق بزاوية (60) مما يسهل عملية التنظيف .

تبلغ رطوبة الرواسب الناتجة عن هذه الأحواض (95) **%** في حال كون تصريفها طبيعيا (دون ضخ) و(93.5) **%** إذا كان التصريف بواسطة الضخ .

يحدد قطر أنبوب تصريف الرواسب حسابيا ويجب ألا يقل عن (200) مم .

من مزايا الأحواض الدائرية أنها قليلة العمق وبالتالي فالتكاليف الإنشائية قليلة إذا ما قورنت بغيرها من الأحواض . كما يساعد الشكل الدائري على التقليل من سماكة الجدران وهذا أيضا يؤدي إلى تخفيف التكاليف .

هناك نموذج آخر لأحواض الترسيب الدائرية حيث دخول المياه لا يكون مركزيا بل على كامل محيط الحوض وذلك عبر ميزاب يحيط بالحوض وفيه ثقوب دائرية المقطع تخرج منها المياه وتتوزع على كامل سطح الحوض .

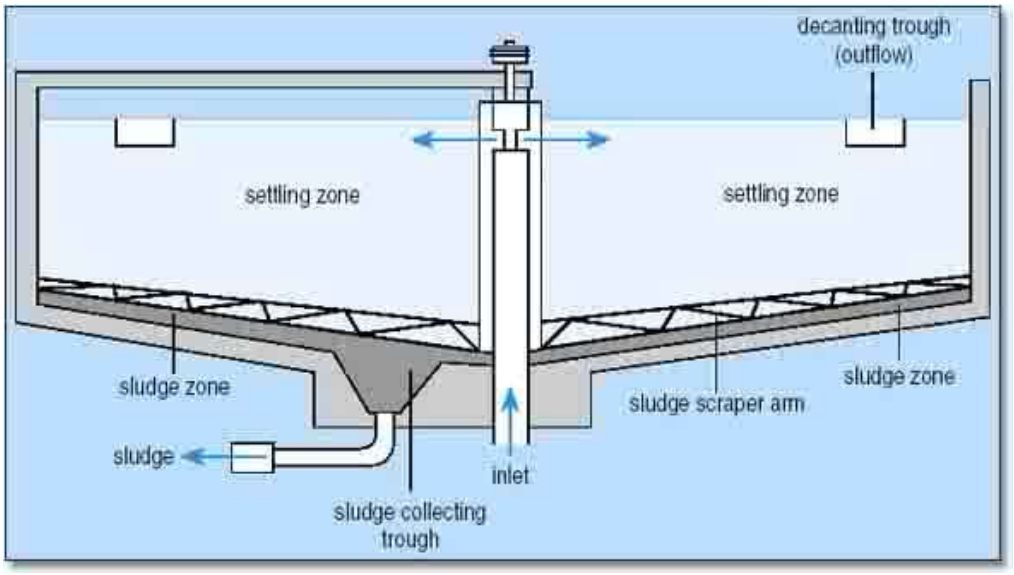
يصمم الميزاب بحيث يكون له العرض نفسه على كامل محيط الحوض مع تغير عمقه تدريجيا بحيث يتناقص من البداية وحتى النهاية . كذلك يتم توزيع الثقوب بحيث يتغير قطرها والمسافة فيما بينها حسب تغير العمق وذلك حتى تتحقق سرعة جريان ثابتة ضمن الميزاب .

تتحرك المياه في هذه الأحواض حركة شاقولية دائرية وتتجه نحو أسفل الحوض حيث تتناقص سرعتها وتصل إلى القيمة الدنيا وتصطدم بالصفائح العاكسة التي تعكس اتجاهها وتوجهها إلى المنطقة المركزية في الحوض ومنها إلى ميزاب جمع المياه الدائري . أثناء ذلك تترسب المواد العالقة في المخلفات السائلة في قاع الحوض حيث يتم صرفها خارجه .

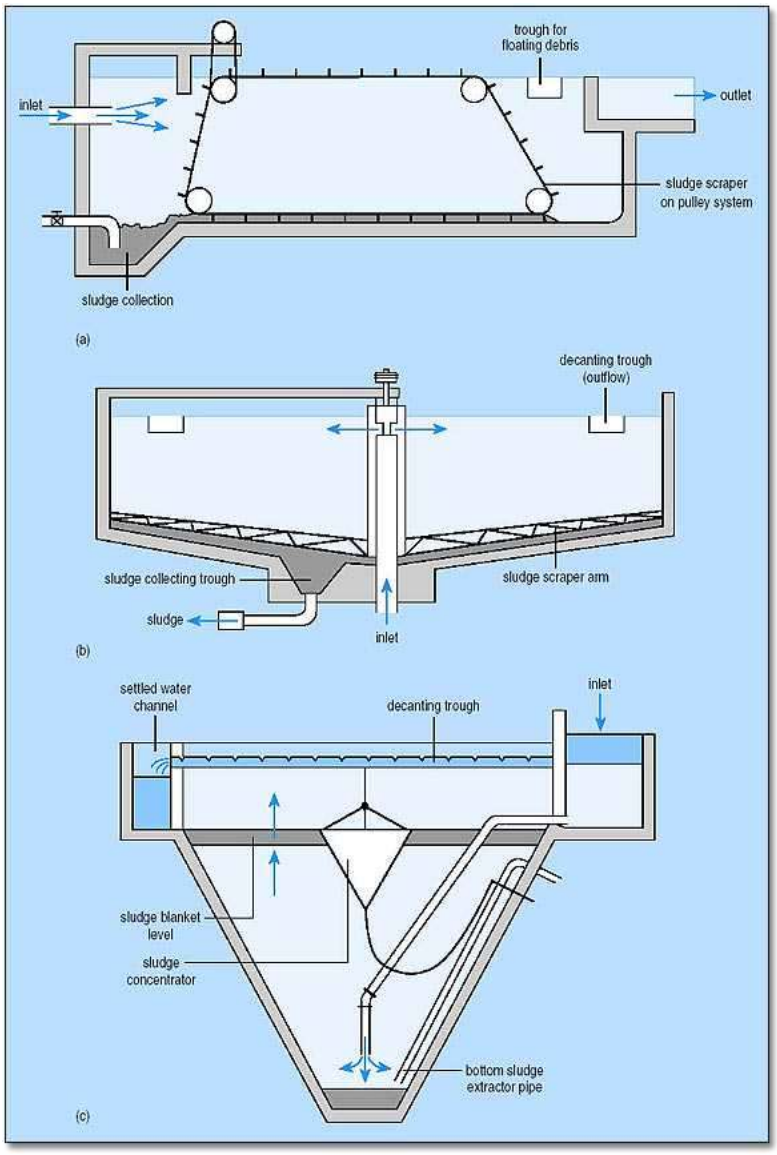
أهم ما يميز هذا النوع من الأحواض الدائرية كفاءتها العالية مع زمن مكوث أقل مما هو عليه في الأحواض الدائرية المركزية ، ويبين الجدول التالي أهم الأبعاد لمثل هذه الأحواض :

الجدول (14) معايير تصميم أحواض الترسيب الدائرية اللامركزية

الأبعاد	قطر الحوض [م]		
	18	24	30
العمق الكلي (م)	3.4	3.4	3.4
عمق منطقة الترسيب (م)	3.1	3.1	3.1
نسبة القطر إلى عمق منطقة الترسيب	3.8	7.7	9.7
الحجم الفعال ($م^3$)	790	1400	2190
ميزاب توزيع المياه			
العنق في البداية (م)	0.6	0.8	0.9
العمق في النهاية (م)	0.2	0.45	0.45
العرض (م)	0.5	0.6	0.8
عمق المياه في بداية الميزاب (م)	0.47	0.6	0.7
عمق المياه في نهاية الميزاب (م)	0.2	0.2	0.2
سرعة الجريان (م/ثا)	0.43	0.5	0.55
قطر أنبوب دخول المياه (مم)	100	100	100
المسافة بين الأنابيب (م)	2.1-1.5	2.3-1.5	2.5-1.5
هدار جمع المياه			
المحيط (م)	74.6	107.6	124.00
التحمل على المتر الطولي ل/ ثا	2.2	2.4	3.3
قطر أنبوب خروج المياه (مم)	500	700	900
قطر غرفة تجميع الرواسب (م)	5	6	7
قطر أنبوب سحب الرواسب	200	200	250



الشكل (7) حوض الترسيب الدائري



الشكل (8) أشكال أحواض الترسيب

تصميم أحواض الترسيب :

عند تصميم أحواض الترسيب يتم تحديد الأبعاد أولا ثم التحقق من العوامل الأخرى والتي أهمها السرعة الوسطية لجريان المياه في الحوض .

يحدد طول الترسيب الأفقي بالعلاقة :

$$L = \frac{v.H}{K.u}$$

وكذلك قطر الأحواض الشاقولية والدائرية المركزية واللامركزية بالعلاقة :

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3.6.\pi.K.u}}$$

حيث :

v : السرعة الوسطية (مم/ ثا) .

H : عمق منطقة الترسيب (م) .

K : عامل يتعلق بنوع الحوض وتجهيزات توزيع المياه وجمعها . ويؤخذ كما يلي :

0.5 للأحواض الأفقية .

0.45 للأحواض الدائرية .

0.35 للأحواض الشاقولية .

u : سرعة ترسيب المواد العلقة ، (ملم / ثا) .

Q : التصريف التصميمي ($م^3$ /سا) .

وتحدد سرعة ترسيب المواد العالقة بالعلاقة :

$$u = \frac{1000.K.H}{\alpha.l.(K.H/h)^n} - \omega$$

حيث :

α عامل يأخذ في الحسبان درجة حرارة المياه وتأثيرها في لزوجتها ويؤخذ من الجدول التالي :

الجدول (15) تغيرات قيمة α مع درجات الحرارة

درجة حرارة المياه [درجة مئوية]	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
α	0.45	0.55	0.66	0.80	0.9	1.0	1.14	1.3	1.5	1.8

t زمن الترسيب في الظروف المخبرية بالثانية من أجل ارتفاع (h) لطبقة المياه ويتعلق بدرجة المعالجة المطلوبة وكفاءة الترسيب ويحدد تجريبيا أو يؤخذ من الجدول التالي :

الجدول (16) تغيرات زمن الترسيب تبعاً لتركيز المواد العالقة و لكفاءة الترسيب

كفاءة الترسيب E %	الزمن t، بالثانية في أنبوب الإختبار بارتفاع 500، مم n=0.25،			
	تركيز المواد العالقة C، ملغ / ل			
	100	200	300	500
20	600	300	--	--
30	900	540	320	260
40	1320	650	450	390
50	1900	900	640	450
60	3800	1200	970	680
70	--	3600	2600	1830

n عامل يتعلق بخواص المواد العالقة ويحدد تجريبيا.

ω سرعة حركة المياه الرأسية في الحوض وتؤخذ من الجدول التالي :

الجدول (17) تغيرات سرعة حركة المياه الرأسية تبعاً لسرعة الجريان

سرعة الجريان V مم / ثا	5	10	15	20
السرعة الرأسية ω مم /ثا	0	0.05	0.1	0.5

أما قيمة (K.H/h) فتؤخذ من الجدول التالي وذلك من أجل أحواض الترسيب الأولية ومعالجة مخلفات سائلة منزلية .

الجدول (18) قيم K.H/h من أجل أحواض الترسيب الأولية ومعالجة مخلفات سائلة منزلية

عمق حوض الترسيب، م	(K.H/h)		
	أحواض شاقولية	أحواض دائرية	أحواض أفقية
1.0	-	-	-
1.5	-	1.08	1.11
2.0	1.11	1.16	1.19
3.0	1.21	1.29	1.32
4.0	1.29	1.38	1.41
5.0	-	1.46	1.50

بعد تحديد طول الحوض أو قطره نتأكد من سرعة الجريان (V) بالعلاقة :

$$v = \frac{Q}{3.6.H.B}$$

حيث :

B عرض الحوض ويؤخذ من (2-5) أمثال العمق H .

أما في الأحواض الدائرية :

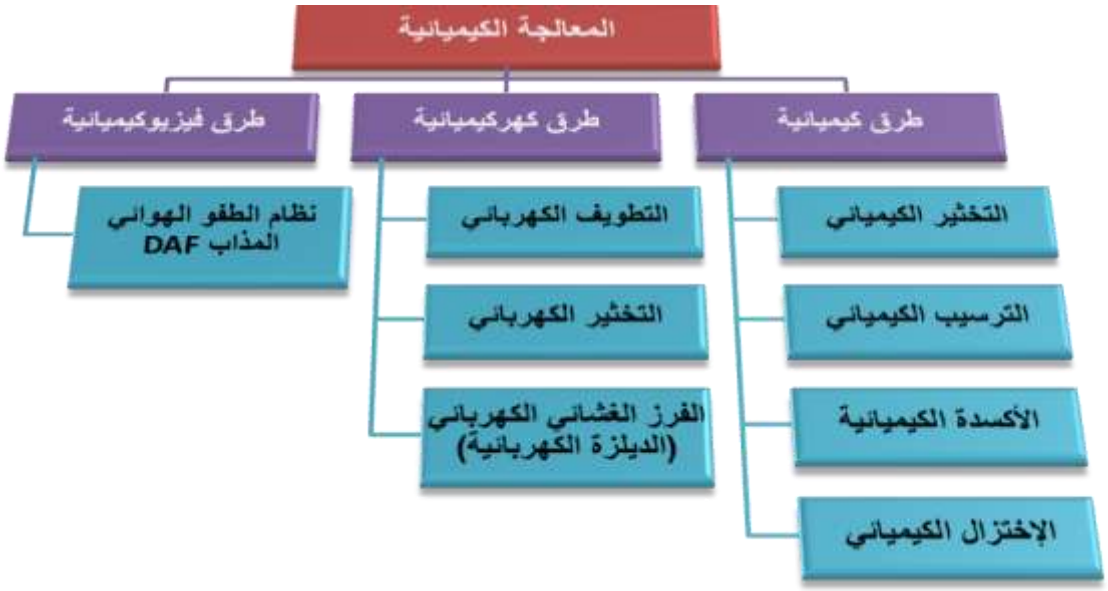
$$v = \frac{Q}{3.6.\pi.K.H}$$

فإذا كانت (V) ضمن الحدود المسموح بها يكون التصميم صحيحا أي L أو R صحيحة وإلا فيعاد التصميم من أجل (V) اللازمة .

3-2-3: المعالجة الثانوية:

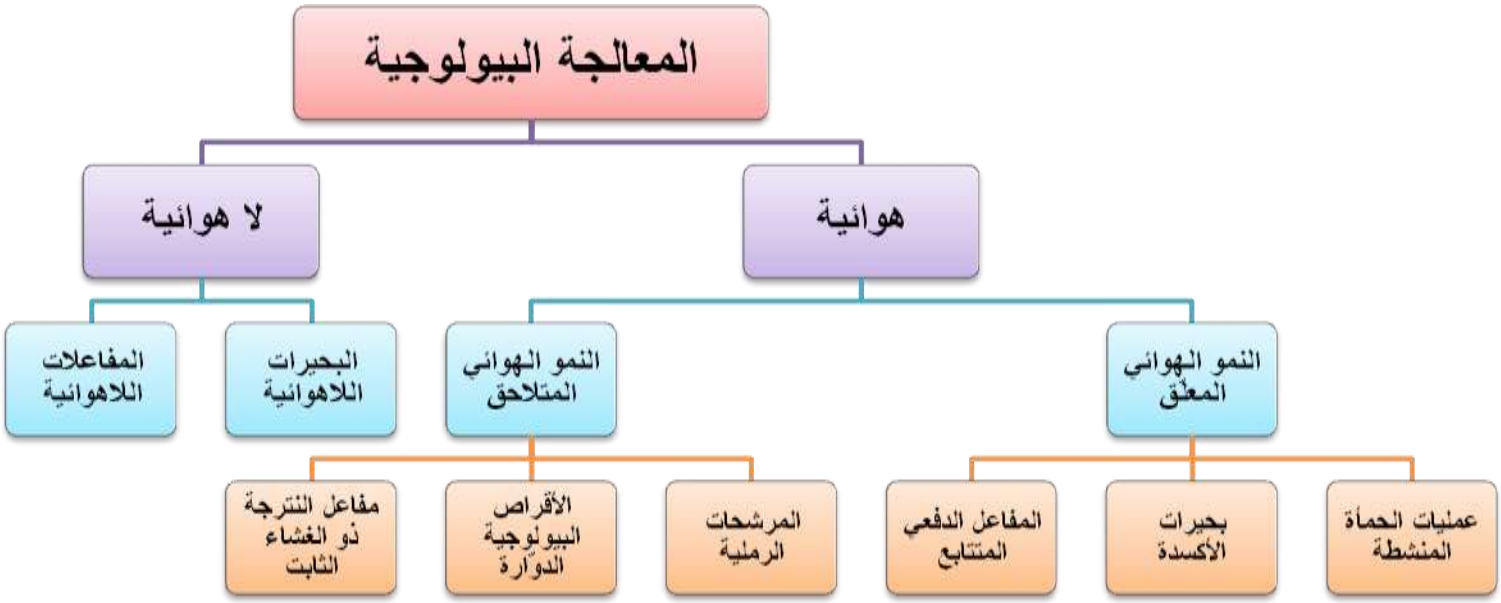
تشمل المعالجة الثانوية إما معالجة كيميائية أو بيولوجية أو كيميائية بيولوجية وذلك تبعاً لمواصفات مياه الصرف الصناعي الخارجة من المعالجة التمهيدية .

تشمل المعالجة الكيميائية كلاً من الطرق الكيميائية والفيزيوكيميائية والكهركيميائية ، والشكل (9) يوضح ذلك .



الشكل (9) طرق المعالجة الكيميائية لمياه الصرف الصناعي

أما المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي فتتضمن خمسة طرق رئيسية هي العمليات الهوائية ، العمليات اللا أكسجينية ، العمليات اللاهوائية، العمليات المجمعة هوائية أكسجينية، والعمليات المجمعة . والشكل (10) يوضح ذلك .



الشكل (10) طرق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي

أما الجدول التالي فيوضح مقارنة بسيطة بين عمليات المعالجة البيولوجية الهوائية واللاهوائية .

الجدول (19) مقارنة بين العمليات الهوائية واللاهوائية

مجال المقارنة	المعالجة الهوائية	المعالجة اللاهوائية
معدل الحمل العضوي في واحدة الحجوم	منخفض في عمليات الحمأة المنشطة ويتراوح بين 0.5–1.5 كغ COD /م3.يوم	مرتفع في عمليات المعالجة اللاهوائية وذلك للمفاعلات UASB و AF ... ويتراوح بين 10–40 كغ COD /م3.يوم
معدل إنتاج البيوماس(الكتلة الحيوية أو الحمأة)	مرتفع ويتراوح بين 0.37–0.46 كغ VSS / كغ COD	منخفض ويتراوح بين 0.05–0.15كغ VSS / كغ COD
زمن الإقلاع	قصير ويتراوح بين 1– 2 أسبوع	طويل وهو حوالي: 1 –2 شهر في درجة حرارة 35–40 درجة مئوية
زمن مكوث المواد الصلبة في المفاعل (SRT)	4–10 يوم يكفي في عمليات الحماة المنشطة	كبير وذلك ضروري للحفاظ على النمو البطيء للبكتريا المنتجة للميتان ضمن المفاعل
ميكروبيولوجيا النظام	غالباً ما يسيطر نوع واحد من الأحياء الدقيقة ضمن المفاعل الهوائي	تتم عبر مراحل متعددة للأحياء الدقيقة و عبر مراحل متلاحقة
التأثر بالظروف البيئية	قليلة التأثر	شديدة التأثر

وسنأتي لاحقاً على معايير التصميم للطريقة التي اخترناها للمعالجة تبعاً لنتائج التحاليل التي أجريناها .

3–3–مراحل العمل والتصميم :

حسب مصادر الشركة ، فإن الشركة تطرح يومياً ما يتراوح بين 150 إلى 350 م^3/يوم من مياه الصرف الواجب معالجتها ، والتدفق اليومي الوسطي هو حوالي 250 م^3/يوم ، ويعود إختلاف هذه القيم إلى نوع وطبيعة العمليات الجارية ، ومواصفات المنتج النهائي المطلوبة.....الخ .

3–3–1: أخذ عينات المياه وإجراء التحاليل المخبرية لها :

لقد تم أخذ بضع عينات من مياه الصرف الناتجة عن المعمل وذلك من مصرفها الرئيسي ، وتم عمل التحاليل اللازمة لهذه العينة في مخبر تحاليل المياه التابع لكلية الهندسة المدنية ، وكانت نتائج التحاليل كالتالي :

الجدول (20) نتائج تحاليل عينة من مياه الصرف المأخوذة مباشرة من المصرف من قبلنا بتاريخ 2008/3/12

المؤشر	الرمز	نتيجة التحليل	الوحدة	الحد الأقصى المسموح به وفق المواصفة السورية رقم 2580	ملاحظات
درجة الحرارة	T	23	سيلسيوس	35	مطابق
الرقم الهيدروجيني	PH	6	-----	6.5 - 9.5	مخالف
الناقلية الكهربائية	EC	7040	ميكروسيمنس / سم	------	مخالف
الاحتياج الكيميائي للأكسجين (قبل الترشيح)	COD	4013	ملغ / ليتر	1600	مخالف
الاحتياج الكيميائي للأكسجين (بعد الترشيح)	COD	3008	ملغ / ليتر	1600	مخالف
الاحتياج الكيمياحيوي للأكسجين (قبل الترشيح)	BOD_5	210	ملغ / ليتر	800	مطابق
الاحتياج الكيمياحيوي للأكسجين (بعد الترشيح)	BOD_5	140	ملغ / ليتر	800	مطابق
الأملاح الكلية المنحلة	TDS	7946	ملغ / ليتر	2000	مخالف
مجموع المواد العالقة	TSS	2013	ملغ / ليتر	500	مخالف
القلوية	ALK	1375	ملغ / ليتر ؟ $CaCO_3$	------	------
النتريت	NO_2	0.056	ملغ / ليتر	------	------
النترات	NO_3	44.88	ملغ / ليتر	------	------
الأمونيوم	NH_4	12.26	ملغ / ليتر	100	مطابق
الفوسفات (قبل التطور)	PO_4	1.85	ملغ / ليتر	20	مطابق
الفوسفات (بعد التطور)	PO_4	1.7	ملغ / ليتر	20	مطابق
الكبريتات	SO_4	840	ملغ / ليتر	1000	مطابق
والنتيجة : المياه غير صالحة للطرح في شبكة الصرف الصحي حسب المواصفة القياسية السورية رقم 2580					

وإذا ما قارنا نتائج COD و BOD_5 يتبين لنا من هذه النتائج أن الترشيح والترسيب يزيل تقريباً 30% من التلوث ، لذلك سيتم تصميم واختيار تجهيزات المعالجة التمهيدية (التصفية والترسيب) بحيث يتم إزالة 30% من المعلقات .

3-3-2: تصميم قناة المصافي وأحواض الترسيب [المعالجة التمهيدية]:

- سنصمم قناة المصافي على التدفق الأعظمي ($Q = 350\ m^3/d$) أي (4.06 ليتر/ثانية) ، وبما أن التدفق الناتج عن الشركة ليس دائماً (متقطع حسب العملية الصناعية) فسنلجأ إلى وضع خزان (بئر) تجميع في بداية المحطة بشكل متوازي مستطيلات بطول 3 متر وعرض 2 متر وعمق 4 متر . وبالتالي فإن حجم بئر التجميع عندئذ سيكون 24 $م^3$. يضاف إلى الإرتفاع السابق ارتفاع إضافي للجدران قدره 0.3m أي يصبح الارتفاع الكلي للخزان 4.3m .
- سماكة الجدران(25 Cm) بيتون مسلح. يتم تغليف الخزان من الداخل و الخارج بطبقة إسمنتية (طينة) مع مواد مكتمة كما يتم إضافة مواد مكتمة و ملدنة للبيتون ليعطي بيتون عالي المقاومة و خالي من المسامات ، يتم عزل الخزان من الخارج بمزاد عزل جيدة و من الداخل بمواد مقاومة لمياه المجاري . يتضمن الخزان خلاط غاطس من الستانلس ستيل 304 لمنع ترسب الألياف ومن أجل الحصول على خليط متجانس لمياه الصرف ، ومقياس حساس للمنسوب في الأعلى .
- يتم سحب المياه المجمعة في هذا الخزان بواسطة مضخات مياه المجاري حيث تزود المحطة بمضختين رفع إحداهما يعمل بشكل دائم على هذا التدفق(Q_1) و الثانية تكون احتياطية في حال خروج المضخة الأولى عن العمل بسب الصيانة أو العطل ، استطاعة المضخة الواحدة بتدفق من (160-170 $m^3/hour$) وبمقدار رفع لا يقل عن(5 m) ، توضع هذه المضخات في غرفة بيتونية .
- تخرج المياه من خزان التجميع بإتجاه قناة المصافي في أنبوب حديد مزيبق قطر(2 إنش) .

➢ سنفرض عرض القناة 30 سم ، وعمق الماء فيها 20 سم ، وبالتالي فإن مساحة المقطع المائي هي 0.06 $م^2$ ، وإذا اعتبرنا أن سرعة جريان الماء في المصافي هي 0.4 م/ثا ، عندئذ يكون التدفق الذي يحقق هذه المواصفات :

$$Q_1 = A * v = 0.06 * 0.4 = 0.024\ m^3/s$$

وهو التدفق الخارج من الخزان والذي يجب أن تؤمنه المضخة خلال فترة زمنية معينة .

➢ سيتم إملاء الخزان بشكل متكرر ومدة المرة الواحدة :

$$\text{مدة المرة الواحدة} = \frac{V}{Q} = \frac{24}{0.00406} = 5911.33 \text{ ثانية} = 98.52 \text{ دقيقة} = 1.64 \text{ ساعة}$$

➢ وسيتم تفريغ الخزان بالمقابل باستطاعة ضخ معينة تحقق التدفق الذي حسبناه Q_1 ، وتكون مدة تفريغ الخزان بهذا التدفق هي :

$$\text{مدة المرة الواحدة} = \frac{V}{Q_1} = \frac{24}{0.024} = 1000 \text{ ثانية} = 16.67 \text{ دقيقة} \sim 17 \text{ دقيقة}$$

➢ بعد الاطلاع على أشكال المصافي وأنواعها المنتجة من عدة شركات عالمية متخصصة سنختار في البداية المصفاة Rotamat RO9 EC (والموضحة بالشكل 8) من شركة هيوبر Huber الألمانية وبأبعاد فتحات 6 ملم . حيث أن هذه المصفاة هي الأنسب لحالتنا هذه فهي تتميز بما يلي :

. تقوم بالتصفية والغسيل وضغط الرواسب بشكل أوتوماتيكي بالكامل .
. مصفاة مخصصة للتدفقات الصغيرة والمتوسطة .
. كلف استثمار منخفضة .
. تركيب سهل وسريع .
. تنظيف ذاتي لمنطقة التصفية .
. مغلقة بالكامل لمنع الروائح .
. مصنوعة من الستانلس ستيل بالكامل .
. كلف تخلص منخفضة ناتجة عن التكامل بين التصفية والغسيل والضغط .
. كفاءة تجفيف 40% .

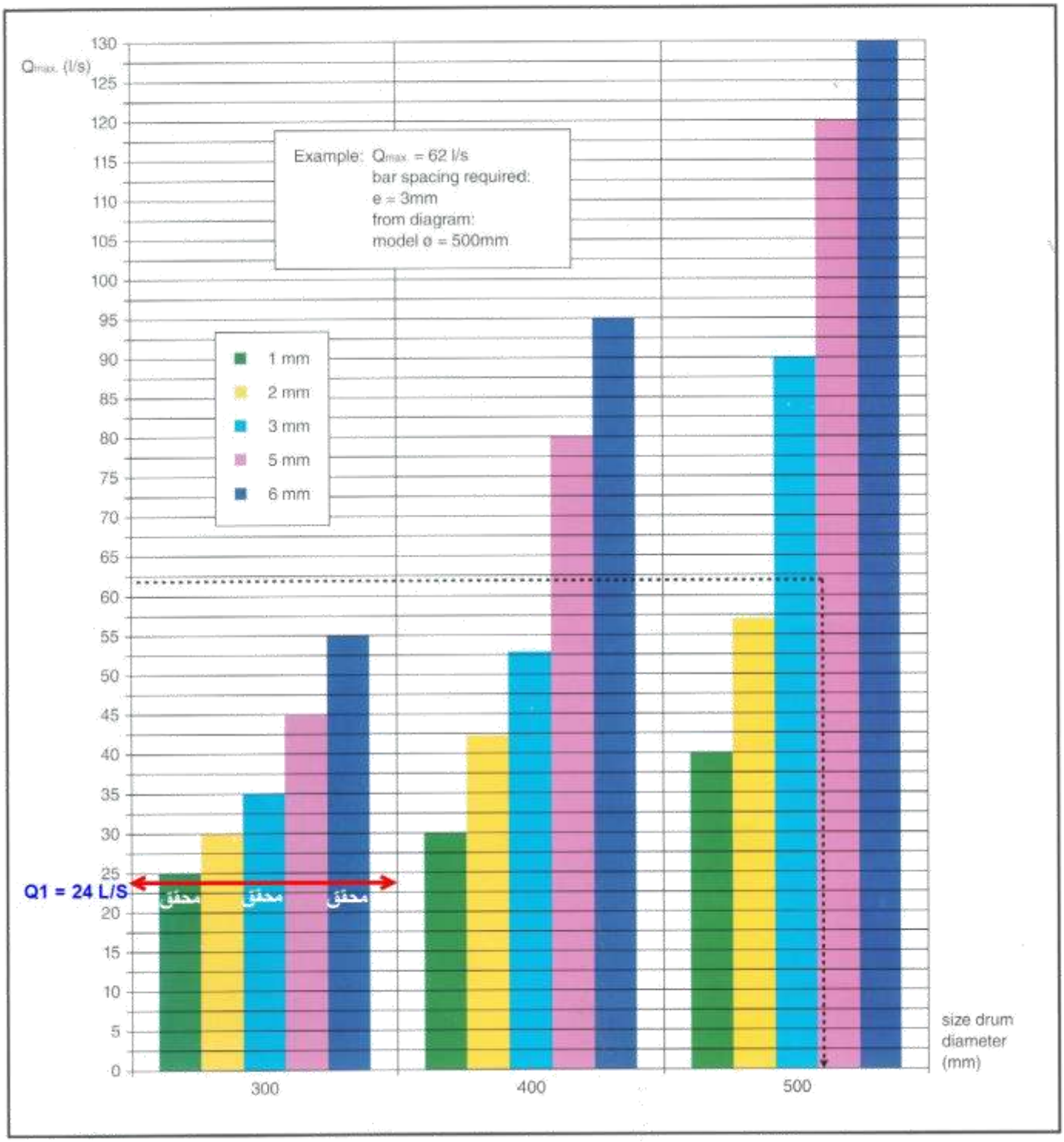
1. 0 تركب بزاوية من 35 حتى 48 عن الأفق.
1. 1 وزن خفيف .
1. 2 نسبة $\frac{\text{كلفة}}{\text{أداء}}$ جيدة جداً .
1. 3 متوفرة بسلة تصفية قضبانية (بأبعاد ؟ 0.5 ملم) أو بصفيحة مثقبة (بأبعاد ؟ 3 ملم) .

الشكل (11) المصفاة Rotamat RO9 من شركة Huber الألمانية

- وحسب المواصفات التي حددناها للقناة (عرض 0.3 م ، وعمق ماء 0.3 م) فإننا سنختار قطر لسلة المصفاة 0.3 م
- إن فترة تشغيل المصفاة هي نفسها فترة ضخ مياه الصرف من حوض التجميع أي 9 دقائق ، وبما أنها مدة صغيرة لذلك فإن ضياع الحمولة سيكون صغيراً فضلاً عن أن المصفاة تقوم بالتنظيف الآلي عند مستوى لفرق المنسوب يحدده المستخدم . إذاً لا داعي لحساب ضياع الحمولة .
- وإذا اطلعنا على المواصفات الخاصة بهذه المصفاة RO9 EC نجد أنها تغنينا /إذا ما تم تشغيلها بالشكل المناسب/ عن إنشاء حوض ترسيب أولي ، وخاصة أنه في الشركة العربية لا تتوفر لنا المساحات الكافية لإنشاء أحواض الترسيب سواء كانت أفقية أم شاقولية أم دائرية كما ذكرنا في الدراسة النظرية ، لذلك وبعد الدراسة والمقارنة ومن أجل الحصول على نسبة إزالة 30% من المعلقات ارتأينا أن نضع 3 مصافي من النوع RO9 EC ، الأولى ذكرناها وهي بفتحات 6 ملم والثانية بفتحات 3 ملم ، والثالثة بفتحات 1 ملم ، وبشكل متسلسل . وبهذا نكون قد وفرنا كثيراً في المساحة اللازمة للمعالجة التمهيدية عدا عن التوفير في تكاليف الإنشاء والصيانة والتشغيل .
- ومن خلال الدليل التصميمي لهذه المصفاة من شركة HUBER نجد أن جميع أبعاد الفتحات التي اخترناها تحقق التدفق $Q_1 = 24\ L/S$ عند قطر لسلة التصفية 300 mm ، كما هو واضح في المخطط أدناه .

Layout data for the HUBER ROTAMAT® Micro Strainer

How you can choose yourself basket diameter and channel width:

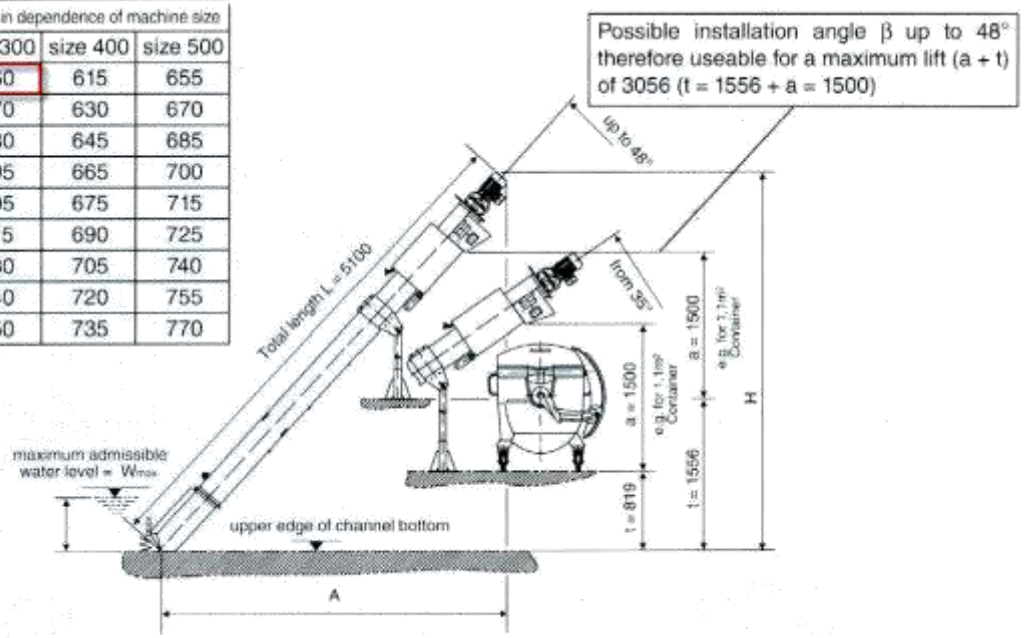


الشكل (12) مخطط إختيار أبعاد الفتحات حسب كل من قطر سلة التصفية والتدفق بالنسبة للمصفاةRO9

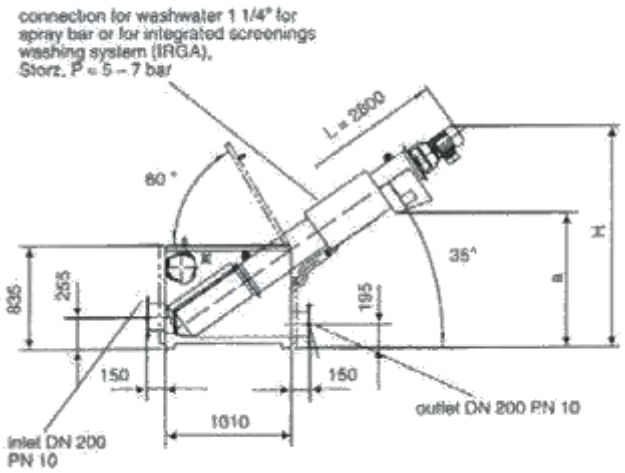
- بهذا الشكل نكون قد أنهينا تصميم قناة الاقتراب مع المصافي ، ولا حاجة لحوض ترسيب أولي ، وكفاءة الإزالة للمصافي الثلاث ستكون على الأقل كما يلي : 30% من كل من COD و BOD الداخل ، 90% من TSS . مع العلم أن طول قناة التصفية لا يتجاوز 10 أمتار ، وبهذا نكون قد وفّرنا مساحة كبيرة من الأرض .
- وحسب المواصفات التصميمية لهذه المصفاة من شركة HUBER ، وتبعاً لطول القناة (10 م) ، فإننا سنختار الأبعاد التالية لكل مصفاة من المصافي الثلاث ، وذلك حسب الجدول الموضح أدناه أيضاً (إنظر الشكل 13) .

$a + T = 2300$ mm
$H = 3040$ mm
$A = 2410$ mm
$\beta = 35°$
$W_{max} = 460$ mm

a + T	H	A	β	W_{max} in dependence of machine size		
				size 300	size 400	size 500
2300	3040	2410	35°	460	615	655
2400	3140	4140	36,5°	470	630	670
2500	3245	4060	38°	480	645	685
2615	3375	3945	40°	495	665	700
2700	3470	3860	41,5°	505	675	715
2785	3565	3770	43°	515	690	725
2890	3685	3645	45°	530	705	740
2975	3780	3550	46,5°	540	720	755
3055	3865	3455	48°	550	735	770



Model 300:



الشكل (13) الأبعاد التصميمية للمصفاة المختارة RO9

- لنحسب الآن كمية الرواسب (الحمأة الأولية) المنتجة من قبل المصافي الثلاث :

❖ إن كفاءة المعالجة في هذه المصافي الآلية (وحسب مواصفاتها من الشركة المصنعة) هي :30% من كل من COD و BOD (أي أنها تزيل ؟ COD و ؟ BOD غير المنحل) .

❖ وإذا كان تفريغ الحاويات سيتم كل مرة واحدة في اليوم (كل 24 ساعة) ، فإن الكمية الأعظمية للرواسب المتجمعة في كل مرة هي :

$$\frac{(0.3*4013)+(0.3*210)+(0.9*2013)}{1000} * 350 = 1077.51 \text{ kg}$$

❖ وحسب مواصفات المصفاة فإن كفاءة تجفيفها للرواسب هي 40% وبالتالي ستكون رطوبة الرواسب على الأقل 60% أي أن محتوى المادة الصلبة 40% وبالتالي :

كل 100 فيها 40 مواد صلبة
كل X فيها 1077.51 مواد صلبة
} مواد صلبة رطبة $X = 2693.76$ kg

❖ إذاً حجم الرواسب خلال 24 ساعة :

$$\frac{2693.76}{1000} = 2.69 \ m^3$$

❖ وهذه القيمة تمثل حجم الرواسب المتجمعة يومياً من المصافي الآلية الثلاث ، وبالتالي وسطياً سنفترض حاوية للرواسب بحجم $1\ m^3$ لكل مصفاة ، أي سيكون لدينا 3 حاويات سعة الواحدة منها $1\ m^3$. وباعتبار هذه الرواسب شبه جافة (رطوبتها 60%) لذلك يتم ترحيلها مباشرة فيما بعد إلى مطامر الصرف الصحي .

3-3-3: المعالجة البيولوجية :

إن مواصفات المياه الخارجة من المرحلة الإبتدائية ستكون على الشكل التالي :

الجدول (21) مواصفات المياه الخارجة من المرحلة الإبتدائية

ALK	SO_4	TDS	TSS	BOD	COD	PH	T	Q
1375	840	7946	200	140	3008	6	23	250
mg/l as $CaCO_3$	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	----	Cº	m^3/d

وحسب هذه المواصفات فإن طريقة الحمأة المنشطة التقليدية ستكون غير ناجعة بسبب الفرق الكبير بين قيم COD و BOD لذلك سيتم اختيار طريقة معالجة لا هوائية وتحديداً طريقة المفاعل اللاهوائي ذي التدفق إلى الأعلى وذي طبقة الحمأة المعلقة Upflow Anaerobic Sludge –Blanket Process والذي يرمز له بـــ(UASB) .

3-3-3-1- لمحة عن المفاعل اللاهوائي UASB :

➢ في مفاعل UASB يدخل الماء المطلوب معالجته من قاع المفاعل و يجري باتجاه الأعلى عبر طبقة الحمأة المؤلفة من حبيبات أو جزيئات متشكلة بيولوجياً. حيث يمكن أن يوصف المفاعل UASB كنظام تمر فيه مياه الصرف أولاً عبر سرير حمأة متمدد 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

بعدها عبر ما يدعى بطبقة الحمأة المعلقة والتي هي أقل كثافة من ما هو واقع أسفل منها من حمأة كما في الشكل (14) والذي سميناه سرير الحمأة .

- وإن تأمين حجم كاف لطبقة الحماة المعلقة فوق سرير الحمأة هو أمر ضروري لتأمين معالجة لاحقة لملوثات مياه الصرف والتي مرت عبر سرير الحمأة بدون معالجة بسبب تشكل أقنية عشوائية في سرير الحمأة في بعض المواقع. وطبقة الحمأة المعلقة هذه ستحافظ على نوعية مستقرة للتدفق الخارج من المفاعل و إن الغازات الناتجة عن العملية (و التي هي بشكل رئيس غاز الميتان و غاز ثاني أكسيد الكربون) تسبب حركة دوران داخلية تساعد في تشكيل الحبيبات البيولوجية و الحفاظ عليها.
- إن بعض فقاعات الغاز المتشكل ضمن طبقة الحمأة تبقى ملتصقة على الحبيبات البيولوجية . إن الغاز الحر و الجزيئات التي التصقت بها فقاعات الغاز ترتفع إلى أعلى المفاعل و من ثم فإن الجزيئات التي ارتفعت إلى السطح تصطدم بقاع الصفائح المخصصة لإزالة الغاز مما يسبب تحرر فقاعات الغاز ، بعد ذلك تهبط الجزيئات التي تخلصت من فقاعات الغاز إلى سطح طبقة الحمأة أما الغاز والسائل فيغادران المفاعل .

الشكل (14) مفاعل UASB

- إن الغاز الحر و الغاز المتحرر من الجزيئات يحجز في قبة جمع الغاز الموجودة في أعلى المفاعل .
- إن السائل الحاوي على بعض البقايا من المواد الصلبة و على بعض الحبيبات البيولوجية يمر إلى حوض الترسيب حيث تفصل المواد الصلبة و الحبيبات عن السائل
- إن وجود نوعين من البكتيريا ضمن المفاعل البكتيريا المنتجة للحموض والبكتريا المنتجة للميتان يتطلب وجود قيمتين لـ PH ضمن المفاعل حتى يعمل كلا النوعين بشكل فعال فقيمة الـ PH المثالية لعمل البكتيريا المنتجة للحمض هي 5.5-6.5 وقيمة الـ PH المثالية لعمل البكتيريا المنتجة للميتان هي 7.8-8.2 لكن من المستحيل تأمين قيم مزدوجة للـ PH ضمن المفاعل تناسب عمل البكتريا المنتجة للحموض والبكتيريا المنتجة للميتان بشكل أمثلي لذلك فإن القيمة العملية لـ PH المياه ضمن المفاعل هي 6.8-7.4 وبذلك نضمن وجود كلا نوعي البكتريا المنتجة للحموض والمنتجة للميتان في المفاعل بشكل مقبول.
- وإن التصميم الصحيح للمفاعل ضروري وذلك لكي نحجز فيه أكبر كمية ممكنة من الحمأة بحيث نحافظ على مدة بقاء للمواد الصلبة فيه تتراوح بين 50 و بين 100 يوم أو أكثر وبحيث نحافظ على زمن بقاء هيدروليكي للسائل في المفاعل قصيرة قدر الإمكان بحيث نقلص حجم المفاعل اللازم .

- وبشكل عام فإن سرير الحماة يشغل عادة ما يتراوح بين 30 وبين60% من حجم المفاعل وتشغل طبقة الحمأة المعلقة ما يتراوح بين 20 و بين 30% من حجم المفاعل ويشغل فاصل الغازات عن السائل وعن المواد الصلبة 15-30 % من الحجم الكلي .
- إن تأثير عمر سرير الحمأة على كفاءة إزالة COD هو من الأمور الدقيقة والحديثة التي لا يزال يدرس تأثيرها على أداء المفاعل UASB .
- إن لدرجة الحرارة دوراً هاماً جداً في عملية المعالجة إذ أن تعداد ونوع البكتريا التي تنمو في المفاعل ومدى نشاطها يرتبطان بإذنه تعالى بشكل وثيق بدرجة الحرارة . وتقسم البكتريا حسب درجة الحرارة المثالية لنموها إلى محبات البرد PCYCHROPHILIC ومحبات الدفء MESOPHILIC ومحبات الحرارة العالية THERMOPHILIC. وبشكل عام فإن العمليات الحيوية تتضاعف لكل ارتفاع 10 درجات مئوية .
- وتجدر الإشارة إلى أن هناك علاقة مباشرة بين ثلاث متحولات وهي : درجة الحرارة ضمن المفاعل وزمن المكوث الهيدروليكي فيه ومعدل الحمولة العضوية في واحدة الحجوم (Organic Load Rate) والتي يرمز لها OLR فلكل زمن مكوث هيدروليكي في درجة حرارة ثابتة هناك معدل حمولة عضوية في واحدة الحجوم مثالية تتوافق معه .
- إن من إحدى مساوئ المعالجة البيولوجية اللاهوائية هي زمن الإقلاع الكبير بالمقارنة مع المفاعلات الهوائية وذلك بسبب صغر معدل الاصطناع الحيوي (إنتاج الحماة) وبالتالي تحتاج المفاعلات اللاهوائية إلى زمن كبير من أجل تحقيق الحالة الثابتة 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 الثابتة 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 المياه المعالجة الخارجة من المفاعل بالكامل إلى بداية المفاعل وتعويض الضياعات بمياه خام أو مياه مقطرة أي يصبح المفاعل كجملة 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 المياه الخام الداخلة إلى المفاعل.
3) جعل المفاعل يعمل وكأنه قد وصل إلى الحالة الثابتة أي يكون زمن المكوث فيه أثناء فترة الإقلاع مماثلة لما سيكون في الحالة الثابتة 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 تشكل جيد للحمأة داخل المفاعل.

مما سبق نستنتج أنه لكي يعمل المفاعل UASB بشكل فعال هناك عدة أمور يجب تحقيقها وهي:

1) ينبغي أن تكون قيمة PH مياه الصرف محصورة بين القيمتين (6.6-7.6).

2) يجب ألا تقل درجة حرارة المياه الملوثة عن 5 درجات لأنه في الدرجات المنخفضة من الحرارة يحدث إعاقة في عمليات التفكيك التي تجري في الطور الصلب (سرير وطبقة الحمأة) وكذلك يحدث انخفاض في نشاط البكتريا المنتجة للميتان لذلك نحتاج للحرارة لتسخين المياه الخام في فصل الشتاء للحفاظ على نشاط جيد للبكتريا المنتجة للميتان .

3) يفضل دائماً تحقيق النسبة (COD:N:P=350:5:1) وإذا وجد نقص في المواد المغذية داخل المياه الملوثة يجب أن نضيف إليها مواد مغذية لضمان استمرارية حياة الكائنات الدقيقة والمواد الكيميائية المغذية المحتوية على غذاء البكتيريا (N,P) والتي يمكن إضافتها بشكل متكرر إلى المياه الملوثة هي أورثو فوسفات البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين (KH_2PO_4) وكربونات الأمونيوم ($(NH_4)_2CO_3$) و أورثو فوسفات الأمونيوم ثنائي الهيدروجين ($NH_4H_2PO_4$)

4) يجب أن لا يزيد تركيز المواد المعلقة عن 500 ملغ/ل في المياه الخام الداخلة إلى المفاعل وذلك للأسباب التالية:

- ☒ احتمال تشكل طبقة من الرغوة وذلك بسبب وجود مواد غير منحلة كالزيوت والشحوم ومواد معلقة غير منحلة أخرى.
- ☒ التراكيز العالية من المواد المعلقة غير المنحلة تعيق أو حتى توقف تشكل كريات الحمأة في المفاعل.
- ☒ تعاق فعالية البكتريا المنتجة للميتان وذلك بسبب تراكم المواد المعلقة.

3-3-3-2- تصميم المفاعل اللاهوائي UASB:

بشكل عام يوجد العديد من الطرق لتصميم مفاعل (UASB) ولكن سنعتمد في تصميمنا على الطريقة الموضحة في المرجع (Metcalf & Eddy) , Fourth Edition . والتي سنوضح معاييرها أثناء تصميم المفاعل .

إن مواصفات المياه الداخلة إلى مفاعل UASB موضحة أعلاه في الجدول (21) وسنصمم المفاعل على أساس هذه القيم مبدئياً .

معايير التصميم والفرضيات (حسب المرجع (Metcalf & Eddy) , Fourth Edition):

- نسبة إزالة COD هي 60% مع التذكير أن COD الداخل هو COD المنحل أي $_sCOD$.

تعليق

نلاحظ من مواصفات المياه الداخلة إلى المفاعل أن تركيز الكبريتات الداخل مرتفع 840 mg/l وبالتالي هذا من شأنه أن يخفض من نسبة الإزالة ، وهذا ما جعلنا نعتبر أن نسبة إزالة COD منخفضة إلى 60% .

- نفترض إزالة 50% من تركيز $_PCOD$[1] و VSS .
- 90% من تركيز الكبريتات الداخل يتم تخفيضه بيولوجياً .
- نفترض $f_d = 0.15\ g\ VSS\ cell\ debris/g\ VSS\ biomass\ decay$
- إنتاج غاز الميتان عند الدرجة 35Cº هو : $0.4\ L\ CH4/g\ COD$
- عامل تأثير حجم المفاعل $E = 85\%$

1 : الاحتياج الجزيئي الكيميائي للأكسجين Particulate Chemical Oxygen Demand .

- إرتفاع جمع الغاز $H_G = 2.5\ m$
- من الجدول (22) نحدد قيم كل من عامل إنتاج المواد الصلبة (Y) ، ومعامل الانحطاط (K_d) ، والمعدل الأقصى للنمو النوعي (μ_m) .

الجدول (22) بارامترات التصميم لمفاعلات النمو المعلق ذوات المزج الكامل والتي تعالج sCOD

Parameter	Unit	Value Range	Value Typical
Solids yield, Y			
Fermentation	g VSS/g COD	0.06–0.12	0.10
Methanogenesis	g VSS/g COD	0.02–0.06	0.04
Overall combined	g VSS/g COD	0.05–0.10	0.08
Decay coefficient, k_d			
Fermentation	g/g·d	0.02–0.06	0.04
Methanogenesis	g/g·d	0.01–0.04	0.02
Overall combined	g/g·d	0.02–0.04	0.03
Maximum specific growth rate, μ_m			
35°C	g/g·d	0.30–0.38	0.35
30°C	g/g·d	0.22–0.28	0.25
25°C	g/g·d	0.18–0.24	0.20
Half-velocity constant, K_s			
35°C	mg/L	60–200	160
30°C	mg/L	300–500	360
25°C	mg/L	800–1100	900
Methane			
Production at 35°C	m^3/kg COD	0.4	0.4
Density at 35°C	kg/m^3	0.6346	0.6346
Content of gas	%	60–70	65
Energy content	kJ/g	50.1	50.1

Note: $m^3/kg \times 16.0185 = ft^3/lb$.
$kg/m^3 \times 62.4280 = lb/10^3\ ft^3$.

1 – تحديد حجم المفاعل :

يحدد حجم المفاعل بالاعتماد على الحمولة العضوية التصميمية وبتطبيق العلاقة التالية :

$$V_n = \frac{Q.S_0}{L_{org}}$$

حيث : Q التدفق الداخل m^3/d .

S_0 قيمة ؟ COD الداخل للمفاعل $Kg\ COD/m^3$.

V_n الحجم الفعال للمفاعل .

L_{org} معدل التحميل العضوي $Kg\ COD/m^3.d$.

نأخذ قيمة L_{org} تبعاً لدرجة الحرارة من الجدول (23) التالي علماً أن درجة الحرارة لدينا مبدئياً 23Cº :

إذاً نعوض في قانون V_n :

$$V_n = \frac{250*3.008}{4} = 188\ m^3$$

وبالتالي فإن الحجم الكلي لسائل المفاعل :

$$V_L = \frac{V_n}{E} = \frac{188}{0.85} = 221.18 \sim 222\ m^3$$

الجدول (23) معدل التحميل العضوي المفضل تبعاً لدرجة الحرارة وعند إزالة 85-95% من COD

Temperature, °C	Volumetric loading, kg sCOD/m^3·d: VFA wastewater Range	VFA wastewater Typical	Non-VFA wastewater Range	Non-VFA wastewater Typical
15	2–4	3	2–3	2
20	4–6	5	2–4	3
25	6–12	6	4–8	4
30	10–18	12	8–12	10
35	15–24	18	12–18	14
40	20–32	25	15–24	18

*Adapted from Lettinga and Hulshoff Pol (1991).
Note: kg/m^3·d × 62.4280 = $lb/10^3\ ft^3$·d.

2 – تحديد أبعاد المفاعل :

1 – تحديد مساحة المنطقة العرضية بالإعتماد على سرعة الصعود إلى الأعلى u والتي نفرضها من الجدول (24) التالي :

الجدول (24) القيم المفضلة لسرعة الصعود إلى الأعلى وارتفاع مفاعل UASB

Wastewater type	Upflow velocity, m/h		Reactor height, m	
	Range	Typical	Range	Typical
COD nearly 100% soluble	1.0–3.0	1.5	6–10	8
COD partially soluble	1.0–1.25	1.0	3–7	6
Domestic wastewater	0.8–1.0	0.7	3–5	5

[a] Adapted from Lettinga and Hulshoff Pol (1991).
Note: m × 3.2808 = ft.
m/h × 3.2808 = ft/h.

من الجدول (24) نفرض السرعة 1 م/سا وذلك لأن ؟ sCOD لدينا يعادل 75% من ؟ COD الكلي أي أن ؟ COD لدينا منحل جزئياً . نعوض في القانون :

$$A = \frac{Q}{u} = \frac{250}{1*24} = 10.42\ m^2$$

نختار طول 5m وعرض 2m وبالتالي تصبح المساحة $10m^2$

2 – وبالتالي سيكون إرتفاع السائل في المفاعل :

$$H_L = \frac{V_L}{A} = \frac{222}{10} = 22.2\ m\ !!!!$$

وهو إرتفاع كبير جداً خارج المجال المسموح والمحدد في الجدول (24) لذلك ولحل هذه المشكلة سنلجأ إلى رفع درجة حرارة المياه إلى 35Cº عن طريق وضع مبادل حراري قبل المفاعل اللا هوائي .

عندئذٍ نعيد الحسابات نفسها على أساس 35Cº ومن الجدول (23) نجد L_{org} عند الدرجة 35Cº هي 14 ، إذاً نعوّض :

$$V_n = \frac{Q.S_0}{L_{org}} = \frac{250*3.008}{14} = 53.71\ m^3$$

$$V_L = \frac{V_n}{E} = \frac{53.71}{0.85} = 63.18 \sim 64\ m^3$$

وبنفس الفرضيات السابقة نجد :

$$A = 10\ m^2$$

وبالتالي سيكون إرتفاع السائل في المفاعل :

$$H_L = \frac{V_L}{A} = \frac{64}{10} = 6.4\ m$$

وهو ضمن المجال المسموح في الجدول (24) .

وبالتالي فإن الارتفاع الكلي للمفاعل يصبح :

$$H_T = H_L + H_G = 6.4 + 2.5 = 8.9\ m$$

إذاً أبعاد المفاعل مبدئياً حتى الآن هي :

L = 5 m
B = 2 m
H = 8.9 m

3 – تحديد زمن المكوث الهيدروليكي:

$$HRT = \frac{V_L}{Q} = \frac{64*24}{250} = 6.144 \ hour$$

4 – تحديد عمر الحمأة في المفاعل (زمن مكوث المواد الصلبة):

1 – إن قيمة SRT يمكن أن تخمن على افتراض أن كل المواد الصلبة المصرفة هي في التدفق الخارج . وبالتالي يمكن تطبيق العلاقة التالية : $Q.X_e = P_{X,VSS}$

حيث : $P_{X,VSS}$ كتلة المواد الصلبة الطيارة المنتجة في اليوم .

X_e هي تركيز VSS الداخل إلى المفاعل وهي تساوي 75% من TSS أي $0.75(200) = 150\ g/m^3$ [2]

إن قيمة $P_{X,VSS}$ تحسب من العلاقة التالية :

$$P_{X,VSS} = \frac{Q(Y)\ (S_o - S)}{1+(K_d)SRT} + \frac{f_d(K_d)Q(Y)(S_o - S)SRT}{1+(K_d)SRT} + Q(nbVSS)$$

وبالتالي فإن :

$$Q.X_e = \frac{Q(Y)\ (S_o - S)}{1+(K_d)SRT} + \frac{f_d(K_d)Q(Y)(S_o - S)SRT}{1+(K_d)SRT} + Q(nbVSS)$$

2 – لنحسب متطلبات هذه المعادلة :

- إن تركيز COD المنحل الخارج عند إزالة 60% من COD هو S :

$$S = (1 - 0.6)sCOD = 0.4(3008) = 1203.2\ g/m^3$$

- تركيز المواد الصلبة المعلقة الطيارة الغير قابلة للتحلل البيولوجي في التدفق الخارج على افتراض إزالة 50% من تركيز VSS الداخل :

$$nbVSS = 0.5(VSS) = 0.5(150) = 75\ g/m^3$$

- تركيز $_P$COD المزال :

$$pCOD = 0.5(COD - sCOD) = 0.5(4013 - 3008) = 502.5\ g/m^3$$

- تركيز COD الكلي القابل للتخفيض S_0 :

$$S_0 = sCOD + pCOD = 3008 + 502.5 = 3510.5 \sim 3511\ g/m^3$$

إذاً الآن نعوض في المعادلة :

$$(250 * 150) = \frac{250(0.08)\ (3511 - 1203.2)}{1+(0.03)SRT} + \frac{0.15(0.03)250(0.08)(3511 - 1203.2)SRT}{1+(0.03)SRT} + 250(75)$$

$$\Rightarrow \quad 37500 = \frac{46156}{1+(0.03)SRT} + \frac{207.7\ SRT}{1+(0.03)SRT} + 18750$$

وبحل هذه المعادلة ينتج لدينا قيمة SRT :

$$SRT = 77.24\ day$$

5 – تحديد تركيز sCOD الخارج عند عمر حمأة 77 يوم ودرجة حرارة 35Cº :

لدينا العلاقة : $S = \frac{K_s(1+K_d.SRT)}{SRT(Y.K - K_d) - 1}$

---

2 : $g/m^3 = mg/l$

حيث : K_s ثابت منتصف السرعة يتعلق بدرجة الحرارة ويؤخذ من الجدول (22) : $K_s = 160\ mg/l \quad at\ 35C^{\circ}$

$$K.Y = \mu_m = 0.35\ d^{-1} \quad at\ 35C^{\circ}$$

إذاً نعوّض في العلاقة :

$$S = \frac{160(1+0.03*77)}{77(0.35-0.03)-1} = 22.4\ g/m^3$$

6 - تحديد معدل تركيز TSS في منطقة الكتلة الحيوية في المفاعل X_{TSS} :

$$SRT = \frac{V(X_{TSS})}{(Q-Q_w)X_e + Q_w.X_R}$$

وباعتبار أن كل المواد الصلبة المصرفة موجودة في التدفق الخارج فإن ($Q_w = 0$) وبالتالي تصبح العلاقة :

$$SRT = \frac{V(X_{TSS})}{Q.X_e} \Rightarrow X_{TSS} = \frac{Q.X_e.SRT}{V}$$

حيث V هنا هي الحجم الفعال أي V_n : إذاً نعوّض :

$$X_{TSS} = \frac{250*150*77*10^{-3}}{53.71} = 53.76\ kg/m^3$$

تعليق

نلاحظ من الحسابات السابقة أهمية تركيز المواد الصلبة الخارجة في تحديد عمر الحمأة للنظام . ونلاحظ أن قيمة SRT قيمة كبيرة نسبياً بالنظر إلى نسبة الإزالة (60%) وأيضاً قيمة X_{TSS} قيمة كبيرة جداً ، وبالتالي فإن القيمة العالية؟ X_{TSS} سوف تجعل سرير الحمأة في المفاعل يرتفع كثيراً ومستوى الحمأة سوف يصبح أعلى في المفاعل . لتجنب هذا الارتفاع في سرير الحمأة فإن التخلص اليدوي من الحمأة يجب أن يتم البدء فيه ، وهذا يعني أن قيمة SRT يجب أن تكون أقل من القيمة المحسوبة (77 يوم) .

لذلك من الأفضل وحسب المرجع [1] أن نفترض قيمة لتركيز X_{TSS} لا تتجاوز $35\ kg/m^3$. وعندئذ نعوض في علاقة X_{TSS} لنحسب منها عمر الحمأة .

إذاً سنفترض أن قيمة X_{TSS} هي $35\ kg/m^3$ ، ومن علاقة X_{TSS} نحسب عمر الحمأة الجديد :

$$SRT = \frac{V(X_{TSS})}{Q.X_e} = \frac{53.71*35}{250*150*10^{-3}} = 50.13\ day$$

وعلى هذا الأساس سنعيد حساب البند الخامس :

لدينا العلاقة : $S = \frac{K_s(1+K_d.SRT)}{SRT(Y.K-K_d)-1}$

حيث : K_s ثابت منتصف السرعة يتعلق بدرجة الحرارة ويؤخذ من الجدول (22) : $K_s = 160\ mg/l \quad at\ 35C^o$

$$K.Y = \mu_m = 0.35\ d^{-1} \quad at\ 35C^o$$

إذاً نعوّض في العلاقة عمر الحمأة 50 يوم :

$$S = \frac{160(1+0.03*50)}{50(0.35-0.03)-1} = 26.67\ g/m^3$$

7 – حساب الحمأة الناتجة والمصرفة يومياً :

إنّ البكتريا في المفاعل اللا هوائي تتكاثر لا هوائياً ، وبدخول موادّ عضويّة جديدة فإنّ هذا الجزء المتكاثر من الحمأة يدعى الحمأة الفائضة . إنّ ما يحصل هو أنّ حجم الحمأة في حوض UASB يزداد يوميّاً ، وحتّى نحافظ على تركيز ثابت لـــ (MLSS) في الحوض فإنّ الحمأة الفائضة يجب أن تزال . وما لم تزال الحمأة الفائضة فإنّ تركيز الحمأة في المفاعل سيرتفع إلى مستوىً حرج ويسبب خروج الحمأة مع المياه النّقيّة الخارجة وإفساد نوعيّة هذه المياه . بالإضافة إلى ذلك فإنّ الحمأة المزالة يجب أن تعالج .

زكما رأينا فإن الحمأة الصافية المنتجة في اليوم كموادّ طيّارة فقط ($P_{X,VSS}$ (kg / d تعطى بالعلاقة :

$$P_{X,VSS} = \frac{Q(Y)\ (S_o - S)}{1+(K_d)SRT} + \frac{f_d(K_d)Q(Y)(S_o-S)SRT}{1+(K_d)SRT} + Q(nbVSS)$$

نعوض :

$$P_{X,VSS} = \frac{250\ (0.08)\ (3511-1203.2)}{1+(0.03)50} + \frac{0.15\ (0.03)250\ (0.08)(3511-1203.2)50}{1+(0.03)50} + 250(75) = 22616.44\ g/d$$

$$P_{X,VSS} = 22.62\ kg/d$$

وبما أن نسبة المواد الطيارة في الحمأة الناتجة هي 75% فإن كمية الحمأة الكلية تساوي :

$$\frac{22.62}{0.75} = 30.15\ kg/d$$

وباعتبار تركيز المواد الصلبة في الحمأة 1.5% فإن كمية الحمأة المنتجة في اليوم :

$$\frac{30.15}{0.015} = 2010.35\ kg/d$$

يكون حجم الحمأة المنتجة في اليوم :

$$\frac{2010.35}{1000} = 2\ m^3/d$$

8 – تحديد إنتاج غاز الميتان والغاز الكلي الناتج :

- تحديد COD المزال :

$$COD = S_0 - S = 3511 - 1203.2 = 2307.8\ g/m^3$$

- تحديد COD المزال مع الكبريتات (COD_{SR}) بفرض النسبة $0.67\ g\ COD_{مزال} / g\ SO_{4\ مزال}$ وبفرض إزالة 90% من الكبريتات بيولوجياً :

$$COD_{SR} = 0.9(840)(0.67) = 506.52\ g/m^3$$

- تحديد COD المستخدم من قبل بكتريا الميتان (COD_{MB}) :

$$COD_{MB} = (2307.8 - 506.52)Q = 1801.28 * 250 = 450320\ g/d$$

- تحديد معدل إنتاج الميتان :

لدينا إنتاج غاز الميتان عند الدرجة 35Cº هو 0.4L/g وبالتالي كمية الميتان المنتج في اليوم :

$$0.4 * 450320 = 180128\ L/d\ = 180.128\ m^3/d$$

ومن الجدول (22) نجد أن محتوى الغاز الناتج من الميتان هو 65% عند الدرجة 35Cº ، إذاً فالحجم الكلي للغاز الناتج :

$$\frac{180.128}{0.65} = 277.12\ m^3/d$$

9 - تحديد الطاقة المنتجة من غاز الميتان :

لتحديد الطاقة المنتجة : لدينا حسب الجدول (22) كثافة الميتان عند الدرجة 35Cº هي 0.6346 g/l ، ولدينا من نفس الجدول أن محتوى الطاقة في غاز الميتان عند الدرجة 35Cº هو 50.1 kJ/g إذاً كمية الطاقة المنتجة في اليوم :

$$power = 180128 * 0.6346 * 50.1 = 5.73 * 10^{+6}\ kJ/d$$

10 - تحديد احتياجات القلوية :

من الجدول (25) نجد أن تركيز القلوية المحسوبة والمقدرة والمطلوبة عند الدرجة 35Cº وعند نسبة 35% من CO_2 هي 2100 mg/l as $CaCO_3$. ولأن القلوية الداخلة إلى المفاعل هي 1375 mg/l as $CaCO_3$ فإن كمية القلوية التي نحتاج إلى إضافتها هي

الجدول (25) القلوية الأصغرية مقدرة بـ mg/l as $CaCO_3$ للحفاظ على PH=7 تبعاً لدرجة الحرارة ولنسبة CO_2 الناتجة عن الهضم اللاهوائي

Temperature, °C	Gas phase CO_2, %			
	25	30	35	40
20	900	1050	1200	1400
25	1100	1300	1500	1700
30	1300	1600	1800	2100
35	1500	1800	2100	2400
40	1700	2100	2400	2800

$$\text{القلوية المطلوبة} = 2100 - 1375 = 725\ mg/l\ as\ CaCO_3$$

تعليق

نلاحظ أن كمية هامة من غاز الميتان تنتج يومياً لذلك يمكن أن يستخدم هذا الغاز في إنتاج الطاقة من قبل المنشأة الصناعية .

وهذا يمكن أن يساعد في تعديل كلفة إضافة الكميات الكبيرة المعتبرة من القلوية للإبقاء على PH داخل المفاعل قريبة من 7 .

11 - تصميم فاصل الغاز- السائل المواد الصلبة (Gas Sludge Liquid) يرمز له اختصاراً (GSL):

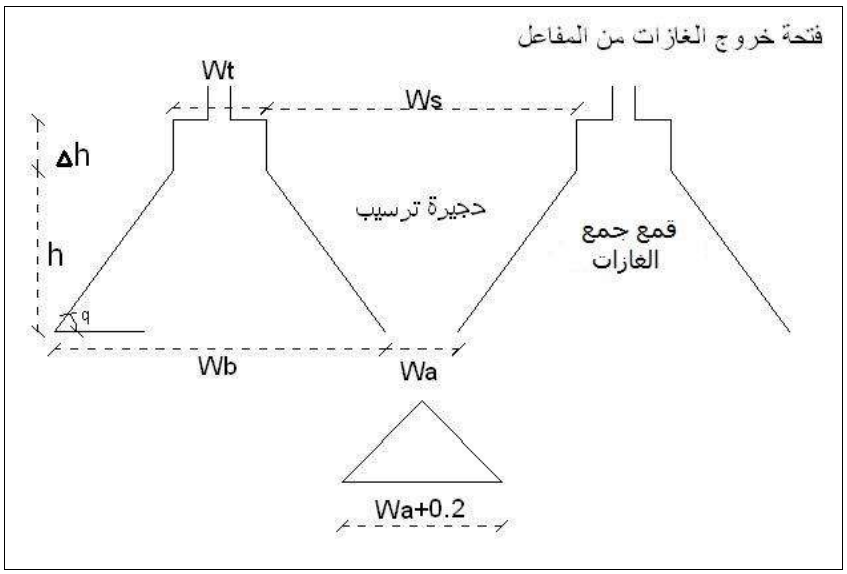
إن عملية حجز الحمأة ضمن المفاعل UASB أثناء عمليات التشغيل تعتبر من العمليات الهامة جداً وذلك للحفاظ على كريات الحمأة المتشكلة ضمن المفاعل لذلك يجهز المفاعل UASB بفاصل للغازات عن مياه الصرف وعن الحمأة ويرمز هذا الفاصل بـــ GSL .

الهدف الأساسي من الفاصل GSL هو منع خروج الحمأة خارج المفاعل وذلك لتسهيل عملية إعادة الحمأة إلى المفاعل دون الاستعانة بأي طاقة خارجية وأي تجهيزات تحكم.

ويجب أن يصمم الفاصل بشكل يحقق مساحة كافية لفصل الغازات عن مياه الصرف في أعلى قبة جمع الغازات وأن يحقق مساحة ترسيب كافية خارج قبة جمع الغازات وكذلك يمكن الاستفادة من الفاصل GSL في ضبط معدل خروج المياه المعالجة إلى مصارف المياه المعالجة.

وكذلك يجب أن يعطى الفاصل مساحة منافذ كافية عند قاعدته السفلى لدخول الماء إلى قسم الترسيب لتجنب الاضطراب الذي قد يحدث نتيجة السرعة العالية لدخول لمياه الخام في منطقة الترسيب وكذلك ليسمح بإعادة المواد الصلبة إلى داخل المفاعل.

ويصمم الفاصل GSL على شكل هرم قاعدته الكبرى ضمن المفاعل UASB وقاعدته الصغرى في أعلى المفاعل ويصمم أحياناً على شكل مخروط أو موشور وذلك تبعاً لشكل المقطع الأفقي للمفاعل والشكل التالي يبين شكلاً هرمياً لفاصل GSL



الشكل (15) شكل هرمي لفاصل GSL

أما أبعاد أجزاء الفاصل GLS فتحسب كما يلي:

h ؟ : وهي ارتفاع إضافي ينشأ في أعلى قبعة جمع الغازات وتساوي عادة $\frac{W_t}{2} * \tan(q)$

W_t : عرض القسم العلوي من قمع جمع الغازات وعادة يأخذ القيمة من 0.2 حتى 0.3 م.

h : ارتفاع الفاصل وعادة يعادل ربع الارتفاع الكلي للمفاعل تقريباً.

q: زاوية ميل جوانب الفاصل GLS عن الأفق وقيمتها عادة (45 –60) درجة.

W_b: عرض قاعدة الفاصل وتحسب من العلاقة:

$$W_b = \frac{2(h+\Delta h)}{\tan(q)}$$

يجب ترك مسافة بين الأقماع مقدارها حيث W_a =0.2 م بشكل مبدئي.

ويمكن حساب عدد الأقماع اللازم ة للمفاعل وذلك بتقسيم الطول اللازم للمفاعل مطروحاً منه W_a على العرض W_B إذا كان المفاعل مستطيل الشكل حيث $W_B=W_b+W_a$

وينصح أن يكون عرض الفتحة السفلية W_a الذي تقع بين كل فاصلين GSL لا يقل عن 0.2 م وأن لا يزيد عن 0.5 م

وفي حالة كانت W_a أكبر من 0.5 م عندها نقوم بوضع فاصل إضافي آخر ونعيد الخطوات السابقة.

وبشكل عام تصمم قيمة W_a بحيث تؤمن سرعة دخول إلى حجيرة الترسيب أقل من 3m/h للمياه متوسطة وعالية التركيز وأقل من 2m/h للمياه ضعيفة التركيز.

إذاً ومما سبق نفرض :

$$W_t = 0.2\ m$$

$$q = 45º$$

$$\Delta h = \frac{W_t}{2} * \tan(q) = \frac{0.2}{2}\tan(45) = 0.1\ \text{m}$$

$$h = 0.25(8.9) = 2.23\ \ m$$

$$W_b = \frac{2(h+\Delta h)}{\tan(q)} = \frac{2(2.23+0.1)}{\tan(45)} = 4.66\ \text{m}$$

$$W_a = 0.2\ m$$

وبما أن طول المفاعل لدينا هو 5 m إذاً عدد أقماع جمع الغازات :

$$N = \frac{L-W_a}{W_a+W_b} = \frac{5-0.2}{0.2+4.66} = 1$$

12 – التحقق من معدل التحميل السطحي للمياه المعالجة الخارجة من المفاعل:

تحسب كمساحة فعالة للترسيب قيمة الفارق بين مساحة المفاعل ومساحة الجزء المشغول بفاصل الغازات وهدارات خروج الماء من المفاعل عند سطح الماء .

وينصح بأن يكون معدل التحميل السطحي في قسم الترسيب للحصول على ترسيب فعال للمواد الصلبة أقل من 20 م^3/ م^2. يوم و ذلك عند التدفق الوسطي وأن يكون أقل من 36 م^3 / م^2. يوم وذلك عند التدفق الأعظمي.

فإذا كانت قيمة معدل التحميل السطحي تقع ضمن القيم السابقة عندها يكون الفاصل GSL قد تم تصميمه بشكل نهائي . أما عندما يكون معدل التحميل السطحي أكبر من الحدود السابقة فإنه من المفضل أن يتم تصغير ارتفاع المفاعل و تكبير مساحة المفاعل وعندما يصغر ارتفاع المفاعل يجب إعادة حساب أبعاد الفاصل GSL وذلك حتى نحصل على معدل تحميل سطحي مقبول في قسم الترسيب .

و إن الارتفاع الأصغري للمفاعل يجب أن لا يقل عن 4 م ومن المفضل أن يكون 4.5 م .

ويجب أن يوضع موجهات للتدفق أسفل قمع جمع الغازات بمسافة لا عن 10– 20 سم وذلك لتجنب دخول الغازات إلى حجيرة الترسيب.

وإن قطر أنابيب جمع الغازات المنطلقة يجب أن يكون كافياً لضمان سحب جيد للغازات من قمع جمع الغازات وخصوصاً في حالات تشكل الرغوة .

وبشكل عام نحتاج إلى مفاعل أقصر ارتفاعا وذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي وبشكل خاص عند معالجة مياه صرف ذات تركيز ضعيف.

ويجب دوماً أن يكون الارتفاع التصميمي محققاً لبقية المعطيات والفرضيات التصميمية، وفي مثل هذه الحالات (حالة مياه صرف ذات تركيز منخفض) يمكن تقليل الحمولة العضوية التصميمية في واحدة الحجوم وذلك لتامين حجم أكبر للمفاعل UASB وبالتالي نؤمن بذلك مساحة أكبر تحقق الشروط التصميمية.

إذاً ومما سبق نجد :

سنهمل مساحة الجزء المشغول بالهدارات لصغرها وعدم تأثيرها ، وبالتالي ستكون المساحة الفعالة للترسيب هي مساحة المفاعل مطروحاً منها مساحة الجزء المشغول بفاصل الغازات . وسنرمز لمساحة الترسيب A_S .

مساحة القمع (مساحة شبه منحرف + مساحة مستطيل) :

$$A_1 = (\frac{4.66+0.2}{2} * 2.23) + (0.2 * 0.1) = 5.44 \ m^2$$

وبالتالي تكون مساحة الترسيب A_S :

$$A_S = A - A_1 = 10 - 5.44 = 4.56 \ m^2$$

إذاً معدل التحميل السطحي في قسم الترسيب :

$$\frac{Q}{A_S} = \frac{250}{4.56} = 54.82 \ m^3/m^2.d \ > \ 20 \ m^3/m^2.d$$ غير مقبول

إن هذه القيمة أكبر من القيمة التصميمية ($20 \ m^3/m^2.d$) وبالتالي سنضطر إلى تكبير المساحة السطحية للمفاعل وتقليل ارتفاعه . سنفترض أن طول المفاعل الجديد هو 5.5m وعرضه 3m وبالتالي تصبح المساحة الجديدة A هي :

$$A = 5.5 * 3 = 16.5 \ m^2$$

ويصبح إرتفاع السائل في المفاعل هو :

$$H_L = \frac{V_L}{A} = \frac{64}{16.5} = 3.9 \ m$$

والارتفاع الكلي للمفاعل :

$$H_T = H_L + H_G = 3.9 + 2.5 = 6.4 \ m$$

وعلى هذا الأساس سنعيد تصميم قمع جمع الغاز :

$$W_t = 0.2 \ m$$

$$q = 60º$$

$$\Delta h = \frac{W_t}{2} * \tan(q) = \frac{0.2}{2} \tan(60) = 0.173 \ m$$

$$h = 0.25(6.4) = 1.6 \ m$$

$$W_b = \frac{2(h+\Delta h)}{\tan(q)} = \frac{2(1.6+0.173)}{\tan(60)} = 2.05 \ \text{m}$$

$$W_a = 0.4\ m$$

مساحة القمع (مساحة شبه منحرف + مساحة مستطيل) :

$$A_1 = (\frac{2.05+0.2}{2} * 1.6) + (0.2 * 0.173) = 1.83\ m^2$$

وبالتالي تكون مساحة الترسيب As :

$$A_S = A - A_1 = 16.5 - 1.83 = 14.67\ m^2$$

إذاً معدل التحميل السطحي في قسم الترسيب :

$$\frac{Q}{A_S} = \frac{250}{14.67} = 17\ m^3/m^2.d \ < \ 20\ m^3/m^2.d$$ محقق ومقبول

وبما أن طول المفاعل أصبح لدينا هو 5.5 m إذاً يكون عدد الأقماع اللازمة لجمع الغاز :

$$N = \frac{L - W_a}{W_a + W_b} = \frac{5.5-0.4}{0.4+2.05} = 2$$

13 - تصميم نظام دخول المياه الخام إلى المفاعل :

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 وبتصميم محطة الضخ واحتمال انسداد أنابيب دخول و توزيع المياه الخام إلى داخل المفاعل لذلك يوجد 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 و أنابيب جانبية مضاعفة ويفضل استخدام هذا النظام في حالة المياه المحتوية على تركيز صغير من المواد المعلقة.

وتبعاً لتوصيات ليتنغا وهوسلوف يحدد عدد فتحات التغذية بالمياه الخام تبعاً لتركيز الحماة داخل المفاعل ومعدلات التحميل.

وبشكل عام كل فتحة تغذية تستطيع تغذية مساحة تتراوح بين 1 – 3 م^2 من سطح المفاعل والقيمة 1 م^2 يمكن تطبيقها عندما يكون معدل الحمولة العضوية في واحدة الحجوم هو 1 كغ COD/ م^3.يوم وأما القيم 2–3 م^2 فيمكن تطبيقها عندما يكون معدل التحميل العضوي في واحدة الحجوم أكبر من 2 كغ COD / م^3.يوم.

وبغض النظر عن عدد فتحات التغذية والتوزيع فإن السرعة الأصغرية و الأعظمية 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 4 م / ثانية والسرعة الأصغرية يجب أن لا تقل عن 0.5 م / ثانية .

إذاً ومما سبق نجد :

سنأخذ أنابيب تغذية للمياه الخام من الأعلى وهي أنابيب من البولي إتيلين بقطر 100 mm توزع المياه أسفل المفاعل من خلال فتحات تغذية من الأسفل ، نظراً لكون المياه الداخلة تحوي تركيز لا بأس به من TSS ،

ولدينا معدل التحميل العضوي كبير 14 كغ COD/ م^3.يوم لذلك نفترض أن كل فتحة تغذية تغذي 3 م^2 من سطح المفاعل وبالتالي عندئذٍ سيكون عدد فتحات التغذية اللازم :

$$N_P = \frac{A}{3} = \frac{15.9}{3} = 5.3 \sim 6$$ فتحات

لنتحقق من سرعة خروج المياه الخام من هذه الفتحات :

بفرض قطر فتحة التوزيع 80mm فإن مساحة مقطع الفتحة A_P :

$$A_P = \frac{\pi(0.08)^2}{4} = 5.027 * 10^{-3}\ m^2$$

فعندئذٍ ستكون سرعة الخروج :

$$v_p = \frac{Q}{A_P} = \frac{250}{5.027*10^{-3}*24*3600} = 0.58\ m/s > 0.5m/s$$ محقق ومقبول

14 – ترتيبات ضرورية يجب أخذها بعين الإعتبار :

1) من الضروري تأمين إمكانية سحب الحمأة الزائدة من أسفل المفاعل بالإضافة إلى إمكانية سحبها من وسط المفاعل.
2) يجب وضع 5– 6 مآخذ موزعة على جوانب المفاعل على كامل ارتفاعه وذلك من أجل تأمين إمكانية أخذ عينات من الحمأة الموجودة ضمن المفاعل.
3) يجب تركيب أجهزة لقياس درجة الحرارة وقيمة PH ومعدل التدفق الداخل ومعدل إنتاج الغاز الحيوي وأجهزة لقياس تراكيز كل من N,P,C .
4) يجب تركيب تجهيزات احتياطية للمفاعل من أجل إضافة مواد مغذية (للحفاظ على النسبة COD:N:P=350:5:1)، وقلوية وذلك لضبط قيمة PH مياه الخام الداخل إلى المفاعل.
5) تنفذ جدران الحوض بسماكة 20Cm من البيتون المسلح (يراعى الدراسة الانشائية لتحديد الكتامة وفق النظام العالمي) .
6) يضاف للبيتون مواد مكتمة و ملدنة (إيبوكسي) لتحسين نوعية البيتون و يكسّى الخزان من الداخل و الخارج بطبقة إسمنتية (طينة) مع مواد مكتمة مع العزل من الخارج و الداخل بطلاءات مقاومة للرشح و تسرب الماء .

إذاً وبهذا الشكل نكون قد أنهينا تصميم المفاعل اللاهوائي UASB ، وسنلخص النتائج بالجدول التالي :

الجدول (26) خلاصة نتائج تصميم مفاعل UASB

البارامتر	القيمة	الواحدة
التدفق التصميمي (Q)	250	m^3/d
COD الداخل ؟	3008	mg/l
COD الخارج ؟	<1200	mg/l
BOD الداخل ؟	140	mg/l
BOD الخارج ؟	<60	mg/l
TSS الداخل ؟	200	mg/l
TSS الخارج ؟	200	mg/l
TDS الداخل ؟	7946	mg/l
TDS الخارج ؟	<3975	mg/l
أبعاد المفاعل (طول x عرض)	(3 x 5.5)	(m x m)
العمق الكلي (H_T)	6.4	m
ارتفاع السائل (H_L)	3.9	m
ارتفاع جمع الغاز (H_G)	2.5	m
حجم السائل في الحوض (V_L)	64	m^3
الحجم الكلي للحوض (V_T)	105.5	m^3
معدل التحميل العضوي (L_{org})	14	Kg sCOD/ m^3.d
زمن المكوث الهيدروليكي (HRT)	6.14	hour
عمر الحمأة (SRT)	50	day
كمية الحمأة المنتجة في اليوم	2	m^3/d
كمية الغاز الحيوي الكلي الناتج	277	m^3/d
الطاقة المنتجة من غاز الميتان	$5.73*10^{-3}$	kJ/d
احتياجات القلوية	181.25	kg/d as $CaCO_3$
عدد الأقماع اللازمة لجمع الغاز	2	
الارتفاع الكلي للقمع (h+ h ؟)	1.77	m
عرض القمع (W_b)	2.05	m
معدل التحميل السطحي في قسم الترسيب (للمياه الخارجة)	17	$m^3/ m^2.d$
عدد فتحات التغذية من الأسفل (N_P)	6	
قطر الفتحة الواحدة (D_P)	80	mm
المادة المصنوع منها المفاعل	إسمنت + إيبوكسي	

3-3-4: المعالجة الكيميائية :

3-3-4-1- تصميم حوض الترويب وحوض الترسيب الكيميائي :

إن مواصفات المياه الخارجة من المرحلة البيولوجية ستكون على الشكل التالي :

الجدول (27) مواصفات المياه الخارجة من المرحلة البيولوجية

TDS	TSS	BOD	COD	PH	T	Q
3975	200	60	1200	6.6 – 7.6	30-35	250
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	----	Cº	m^3/d

ومن هذه القيم نلاحظ أن قيمة TDS ما تزال مرتفعة وخارج المجال المسموح حسب المواصفة رقم 2580 لذلك نقترح أن تدخل المياه إلى وحدة ترسيب كيميائية والتي هي عبارة عن حوض لمزج المواد الكيميائية وتشكيل الندف يليه حوض ترسيب مستطيل ، وذلك من أجل تخفيف تركيز المواد المنحلة الكلية (TDS) و الكالسيوم الناتج بسبب التفاعلات الكيمياحيوية في مرحلة المعالجة اللاهوائية ، وسيتم رفع قيمة PH عن طريق حوض ضبط PH قبل حوض تشكيل الندف إلى القيمة 8.3 حتى نسمح بتشكل رواسب من كربونات الكالسيوم غير المنحلة ، وفي خزان تشكيل الندف سوف تتشكل حمأة كيميائية وذلك من خلال إضافة مادة كربونات الصوديوم Na_2CO_3 ومساعدات الترويب (كبريتات الألمنيوم والكلس) ، الحمأة الكيميائية سوف تترسب في أسفل خزان الترسيب وسوف تصرف إلى خزان الحمأة ، والماء الرائق سوف يصرف مباشرة إلى حوض التصريف ، حيث تكون المياه عندئذٍ قد حققت المواصفات ، حيث ستكون كفاءة إزالة TDS و TSS في وحدة الترسيب الكيميائي على الأقل 50% .

1 – حوض الترويب وتشكيل الندف :

سنفرض خزان أسطواني بحجم $4m^3$. ويصنع هذا الخزان من الفولاذ الكربوني والإيبوكسي .

2 – حوض الترسيب المستطيل :

نفرض ما يلي :

- من أجل زيادة الحمولة السطحية وكفاءة الإزالة يتم وضع صفائح Lamella (على شكل أنابيب مربعة المقطع) مائلة بزاوية 45º في منطقة الترسيب وبحيث يكون جريان الماء معاكس لاتجاه الترسيب كما هو واضح في الشكل (16) .
- وعندئذٍ يمكننا إنقاص زمن المكوث ونفرضه $T = 15\ min$.
- ارتفاع الترسيب (الارتفاع الفعال) $H_e = 0.6\ m$.
- يضاف إلى الإرتفاع الفعال ارتفاع جدران الحوض فوق سطح المياه بمقدار 0.2m .
- معدل التحميل الطولي على هدار المخرج هو $240\ m^3/m.d$
- نفرض وجود مخروطين لجمع الحمأة في الأسفل بأبعاد يوضحها الشكل (16) حيث نحسب حجم المخروطين على الأوتوكاد ، وحجم المخروطين هو $1.5\ m^3$.

إذاً وعلى ضوء هذه الفرضيات يكون لدينا ما يلي :

- الحجم الفعال للحوض (حجم منطقة الترسيب) :

$$V_e = Q.T = \frac{250}{24*60} * 15 = 2.6\,m^3$$

- مساحة الترسيب A_e :

$$A_e = \frac{V_e}{H_e} = \frac{2.6}{0.6} = 4.3\ m^2$$

- وبافتراض عرض الحوض $B = 1\ m$:

$$L = \frac{4.3}{1} = 4.3\,m$$

- ومن الشكل نجد أن الطول الفعال :

$$L_{ef} = 4.3 - 0.6 = 3.7\,m$$

- وبالتالي تكون المساحة الفعالة للترسيب :

$$A_{ef} = 3.7 * 1 = 3.7\,m^2$$

- نتحقق من السرعة عبر الأنابيب المائلة :

$$v = \frac{Q}{A_{ef}} = \frac{250}{24*3600*3.7} = 7.82 * 10^{-4}\,m/s \quad = 0.78\,mm/s \quad < 1\ mm/s$$ مقبولة

- وبفرض أن مقطع الأنابيب المائلة 80x80 mm ، وحسب الشكل ستكون الأنابيب المائلة موزعة كالتالي :

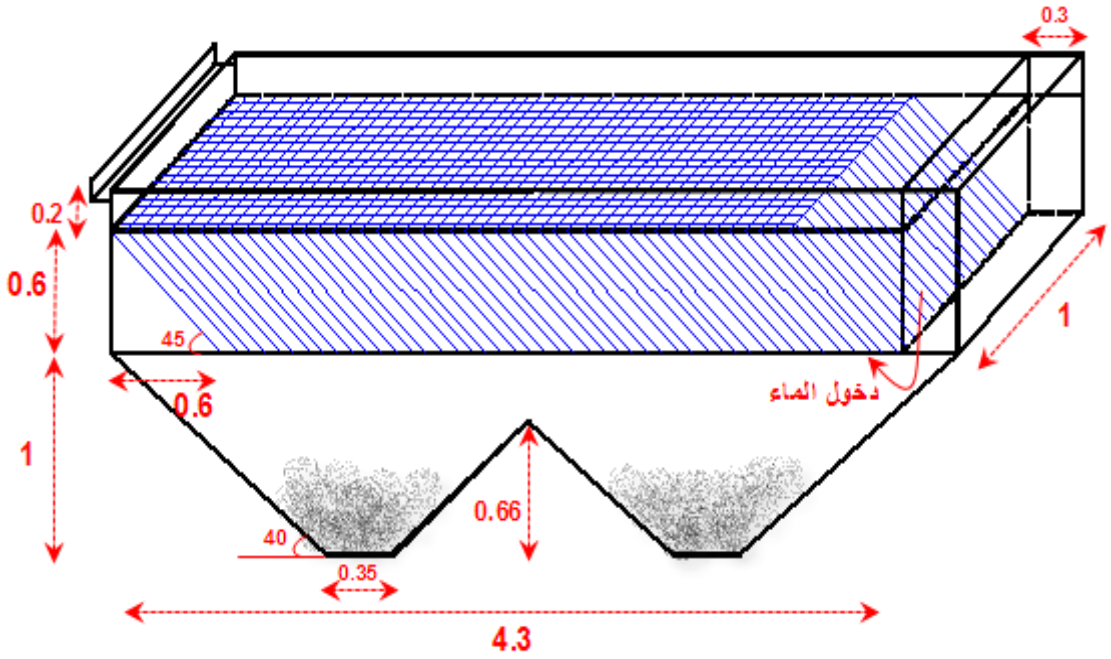
عدد الأنابيب بالطول : $\frac{3.7}{0.08} = 46$

عدد الأنابيب بالعرض : $\frac{1}{0.08\cos 45} = 17$

وعليه يصبح عدد الأنابيب الكلي : $46 * 17 = 782$

- باعتبار أن معدل التحميل الطولي على هدار المخرج هو 240 $m^3/m.d$ نحسب طول الهدار L_1 ، ويجب أن لا يتجاوز قيمة عرض الحوض :

$$L_1 = \frac{250}{240} = 1\,m = B$$ مقبول



الشكل (16) حوض الترسيب الكيميائي الصفائحي(Lamella) بالأبعاد الحقيقية

- ضياع الحمولة في حوض الترسيب النهائي يساوي 0,6 m .
- جدران الحوض بسماكة (20 Cm) من البيتون المسلح .
- يضاف للبيتون مواد مكتمة و ملدنة (إيبوكسي) لتحسين نوعية البيتون و يكسّى الخزان من الداخل و الخارج بطبقة إسمنتية (طينة) مع مواد مكتمة مع العزل من الخارج و الداخل بطلاءات مقاومة للرشح و تسرب الماء .
- لنحسب الآن كمية الرواسب (الحمأة) المنتجة في وحدة الترسيب الكيميائي (الترويب والترسيب) :

❖ إن كفاءة المعالجة كما ذكرنا في حوض الترسيب المستطيل هي على الأقل 50% من كل من TSS و TDS ، إذاً فإن كمية الرواسب المتجمعة في اليوم هي :

$$\frac{(0.5*3975)+(0.5*200)}{1000} * 250 = 521.88 \text{ kg}$$

❖ وإذا افترضنا أن رطوبة الرواسب 97% أي محتوى المواد الصلبة 3% :

$$\frac{521.88}{0.03} = 17396 \text{ kg}$$

❖ وبالتالي يكون حجم الرواسب المنتجة يومياً :

$$\frac{17396}{1000} = 17.4 \text{ m}^3$$

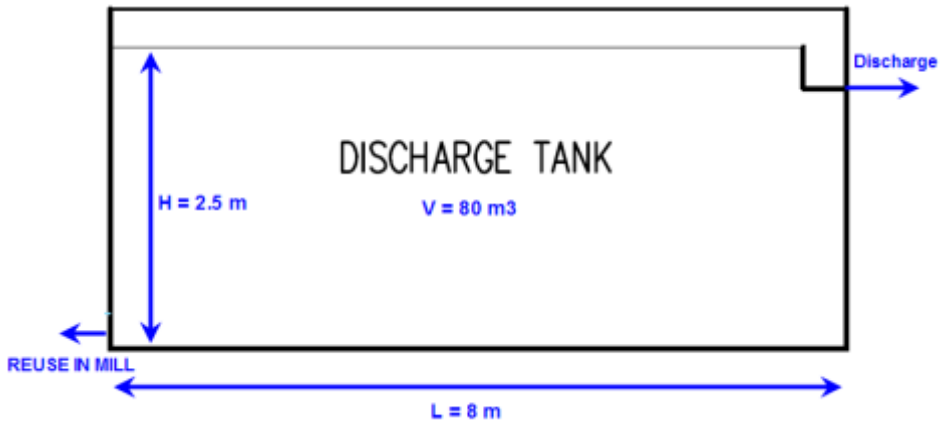
❖ وبما أنه لدينا مخروطين لجمع الرواسب حجمهما 1.5 m^3 إذاً فإن عدد مرات تفريغ الرواسب من حوض الترسيب سيكون 12 مرة يومياً . أي مرة كل ساعتين .

3-3-5 : تصميم حوض تجميع المياه المعالجة :

المياه المعالجة سوف تجمع في خزان صرف حيث (وحسب معطيات الشركة) يمكن إعادة استخدام ما يعادل حجم 80m^3 . أي أن حجم الحوض سيكون 80m^3 ، وسنفترض الأبعاد التالية (8 x 4 x 2.5) (إرتفاع x عرض x طول) ، ونضيف إرتفاع إضافي للجدران قدره 0.2m أي يصبح الارتفاع الكلي 2.7m . وباقي المياه تصرّف إلى المجرور العام حيث يكون لها المواصفات التالية :

الجدول (28) المواصفات النهائية للمياه الخارجة من محطة المعالجة

BOD(mg/l)	COD(mg/l)	TSS(mg/l)	TDS(mg/l)
<60	<1200	<100	<2000



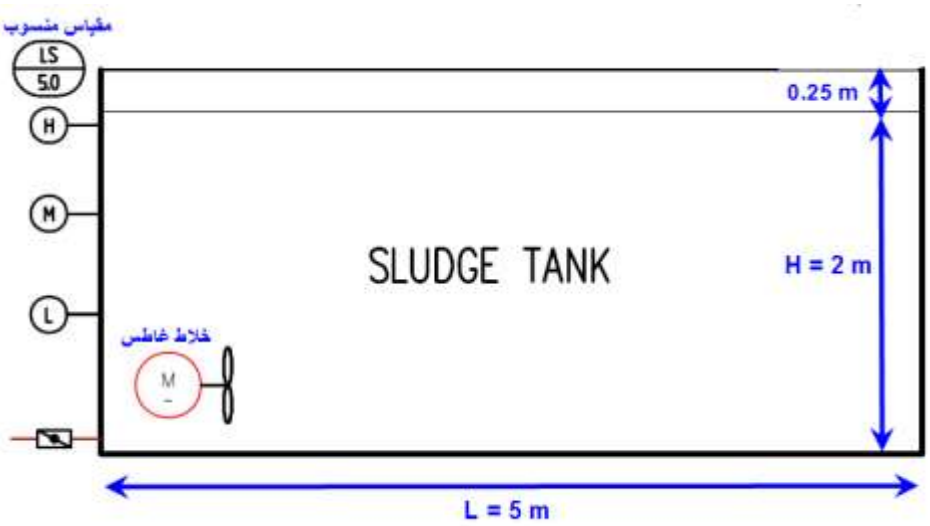
الشكل (17) حوض تجميع المياه المعالجة

3-3-6 : تصميم حوض تجميع الحمأة :

- يتم تجميع الحمأة السفلية من حوض الترسيب وكذلك الحمأة الفائضة من المفاعل اللا هوائي ، في حوض تجميع للحمأة يستوعب تدفقات للحمأة لمدة 24 ساعة ، حجم الحمأة من حوض الترسيب و هي الكمية لمدة 24 ساعة

$$17.4 + 2 = 19.4\ m^3$$

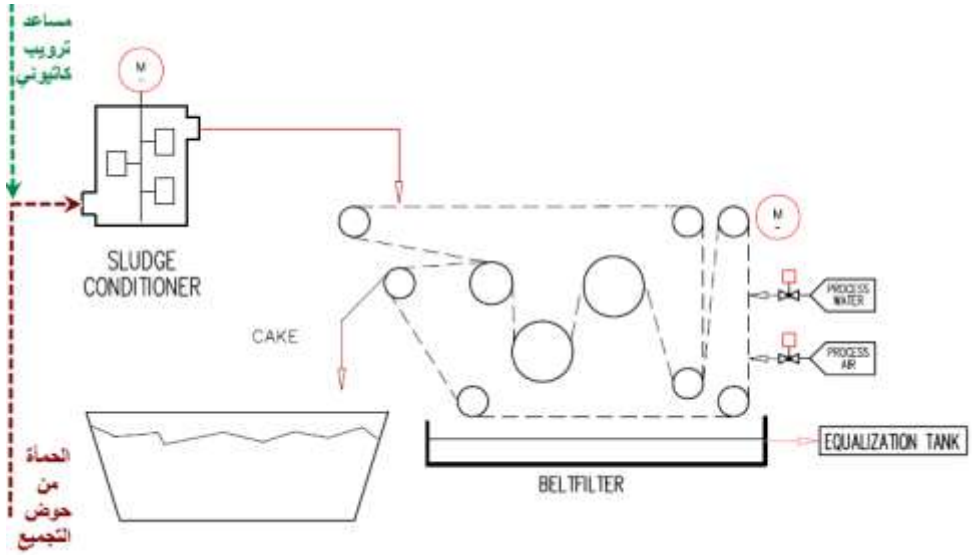
- وبالتالي نأخذ أبعاد الحوض (5x2x2) (إرتفاع x عرض x طول) ، وبأخذ 25 سم إضافي يصبح الإرتفاع الكلي للحوض 2.5m .
- تدخل الحمأة إلى هذا الحوض من حوض الترسيب عبر سكورة يتم فتحها بشكل يدوي من قبل عامل التشغيل كل (12 ساعة) و لمدة حوالي (10 دقائق) .
- يتضمن حوض الحمأة خلاط غاطس من الستانلس ستيل 304 ، ومقياس حساس للمنسوب في الأعلى (كما يظهر في الشكل) .
- سماكة الجدران(20 Cm) من البيتون المسلح بطبقتين من التسليح .
- يضاف للبيتون مواد مكتمة و ملدنة لتحسين نوعية البيتون و يكسّى الخزان من الداخل و الخارج بطبقة إسمنتية (طينة) مع مواد مكتمة مع العزل من الخارج و الداخل بطلاءات مقاومة للرشح و تسرب الماء .



الشكل (18) حوض تجميع الحمأة

3-3-7 : تجفيف الحمأة :

تخرج الحمأة من حوض التجميع إلى جهاز التجفيف حيث سيتم استخدام جهاز يعتمد آلية السيور المتحركة كما هو واضح في الشكل ، حيث تمرر الحمأة على خلاط من الستانلس ستيل لتكييفها ومزجها (Sludge Conditioner) مع إضافة مواد كيميائية بوليميرية كاتيونية إلى الحمأة قبل الخلاط وذلك من أجل تجفيف أسرع وأفضل للحمأة ، بعد ذلك تضخ الحمأة إلى سيور تجفيف الحمأة من أجل تقليل الماء فيها . ومن ثم تصريفها النهائي .



الشكل (19) آلية تجفيف الحمأة

3-3-8 : ترتيبات أخرى :

3-3-8-1 – خزانات المواد الكيميائية وأحواض ضبط PH والمبادل الحراري:

- لدينا كما سنرى في المخططات خزان تجميع المياه الخارجة من مفاعل UASB أسطواني الشكل بحجم 5 m3 وذلك بهدف إعادة تدوير جزء من المياه الخارجة من مفاعل UASB إلى بداية المفاعل وذلك لتحقيق الإقلاع بأقصر وقت ممكن بهدف الحفاظ على تركيز عال من الكتلة الحيوية (حمأة + مواد مغذية) ضمن المفاعل وضمن المياه الخام الداخلة إلى المفاعل.
- لدينا كما سنرى في المخططات أربع خزانات مواد كيميائية : واحد للمواد المغذية (مقسم إلى 3 حجرات واحدة للفوسفور P وواحدة للكربون C وواحدة للآزوت N) بسعة $3m^3$. الحوض بمقطع مستطيل من البولي إتيلين مع حواف داخلية دائرية .

وحوض آخر للصودا (ماءات الصوديوم) ، وخزان للمواد المروّبة (كبريتات الألمنيوم و الكلس) ، وخزان للمواد البوليميرية المستخدمة في تجفيف الحمأة . كل منها بسعة 1000 ليتر .

الأحواض كلها مصنوعة بالكامل من البولي إتيلين . وبمقطع دائري . كل منها مزوّد بما يلي :

- ❖ مضخة تجريع مواد كيماوية بجرعة 50L/h ، وبضغط لا يقل عن 1Bar ، و بحيث يمكن تعييرها و تغيير التدفق .
- ❖ خلاط سريع بسرعة 200 rpm .
- ❖ مقياس حساس لمنسوب المياه في الخزان .

وتوضع هذه الخزانات قرب مكان تطبيقها ، كلٌ حسب وظيفته .

- ولدينا حوضين لضبط PH : الأول قبل المفاعل اللا هوائي بحجم $2m^3$ والثاني بعد المفاعل اللا هوائي بحجم $4m^3$. مصنوعين من البولي إتيلين وكل منهما مزوّد بمقياس حساس PH ؟ .
- لدينا أيضاً حوض تجميع المياه الخارجة من المفاعل اللا هوائي (قبل حوض PH الثاني) بحجم $5m^3$ من البولي إتيلين أيضاً .
- لدينا مبادل حراري من النوع الطبقي (Plate) كما هو واضح في المخطط وهو من الستانلس ستيل 304 بالكامل .
- مكثف الغاز الحيوي الناتج عن مفاعل UASB أيضاً مصنع من الستانلس ستيل 304 .
- توصّل هذه الخزانات بالماء النظيف من خزان محطة المعالجة للماء النظيف ، وتُرزق ل المحاليل من هذه الخزانات بواسطة أنابيب بولي إتيلين قطر خارجي بحدود (20 mm) .
- يتم تزويد محطة المعالجة بخط ماء نظيف قطر (3/4) إنش من أقرب نقطة وصل إلى خزان يوضع على سطح مبنى الإدارة سعة ($2\ m^3$) مصنوع من الحديد المزيبق بشكل متوازي أضلاع و بسماكة للصاج لا تقل عن (3 mm) يتم تزويد إدارة المحطة و خزانات المحاليل الكيميائية بخطوط ماء من هذا الخزان .

3-3-8-2- تصميم أنابيب نقل الماء ضمن المحطة وأنابيب نقل الرواسب:

- يتم نقل مـــاء المجاري من منشـــأة إلى أخرى عبر قـــساطل بولي إتيلين قـــطر خارجي (100 mm) من قناة المصافي إلى حوض ضبط PH ؟ ، ومنه إلى المفاعل اللا هوائي UASB ، وبعد ذلك إلى حوض ضبط PH ؟ الثاني ، ثم إلى حوض الترويب ومنه إلى حوض الترسيب الكيميائي ، ثم إلى حوض التجميع النهائي وإلى المجرور العام . وكذلك من جهاز عصر الحمأة إلى خزان التجميع الأول من البولي إتيلين قطر خارجي (100 mm) أيضاً .
- تنقل الرواسب من حوض الترسيب عبر أنابيب بولي إتيلين قطر خارجي (160 mm) إلى حوض تجميع الحمأة و يتم تزويد أنابيب حوض الترسيب بسكر للتحكم بكمية الرواسب الخارجة .

3-3-8-3- تصميم غرفة بيتونية للمضخات :

يتم وضع المضخات (مضختي بئر التجميع في مدخل محطة المعالجة) في غرفة بيتونية مساحتها بأبعاد (1.5x3x2) (عرض x طول x ارتفاع) مع جدران بسماكة (20 Cm) و غطاء بيتوني مزود بفتحة مغلقة بغطاء فونت مثل أغطية حفر التفتيش و تزود هذه الغرفة بأدراج معدنية ، البيتون المسلح للغرفة ينفذ مثل الأحواض مع الطينة الأسمنتية من الداخل و الخارج .

3-3-8-4- تصميم غرفة الإدارة والمستودع:

تم تصميم و إقامة غرفة بأبعاد (4 x 5 m) تحوي لوحة التحكم و التشغيل الكهربائية و تكون مكـــان جلوس العمال .

3-3-9 : الحسابات الهيدروليكية للمحطة :

المعطيات الأولية :

التّدفق الوسطي اليومي :

$$Q_{AV} = \frac{250}{24*60*60} = 2.894 \ L/S$$

التّدفق التصميمي الأعظمي :

$$Q_{max} = \frac{350}{24*60*60} = 4.051 \ L/S$$

1 ـ حساب الضياعات في أنبوب التصريف إلى المجرور :

- باعتبار المنسوب الطبوغرافي عند نقطة المصب في المجرور عند المنسوب الأعظمي للمياه هو 322 m
- المجرور العام يبعد عن المحطة مسافة (35) m ، وباعتبار قطر الأنبوب (100 mm)
- نقوم بحساب الضّياعات باعتماد التّدفق الأعظمي $Q_{max} = 4.051 * 10^{-3} \ m^3/s$

$$V_{max} = 4.051 * 10^{-3} / (7.854 * 10^{-3}) = 0.52 m/s$$

- عامل ضياع الحمولة للأنبوب يعطى بالعلاقة : $R = \frac{8\lambda * L}{g * \pi^2 * D^5}$ .....(1)

حيث

$\lambda = 0.03$ تؤخذ بشكل تقريبي لجميع الأنابيب

$$R = \frac{8*0.03*35}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 8673.57$$

- وتعطى الضّياعات الخطّيّة حسب دارسي بالعلاقة :

$$h_f = R * Q^2 \quad .....(2)$$

$$h_f = 8673.57 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 0.142 m$$

- وتعطى الضّياعات الثانويّة (الموضعيّة) بالعلاقة :

$$h_L = K * \frac{V^2}{2g} \quad .....(3)$$

حيث يعطى العامل K كما يلي :

الجدول (29) قيمة العامل K لأنبوب التصريف إلى المجرور

قطعة الوصل	العامل K
فتحة المدخل	0.5
فتحة الخروج	1
المجموع	1.5

نعوّض :

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207 \ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 0.142 = 0.1627\ m$$

فيكون منسوب الماء في غرفة التصريف للحوض :

$$TWL = (322) + \text{pipe diameter} + h_{total}$$

$$TWL = 322 + 0.1 + 0.1627 = 322.263\ m$$

2 ـ منسوب الهدار في حوض التصريف النهائي عند نقطة المخرج :

- نضع الهدار على المنسوب 322.413m فيكون لدينا ارتفاع حر متوفر في حالة التّدفق الأعظمي بين حافة الهدار ومنسوب الماء الكلي بعد الهدار 0.15 m .

3 ـ حساب المنسوب الكلي للماء قبل الهدار :

- حساب الضيّاعات عبر الهدّار حيث : عرض الهدّار = (0.5) m
- ويعطى التّدفق عبر الهدّار بالعلاقة :

$$Q = \frac{2}{3} * 0.61 * 2g^{0.5} * b * h^{3/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

- وبحل المعادلة نحصل على ارتفاع الماء فوق الهدّار

$$4.051 * 10^{-3} = \frac{2}{3} * 0.61 * 2 * 9.81^{0.5} * 0.5 * h^{3/2}$$

$$h = 2.16\ cm$$

- وبالتالي يكون المنسوب (TWL) = 322.413 + 0.0216 = 322.435 m

4 ـ الوصلة بين حوض التصريف النهائي و حوض الترسيب الكيميائي :

- $L = 2m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$ ، $D = 100\ mm$
- ولحساب الضيّاعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (30) :

الجدول (30) قيمة العامل K للوصلة بين حوض التصريف النهائي و حوض الترسيب الكيميائي

قطعة الوصل	العامل K
فتحة المدخل	0.5
فتحة الخروج	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 8.13 * 10^{-3} = 0.0288\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند بداية الأنبوب

$$TWL = (322.435) + h_{total}$$

$$TWL = 322.435 + 0.288 = 322.464\ m$$

5 – حوض الترسيب الثانوي (الكيميائي) :

- عرض الهدّار = 0.5 m ، التّدفق الأعظمي = $4.051*10^{-3}$ m^3/s
- منسوب الماء في قناة جمع المياه عند المخرج

$$TWL = 322.464$$

- نثبت منسوب هدار المروّق على القناة أعلى من منسوب الماء الكلي بـــ 20 cm .
- فيكون منسوب الهدار = 322.664 m وذلك بالاعتماد على الحالة الأعظمية .

حساب المنسوب الكلي للماء قبل الهدار للمروق :

- حساب الضيّاعات عبر الهدّار حيث يعطى التّدفق عبر الهدّار بالعلاقة (4) :
- وبحل المعادلة نحصل على ارتفاع الماء فوق الهدّار

$$4.051 * 10^{-3} = \frac{2}{3} * 0.61 * 2 * 9.81^{0.5} * 0.5 * h^{3/2}$$

$$h = 2.16\ cm$$

- وبالتالي يكون المنسوب (TWL) = 322.664 + 0.0216 = 322.686 m

وهو منسوب الماء في المروّق .

- وبما أن المروق الذي اخترناه من النوع الصفائحي ويحتوي على جدار شاقولي من أجل تهدئة الجريان فإنه يوجد ضمن الحوض ضياع في الحمولة لايمكن إهماله وسوف نقوم بتقدير هذا الضياع ولتكن قيمته = 0.2 m

وبالتالي يكون منسوب (TWL) عند نقطة الدخول إلى الحوض يساوي:

$$TWL = 322.686 + 0.2 = 322.886\ m$$

6 – الوصلة بين المروق و خزان الترويب :

- $L = 2m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

D=100 mm ،

- ولحساب الضيّاعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (31) :

الجدول (31) قيمة العامل K للوصلة بين حوض الترسيب الكيميائي و حوض الترويب

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
كوع 90 درجة عدد 2	1
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	3.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 3.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.048\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.048 + 8.13 * 10^{-3} = 0.056\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند مخرج حوض الترويب

$$TWL = (322.886) + h_{total}$$

$$TWL = 322.886 + 0.056 = 322.942\ m$$

7 ـ الوصلة ما بين حوض الترويب وحوض تعديل ال ph :

- $L = 1m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D = 100\ mm$ ،

- ولحساب الضيّاعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (32) :

الجدول (32) قيمة العامل K للوصلة بين حوض الترويب و حوض تعديل PH

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*1}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 247.816$$

$$h_f = 247.816 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 4.066 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 4.066 * 10^{-3} = 0.025\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند مخرج حوض ضبط PH :

$$TWL = (322.942) + h_{total}$$

$$TWL = 322.942 + 0.025 = 322.967\ m$$

8 – الوصلة بين حوض الاستقبال و غرفة هدار المفاعل اللاهوائي :

- $L= 4\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D=100\ mm$ ،

- ولحساب الضّياعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (33) :

الجدول (33) قيمة العامل K للوصلة بين حوض الاستقبال و هدار المفاعل اللاهوائي

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
كوع 90 درجة عدد 2	1
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	3.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضّياعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضّياعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*4}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 991.265$$

$$h_f = 991.265 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 0.0163\ m$$

$$h_L = 3.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.048\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.048 + 0.0163 = 0.0643\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند بداية قناة جمع الماء من المفاعل :

$$TWL = (322.967) + h_{total}$$

$$TWL = 322.967 + 0.0643 = 323.031\ m$$

- نثبت منسوب الهدار على القناة أعلى من منسوب الماء الكلي بـــ 10 cm .
- فيكون منسوب الهدار = 323.131m وذلك بالاعتماد على الحالة الأعظمية
- وبفرض ارتفاع الماء فوق الهدار = 4 cm . يصبح منسوب الماء الكلي في المفاعل :

$$TWL = 323.131 + 0.04 = 323.171\ m$$

- ونفرض أن الضياع في المفاعل اللاهوائي= 0.1m ، يصبح منسوب الماء عند مدخل المفاعل :

$$TWL = 323.171 + 0.1 = 323.271\ m$$

9 ـ الوصلة بين مدخل المفاعل اللاهوائي و غرفة الضخ :

- $L= 2\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D=100\ mm$ ،

- ولحساب الضّياعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (34) :

الجدول (34) قيمة العامل K للوصلة بين مدخل المفاعل اللاهوائي وغرفة الضخ

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 8.13 * 10^{-3} = 0.0288\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند غرفة الضخ :

$$TWL = (323.271) + h_{total}$$

$$TWL = 323.271 + 0.0288 = 323.3\ m$$

10 ـ الوصلة بين غرفة الضخ و حوض التعديل :

- $L = 2\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D = 100\ mm$ ،

- ولحساب الضيّاعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (35) :

الجدول (35) قيمة العامل K للوصلة بين غرفة الضخ وحوض التعديل

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
كوع 90 درجة عدد 2	1
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	3.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 3.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.048\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.048 + 8.13 * 10^{-3} = 0.056\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي في حوض التعديل :

$$TWL = (323.3) + h_{total}$$

$$TWL = 323.3 + 0.056 = 323.356\ m$$

- عمق غرفة الضخ 3 m ويوضع حيز بعمق إضافي قدره (0.2) m لتركيب المضخّات بالتالي منسوب أرضية المضخات:

$$h = 323.356 - (3 + 0.2) = 320.156 m$$

- الضاغط المطلوب = فرق المنسوب الجغرافي بين أرضية المضخات ومنسوب الماء في حوض التعديل :

$$H = (323.356 - 320.156) = 3.2\ m$$

- والآن فإن المنسوب عند مخرج حوض التعديل يصبح :

$$TWL = 323.3 - 3.2 = 320.1\ m$$

11 ـ الاتصال بين غرفة مدخل حوض ضبط ال PH والمبادل الحراري :

- $L = 2\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D = 100\ mm$ ،

- ولحساب الضيّاعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (36) :

الجدول (36) قيمة العامل K للوصلة بين مدخل حوض التعديل والمبادل الحراري

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 8.13 * 10^{-3} = 0.0288\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند مخرج المبادل الحراري :

$$TWL = (320.1) + h_{total}$$

$$TWL = 320.1 + 0.0288 = 320.129\ m$$

- و بفرض حدوث ضياع في المبادل الحراري 0.02 m

$$TWL = 320.129 + 0.02 = 320.149\ m$$

12 ـ الوصلة بين مدخل المبادل الحراري و المصافي :

- $L = 2\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D = 100\ mm$ ،

- ولحساب الضّياعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (37) :

الجدول (37) قيمة العامل K للوصلة بين مدخل المبادل الحراري و المصافي

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضّياعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضّياعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 8.13 * 10^{-3} = 0.0288\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند نهاية قناة المصافي :

$$TWL = (320.149) + h_{total}$$

$$TWL = 320.149 + 0.0288 = 320.178\ m$$

13 ـ التحقق من منسوب الماء قبل المصافي الناعمة :

- نفرض أن ضياع الحمولة عبر كل مصفاة ناعمة = 0.15 m
- بما أنه لدينا ثلاث مصافي متتالية فيكون الضياع عبر المصافي الثلاث يساوي :

$$3*0.15 = 0.45\ m$$

$$TWL = (320.178) + h_{total} = 320.178 + 0.45 = 320.628\ m$$

14 ـ الوصلة بين مدخل قناة المصافي و غرفة الضخ :

- $L = 2\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D = 100\ mm$ ،

- ولحساب الضّياعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (38) :

الجدول (38) قيمة العامل K للوصلة بين مدخل قناة المصافي و غرفة الضخ

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 8.13 * 10^{-3} = 0.0288\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند غرفة الضخ :

$$TWL = (320.628) + h_{total}$$

$$TWL = 320.628 + 0.0288 = 320.657\ m$$

15 ـ الوصلة بين مدخل غرفة الضخ و خزان التوازن :

- $L = 2\ m$ ، $V_{min} = 0.5\ m/s$

$D = 100\ mm$ ،

- ولحساب الضيّاعات الموضعيّة يكون مجموع العامل K كما في الجدول (39) :

الجدول (39) قيمة العامل K للوصلة بين مدخل غرفة الضخ و خزان التوازن

قطعة الوصل	العامل K
فتحة مدخل عدد 1	0.5
فتحة مخرج عدد 1	1
المجموع	1.5

- نحسب عامل ضياع الحمولة من المعادلة (1) ونحسب الضيّاعات الخطّيّة من المعادلة (2) ونحسب الضيّاعات الموضعيّة من المعادلة (3) وذلك باعتماد التّدفق الأعظمي كما يلي :

$$R = \frac{8*0.03*2}{9.81*3.142^2*0.1^5} = 495.633$$

$$h_f = 495.633 * (4.051 * 10^{-3})^2 = 8.13 * 10^{-3}\ m$$

$$h_L = 1.5 * \frac{0.52^2}{2*9.81} = 0.0207\ m$$

$$h_{total} = h_L + h_f = 0.0207 + 8.13 * 10^{-3} = 0.0288\ m$$

- فيصبح منسوب الماء الكلي عند مخرج حوض التوازن :

$$TWL = (320.657) + h_{total}$$

$$TWL = 320.657 + 0.0288 = 320.686\ m$$

- عمق خزان التجميع 4.3 m ويوضع حيز بعمق إضافي قدره (0.2) m لتركيب المضخّات بالتالي منسوب أرضية المضخات:

$$h = 320.686 - (4.3 + 0.2) = 316.186m$$

- الضاغط المطلوب = فرق المنسوب الجغرافي بين أرضية المضخات ومنسوب الماء في غرفة المدخل :

$$H = (320.686 - 316.186) = 4.5\ m$$

الفصل الرابع : خلاصة التصميم :

4-1-وصف المشروع [معلومات عامة]:

محطة المعالجة سوف تعالج مياه الصرف الصحي والصناعي في المعمل والنظام المقترح يحتوي : مراحل فيزيائية وبيولوجية وكيميائية ، و محطة المعالجة لديها استطاعة 1000 كغ /اليوم من COD و 250 م3 /اليوم من التحميل الهيدروليكي .

كل مياه الصرف تجمع في خزان التجميع في بداية المحطة لتنتقل إلى خنادق تصفية مباشرة وسوف تمر عبر 3 مصافي ميكانكية آلية بالكامل من النوع ROTAMAT RO9 EC بأبعاد فتحات (1-3-6) ملم على التوالي .

المواد المزالة ستكون جافة تقريباً (نسبة رطوبتها 60%) وسوف تنقل إلى حاوية خاصة ، في المرحلة الابتدائية ، كفاءة المعالجة سوف تكون على الأقل 30% من COD و BOD و 90% من TSS لذلك مياه الصرف يكون فيها 3008 ملغ/ل من الاحتياج الكيميائي للأكسجين و 140 ملغ/ل من الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين و 200 ملغ/ل من المواد الصلبة المعلقة والتي سوف تدخل مرحلة المعالجة اللاهوائية من النوع Upflow Anaerobic Sludge –Blanket Process والذي يرمز له بـــ (UASB) . ويوجد مبادل حراري سوف يتم استعماله من أجل زيادة درجة حرارة مياه الصرف إلى 35Cº ومن ثم يتم تعديل PH في خزان بلاستيكي بحجم $1m^3$. الحمل العضوي المرتفع سوف يستهلك في المفاعل اللاهوائي وذلك بوساطة البكتيريا اللاهوائية ، الغاز الحيوي الذي سوف يتم جمعه في قمة المفاعل ، يمكن استخدامه في مرجل المعمل أو يتم حرقه بوساطة شعلة ومضية .

في مرحلة المعالجة اللاهوائية كفاءة المعالجة سوف تكون على الأقل 60% من الاحتياج الكيميائي للأكسجين و 60% من الاحتياج البيو كيميائي للأكسجين لذلك التدفق الخارج سوف تكون حمولته 1200 ملغ/ل من الاحتياج الكيميائي للأكسجين و56 ملغ/ل من الاحتياج البيو كيميائي للأكسجين و 200 ملغ/ل من المواد الصلبة المعلقة الكلية .

بعد خروج مياه الصرف من المفاعل اللا هوائي UASB ، تدخل المياه إلى وحدة الترسيب والتي هي عبارة عن حوض لمزج المواد الكيميائية وتشكيل الندف يليه حوض ترسيب مستطيل من النوع الصفائحي Lamella ، وذلك من أجل تخفيف تركيز المواد المنحلة الكلية (TDS) و الكالسيوم الناتج بسبب التفاعلات الكيمياحيوية في مرحلة المعالجة اللاهوائية ، وسيتم رفع قيمة PH عن طريق حوض ضبط PH قبل حوض تشكيل الندف إلى القيمة 8.3 حتى نسمح بتشكل رواسب من كربونات الكالسيوم غير المنحلة ، وفي خزان تشكيل الندف سوف تتشكل حمأة كيميائية وذلك من خلال إضافة مادة كربونات الصوديوم Na_2CO_3 ومساعدات الترويب (كبريتات الألمنيوم والكلس) ، الحمأة الكيميائية سوف تترسب في أسفل خزان الترسيب وسوف تصرف إلى خزان الحمأة ، والماء الرائق سوف يصرف مباشرة إلى حوض التصريف ، حيث تكون المياه عندئذٍ قد حققت المواصفات ، إذ ستكون كفاءة إزالة TDS و TSS في وحدة الترسيب الكيميائي على الأقل 50% .

المخلفات البيولوجية والحمأة الكيميائية سوف تذهب إلى خزان الحمأة وسوف يتم تجفيفها بوساطة آلية تجفيف بالسيور المتحركة كما يتم إضافة مساعد ترويب كاتيوني إلى الحمأة وذلك من أجل تحسين فعالية عملية إزالة الماء.

مياه الصرف المعالجة بعدها سوف تصرف إلى خزان التصريف حيث يكون لها المواصفات التالية :

Tds<2000, Tss<100 , BOD<60 , Cod<1200

وذلك حسب المواصفة السورية .

الجدول (40) مواصفات المياه الداخلة إلى المحطة والخارجة منها

البارامترات	التدفق الداخل	التدفق الخارج
PH	6	7-8
COD	4013	1200
BOD	210	56
TSS	2000	100
TDS	7946	1987

4-2-مواصفات التجهيزات:

الجدول (41) خلاصة مواصفات التجهيزات والمعدات التي صممناها

المعالجة التمهيدية: التدفق الأعظمي $Q = 350\ m^3/d$		
الجهاز	**المواصفات**	**ملاحظات**
خزان تجميع [بئر تجميع]	الأبعاد بالمتر (3 x 2 x 4.3) (إرتفاع x عرض x طول)	مصنوع من البيتون المسلح بسماكة جدران 25 سم .
مضختين لمياه المجاري	استطاعة الواحدة 160 – 170 m^3/h	واحدة تعمل والثانية احتياط
	مقدار رفع لا يقل عن 5 m	
	مدة العمل 17 دقيقة كل 98 دقيقة	
قناة المصافي	مستطيلة المقطع بطول 10 m	من البيتون المسلح بسماكة جدران 20 cm
	عرض القناة 0.3 m	
	إرتفاع الماء 0.2 m	
	إرتفاع كلي 0.4 m	
	تدفق المياه في القناة 0.024 m^3/s	
المصافي	ثلاث مصافي أوتوماتيكية متكاملة على التوالي من النوع ROTAMAT RO9 EC من شركة HUBER الألمانية أبعاد الفتحات 6 و 3 و 1 ملم على التوالي	المصافي أوتوماتيكية تقوم بتجفيف الحمأة أيضاً بحيث تخرج الحمأة جافة بنسبة رطوبة 60% فقط . باعتبار الحمأة جافة نسبياً (60% رطوبة) يتم ترحيلها إلى مطامر الصرف الصحي مباشرة .
	قطر سلة التصفية 0.3 m	
	كمية الحمأة المنتجة 2.69 m^3/d	
	نسبة الإزالة : 90% TSS ، 30% لكل من BOD و COD	

المعالجة الثانوية : التدفق التصميمي 250 m^3/d		
مبادل حراري	من الشكل الطبقي Plate	ستانلس ستيل 304 بالكامل
مكثف للغاز الحيوي		ستانلس ستيل 304 بالكامل
حوض تعديل PH أول قبل UASB	الحجم $2m^3$	بولي إتيلين بمقطع دائري
حوض تعديل PH ثاني بعد UASB	الحجم $4m^3$	بولي إتيلين بمقطع دائري
حوض تجميع بعد UASB	الحجم $5m^3$	بولي إتيلين بمقطع دائري
المفاعل اللا هوائي UASB	كفاءة إزالة ؟ %60 COD	المادة المصنوع منها المفاعل البيتون المسلح مع الإيبوكسي . بسماكة جدران 25 سم .
	كفاءة إزالة ؟ %60 BOD	
	كفاءة إزالة ؟ % 50 TDS	
	كفاءة إزالة ؟ % 90 SO_4	
	أبعاد المفاعل (طول x عرض) (3 x 5.5) (m x m)	
	العمق الكلي (H_T) m 6.4	
	ارتفاع السائل (H_L) m 4	
	ارتفاع جمع الغاز (H_G) m 2.5	
	حجم السائل في الحوض (V_L) m^3 64	
	الحجم الكلي للحوض (V_T) m^3 105.5	
	معدل التحميل العضوي (L_{org}) 14 Kg sCOD/ m^3.d	
	زمن المكوث الهيدروليكي (HRT) hour 6.14	
	عمر الحمأة (SRT) day 50	
	كمية الحمأة المنتجة في اليوم m^3/d 2	
	كمية الغاز الحيوي الكلي الناتج m^3/d 277	
	الطاقة المنتجة من غاز الميتان kJ/d $5.73*10^{-3}$	
	احتياجات القلوية kg/d as $CaCO_3$ 181.25	
	عدد القبب اللازمة لجمع الغاز 2	
	الارتفاع الكلي للقبة (h+ h ؟) m 1.77	
	عرض القبة (W_b) m 2.05	
	معدل التحميل السطحي في قسم الترسيب (للمياه الخارجة) 17 $m^3/ m^2.d$	
	عدد فتحات التغذية من الأسفل (N_P) 6	

	قطر الفتحة الواحدة (D_P) 80 mm	
حوض تشكيل الندف	الحجم $4m^3$	من الفولاذ الكربوني والإيبوكسي بمقطع دائري .
حوض ترسيب كيميائي	حجم كلي $4.26\ m^3$	مقطع مستطيل مع صفائح مائلة Lamella لزيادة سطح وفعالية الترسيب .
	زمن المكوث 15 min	
	عدد الصفائح (الأنابيب) المائلة الكلي 782	صفائح Lamella مصنعة من البولي إتيلين بسماكة 1 cm وبتباعدات 5 cm
	المساحة الفعالة للترسيب $3.7\ m^2$	
	طول هدار الخروج 1 m	
	الطول x العرض بالمتر (4.6x 1)	مصنع من البيتون المسلح مع الإيبوكسي بسماكة جدران 0.2 سم .
	نسبة الإزالة 50% من كل من TDS و TSS	
	حجم الحمأة المنتجة $17.4\ m^3/d$	
	الإرتفاع الفعال 0.6 m	
مضخة رفع عادية	لإعادة تدوير جزء من المياه من حوض التجميع الثاني إلى مفاعل UASB	
معالجة الحمأة		
حوض تجميع الحمأة	الأبعاد بالمتر (5 x 2 x 2.5) (إرتفاع x عرض x طول)	مستطيل المقطع من البيتون المسلح بطبقتين من التسليح مضافاً إليه الإيبوكسي
مضخة للحمأة	الاستطاعة الأعظمية $3m^3/h$ وبضغط رفع لا يقل عن 2 bar .	تضخ الحمأة من حوض التجميع إلى آلة التجفيف
جهاز تجفيف وعصر الحمأة	يعمل بآلية السيور الناقلة .	
أجهزة ومعدات أخرى		
حوض تصريف المياه المعالجة	بأبعاد (8 x 4 x 2.5) (إرتفاع x عرض x طول)	مستطيل المقطع من البيتون المسلح مع الإيبوكسي بسماكة جدران 20 cm
أحواض تحضير المواد الكيماوية	حوض للمواد المغذية بحجم $3\ m^3$.	مقسم إلى 3 حجرات واحدة للفوسفور P وواحدة للكربون C وواحدة للآزوت N . بمقطع مستطيل (حواف داخلية دائرية) من البولي إتيلين .

	3 أحواض كل منها بحجم $1\ m^3$ بمقطع دائري من البولي إتيلين .	حوض لماءات الصوديوم . حوض للمروبات (كبريتات الألمنيوم + الكلس + كربونات الصوديوم) . حوض للمواد البوليميرية المستخدمة في تجفيف الحمأة . كلها بمقطع دائري من البولي إتيلين .
خزان الماء النظيف	حجم الخزان $2m^3$	مصنوع من الحديد المزيبق بشكل مستطيل وبحيث لا تقل سماكة الصاج عن 3 mm ، ويوضع على سطح مبنى الإدارة .
مضخات تجريع المواد الكيماوية	كل مضخة تعطي جرعات 50 L/h وبضغط لا يقل عن 1 bar	6 مضخات لأحواض الكيماويات الأربع .
خلاط بطيء لتشكيل الندف	سرعة الخلط 20 rpm	ستانلس ستيل 304 بالكامل .
خلاط تكييف للحمأة	سرعة الخلط 10 rpm	ستانلس ستيل 304 بالكامل .
خلاطات سريعة	سرعة الخلط 200 rpm	من الستانلس ستيل 304 6 خلاطات لأحواض الكيماويات 2 خلاط لأحواض تعديل PH
خلاطات غاطسة	سرعة الخلط 20 rpm	2 : واحد لخزان التجميع في بداية المحطة والثاني لخزان تجميع الحمأة في نهاية المحطة . من الستانلس ستيل 304
مقاييس حساسة للمنسوب		6 مقاييس لأحواض الكيماويات + مقياس لخزان التجميع في بداية المحطة + مقياس لخزان التجميع بعد مفاعل UASB .
مقاييس درجة الحرارة		مقياس لحوض تعديل PH الأول قبل UASB ، ومقياس لحوض التجميع بعد UASB .
أنابيب نقل مياه الصرف	قطر خارجي 100 mm	بولي إتيلين
أنابيب نقل الماء النظيف من خزان الماء النظيف إلى أحواض الكيماويات	قطر 3/4 إنش .	بولي إتيلين
أنابيب نقل الكيماويات	قطر خارجي 20 mm	بولي إتيلين

أنابيب نقل الحمأة	قطر خارجي 160 mm	بولي إتيلين
أنابيب نقل الغاز الحيوي	قطر خارجي 100 mm	بولي إتيلين
السكورة	سكر عدم رجوع للمضخة الأولى	
	سكر تحكم للمضخة الأولى	
	سكر تحكم للغاز الحيوي عدد 2 ،واحد لكل قمع جمع غاز	
	سكر تحكم بالغاز الحيوي بعد المكثف	
	سكر تحكم للحمأة اللاهوائية الخارجة من UASB	
	سكر تحكم لمضخة حوض التجميع بعد UASB	
	سكري تحكم للحمأة الخارجة من حوض الترسيب الكيميائي	
	سكر تحكم للحمأة الخارجة من حوض تجميع الحمأة	
	سكر تحكم لمضخة الحمأة	
	سكر تحكم للمياه المعاد استخدامها من حوض التصريف	

الملحق

1 - الأجهزة المخبرية المستخدمة :

قياس الـــCOD :

لقد تم قياس الـــCOD و ذلك عن طريق المعايرة الكيميائية كما يلي :

1- أخذ 2 ml من العينة المراد فحصها و نضعها في الأنبوب الأول الخاص بتجربة الـــCOD .

2- أخذ 2 ml من المياه المقطرة التي يتم الحصول عليها من جهاز التقطير المبين في الشكل (م- 1) و نضعها في الأنبوب الثاني الخاص بتجربة الـــ COD .

3- نضيف 1 ml من ثنائي كرومات البوتاسيوم للأنبوب الأول كما نضيف أيضاً 1 ml للأنبوب الثاني .

الشكل (م - 1) جهاز التقطير

4- نضيف 3 ml من مركب حمض الكبريت مع كبريتات الفضة و ذلك للأنبوب الأول كما نضيف 3 ml من نفس المركب للأنبوب الثاني .

5- نضع قليلاً من كبريتات الزئبق لكلا الأنبوبين الأول و الثاني .

6- نضع الأنبوبين في الحاضنة كما هو مبين بالشكل (م-2) و ذلك لمدة ساعتين و نصف .

الشكل (م - 2) الحاضنة المستعملة لقياسCOD

ننتظر حتى تصبح درجة حرارة الأنابيب بدرجة حرارة الغرفة ثم نضع محتوى الأنبوب الأول في دورق و نضيف له 8 ml من المياه المقطرة كما نضع محتوى الأنبوب الثاني في دورق آخر و نضيف له أيضاً 8 ml من المياه المقطرة .

7- نعاير بـــمحلول FAS الذي نضعه في سحاحة ، وعندئذٍ :

$$COD = \frac{A-B}{V} \times Y \times 8000$$

حيث A معايرة المياه المقطرة

B معايرة مياه العينة

V حجم العينة

Y عيارية FAS وهي تتغير مع الزمن

2 - قياس الأجسام الصلبة الكلية (TS) و المنحلة (TDS) :

- نأخذ 30 ml من المياه المراد دراستها و نضعها في جفنة فارغة و ذلك بعد القيام بوزن الجفنة بواسطة ميزان الكتروني ثم نضع الجفنة في الفرن المبين في الشكل (م-3) ذي درجة حرارة 104 درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة أو أكثر حتى ثبات الوزن وقد تبين تجريبياً أنه في حال احتواء العينة على زيوت وشحوم فإنه من المفضل إجراء التجفيف لمدة 48 ساعة في الفرن أو حتى ثبات الوزن . وبعدها نضع الجفنة في جهاز امتصاص الرطوبة و ذلك حتى تصبح حرارتها من حرارة الغرفة ثم نزنها مره ثانية باستخدام الميزان الالكتروني المبين بالشكل (م-4) ، إن الفرق بين وزني الجفنة يعطي وزن الأجسام الصلبة الكلية و منها نحسب تركيز الأجسام الصلبة الكلية بواحدة mg/l .

الشكل (م - 3) الفرن

الشكل (م - 4) الميزان الالكتروني

- لحساب الأجسام الصلبة المنحلة نرشح 30 ml من المياه المراد دراستها و نضعها في جفنة فارغة و ذلك بعد القيام بوزن الجفنة على ميزان الكتروني ثم نضعها في فرن ذي درجة حرارة 104 درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة وبعدها نضع الجفنة في جهاز امتصاص الرطوبة و ذلك حتى تصبح حرارتها من حرارة الغرفة ثم نزنها مره ثانية باستخدام الميزان الالكتروني ، إن الفرق بين وزني الجفنة يعطي وزن الأجسام الصلبة المنحلة و منها نحسب تركيز الأجسام الصلبة المنحلة بواحدة mg/l .

ملاحظات هامة :

- إن مياه الصرف الناتجة عن معمل الورق تحوي على مواد معلقة بتراكيز عالية أكبر من 500 ملغ/ل وهذا بدوره سوف يؤثر على دقة إجراء التجارب وخصوصاً على تجربة الـ COD .

فمثلاً إذا أخذنا عينتين كل واحدة منها 2 مل من نفس مياه الصرف لمعمل الورق ، فإذا حوت العينة الأولى على نسبة أكبر ولو بقليل من المواد المعلقة فإن نتيجة الـ COD لهذه العينة سوف تكون أكبر بكثير من العينة الثانية رغم أنها مأخوذة من نفس المياه .

- إن تجربة الـ COD تتم في المخبر على عينة ذات حجم 2 مل ويتم تمديدها بمقدار 50 مرة ثم يتم أخذ 2 مل منها لتتم المعايرة عليها وهذا يؤثر على نتائج التجربة ودقتها فكلما زاد عامل التمديد قلت دقة النتائج .
- إن طريقة إجراء الـ COD تعتمد في المخبر الذي تمت فيه على المعايرة اللونية وهذا من شأنه أن يزيد مجال الخطأ .

الشكل (م-5): يبين جفنتين :

الجفنة الأولى (من جهة اليمين) تظهر كمية الأملاح الكلية المنحلة (TDS) و الجفنة الثانية تظهر كمية المواد الصلبة الكلية (TS) .

ونلاحظ المواد في الجفنة الأولى ذات شكل متجانس (وذلك لأنها تعرضت للترشيح) والجفنة الثانية فيها تظهر المواد بشكل غير متجانس وذلك لأنها لم تتعرض للترشيح عبر ورق الترشيح .

الشكل (م - 5)

3 - دلالات الرموز المستخدمة في المسقط العام للمحطة :

الرمز	الدلالة
SM1	خلاط غاطس لحوض التوازن
SM2	خلاط غاطس لحوض الحمأة
DP1	مضخة تجريع كربونات الصوديوم بجرعة 50 ليتر /سا
DP2	مضخة تجريع كربونات الصوديوم بجرعة 50 ليتر /سا
DP3	مضخة تجريع المواد البوليميرية المساعدة بجرعة 50 ليتر /سا
DP4	مضخة تجريع المواد البوليميرية المساعدة بجرعة 50 ليتر /سا
DP5	مضخة تجريع المواد المغذية / الفوسفور/ بجرعة 50 ليتر /سا
DP6	مضخة تجريع المواد المغذية / الكربون/ بجرعة 50 ليتر /سا
DP7	مضخة تجريع المواد المغذية / النتروجين/ بجرعة 50 ليتر /سا
P1	مضخة غاطسة لحوض التوازن بارتفاع ضخ لا يقل عن 5 م.
P2	مضخة إعادة التدوير للمفاعل اللا هوائي
P3	مضخة الحمأة
P4	مضخة المفاعل اللا هوائي
S1	خلاط سريع بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 2 م3
S2	خلاط سريع بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 4 م3
S3	خلاط مندف بسرعة 20 دورة/دقيقة وحجم 4 م3
S4	خلاط سريع للأحواض الكيميائية بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 1 م3
S5	خلاط سريع للأحواض الكيميائية بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 1 م3
S6	خلاط سريع للأحواض الكيميائية بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 1 م3
S7	خلاط سريع للأحواض الكيميائية بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 1 م3
S8	خلاط سريع للأحواض الكيميائية بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 1 م3
S9	خلاط سريع للأحواض الكيميائية بسرعة 300 دورة/دقيقة وحجم 1 م3
PH1	وحدة ضبط PH مع غطاء ومقياس
PH2	وحدة ضبط PH مع غطاء ومقياس
T1	وحدة ضبط درجة الحرارة مع غطاء وحساس لدرجة الحرارة
T2	وحدة ضبط درجة الحرارة مع غطاء وحساس لدرجة الحرارة

المراجع

المراجع العربية :

الكتب :

1) حجار ، سلوى : م. صغير ، عبد الله : 2007– المعالجة البيولوجية اللاهوائية لمياه الصرف الصناعي عالية الحمل العضوي بالمفاعل UASB. ، مجلة بحوث جامعة حلب– سلسلة العلوم الهندسية العدد (58) .
2) جعارة ، فاطمة : 2007 – مقرر محطات معالجة مياه الصرف الصحي – سنة رابعة .
3) حبوب ، محمد هيثم : 2007– مقرر التصميم بمعونة الحاسب – سنة رابعة .

مواقع الإنترنت :

www.eeaa.gov.eg
www.mlae-sy.org

المراجع الأجنبية :

الكتب :

1) Metcalf , Eddy: 2003 - Wastewater Engineering - Treatment - Disposal –Reuse - Forth Edition

مواقع الإنترنت :

www.epa.gov
www.uasb.org
www.library.thinkquest.org
www.pulpandpaper-technology.com

تم بعون الله تعالى.....