شركة الصرف الصحى
للقاهرة الكبرى

شركة المقاولون العرب لتشغيل
وصيانة المرافق والخدمات

مشروع التدريب على أعمال التشغيل والصيانة بمحطتى معالجة مياه الصرف الصحى والرى بحلوان - عقد ٥

الدورة التدريبية عن

مراحل وعمليات معالجة مياه الصرف الصحى ومنشأتها ومعداتها

إعداد
كيمونكس مصر للاستشارات

HWWTP8-01(A)

سبتمبر ٢٠١٠

تقديـم

في إطار البدء في سلسلة التعاون بين شركة المقاولون العرب لصيانة وتـشغيل الخـدمات والمرافـق وشركة كيمونكس مصر للاستشارات في تطوير الأداء للعاملين بالمشاريع التـي ينـاط بهـا لـشركة المقاولون العرب بأعمال التشغيل والصيانة لدى الغير، تم إعداد خطة تدريب لأعمال التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي ومحطة الري بحلوان عقد (٥) – شركة الصرف الصحي للقاهرة الكبرى، وذلك بناءًا على الاحتياجات التدريبية للفئات المستهدفة بكلتا المحطتين.

وهذا البرنامج عن "مراحل وعمليات معالجة مياه الصرف الصحى ومنشآتها ومعداتها" يبدأ في تغطيـة احتياجات تطوير أداء العاملين فى التشغيل والصيانة بمحطة المعالجة لمياه الصرف الـصحى بحلـوان كجزء من أهداف شركة القاهرة للصرف الصحى من حيث تطبيق نظم فنية مستدامة فى الأداء العـام للشركة تراعى مستقبل العمل وحتمية تجديد وتطوير أدواته ومن أهمها العاملين فـى مجـال التـشغيل والصيانة وتحديث إمكانياتهم والاستعداد لذلك بتأهيل وبناء قدرات العاملين بالشركة.

ويحتوى هذا الدليل على ستة فصول رئيسية، تقدم المادة العلمية وما يتبعها من أشـكال أو جـداول أو بيانات عملية ترتبط بمحتواها النظرى، وهذا يجب أن يوضح لمستخدم الدليل، حيث أن المقصود منـه هو توفير مادة مرجعية هامة يمكن الاستعانة بها عند الضرورة لتذكر أو التأكد من معلومة أو طريقة أو أسلوب عملى، فضلاً عن الخلفيات العلمية والمعرفية لكافة الطرق والأساليب المـذكورة فـى فـصول الدليل، مقدمة بأسلوب يسهل فهمه وترجمته إلى نشاط فعلى وإجراءات عملية، ونقله للآخرين.

الفصل الأول يقدم الغرض من معالجة مياه الصرف الصحى بوصفها ومكوناتها وطبيعة وآثـار هـذه المكونات، ثم يشرح تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى، وهى تبـدأ بالمعالجـة التمهيديـة وتنتهـى بالمعالجة الثلاثية، مع شرح كل من هذه التقنيات، ثم يتعرض ببساطة إلى أهم متطلبات التصميم لكـل وحدة أو قسم من منشآت عمليات المعالجة المذكورة، مع دراسة بعض خـصائص فـائض محطـات معالجة مياه الصرف الصحى، مع التعرض لنوعية التلوث ونظام المعالجة المناسب له.

أما الفصل الثاني فهو يتناول بالتفصيل كافة أعمال المعالجة التمهيدية والابتدائية لمياه الصرف الصحى

وبالتالى دراسة الوحدات الإنشائية المرتبطة بهذه الأعمال، وكذلك تصميم مكونات هذه الوحدات، وتبدأ دراسة الوحدات بشرح "المصافى" أنواعها وتصميمها ومرور المياه بها والشروط الواجب توافرها فى المصافى مع التعرض البسيط لبعض حسابات تصميمها. ويأتى بعد ذلك دراسة وحدات فصل الرمال وإزالة الزيوت والشحوم ووظائفها وتصميمها، ثم فى نهاية هذا الفصل يتم التعرض لبعض أنواع وتصميمات أحواض الترسيب الإبتدائى بأشكالها وأغراضها المختلفة ومكوناتها الأساسية.

والفصل الثالث يتناول المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة بدءاً بدارسة نظرية المعالجة بهذا الأسلوب ثم مسار مياه الصرف فى وحدات المعالجة بالحمأة المنشطة وطرق التهوية بها وتصميم ذلك، كذلك دراسة بعض تعديلات طرق المعالجة بالحمأة المنشطة التى تتميز بالمرونة فى الأداء، ثم دراسة مزايا وعيوب المعالجة بالحمأة المنشطة ودراسة التصميمات، وأهم ما يخلص إليه هذا الفصل هو المساعدة فى استخدام وتطبيق أسس التصميم من معادلات أو جداول أو حسابات رياضية.

والفصل الرابع يتناول أعمال ومتطلبات تصميم مكونات المعالجة الإضافية (الثلاثية)، والتى تبدأ بشرح الغرض الأساسى من طرق المعالجة التقليدية والفرق بينها وبين المعالجة الإضافية (الثلاثية)، بين المعالجة المتقدمة، ثم دراسة خطوات ومسار المعالجة الإضافية والوحدات والمنشآت الخاصة بكل وظيفة أو عملية للمعالجة وكذلك الطرق الأساسية للمعالجة الإضافية، هذا مع دراسة كل نوع من أنواعها وتصميم ومكونات كل جزء فى هذه الأنواع، وفى النهاية يتعرض هذا الفصل لدراسة منظومة الكلور واستخامها فى تطهير مياه الصرف الصحى.

والفصل الخامس يعتبر عملاً متمماً لعملية معالجة مياه الصرف الصحى التى تمت تغطيتها فى الوحدات السابقة وهو يتناول طرق التخلص من المياه الملوثة بعد معالجتها " السيب النهائى". وهى تكون إما بالتخفيف بالصرف على المجارى المائية الغير عذبة، أو باستخدامها فى رى أنواع معينة من المزروعات، أو بالحقن فى باطن الأرض " الشحن الصناعى ".

والفص السادس والأخير يتناول آخر ما يتصل بعمليات المعالجة، وهى معالجة رواسب الصرف الصحى (الحمأة) وهو يبدأ بدراسة مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة، وكل مرحلة يكون بها أكثر من خطوة، وتبدأ بالأعمال التمهيدية ثم تكثيف "تركيز" الحمأة ثم تنتهى بالتخلص من الحمأة. ويتعرض هذا الفصل أيضاً إلى أعمال معالجة الحمأة بالطرق البيولوجية وكذلك الطرق غير البيولوجية،

وكذلك وحدات التحسين ثم أحواض الترشيح والتجفيف.

كما يوجد في آخر المادة التدريبية ملحق يستعرض أهم الملوثات المحتمل تواجدها فى مياه الصرف الصحى الخام، ومواصفات مياه الصرف الصحى الخام، كما يتم عرض لأسباب التلوث وآثاره وكذلك بعض التشريعات المرتبطة بمياه الصرف الصحى.

ونأمل أن نكون قد وفقنا فى إعداد هذا الدليل، ليفى بالغرض الذى أعد من أجله، وأن يساهم بطريقة فعالة فى رفع أداء العاملين فى محطة المعالجة والحصول على ماء صرف صحى معالج بتكاليف إقتصادية وبطريقة آمنة تتطابق مع قانون البيئة رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ والقرارات المعدلة له وآخرها القرار رقم ٤٠٢ لسنة ٢٠٠٩ اقتصادية والمساهمة الفعالة فى حماية البيئة. والله الموفق.

المحتويـات

	صفحة
الفصل الأول: الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي	**١ - ١**
مقدمـــــــة	١ - ١
تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي	١ - ٣
المعالجة التمهيديـــة	١ - ٣
المعالجة الابتدائية	١ - ٤
المعالجة الثانويـــة	١ - ٤
معالجـــة الحمـــأة	١ - ٥
المعالجة الثلاثيـــة	١ - ٦
الفصل الثانى: المعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي	**٢ - ١**
مقدمـــــة	٢ - ١
١- المصافـــــي	٢ - ٢
٢- وحدات فصل الرمال وإزالة الزيوت والشحوم	٢ - ٩
٣- أحواض الترسيب الابتدائي	٢ - ١٣
الفصل الثالث: المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة	**٣ - ١**
مقدمـــــة	٣ - ١
نظرية المعالجة بالحمأة المنشطة	٣ - ١
طرق التهوية	٣ - ٢
تعديلات طرق المعالجة بالحمأة المنشطة	٣ - ٨
مزايا المعالجة بالحمأة المنشطة	٣ - ١١
عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة	٣ - ١١
أسس التصميم	٣ - ١٤
الفصل الرابع: المعالجة الإضافية (الثالثة)	**٤ - ١**
مقدمـــــة	٤ - ١
الغرض من المعالجة الإضافية لمياه الصرف الصحي	٤ - ٢
الطرق الأساسية للمعالجة الإضافية	٤ - ٤

الفصل الخامس: طرق التخلص من المياه الملوثة بعد معالجتها **٥-١**
مقدمـــــة ٥-١
التخلص بالتخفيف ٥-١
التخلص على سطح الأرض بالري ٥-٦
التخلص بالحقن (الشحن الصناعى) ٥-١١

الفصل السادس: معالجة رواسب الصرف الصحى (الحمأة) **٦-١**
مقدمـــــة ٦-١
نظم معالجة الحمأة ٦-٢
تكثيف (تركيز) الحمأة ٦-٩
تثبيت الحمأة ٦-١٠
تحسين الحمأة ٦-١٦
تجفيف أو سحب المياه من الحمأة (ترشيح الحمأة) ٦-٢٠
التخلص من الحمأة قبل التجفيف ٦-٢٨
التخلص من الحمأة بعد التجفيف ٦-٣٠

ملحـــق: مواصفات ومعايير المياه الملوثة

الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي

الفصل الأول

الغرض من معالجة مياه الصرف الصحى

مقدمـــــة

إن الهدف الرئيسى من عملية معالجة مياه الصرف الصحى هو التخلص من مسببات تلوث تلك المياه سواء كانت مواد عضوية أو غيرها، عالقة كانت أم ذائبة، ويتم ذلك عن طريق حجز هذه المواد وإزالتها أو تحليلها إلى مواد وغازات غير ضارة، إضافة إلى التخلص من الكائنات الحية الضارة والمسببة للأمـــراض. وكما هو معلوم فإن حوالى ٧٥ % من المواد العالقة وحوالي ٤٠% من المواد الذائبة فى مياه الصرف الصحى هى عبارة عن مواد عضوية كما هو موضح بالجدول رقم (١-١).

جدول رقم (١-١)

نسب مكونات الجوامد العالقة والذائبة فى مياه الصرف الصحى

١٠٠٠ جزء فى المليون مواد صلبة						٩٩٩ × ١٠٠٠ جزء فى المليون ماء
٣٠٠ مواد عالقة				٧٠٠ مواد ذائبة		
١٥٠ قابل للترسيب		١٥٠ غير قابل للترسيب				
١٠٠ عضوى	٥٠ غير عضوى	١٠٠ عضوى	٥٠ غير عضوى	٣٠٠ عضوى	٤٠٠ غير عضوى	

وهذه المواد الصلبة ناتجة عن النشاطات المختلفة للإنسان فى مجتمعاته السكانية وعادة فإن مكونات المركبات العضوية تكون خليطاً من الكربون والهيدروجين والأكسجين بالإضافة إلى النيتروجين، هذا بخلاف العناصر الهامة الأخرى مثل الكبريت والفوسفور والحديد. وهذه المكونات تشكل المجاميع الرئيسية للعناصر العضوية الموجودة فى مياه الصرف الصحى وهى كالآتى:

- بروتينات تتراوح ما بين ٤٠ إلى ٦٠ %
- كربوهيدرات تتراوح ما بين ٢٥ إلى ٥٠ %
- دهون وزيوت تصل إلى ١٠ %

إضافة إلى ذلك، فإن مياه الصرف تحتوى على كميات قليلة من عناصر عضوية صناعية (غير طبيعية) كثيرة مثل المبيدات الحشرية الزراعية والمواد الفينولية والمنظفات الصناعية، وهناك عدة اختبارات أساسية لتحديد المحتويات العضوية لمياه الصرف الصحى أهمها ما يلى:

أ. متطلبات الأكسجين الكيميائى والحيوي (BOD).
ب. متطلبات الأكسجين الكيميائى (COD).
ج. الكربون العضوي الكلى (TOC).
د. متطلبات الأكسجين الكلية (TOD).

وعموماً فإن المعيار الشائع الاستخدام والمطبق فى تحديد التلوث العضوي في المياه هو متطلبات الأكسجين الكيميائى (COD)، ومتطلبات الأكسجين الكيميائى والحيوي (BOD).

ومن خلال هذا المعيار يتم قياس الأكسجين الذائب المستخدم من قبل الأحياء الدقيقة فى عمليات الأكسدة الكيميائية والحيوية للمادة العضوية. وتتراوح متطلبات الأكسجين الكيميائي والحيوي (BOD) في مياه الصرف الصحى الخام غير المعالجة ما بين ٢٥٠ إلى ٦٥٠ ملجم/ لتر. ويقدر التركيز المقبول للأكسجين الكيميائي والحيوي (BOD) في مياه الصرف الصحى المعالجة بحوالي ٣٠ ملجم/ لتر كمتوسط شهري وقد ينخفض إلى ١٠ ملجم/ لتر فى بعض البلاد القاسية فى شروط حماية البيئة.

تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى

تتم إزالة الملوثات الموجودة فى مياه الصرف الصحى من خلال عمليات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية. وتقوم العمليات الفيزيائية بإزالة معظم المواد العالقة، أما العمليات الكيميائية فيتم فيها تحويل جزء من المواد الذائبة من جراء التفاعلات الكيميائية إلى مواد عالقة يمكن ترسيبها وإزالتها، ويتركز استخدام العمليات البيولوجية (الحيوية) فى إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل سواء العالقة أم الذائبة. وعن طريق تلك العمليات يتم تحويل المواد العضوية إلى غازات متطايرة وأنسجة خلايا حيوية تتم إزالتها عن طريق ترسيبها. إضافة إلى ذلك فإن العمليات الحيوية لها دور فى إزالة النيتروجين من المياه الملوثة. وتلي عمليات إزالة الملوثات عمليات تعقيم مياه الصرف الصحى لإزالة البكتريا والجراثيم. ويمكن تصنيف تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى كما يلى:

١. المعالجة التمهيدية (الميكانيكية).
٢. المعالجة الابتدائية (الطبيعية أو الطبيعية والكيماوية).
٣. المعالجة الثانوية (البيولوجية – الكيميائية).
٤. معالجة الحمأة (المواد المترسبة).
٥. المعالجة الثلاثية (البيولوجية – الكيميائية – الطبيعية).

المعالجة التمهيدية

الهدف من المعالجة التمهيدية هو إزالة المواد الصلبة العالقة غير القابلة للتحلل فى مياه الصرف الصحى، وتتم هذه المعالجة فى الوحدات التالية:

أ. المصافى العادية:
التى تخلص مياه الصرف الصحى من الجوامد الكبيرة الحجم وذلك بحجزها.

ب. المصافى الدقيقة:
التى تخلص مياه الصرف الصحى من الجوامد الصغيرة الحجم وذلك بحجزها.

ج. أحواض حجز الرمال والأتربة:
التى تستعمل عادة لإزالة المواد الصلبة ذات الأصل المعدنى كالرمال والأتربة وما شابهها من مياه الصرف الصحى.

د. أحواض إزالة الزيوت والشحوم من مياه الصرف الصحى.

هـ. أحواض التهوية الابتدائية لإعادة مياه الصرف الصحى لحالتها الطازجة.

المعالجة الابتدائية

الهدف من عملية المعالجة الابتدائية هو إزالة المواد الصلبة العالقة سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وتتم هذه المعالجة فى أحواض الترسيب التى تستعمل لحجز المواد الصلبة ذات الوزن النوعى الأكبر من ١,٠٠ أما المواد ذات الوزن النوعى الأقل من ١,٠٠ فتطفو على سطح أحواض الترسيب، وتوجد ثلاثة أشكال رئيسية لأحواض الترسيب، وهى:

١. أحواض الترسيب أفقية الحركة ذات الشكل المستطيل التى تتم حركة المياه فيها بشكل أفقى من بداية الحوض إلى نهايته.

٢. أحواض الترسيب القطرية التى تتم فيها حركة المياه بشكل أفقى من مركز حوض الترسيب إلى محيطه وتنفذ هذه الأحواض بشكل دائري أو بشكل مربع فى بعض الأحوال.

٣. أحواض الترسيب الرأسية التى تتم حركة المياه فيها من الأسفل إلى الأعلى.

ويمكن للمعالجة الابتدائية (الميكانيكية) هذه أن تزيل تقريباً نسبة ٦٠ – ٧٠ % من المواد العالقة وتسبب انخفاضاً فى الأكسجين الحيوي الممتص من مياه الصرف الصحى بنسبة ٢٠ – ٣٠ %.

المعالجة الثانوية

تتم هذه المعالجة بإضافة المواد الكيميائية التى تتفاعل مع المواد العالقة والهلامية وبعض المواد القابلة للتحلل الموجودة فى مياه الصرف الصحى، مكونة مواد غير ضارة قابلة للترسب فى أحواض الترسيب. ولإجراء المعالجة الكيميائية نحتاج إلى الوحدات التالية:

أ. مستودعات حفظ وتحضير المواد الكيميائية.

ب. أحواض المزج السريع التى يتم فيها خلط مياه الصرف الصحى مع هذه المواد الكيميائية.

ج. أحواض الترويب التى يتم فيها تفاعل المواد العضوية مع المواد العالقة والهلامية الموجودة فى مياه الصرف الصحى.

د. أحواض الترسيب ليتم فيها ترسيب المواد الناتجة عن هذه التفاعلات.

وتستعمل الطرق الكيميائية بشكل رئيسى لمعالجة المخلفات السائلة الصناعية. ويمكن إجراء المعالجة الكيميائية بإمرار تيار كهربائى خلال مياه الصرف الصحى يسبب تحلل المياه إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة، فتنتقل الأيونات الموجبة إلى القطب السالب وتنتقل الأيونات السالبة إلى القطب الموجب فتشكل الأيونات فيما بينها مع القطب الكهربائى مواد جديدة، فإذا كانت المهابط المستعملة من الحديد، يتكون نتيجة هذا التحلل مركب ماءات الحديد الثلاثي ($Fe(OH)_3$) الذي يعمل كمادة مروبة تسرع بعملية ترسيب المواد العالقة. وبعد هذه المعالجة تدخل المياه إلى أحواض الترسيب فيتم ترسيب المواد الصلبة الناتجة من التفاعلات الكيميائية إلى القاع بسهولة.

ويمكن أن تستعمل طرق المعالجة الكيميائية والميكانيكية كمرحلة وحيدة من مراحل المعالجة أو كمرحلة ابتدائية للمعالجة قبل المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى.

معالجـــة الحمـــأة تتم معالجة المواد الصلبة المترسبة فى أحواض التحليل التى تتألف من أحواض ترسيب أفقية الحركة، يتم فيها حفظ الحمأة المترسبة لمدة طويلة، فيسبب هذا الحفظ تحلل المواد العضوية. ويمكن أن تجرى هذه المعالجة فى أحواض التحليل ذات الطابقين أى فى أحواض إمهوف وترافس فيستعمل الطابق العلوى للترسيب والسفلى لتخمير المواد المترسبة، وقد نستعيض عن أحواض التحليل ذات الطابق الواحد أو ذات الطابقين بأحواض التكثيف ثم تنقل الحمأة المترسبة مرتين فى اليوم إلى أحواض خاصة للتخمير يتم فيها تدفئة الحمأة وتحريكها باستمرار.

تؤخذ الحمأة من أحواض ترافس أو إمهوف أو أحواض التحليل أو أحواض التخمير إلى أحواض خاصة قليلة العمق يتم فيها تجفيف الحمأة ومن ثم يمكن استعمالها كسماد جيد.

ويمكن أيضاً أن تتم إزالة رطوبة الحمأة المعالجة فى أحواض التخمير أو التحليل بشكل اصطناعي وذلك بالتجفيف حرارياً أو بواسطة القوى الطاردة فى أجهزة الطرد المركزى.

المعالجة الثلاثية

تحتوى مياه الصرف الصحى على فيروسات تصنف حسب العائل، وتعد المجموعة الأولى أهم مجموعة فيما يتعلق بمياه الصرف الصحى حيث أنها المصدر الرئيسى للكائنات الحية المسببة للأمراض مثل التيفود والدوسنتاريا والإسهال والكوليرا إضافة إلى ذلك تحتوى أمعاء الإنسان على أعداد هائلة من البكتيريا تعرف باسم بكتريا القولون. ويتخلص الإنسان يومياً من أعداد تتراوح ما بين ١٠٠ إلى ٤٠٠ مليون إضافة إلى أنواع أخرى من البكتيريا، وتعد هذه الكائنات غيرة ضارة للإنسان بل نافعة فى التخلص من المواد العضوية أثناء عمليات المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحى.

ونظراً لأن أعداد الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى مياه الصرف الصحى والمسببة للأمراض قليلة ويصعب عزلها، فإن بكتيريا القولون ولوجودها بأعداد هائلة فى مياه الصرف الصحى يمكن استخدامها ككائن حي للدلالة على مدى تلوث المياه بالكائنات المسببة للمرض.

ويمكن قياس المواد العضوية عن طريق قياس متطلبات الأكسجين الكيميائى والحيوي (BOD)، وكلما زادت كمية الأكسجين الكيميائى والحيوي دل ذلك على تركيز عالٍ للمواد العضوية، وعليه فإن إزالة المواد العضوية يتم من خلال تخفيف متطلبات الأكسجين الكيميائى والحيوي بيولوجياً باستخدام كائنات دقيقة مختلفة أهمها البكتيريا، ويتم استخدام تلك الكائنات الحية فى تحويل المواد العضوية العالقة والذائبة إلى غازات مختلفة وأنسجة خلايا، ونظراً لأن تلك الأنسجة أثقل من الماء فإنه يمكن إزالتها عن طريق الترسيب بالجاذبية.

ومن أجل الحصول على معالجة بيولوجية فإنه لابد من توفير البيئة المناسبة لنمو وتكاثر البكتيريا، ويتم التكاثر عادة عن طريق الانشطار والتزاوج وعن طريق التبرعم، كما أنه من المعلوم أن البكتيريا لا يمكن أن تستمر فى عملية الانقسام إلى ما لا نهاية.

كذلك يعتمد التكاثر على عوامل مختلفة من أهمها توفر الغذاء اللازم ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجينى ونوعية المعالجة (هوائية/ لا هوائية) وتتم عملية

تحويل المواد العضوية من خلال أكسدتها إلى منتجات نهائية، وهذه العملية تتم خلال الحصول على الطاقة الضرورية لتشييد خلايا جديدة. ومع غياب المواد العضوية فإن الخلايا تتحلل إلى غازات ومتطلبات طاقة لبقاء النوع وتلك الخطوات فى المعالجة تتم بالتتابع أو فى نفس الوقت. ويمكن توضيح خطوات تلك العمليات فى الشكل رقم (١-١) على النحو التالى:

عملية الأكسدة:

مواد عضوية + أكسجين + بكتيريا ⇐ ثاني أكسيد الكربون + نشادر + طاقة + نواتج أخرى

عملية التشييد:

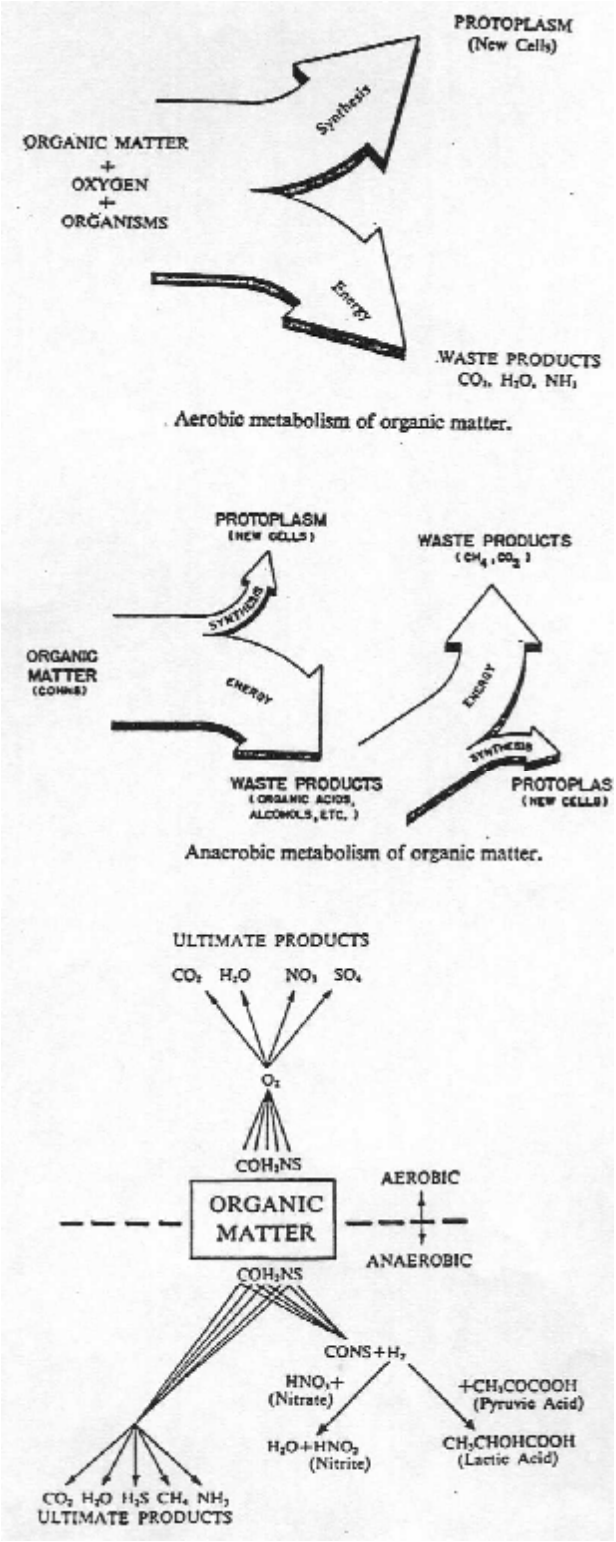
مواد عضوية + أكسجين + بكتيريا + طاقة ⇐ خلايا بكتيرية جديدة

عملية التنفس الذاتى:

خلايا بكتيرية + أكسجـــين ⇐ ثاني أكسيد الكربون + نشادر + ماء + طاقة + نواتج أخرى

وبالإمكان التحكم فى العوامل البيئية ذات العلاقة بنمو وتكاثر البكتيريا من خلال النقاط التالية:

- التحكم في الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الصحى.
- التحكم فى درجة حرارة مياه الصرف الصحى.
- إضافة بعض المواد الغذائية الضرورية أى التحكم فى العلاقة (F/M) وهى العلاقة بين قيمة المواد الغذائية فى مياه الصرف الصحى (مواد عضوية) وأعداد البكتيريا فى مياه الصرف الصحى.
- التحكم فى معدل الأكسجين الذائب فى مياه الصرف الصحى.
- إجراء خلط ملائم ومستمر للمواد العضوية فى مياه الصرف الصحى.



شكل رقم (١ - ١)

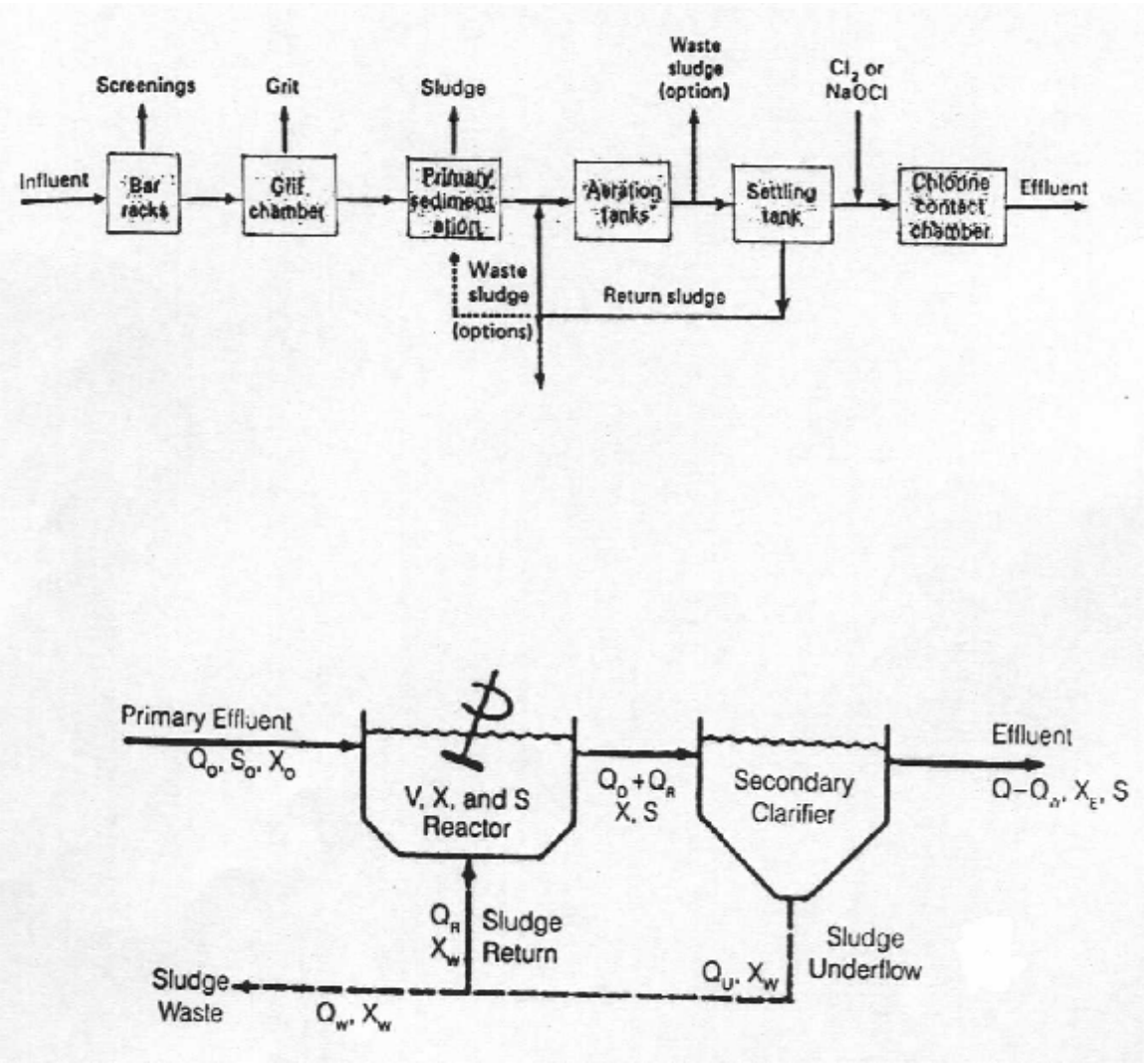
عمليات نمو وتكاثر البكتيريا

الاستنبات المعلق (الحمأة المنشطة):

ومن أشهر العمليات فى هذه النظم عملية الحمأة المنشطة وقد اكتسبت العملية هذا الاسم لأنها تتعلق بإنتاج كتلة نشطة من الأحياء الدقيقة قادرة على تثبيت المخلفات. وتتلخص هذه العملية كما هو موضح بالشكل رقم (١-٢) فى ضخ مياه الصرف الصحى المعالجة ابتدائياً والمحتوية على مواد عضوية فى خزان تهوية يحتوى على بكتيريا من النوع سالب الجرام. وتقوم البكتيريا الموجودة فى الخزان بتحويل المواد العضوية إلى مواد بسيطة كما تم شرحه (العمليات الثلاث السابقة)، ويتم التحكم فى العوامل البيئية فى الخزان عن طريق استخدام الهواء المضغوط أو التهوية الميكانيكية التى تهيئ كذلك تأمين خلط مستمر للمحتويات. وبعد فترة محددة من الزمن تتراوح ما بين ٦ – ١٢ ساعة يتم ضخ المخلوط الذى يحتوى على خلايا جديدة ومعمرة إلى خزان ترسيب، حيث يتم فصل الخلايا المترسبة عن الماء بعمل الجاذبية، ويتم تدوير جزء من الخلايا المترسبة إلى خزان الخلط من أجل الحفاظ على التركيز المطلوب من الكائنات فى خزان التهوية، أما المتبقى فيتم التخلص منه. وتعتمد درجة تركيز الكتلة الحيوية فى خزان التهوية على الفاعلية المطلوبة فى المعالجة وكذلك على أمور أخرى تتعلق بتكاثر الأحياء الدقيقة مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجينى ووجود العناصر الضارة.

النمو الملتصق (المرشحات الزلطية):

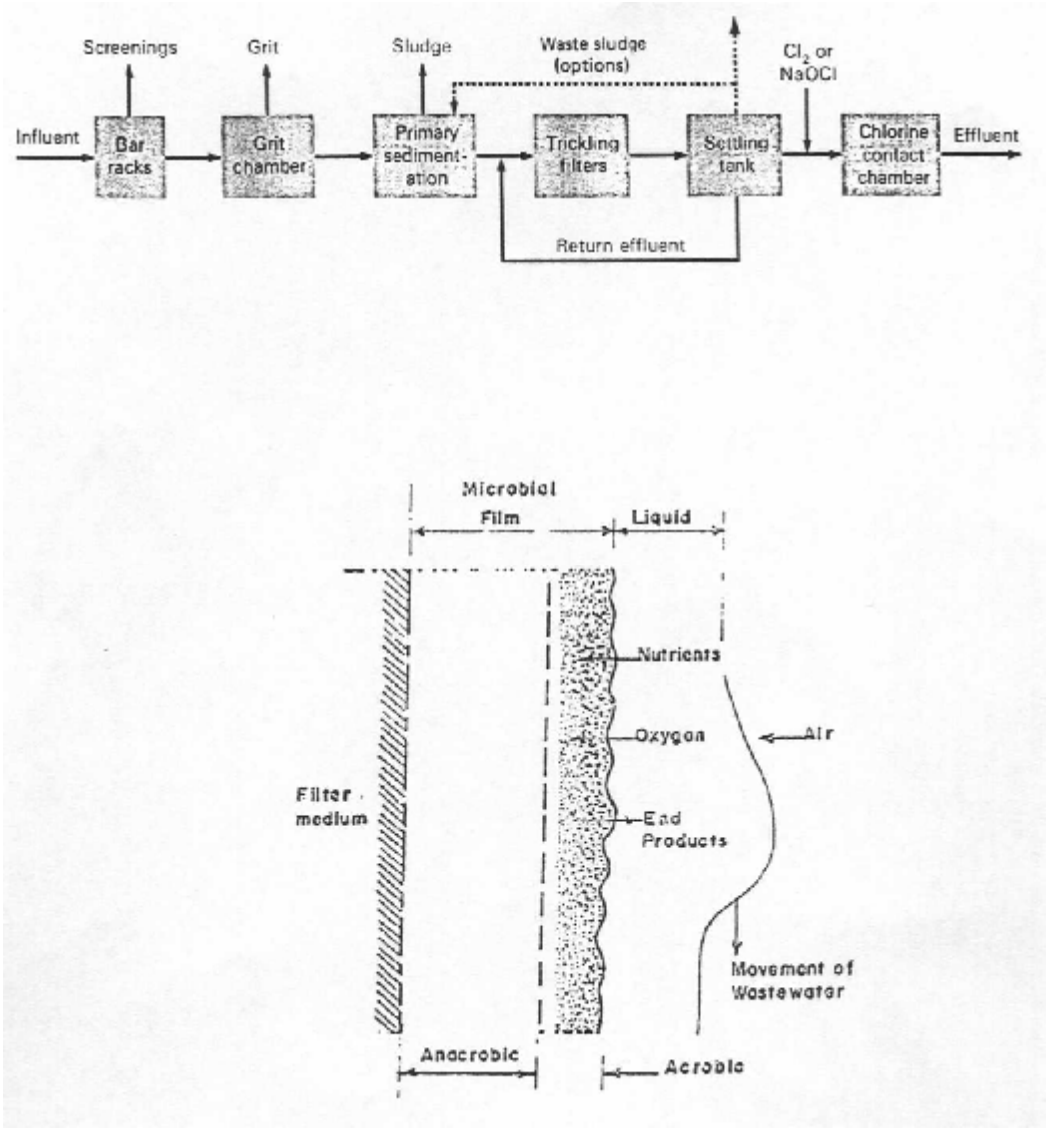
تعمل هذه النظم على أساس التصاق الكائنات الحية بوسط يسمح بتحليل المواد العضوية عند مرور مياه الصرف الصحى عليه، ومن أمثلة هذه النظم عملية المرشح بالتنقيط الذى تم تطويره فى بريطانيا عام ١٨٩٣م. وهو عبارة عن خزان يحتوى على مواد مثل الصخر تمر المياه من خلالها ثم تقوم الكائنات الحية بالالتصاق بها. ويتراوح قطر الصخر المستخدم بين ٢٥ إلى ١٠٠ مم، أما عمق المرشح فيتراوح ما بين ٠,٩ إلى ٢,٥ متر، وقد يصل إلى أكثر من ٥ أمتار فى المرشحات البرجية حسب التصميم المطلوب، كما هو معروض بالشكل رقم (١-٣).



شكل رقم (١-٢)

نظام الاستنبات المعلق (الحمأة المنشطة) لمعالجة مياه الصرف الصحى

وتقوم الشرائح الحيوية- وهى عبارة عن طبقة الكائنات الحية الملتصقة بالوسط- بامتصاص المواد العضوية الموجودة فى مياه الصرف، ثم تحليل هذه المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الهوائية فى الأجزاء الخارجية من الشرائح. ومع نمو وتكاثر الكائنات الحية فإن سمك الشرائح يزداد وبالتالى فإن الأكسجين يتم استهلاكه قبل وصوله إلى داخل الطبقة وعندئذ تكون هناك بيئة لا هوائية قريبة من سطح محتويات المرشح.



شكل رقم (١-٣)

مخطط يوضح شكل المعالجة البيولوجية فى مرشحات التنقيط

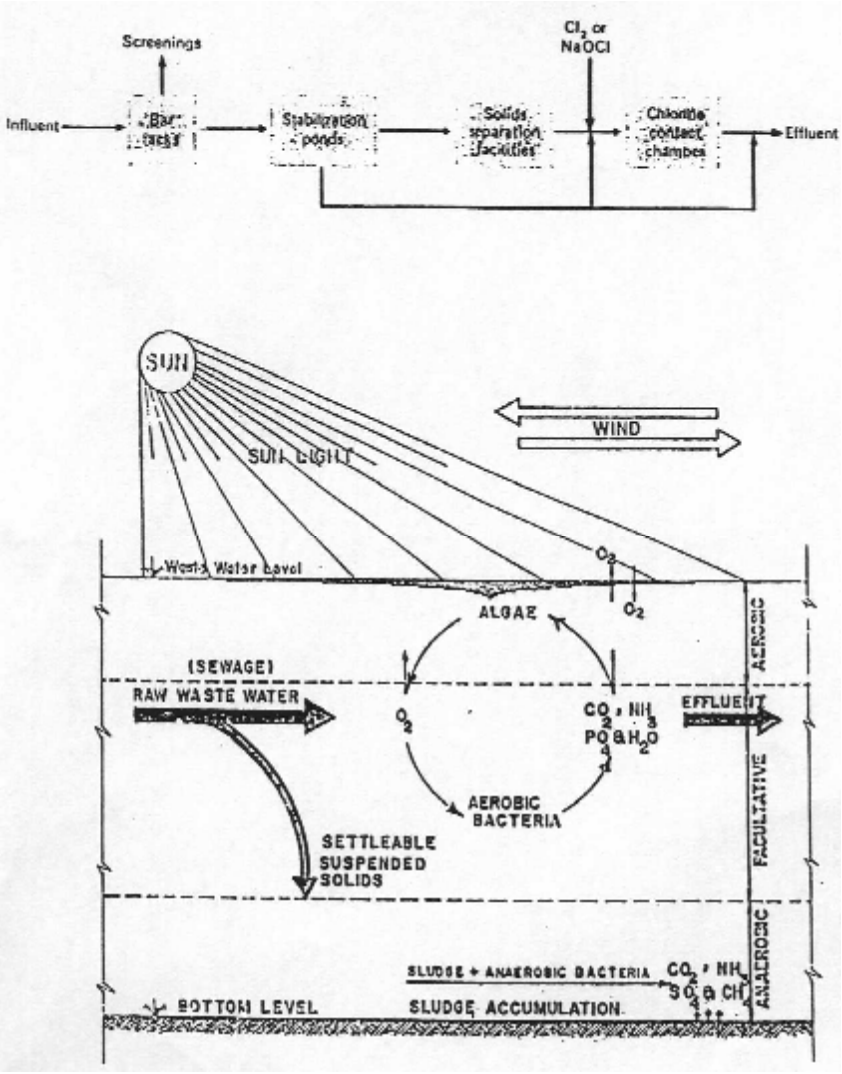
وبزيادة سُمك طبقات المادة اللزجة فى الشرائح فإن المواد العضوية التى تم امتصاصها يتم استهلاكها قبل وصول الكائنات الحية القريبة من سطح محتويات المرشح، ونتيجة لذلك فإن تلك الكائنات الحية تكون فى مرحلة الموت وتفقد مقدرتها على الالتصاق، ومن ثم تتم إزالتها مع السائل ويبدأ بعد ذلك تكوُّن طبقة أخرى وهكذا.

المستنقعات والبرك (بحيرات التثبيت أو بحيرات الأكسدة الطبيعية):

تتم معالجة مياه الصرف الصحى فى هذه النظم من خلال استخدام برك ضحلة توضع فيها مياه الصرف الصحى لفترة كافية لعمليات المعالجة الطبيعية لكى تتحقق المعالجة المطلوبة. وتختلف المستنقعات عن البرك فى أن المستنقعات يضاف إليها الأكسجين، عن طريق التهوية الاصطناعية، الأمر الذى لا يحدث فى البرك. ويوضح الشكل رقم (١-٤) العمليات الحيوية التى تتم فى البرك حيث تقوم البكتيريا الهوائية بتحليل المواد العضوية فى الطبقة العليا من البركة متخذة من الطحالب وكذلك الأكسجين الجوى مصدراً للأكسيجن، وفى الجزء السفلى يتم تحليل المواد العضوية عن طريق البكتيريا اللاهوائية. وتعتمد فاعلية البرك على الرياح والخلط الذى يتم وكذلك على درجة حرارة الجو، لذلك فإن استخدام هذا النوع من المعالجة محدود ويقتصر على مناطق معينة فى القرى أو المدن الصغيرة ذات المساحات المتوفرة أو القريبة من الصحراء.

ونتيجة للجهود الكبيرة فى مجال حماية البيئة من التلوث، فقد تم الوصول إلى ما يلى:

١. زيادة فهم الأثر البيئي الناتج عن صرف كميات كبيرة من المياه الملوثة غير المعالجة أو التى تمت معالجتها جزئياً.
٢. تطور المعرفة فى تأثير المواد الملوثة والموجودة فى مياه الصرف الصحى على البيئة على المدى الطويل.
٣. الإسراع فى تطوير نظم حماية البيئة وتشديد القوانين.
٤. زيادة المعرفة فى مجالات المعالجة الكيميائية والبيولوجية والميكروبيولوجية.
٥. المحافظة على المصادر الطبيعية للمياه وإعادة تدوير المياه الملوثة بعد تنقيتها أى إعادة استخدام فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى.
٦. توسيع المعرفة فى أساسيات ومقدرة الطرائق المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحى.



شكل رقم (١-٤)
نظام معالجة مياه الصرف الصحى باستخدام
بحيرات الأكسدة الطبيعية

ومن ثم يجب تحديد درجة العلاج المطلوبة حتى تلائم القوانين والمعايير والشروط اللازمة للتخلص من فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى بعد معالجتها.

ويعرض الجدول رقم (١-٢) الخطوط العريضة للخصائص المطلوبة للفائض. بينما يعرض الجدول رقم (١-٣) نوعية التلوث فى مياه الصرف الصحى ووحدات المعالجة المناسبة.

جدول رقم (١-٢)

الخطوط العريضة لخصائص فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى

خصائص السيب (الفائض)		المعايير للسيب طبقاً للقانون	
		المتوسط الشهري	المتوسط الأسبوعي
BOD	(ملجم/ ل)	٣٠	٤٥
SS	(ملجم/ ل)	٣٠	٤٥
pH	(وحدة pH)	٩-٦	٩-٦

جدول رقم (١-٣)

نوعية التلوث فى مياه الصرف الصحى ووحدات المعالجة المناسبة

رقم	نوعية التلوث	وحدات عمليات إزالة التلوث
١	المواد العالقة	١. المصافى والقطاعات ٢. أحواض فصل الرمال والأتربة ٣. الترسيب ٤. التعويم ٥. التجلط باستخدام مواد البوليمر أو أملاح الحديد والألومنيوم ثم الترسيب ٦. الترشيح الرملي بأنواعه المختلفة ٧. الترشيح فى التربة الطبيعية
٢	المواد العضوية القابلة للهضم والتحلل	١. الحمأة المنشطة بأنواعها المختلفة • الطريقة التقليدية • التهوية على مراحل • التغذية على مراحل • التثبيت بالتلامس • التهوية الممتدة • قنوات الأكسدة ٢. المرشحات الزلطية بأنواعها المختلفة (بطيئة المعدل– سريعة المعدل) ٣. الأقراص الدوارة ٤. بحيرات الأكسدة الطبيعية والمهواة

"تابع" جدول رقم (١-٣)

نوعية التلوث فى مياه الصرف الصحى ووحدات المعالجة المناسبة

رقم	نوعية التلوث	وحدات عمليات إزالة التلوث
		٥. الترشيح الرملي ٦. الترشيح فى التربة الطبيعية ٧. الطرائق الطبيعية والكيميائية
٣	البكتريا عموماً والممرضة خصوصاً	١. الكلور ٢. الهيبوكلورين ٣. الأوزون ٤. الترشيح فى التربة الطبيعية
٤	النيتريت (النيتروجين)	١. الاستنبات المعلق (الحمأة المنشطة) ٢. النمو الملتصق (المرشحات الزلطية) ٣. التأزيت وإزالة التأزت ٤. الأمونيا ٥. التبادل الأيوني ٦. الكلور (بعد نقطة الانكسار) ٧. الترشيح فى التربة الطبيعية
٥	الفوسفور	١. إضافة أملاح الألومنيوم أو الحديد ثم الترسيب ٢. إضافة مواد التجلط والجير ثم الترسيب ٣. المعالجة البيولوجية والكيميائية ٤. الترشيح فى التربة الطبيعية
٦	المواد العضوية غير القابلة للتحلل	١. الامتزاز السطحي بالفحم ٢. المعالجة الإضافية بالأوزون ٣. الترشيح فى التربة الطبيعية
٧	الأملاح الذائبة	١. التبادل الأيوني ٢. الضغط الإسموزي ٣. التحليل الكهربي
٨	المعادن الثقيلة	١. الترسيب الكيميائي ٢. التبادل الأيوني ٣. الترشيح فى التربة الطبيعية

ويعرض الجدول رقم (١-٤) طرق معالجة مياه الصرف الصحى والوحدات المناسبة لها

جدول رقم (١-٤)

طرق معالجة مياه الصرف الصحى والوحدات المناسبة

رقم	طرق المعالجة	وحدات المعالجة المناسبة
١	المعالجة التمهيدية	١. الضخ والطحن ٢. التجانس والتخزين
٢	التكثيف	١. التكثيف الطبيعى ٢. التكثيف بالتعويم ٣. التكثيف بالطرد المركزى
٣	التثبيت	١. الأكسدة بالكلور ٢. التثبيت بالجير ٣. التخمر اللاهوائي ٤. التخمر الهوائي ٥. التخمر الهوائي بالأكسيجن النقي ٦. التثبيت الحراري
٤	التعقيم	الطرق المختلفة للتعقيم
٥	التحسين	١. التحسين الكيميائى ٢. التحسين بالغسيل
٦	سحب المياه	١. القوة الطاردة المركزية ٢. مرشحات الخلخلة ٣. مرشحات الضغط ٤. السير الضاغط ٥. أحواض التجفيف ٦. البحيرات والبرك
٧	التجفيف	المجففات المختلفة
٨	التحلل	١. التحلل الطبيعى ٢. التحلل الزائد بمساعدة مواد أخرى
٩	التقليل الحراري	١. الفرن متعدد المحارق ٢. التسييل

"تابع" جدول رقم (١-٤)

طرق معالجة مياه الصرف الصحى والوحدات المناسبة

رقم	طرق المعالجة	وحدات المعالجة المناسبة
		٣. الحرق الوميضي ٤. التحلل الحراري ٥. الهواء الرطب
١٠	التخلص واستخدام الحمأة (الاستعادة والتدوير)	١. الردم ٢. النشر على سطح الأرض ٣. الكمر ٤. استخدامها كسماد ٥. الحرق

المعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحي

الفصل الثانى

المعالجة الابتدائية لمياه الصرف الصحى

مقدمـــــــة

توجد طرق عديدة لمعالجة مياه الصرف الصحى تقوم بإزالة المواد المسببة للتلوث سواء كانت عضوية أو غير عضوية؛ وذلك حتى يمكن التخلص من هذه المياه بطريقة آمنة عن طريق إلقائها فى مجرى أو مسطح مائى، أو استخدامها فى أعمال رى المزروعات، أو التخلص منها على سطح الأرض أو باطنها.

والخطوات المتبعة حالياً فى معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحى تتلخص فيما يلى:

أ- معالجة ابتدائية.

ب- معالجة ثانوية (بيولوجية)(*).

ج- معالجة متقدمة (إضافية)(*).

د- التخلص من السيب(**) الناتج(*).

هـ- معالجة الرواسب (الحمأة) الناتجة من وحدات المعالجة(*).

وعلمياً فإنه يمكن الاستغناء عن بعض هذه الوحدات لأسباب اقتصادية والاكتفاء بمعالجة جزئية مثل المعالجة الابتدائية فقط أو إنشاء وحدات معالجة ثانوية (بيولوجية) بعد المعالجة الابتدائية وهكذا. إلا أنه وبغرض الحصول على سيب لا يؤثر على تلوث البيئة فيفضل اتباع جميع الخطوات المذكورة لأعمال المعالجة.

(*) الخطوات المذكورة فى البنود (ب، ج، د، هـ) سوف يتم شرحها بالتفصيل فى الفصول اللاحقة.

(**) المقصود بالسيب هو فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى أى أن السيب هو مياه الصرف الصحى بعد معالجتها.

ويوضح الشكل رقم (٢-١) مجموعة أعمال معالجة مياه الصرف التمهيدية والتى يمكن تسميتها بالمعالجة الابتدائية أو المعالجة الميكانيكية حيث أنها تعتمد على نظريات الحجز والترسيب الطبيعى الميكانيكى.

ويمكن تلخيص مكونات وحدات معالجة مياه الصرف الصحي الابتدائية والممكن استخدامها فى القرى كما يلى:

١- المصافى.
٢- وحدات فصل الرمال والزيوت والشحوم.
٣- أحواض الترسيب الابتدائى.

١ - المصافي تقوم المصافى بحجز المواد الطافية أثناء مرور مياه الصرف الصحى الخام خلالها وذلك لحماية الطلمبات والمواسير من الانسداد.

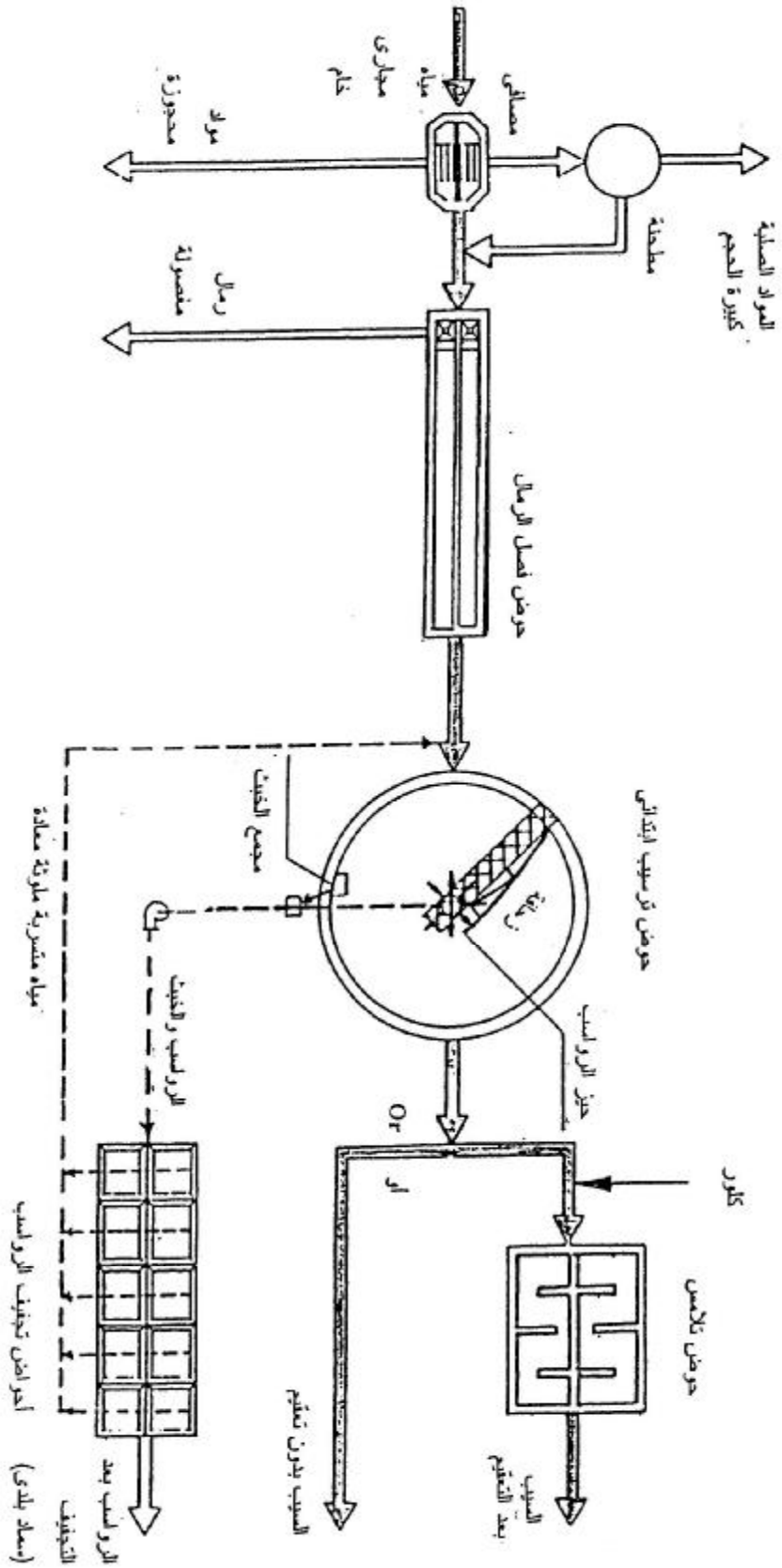
أنواع المصافى

أ- المصافى المتوسطة والكبيرة الفتحات:

المصافى هى قضبان من الحديد المتوازي توضع بحيث تكون فى مستوى واحد يعترض سير المخلفات السائلة، فتحجز أمامها المواد الطافية الأكبر من سعة فتحاتها، وتتراوح سعة فتحات المصافى المتوسطة من ٠,٢٥ إلى ١,٥ بوصة، والمصافي الكبيرة من ١,٥ إلى ٦,٠ بوصة، ويفضل دائماً استخدام المصافى ذات السعة الصغيرة فى وحدات المعالجة الابتدائية، أما المصافى ذات السعة الكبيرة فيفضل استخدامها أمام محطات ضخ مياه الصرف الخام.

ب- المصافى الدقيقة:

هى ألواح معدنية بها فتحات (شقوق) تنفذ من خلالها مياه الصرف الخام، ويتراوح عرض هذه الشقوق من ١/١٦ بوصة إلى ١/٤ بوصة وطولها من ١/٢ بوصة إلى ٢ بوصة، ولا يفضل استخدامها فى المناطق الريفية، وتستعمل فى الحالات الآتية:



شكل رقم (٢ - ١)

مسار مياه الصرف فى وحدات المعالجة الابتدائية (التمهيدية)

- تصفية المخلفات السائلة قبل التخلص منها فى البحار والمحيطات بدون معالجة.
- وجود مخلفات صناعية تحوى مواد عالقة يصعب ترسيبها.
- الاستغناء كلية عن أحواض الترسيب الابتدائى فى بعض عمليات المعالجة البيولوجية.

جـ- المصافى المتحركة:

هى مصافي على شكل شريط دائري يلف على اسطوانتين أفقيتين وتسمى أيضاً بالمصافي اللفافة، كما توجد أنواع ترفع من مكانها لتنظيفها وتحل محلها مصافي أخرى ثم تعاد إلى مكانها. وجميع هذه الأنواع لا يفضل استخدامها فى المناطق الريفية لاحتياجها لأعمال صيانة وتشغيل وقطع غيار بصفة مستمرة.

الشروط الواجب توافرها بالمصافي:

أ- يجب أن تكون القضبان الحديدية دائرية أو مستطيلة المقطع وتتراوح ما بين ٢/١ بوصة إلى ٤/٣ بوصة.

ب- يجب أن تكون زاوية ميل القضبان على المستوى الأفقى ما بين ٣٠ إلى ٧٥ درجة وذلك ليسهل تنظيفها كما أن هذا الميل يساعد على تحميل الفضلات أمامها على منسوب سطح الماء.

ج- يجب أن تساوى المساحة الصافية ما بين القضبان ضعف مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدى إلى غرفة المصافى (وذلك فى حالة استعمال شبكة صرف منفصلة).

د- فى حالة استعمال شبكة صرف صحى مشتركة يكون صافى المساحة ما بين القضبان مساوياً لثلاثة أمثال مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدى إلى غرفة المصافى.

هـ- يجب ألا تزيد سرعة الماء العمودية على مستوى المصفاة عن ١٥سم/ الثانية حتى لا تسبب ضغطاً على الفضلات فتمر بين القضبان.

طرق تنظيف المصافى:

هناك طريقتان رئيسيتان لتنظيف المصافى هما:

أ- تنظيف المصافي يدوياً:

ويتم ذلك بالنسبة للمصافي العادية بأن يقف العامل على الرصيف الذى ترتكز عليه المصفاة وبواسطة شوكة ذات يد طويلة يرفع المواد الطافية التى حجزت أمام المصافى لتجميعها على الرصيف والتخلص منها، ويستخدم هذا النظام فى القرى، انظر الشكل رقم (٢-٢).

ب- تنظيف المصافي آلياً:

وتستخدم هذه الطريقة فى التصرفات الكبيرة، وذلك بواسطة أمشاط متحركة لها أسنان تتخلل الفتحات بين القضبان، وعند وصول المشط إلى الرصيف الذى ترتكز عليه المصفاة يقوم العامل بتنظيف المشط بواسطة فرشاة خاصة كما هو موضح بالشكل رقم (٢-٣).

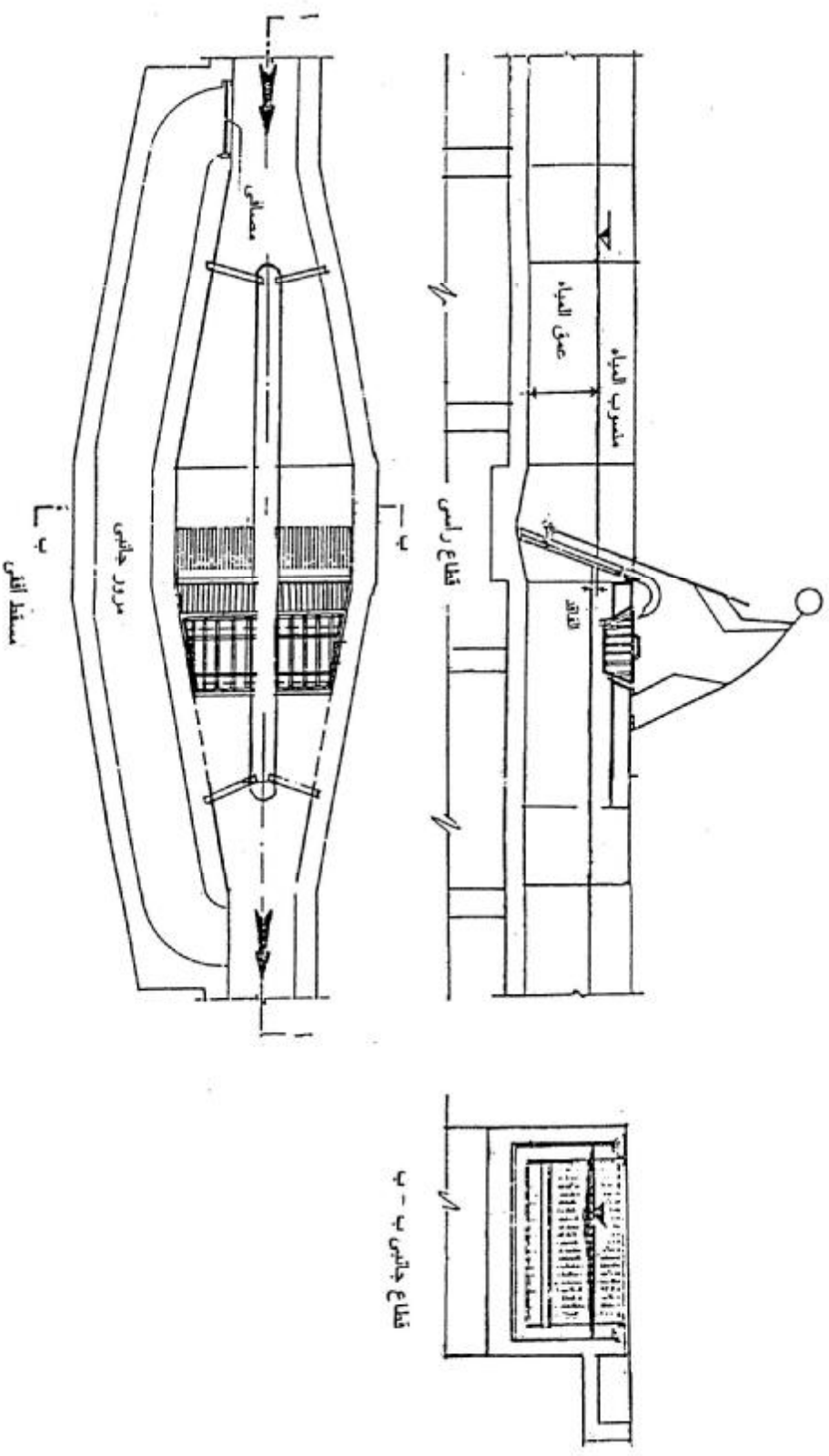
تنظيف المصافى الدقيقة:

ينظف هذا النوع بواسطة فرش دوارة خاصة ويحتاج إلى صيانة كبيرة وتشغيل دقيق. ولذلك لا يفضل استخدامه فى المناطق الريفية كما سبق ذكره.

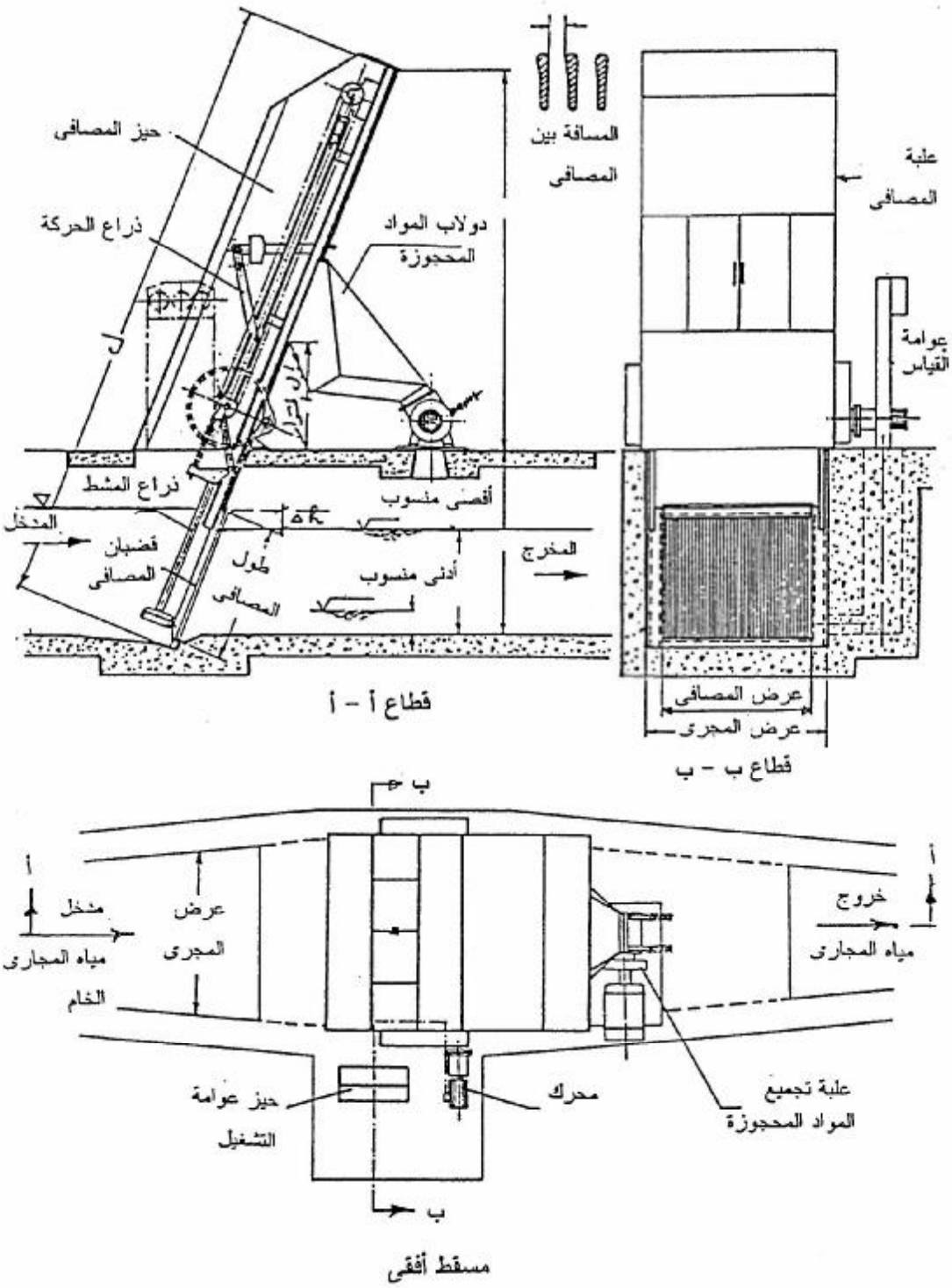
طرق التخلص من فضلات المصافى:

يمكن تلخيص طرق التخلص من فضلات المصافى كما يلى:

- تجفيفها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها.
- حملها وإلقائها بعيداً فى مناطق نائية.
- تقطيعها وفرمها بمفارم خاصة ثم نقلها إلى أحواض تخمير الرواسب حيث تعالج ويتم التخلص منها مع بقية الرواسب.
- الدفن فى خنادق محفورة بالأرض وتغطيتها بطبقة ردم من الرمال لا تزيد عن ٦٠ سم تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب على سطحها وهو الأسلوب الممكن استخدامه فى القرى. ويراعى رشها بالجير الحي فى المناطق الحارة.



شكل رقم (٢-٢)
المصافي اليدوية



شكل رقم (٢ - ٣)

المصـــافى الميكانيكيـــة

أسس تصميم المصافي

يجب مراعاة النقاط التالية عند تصميم المصافى:

أ - ميل المصافى مع الأفقى يتراوح بين ٤٥ و٧٠ درجة.

ب- الفراغات بين القضبان تكون من ١-٢ سم.

ج- السرعة خلال قناة المصافى يجب ألا تقل عن ٤٠ سم/ ثانية.

د - السرعة خلال فتحات المصافى لا تزيد عن ١٠٠ سم/ ثانية.

هـ- الفاقد فى مرور المياه خلال فتحات المصافى يمكن حسابه على أساس سريان المياه خلال الفتحات المستطيلة ويتراوح بين ١٠ سم إلى ٣٠ سم حسب تأثير المواد الطافية على الفتحات.

وهذا الفاقد فى منسوب المياه أمام وخلف المصفاة (أى الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاه) يمكن تقديره من المعادلة الرياضية التالية:

$$h = 1.4 \quad \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \qquad (١-٢)$$

حيث:

h = الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاة م

V_2 = سرعة الماء فى فتحات المصافى (أى بين القضبان) م/ ث

V_1 = سرعة الماء أمام المصافى م/ ث

g = عجلة الجاذبية الأرضية م/ ث^2

و- خصائص مخلفات المصافى هى كما يلى:

- نسبة الرطوبة تتراوح بين ٦٥ – ٩٥%
- نسبة المواد المتطايرة (المواد العضوية) تتراوح بين ٦٥ – ٩٥%.
- القيمة السمادية فى مخلفات المصافى وهى قيمة ضعيفة:

الأزوت	٠,٠٢	- ٢,٢٥%
بوتاس	٠,٠٧	- ٠,٤٠%
فوسفور	٠,١١	- ١,٦%
قيمة حرارية	٢,٥	- ٤,٠ سعر/ كيلو جرام

ويفضل تجميعها والتخلص منها فى الأماكن المخصصة لذلك دون الاستفادة منها.

٢ - وحدات فصل الرمال وإزالة الزيـــوت والشحوم

هذه الوحدات هى المرحلة الثانية من المعالجة الابتدائية وهى تتكون إمـــا من أحواض فصل الرمال وإزالة الزيوت والشحوم كما فى المدن، أو من وحدات فصل الرمال فقط كما فى القرى حيث تكون كمية الزيوت قليلة، وسوف نتكلم عن كل منهما بالتفصيل.

أ - أحواض فصل الرمال

هى أحواض مستطيلة الشكل أو دائرية، الغـرض منها هو فصـل الرمـال المتواجدة فى مياه الصرف الصحى من الشوارع والأرصفة الغير مرصـوفة، أو من مياه الأمطار عند تساقطها ووصولها للشبكة أو من التربة نتيجة وجود شروخ فى المواسير أو فى المطابق. ولا تتعدى مدة مكث الميـاه فـى هـذه الأحواض دقيقة واحدة وبسرعة لا تزيد عن ٠,٣ م/ ث، وذلـك نظـراً لأن الرمال سهلة الترسيب كما أنها مادة خاملة لا تتحلل وبالتالى تضعف القيمـة الغذائية للرواسب عند استخدام الرواسب كمادة تسميدية، لذلك يفضل فـصلها أولاً وقبل دخولها أحواض الترسيب الابتدائى.

ب - أحـــواض إزالة الزيوت والشحوم

فى حالة الرغبة فى إزالة الشحوم والزيوت من مياه الصرف الخام يتم إنشاء حوض إزالة الزيوت والشحوم الذى تصل فيه فترة المكث مـن ٥ إلـى ١٠ دقائق مع إمداده بالهواء المضغوط لتسهيل عملية تعويم الزيـوت والـشحوم، وتظهر أهمية استخدام أحواض فصل الزيوت والشحوم عندما تكون المرحلـة التالية من المعالجة البيولوجية (الثانوية) هى المعالجة باستخدام أحواض الحمأة المنشطة نظراً لما تسببه هذه المواد الدهنية من ضرر بليغ بهـذه الأحـواض. ومدة البقاء بأحواض فصل الزيوت والشحوم تتراوح بين خمس وثماني دقائق، والهواء الحر اللازم لذلك هو حوالى ١٤م^3 لكل حوالى ٤٠٠٠ م^3 مـن ميـاه الصرف– وقد وجد أن إضافة حوالى ١,٥ جزء/ المليون من الكلـور يـساعد أيضاً على سرعة إزالة هذه المواد العضوية. وغالباً ما يتم إنشاء حوض واحد لكل من فصل الرمال وفصل الزيوت والشحوم.

ويمكن دمج حوض فصل الرمال مع هذا الحوض وتكون فترة المكـث بـين ٥ – ١٠ دقائق.

تنظيف أحواض فصل الرمال

الغرض من هذه الأحواض كما سبق ذكره هو ترسيب الرمال والمواد الغير عضوية وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب.

وتتكون أحواض حجز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافى لحفظ سرعتها عند السرعة التى تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التى يبلغ قطرها ٠,٢ مم (وهى ٣٠ سم/ ث).

ويتم إزالة الرمال بتسليط خرطوم مياه على الرواسب فتكسحها إلى خارج الحوض لتسير فى مواسير إلى موضع التخلص منها. ويعيب هذه الطريقة عدم استمرار العمل فى الأحواض ويتطلب الأمر تفريغ الحوض المطلوب إزالة الرمال منه.

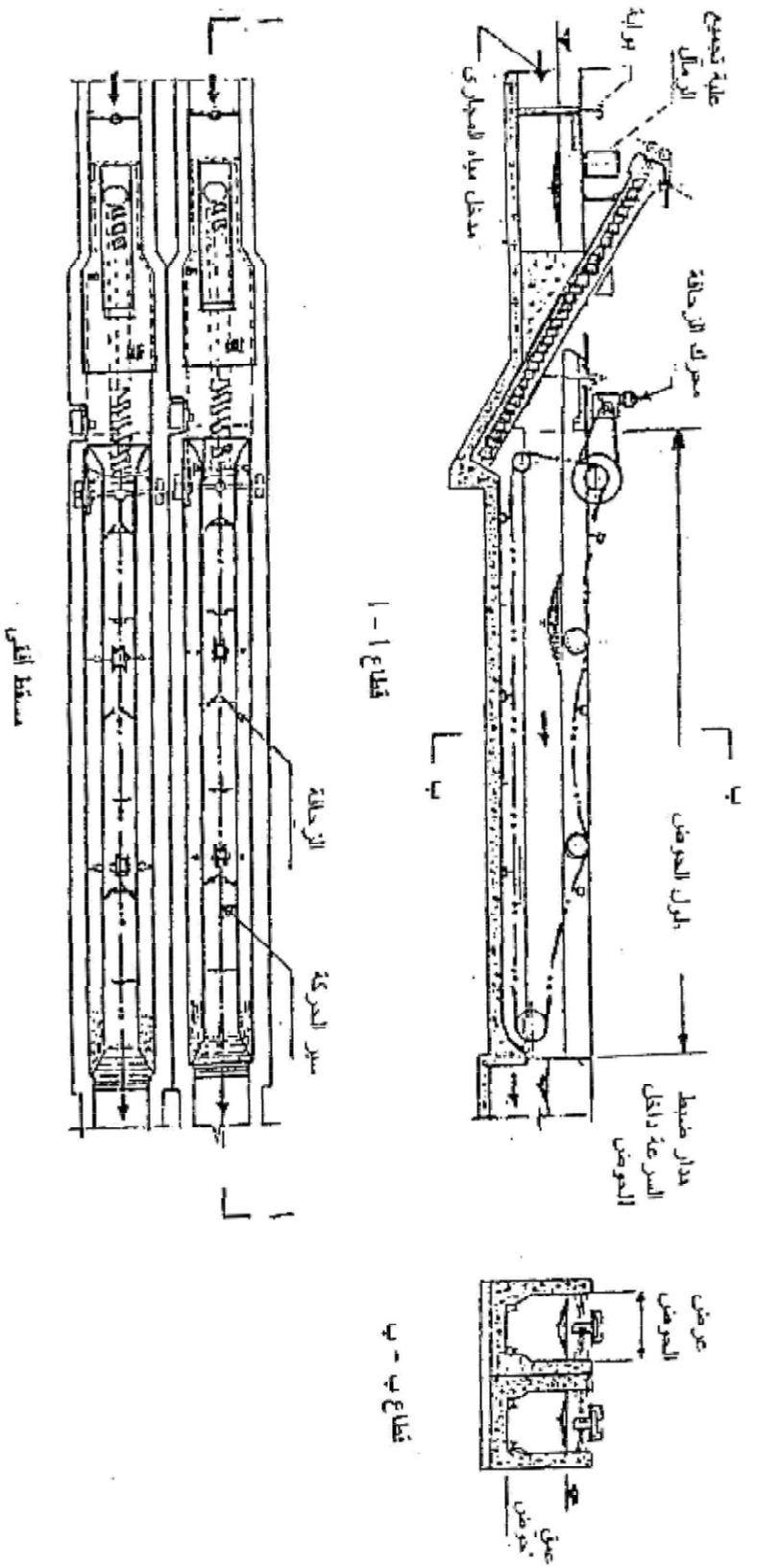
وهناك طريقة أخرى لتنظيف هذا النوع من أحواض فصل الرمال وذلك باستعمال كاسحات تتحرك بقوة موتور كهربائى فتدفع أمامها الرمال إلى منخفض فى مدخل الحوض ومن هذا المنخفض ترفع الرمال بواسطة كباشات أو طنبور إلى أعلى الحوض حيث يمكن جمعها فى أوعية خاصة وتمتاز هذه الطريقة باستمرار العمل دون الحاجة إلى تفريغ الحوض من وقت لآخر كما هو موضح بالشكل رقم (٢-٤).

كما يمكن تنظيف هذه الأحواض يدوياً بواسطة مغرفة بيد طويلة فى حالة التصرفات الصغيرة.

التخلص من الرمال المترسبة

ويمكن تلخيص طرق التخلص من الرمال المترسبة من هذه الأحواض كما يلى:

أ - تفرد على سطح الأرض الطينية شديدة التماسك كسماد كما أنها تحتوى على كمية من المواد العضوية (تتراوح من ٣– ٥% من المواد العضوية فى مياه الصرف).



شكل رقم (٢-٤)
حوض فصل الرمال

ب- تنقل بعيداً إلى مكان يراد ردمه على أن يفرش على سطحها أتربة جافة.
ج- تدفن في خنادق إذ تحتوى على كميات عالية من المواد العضوية (من ٣ – ٥%).

تصميم أحواض فصل الرمال

غالباً ما تصمم أحواض فصل الرمال ضمن المصافى، لذا يجب أن يكون عرض المصافى مساوياً لعرض غرفة الراسب الرملي وطول المصافي مناسباً لطول غرفة الراسب الرملي.

ولما كان الغرض من أحواض فصل الرمال هو ترسيب المواد الغير عضوية فقط، لذا يجب أن تكون سرعة المياه بها فى حدود تسمح لهذه المواد (وهى سريعة الرسوب) بالرسوب ولا تسمح برسوب المواد العضوية. وبذا يسهل التخلص منها دون خشية انبعاث أى رائحة كريهة منها أو خطر صحى نتيجة تحلل المواد العضوية.

وللوصول إلى هذا الغرض تصمم أحواض فصل الرمال على الأسس الآتية:
أ- السرعة حوالى ٣٠ سم/ الثانية.
ب- مدة البقاء حوالى ٣ دقائق لأقصى تصرف الطقس الجاف.
ج- لا يزيد فاقد الضغط لمياه الصرف بعد مرورها من أحواض (التصفية) فصل الرمال والمصافي عن ٥ سم، ولذا لا تستخدم المصافى الدقيقة لتجنب زيادة الفاقد.

ولما كان التصرف الوارد لأعمال المعالجة متذبذب غير ثابت ولضمان الاحتفاظ بالسرعة حوالى ٣٠ سم/ الثانية بهذه الأحواض، لذا تستخدم أحد الطرق الآتية:

أ- ينشأ هدار متحرك عند مخرج الحوض يُرفع ويُخفض تبعاً لزيادة أو نقص التصرف، وبذا يمكن التحكم فى السرعة.
ب- تنشأ أحواض فصل الرمال بسعة تجعل سرعة المياه بها ٣٠ سم/ ثانية

فى حالة متوسط تصرف الطقس الجاف، وينشأ بحائطها الجانبى هدار تفيض منه المياه لغرفة تصفية أخرى مجاورة عند زيادة التصرف وارتفاع منسوب المياه بها، ويراعى أن يكون تصريف المياه من كل منهما منفصلاً.

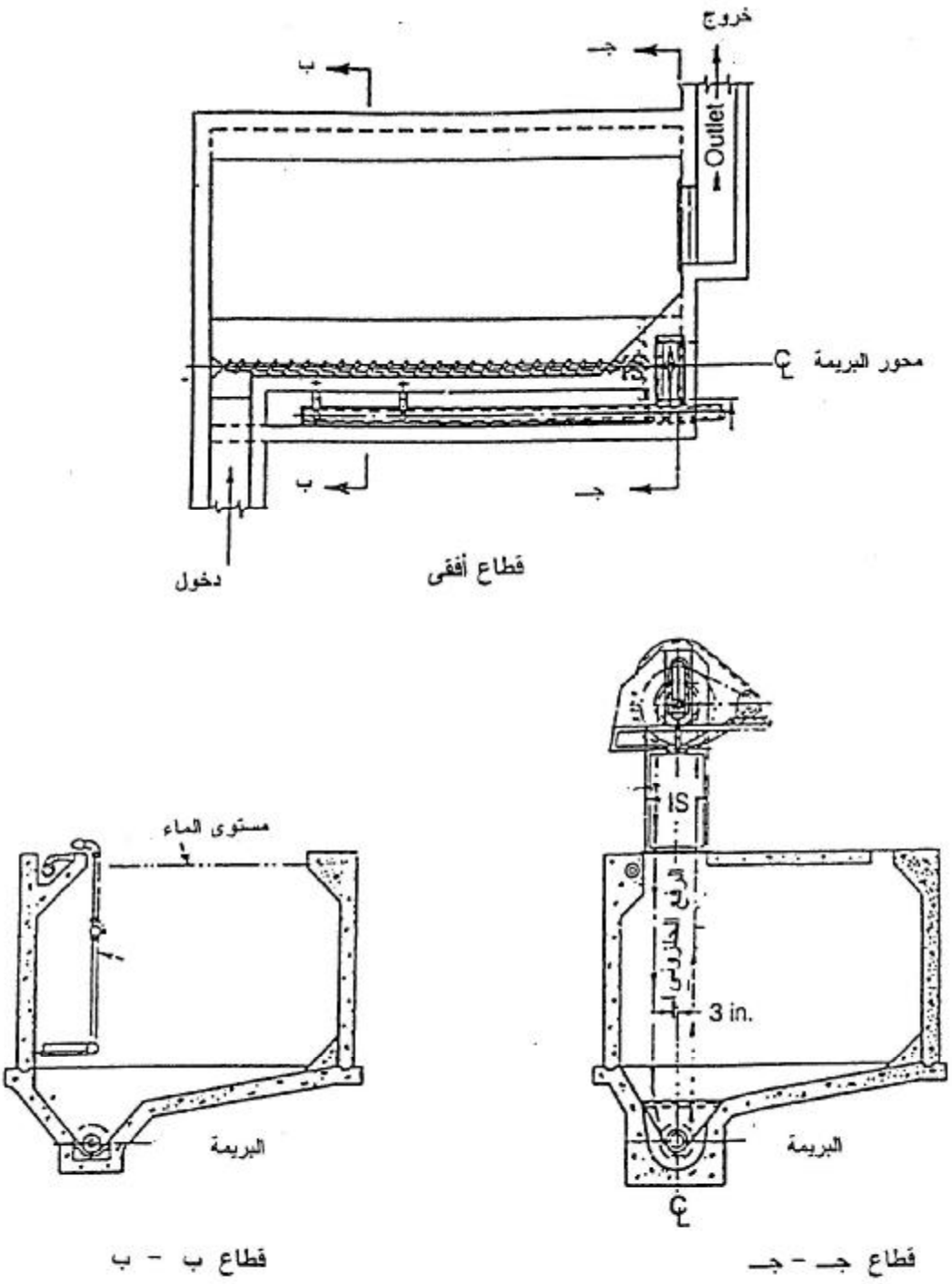
ج- إنشاء قطاع الحوض دائرياً أو بيضاوياً ليقل القطاع الذى تسير به المياه عندما يقل التصرف؛ وبذا يمكن الاحتفاظ بسرعة ثابتة تقريباً رغم اختلاف كمية التصرف الوارد.

فى بعض العمليات يستخدم الهواء المضغوط بأحواض فصل الرمال الموضحة بالشكل رقم (٢-٥) على أن يكون ضغطه مناسباً بحيث لا يؤثر على ترسيب المواد الغير عضوية ويثير ويمنع ترسيب المواد العضوية، وهو فى نفس الوقت بما به من أكسجين ينشط مياه الصرف الخام الداخلة لأعمال التنقية والتى أصبحت فى حاجة ماسة إلى إنعاشها بالأكسجين بعد أن ظلت مدة فى شبكة الصرف الصحى بعيدة عن الشمس والهواء، كما أنه يساعد على فصل الزيوت والشحوم وتقليل الرمال والمواد العضوية فيتم ترسيبها بسهولة.

٣- أحواض الترسيب الابتدائى

الغرض من أحواض الترسيب هو التخلص من المواد العضوية العالقة بمياه الصرف بفعل الجاذبية الأرضية فتسقط بتأثير ثقلها إلى قاع الحوض حيث تتجمع ويُتخلص منها، ولذا سميت بعملية الترسيب العادية أو الترسيب الميكانيكى، ولما كانت المواد العضوية خفيفة الكثافة النوعية لذا فهى تحتاج إلى سرعة بطيئة بالحوض وطول مناسب له لإعطائها الفرصة للرسوب. فكلما قلت سرعة المياه وطالت مدة بقائها بالحوض كلما حصلنا على نسبة عالية من الترسيب.

وللحصول على نسبة عالية للترسيب، استعملت طريقة ملء وتفريغ الحوض ويتم ذلك بملء الحوض بمياه الصرف الواردة إليه ثم يترك دون حركة للمدة اللازمة لترسيب النسبة المطلوبة من المواد العالقة، ثم تسحب المواد الراسبة، وبعد ذلك يفرغ الحوض مما به من مياه، ويعاد ملؤه ثانية وتتكرر العملية



شكل رقم (٢ - ٥)

أحواض فصل الرمال المهواة

وهكذا– وبذا نحصل على سرعة صفر للمياه بالحوض ومدة البقاء المقررة– إلا أنه لكثرة تكاليف إنشاء هذه العملية ولارتفاع تكاليف تشغيلها ولضياع الوقت فى الملء والتفريغ أصبحت هذه الطريقة غير مستخدمة حالياً.

تعريفـــات ويستحسن قبل شرح أحواض الترسيب أن نوضح التعريفات الآتية:

أ- الخبث:

هو المواد الطافية بالحوض والغير قابلة للرسوب وغالبيتها من الزيوت والشحوم وهى ذات منظر ورائحة كريهتين، وبتراكمها على السطح تحجز الهواء والضوء من التخلل بمياه الصرف بالحوض.

ب- الحمأة السائلة:

هى المواد المشبعة بالمياه والراسبة بقاع الحوض وكمية الحمأة السائلة تقدر بما لا يزيد عن ١% من كمية مياه الصرف الداخلة للحوض.

ج- مدة البقاء النظرية أو مدة المكث النظرية:

هى المدة النظرية المفروض أن تمكثها نقطة مياه بالحوض، وبمعنى آخر هى المدة التى تلزم لنقطة المياه أن تقطع فيها المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه بالسرعة النظرية.

د- السرعة النظرية:

هى سرعة المياه بالحوض على أساس المعادلة التالية:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{التصرف (م}^3\text{/ الثانية)}}{\text{مساحة قطاع الحوض (م}^2\text{)}} \quad \text{(م/ ثانية)}$$

هـ- مدة البقاء الفعلية:

هى المدة الفعلية التى تقطع فيها نقطة المياه المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه.

وقد استخدمت عدة أنواع من أحواض الترسيب (خلاف طريقة الملء والتفريغ) يستمر فيها سريان الماء بالحوض، وروعي في تصميمها أن تكون سرعة المياه بها بطيئة ومدة بقائها بها كافية بحيث تسمحان بترسيب غالبية المواد العالقة بمياه الصرف– وصممت في بادئ الأمر بسعة تسمح بمدة بقاء نظرية ٢٤ ساعة أُنقصت تدريجياً حتى أصبحت فى بعض الحالات ساعة واحدة، ويرجع السبب فى ذلك إلى أن كثيراً من المواد العالقة ترسب فى الساعة الأولى وغالبيتها ترسب فى الثلاث ساعات الأولى من بدء عملية الترسيب، وبعد ذلك تقل كمية الراسب منها كثيراً مما لا يتناسب مع زيادة سعة الأحواض وبالتبعية زيادة تكاليف إنشائها، هذا علاوة على أن بقاء مياه الصرف مدة طويلة بهذه الأحواض بعيدة عن الشمس والهواء (اللهم إلا الطبقة السطحية بالحوض إن لم تكن مغطاة بالخبث) يزيد فى درجة تعفنها وتعقيدها، مما يزيد من تكاليف معالجتها فى الخطوات التى تلي عملية الترسيب. هذا بالإضافة إلى ما ينبعث منها من رائحة كريهة للغاية. والشكل رقم (٢-٦) يوضح العلاقة بين مدة البقاء والنسبة المئوية لترسيب المواد العالقة بأحواض الترسيب.

وتوجد أنواع عديدة من أحواض الترسيب، ويتوقف اختيار أي منها على عوامل عدة منها حجم التصرف المراد معالجته وطبوغرافية موقع أعمال المعالجة ونوع تربته مع مراعاة الناحيتين الفنية والاقتصادية. وتنقسم غالبية أنواع أحواض الترسيب إلى الأنواع التالية:

أ- من حيث اتجاه سير المياه: رأسى – أفقى – دائري.

ب- من حيث شكل الحوض: مستطيل – مربع – دائري.

ج- من حيث طريقة سحب الحمأة: يدوى – ميكانيكى – بضغط المياه.

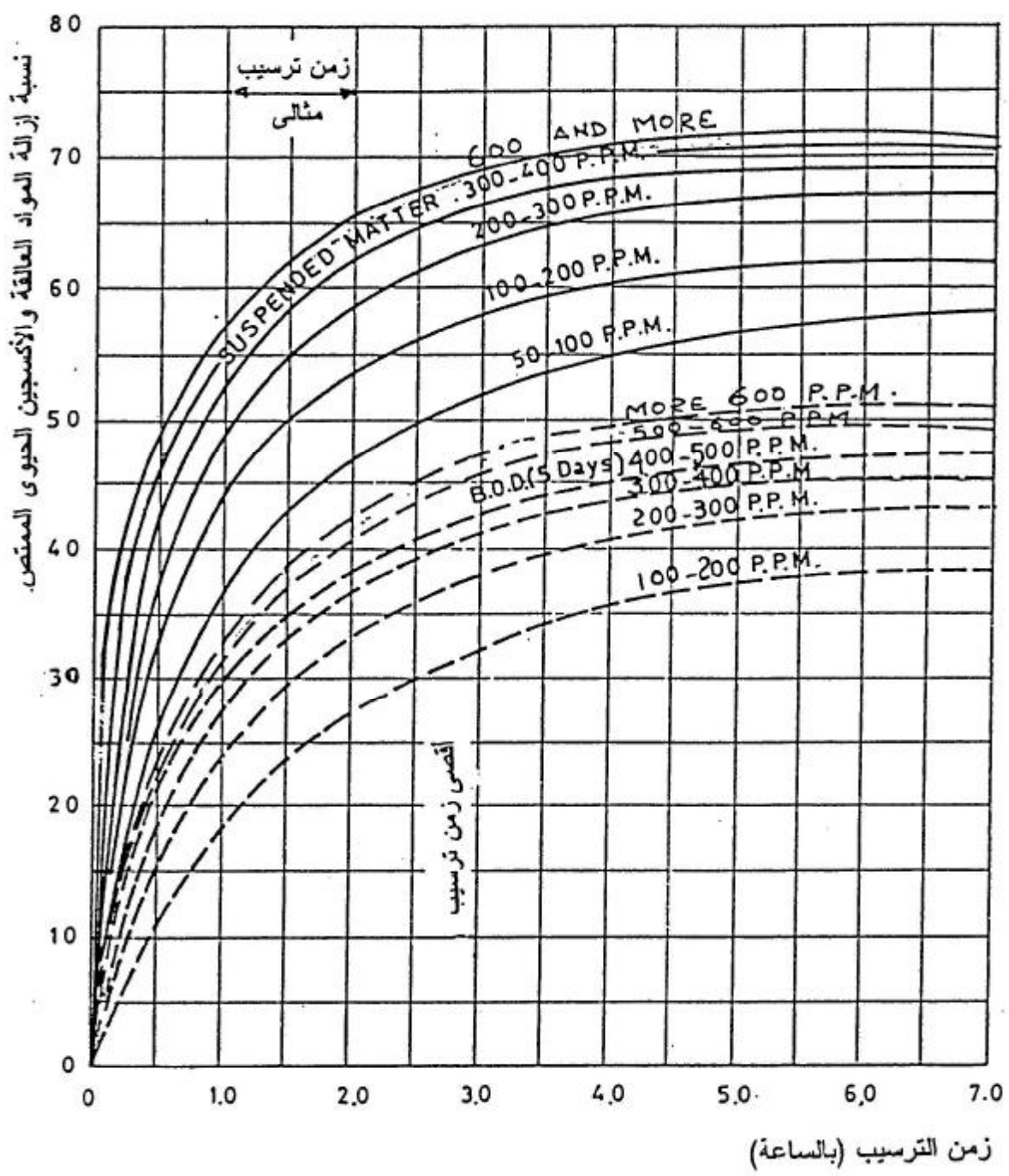
د- من حيث مناسيب قاع الحوض: أفقى – بميل بسيط – هرمي شديد الميل.

شروط أحواض الترسيب

يراعى عند إنشاء أحواض الترسيب أن تستوفى الاشتراطات الآتية:

أ - أن تكون السرعة بها بطيئة فى حدود تسمح للمواد العالقة بالرسوب.

ب- أن تكون مدة البقاء الفعلية كافية لرسوب المواد العالقة إلى قاع الحوض قبل وصولها لمخرجه، مع مراعاة ألا تكون مدة البقاء سبباً فى زيادة نسبة تعفن مياه الصرف بالحوض زيادة كبيرة.



شكل رقم (٢-٦)

العلاقة بين كفاءة أحواض الترسيب الابتدائى وزمن الترسيب الطبيعى

ج- أن تكون مدة البقاء الفعلية أقرب إلى مدة البقاء النظرية اللازمة.
د- ألا يسمح للخبث الطافي بالخروج مع السيب الخارج من الحوض.
هـ- عدم السماح بأى حركة فى قاع الحوض تثير ما يرسب به.
و- أن يُختار نوع الحوض مناسباً لتربة الموقع وظروفه ونوع وكمية مياه الصرف المطلوب معالجتها بحيث تكون أقل الأنواع فى تكلفة إنشائها وتشغيلها وصيانتها مع الحصول على نسبة الترسيب المطلوبة.

لذا فكل الجهود موجهة إلى توفير هذه المميزات بأحواض الترسيب للحصول على حوض الترسيب المثالي.

وأكثر أنواع أحواض الترسيب استخداماً هى الأحواض المستطيلة المسماة بأحواض ليبزج والأحواض الدائرية المسماة دورتمند.

أحواض الترسيب الابتدائى المستطيلة (ليبزج)

وكانت تنشأ بعمق حوالى ٥ أمتار وبطول يتراوح بين ثلاثة إلى أربعة أمثال العرض ومدة بقاء ٢٤ ساعة خفضت إلى ١٢ ساعة ثم إلى أربع ساعات، وحالياً تصمم على مدة بقاء تتراوح بين ساعة وثلاث ساعات.

وقد لوحظ أن المياه بهذه الأحواض لا تسير بكامل قطاع الحوض بل تسير فى حيز ضيق منه، إما بأعلاه إن كانت درجة حرارة مياه الصرف الداخلة إليه أعلى من درجة حرارة المياه الموجودة بداخله، أو بأسفله إن كانت درجة حرارة المياه الداخلة للحوض أقل من درجة حرارة مياه الحوض؛ فتثير بذلك ما تم ترسيبه من مواد بقاع الحوض. ولصغر القطاع الذى تسير به المياه فالسرعة الفعلية بالحوض تزيد كثيراً عن السرعة التصميمية (النظرية)، وبالتبعية فمدة البقاء أقل بكثير من المدة اللازمة، وتكون النتيجة قلة الترسيب وضعف كفاءة الحوض، كما لوحظ خروج المواد الطافية مع السيب الخارج.

ولما كان الحيز الذى تسير به المياه بالحوض صغيراً بالنسبة إلى عمقه فقد رأى المصممون توفيراً للتكاليف أن يُكتفي بعمق بسيط وتغالوا فى تصغير عمق الحوض فصمموا الحوض بعمق حوالى ١ متر، وزادوا من عرضه

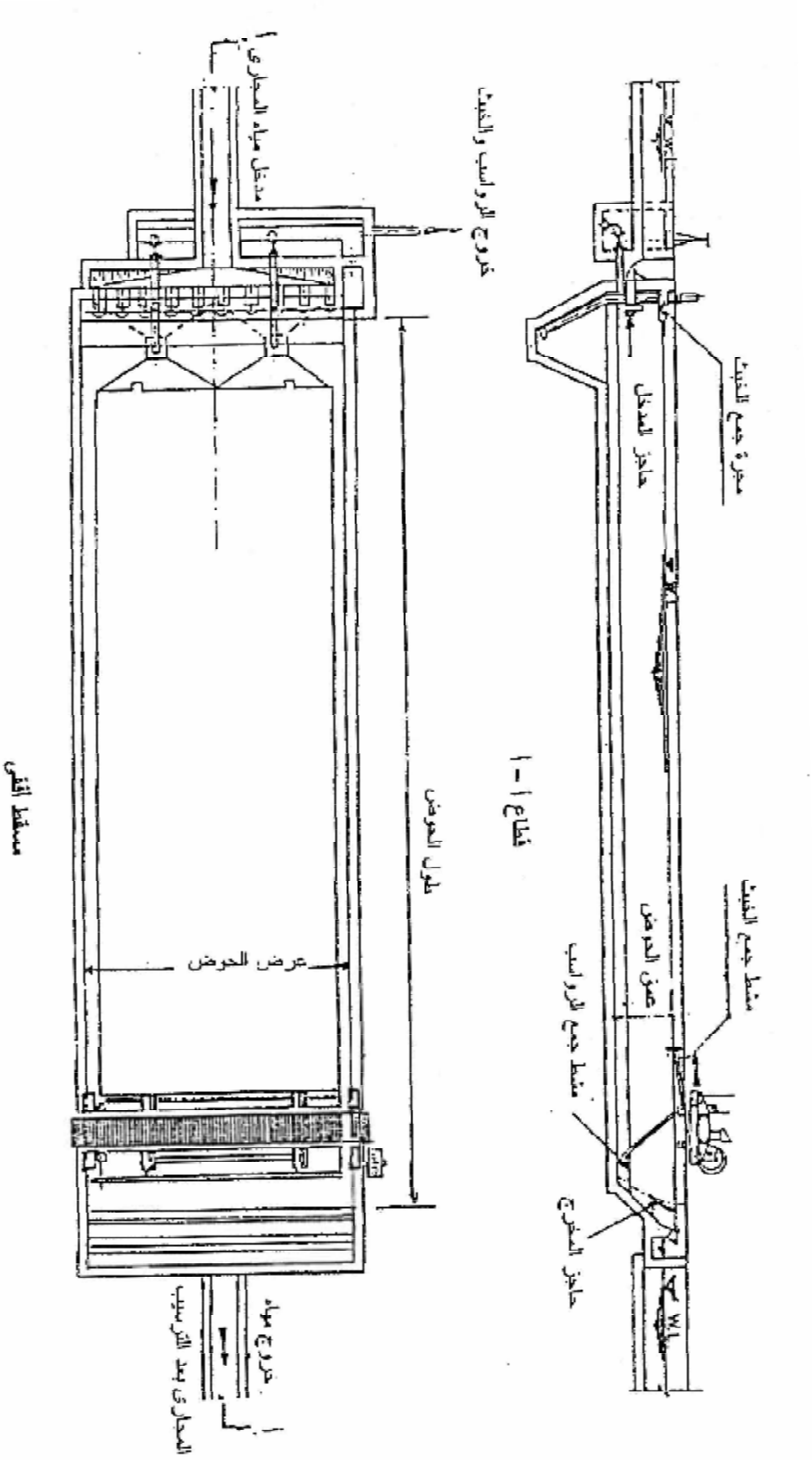
لتقليل السرعة، وصمم طول الحوض بما يسمح بالحصول على مدة البقاء اللازمة ظناً منهم أن هذه الطريقة تعطى سرعة بطيئة ومدة بقاء كافية وكفاءة عالية، إلا أن هذه الطريقة أعطت نتيجة عكسية لما كان منتظراً، إذ انخفضت كفاءة ترسيب الحوض واتضح أن هذا العمق البسيط يسبب إثارة دائمة لما قد يرسب بقاع الحوض من مواد، لذا بعد عدة تجارب وجد أنه يجب ألا يقل عمق الحوض عن ٢,٥ متر وألا يزيد عن حوالى ٣,٠ أمتار.

كما وجد أن إنشاء حاجزين بطول عرض الحوض أحدهما قريب من المدخل والآخر قريب من المخرج وكل منهما (ساقط) تحت سطح منسوب المياه بحوالي ٥٠ سم يزيد من كفاءته، فحاجز المدخل يوقف اندفاع سرعة المياه الداخلة للحوض ويلزمها بالاتجاه نحو أسفله مما يساعد على عملية الترسيب، وحاجز المخرج يحجز المواد الطافية من الخروج مع السيب الخارج.

ولقد تحسنت بذلك كفاءة أحواض الترسيب إلا أنه استمر وجود عمق بالحوض غير مستفاد به علاوة على ما تثيره المياه الداخلة (ذات درجة الحرارة الأقل من درجة حرارة المياه الموجودة بالحوض) للمواد الراسبة بقاعه، والشكل رقم (٢-٧) يوضح خط سير المياه بحوض ترسيب مستطيل مزود بحاجزي المدخل والمخرج.

ويجب أن يُنشأ أكثر من حوض ترسيب لمقابلة التصرف الوارد وعدم الاعتماد على حوض واحد لمرونة التشغيل، ولإمكان تفريغ أحدهما لتنظيفه أو إصلاحه أو لأى سبب آخر دون أن يحدث تأثيراً كبيراً على كفاءة عملية الترسيب، أما إن كان التصرف ضئيلاً فلا مفر من الاكتفاء بحوض واحد. ويجب تجنب إنشاء الأحواض كبيرة المسطح لتجنب فعل التيارات الهوائية بالأحواض.

وتنظف الحمأة يدوياً وغالباً ما تنظف ميكانيكياً بواسطة زحافة تدار بقوى كهربائية بسيطة (حوالى ٢ حصان)، وتسير على قضبان، ويمكن استعمال زحافة واحدة لعدة أحواض متجاورة، وللزحافة مشطان الأسفل لتنظيف قاع الأحواض من الحمأة والآخر علوى لتجميع الخبث من السطح.



شكل رقم (٢-٧)

حوض ترسيب ابتدائي مستطيل

وقد يُجمع كل من الخبث والحمأة منفردين ويعالج كل منهما على حدة، وقد يجمعا سوياً فى مجرى واحدة ويرفعا وينقلا بعد ذلك إما إلى أحواض تخمير الحمأة أو أحواض التجفيف (سواء بالانحدار الطبيعى أو بالرفع) للمعالجة.

ويعرض الشكل رقم (٢-٨) أنواع أحواض الترسيب المستطيلة وزحافتها.

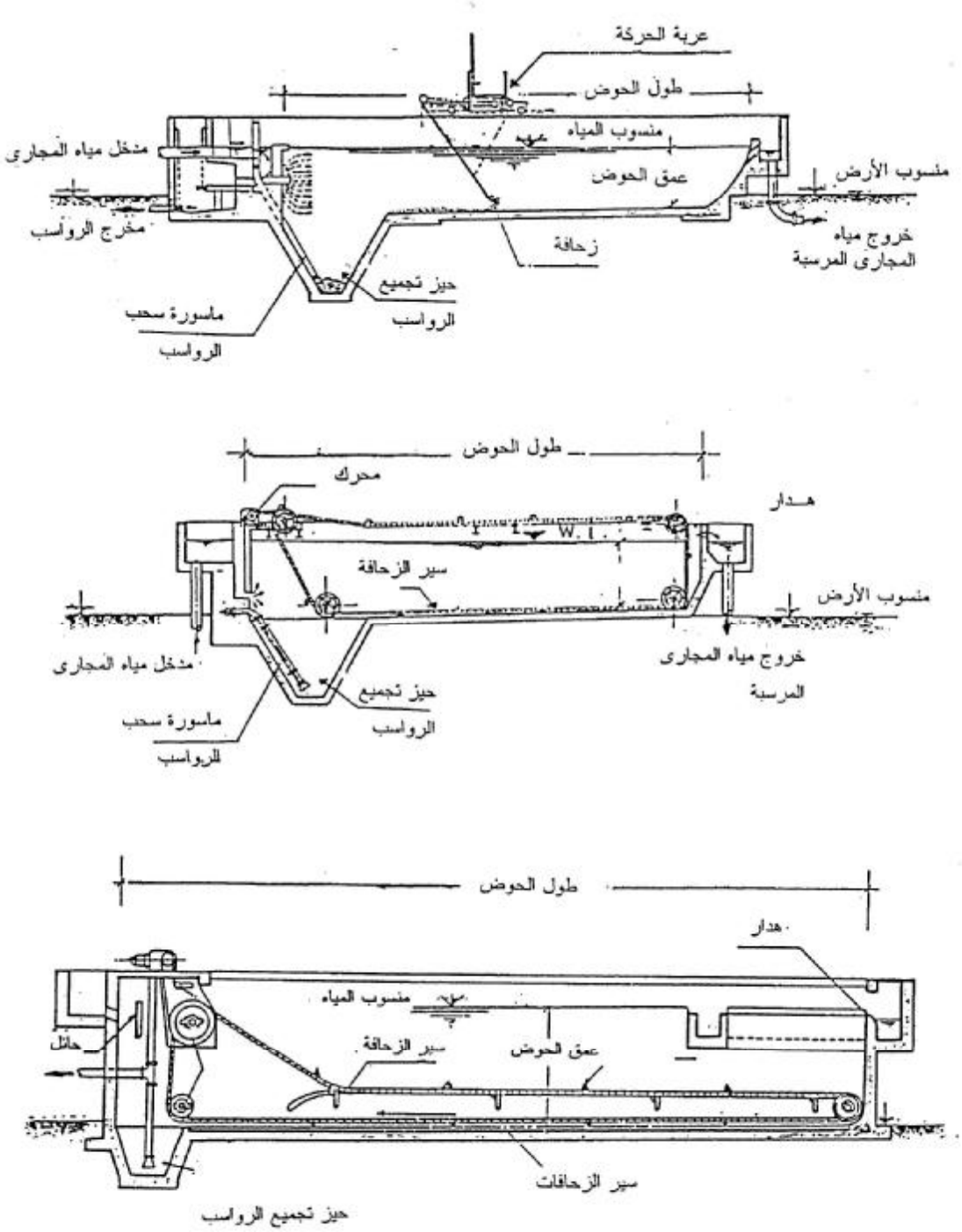
ويجب ألا تقل كفاءة حوض الترسيب عن حجز حوالى ٤٠ – ٦٠% من المواد العالقة وأن تزيل حوالى ٢٠ – ٣٠% من حمل الأكسجين الحيوي الممتص.

وتبنى الأحواض من الخرسانة المسلحة وتبيض بمونة الأسمنت البورتلاندى ويستحسن بياض نصف متر أعلى وآخر أسفل مستوى سطح الماء بالحوض بالأسمنت الفوندي لمقاومته (إلى حد كبير) للتآكل الذى يحدث من تفاعل مياه الصرف مع المواد الأسمنتية العادية.

الأحواض الدائرية (دورتمند)

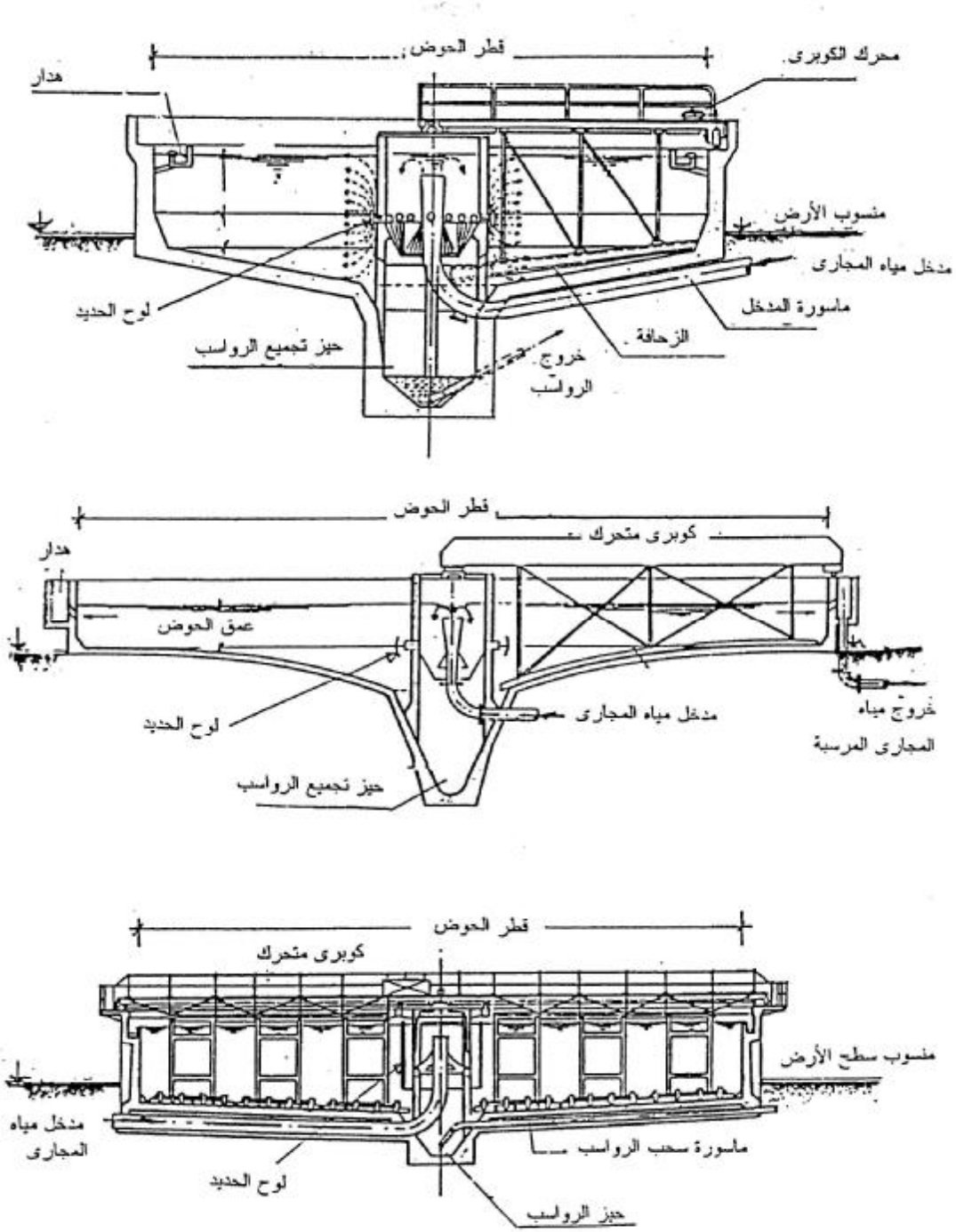
أصبحت الأحواض الدائرية شائعة الاستعمال لترسيب مياه الصرف خصوصاً الأحواض الكبيرة– وذلك لصغر سمك حوائطها وقلة كمية التسليح اللازم لها ورخص تكاليف زحافاتها عن مثيلاتها اللازمة للأحواض المستطيلة. إلا أن الشدة اللازمة لحوائطها أكثر كلفة كما أن لكبر عمقها فإن تنفيذها- خصوصاً في تربة مشبعة بمياه الرشح- أكثر صعوبة عن مثيلاتها من الأحواض المستطيلة. ولما كان كل منهما يفى بالغرض اللازم للمعالجة لذا فاختيار أيهما للتنفيذ يتوقف على النواحي الاقتصادية التي تمليها كل حالة. ويوضح الشكل رقم (٢-٩) نماذج من أحوض ترسيب ابتدائى دائرية الشكل.

وتدخل المياه هذه الأحواض بماسورة تنتهى فتحتها فى محور الحوض وبمنسوب تحت سطح الماء بحوالي ٥٠ سم، وتصب داخل اسطوانة رأسية لتوجيه الماء إلى أسفل للمساعدة فى عملية الترسيب ولزيادة مدة بقاء المياه بالحوض. وأمام الاسطوانة وعلى بعد من مخرجها يثبت لوح من الحديد وذلك للحد من اندفاع المياه وحماية الرواسب بقاع الحوض من الإثارة.



شكل رقم (٢-٨)

نماذج مختلفة لأحواض الترسيب الابتدائية المستطيلة الشكل



شكل رقم (٢ - ٩)

نماذج مختلفة لأحواض الترسيب الابتدائية الدائرية الشكل

وقد تستعمل اسطوانة مخرمة لتوزيع التصرف بالحوض، وتتجه المياه إلى هدار بأعلى منسوب مياه الحوض وبطول محيطه تسقط منه المياه إلى مجرى المخرج ومنها إلى مكان التخلص أو إلى وحدات المعالجة الأخرى.

والحمأة المتجمعة بالقاع تنزلق على ميوله الحادة بواسطة زحافة وسط الحوض، وترفع الحمأة منه بضغط المياه ثم تنقل بالانحدار الطبيعى أو الرفع إلى أحواض تخمير الحمأة أو إلى أحواض تجفيفها رأساً.

والمدخل عبارة عن غرفة للتوزيع تُنشأ بمنتصف الحوض وبمنتصفها وبكامل محيطها فتحة مثبت أمامها حاجز كما هو موضح بالشكل السابق رقم (٢-٩) وبالتالى نضمن توزيع المياه بالحوض توزيعاً عادلاً إذ يعمل الحوض بكامل قطاعه وبذا تصبح المياه ومدة المكث به مطابقتين لنظائرهما التصميمية.

ويبيض الحوض بالأسمنت البورتلاندى ويستحسن بياض السطح الداخلى للحوض لمسافة نصف متر أعلى وآخر أسفل منسوب سطح الماء بالحوض بالأسمنت الفوندي للأسباب التي أوردناها بخصوص بياض الأحواض المستطيلة بهذا الأسمنت.

والزحافة المستخدمة فى هذه الأحواض بسيطة التركيب وهى عبارة عن كوبرى بطول نصف قطر الحوض يتحرك على حائطه بواسطة عجل من الكاوتشوك، ومركب بالكوبري زحافة ذات سلاحين أحدهما لتجميع الحمأة من القاع والثانى لكشط الخبث الطافي من السطح، وتتحرك الزحافة بواسطة مصدر طاقة كهربية ذو قدرة بسيطة، وتسير بسرعة تتراوح من ١,٢٥ – ٣,٠ متر/ الدقيقة.

أسس تصميم أحواض الترسيب المستطيلة والدائرية:

أ - مدة البقاء:

تتراوح بين ساعة وثلاث ساعات– وتستخدم مدة البقاء الطويلة إن لم توجد وحدات معالجة لاحقة لحوض الترسيب الابتدائى والاحتياج إلى كفاءة عالية لحوض الترسيب– ويجب مراعاة عدم السماح بمدة بقاء طويلة فى المناطق ذات الجو الحار لما تسببه الحرارة المرتفعة من زيادة سرعة تعفن المياه.

ب- العمـــق:
يجب ألا يزيد عن ٣,٠ أمتار بخـلاف العمـق الـلازم لتجميـع الحمـأة، والأحواض التى تنظف ميكانيكا يجب أن تكون أقل عمقاً على ألا يقل عمقهـا عن ٢,٢٥ متر، وأحواض الترسيب النهائية يجب ألا يقل عمقها عـن ٢,٥٠ متر.

ج- السرعـة:
تتراوح بين ٢٥ سم، ٧٥ سم/ الدقيقة وقد سمح بسرعة ١,٥ متر/ الدقيقة فى بعض الأحواض الكبيرة كما سمح بسرعات أكبر من ذلك إلا أنه لا ينـصح بها. ومعدل التحميل السطحي حوالي ٣٧ متر مكعب/ متر مسطح/ يوم.

د- أبعاد الحوض:
يجب ألا يزيد طول الحوض المستطيل عن ثلاثة أو أربعة أمثـال عرضـه، وقد يزيد لخمسة أمثال على الأكثر، وألا يزيد قطر الأحواض المستديرة عـن حوالى ٣٥ متراً، ويجب عدم استعمال الأحواض ذات المـسطحات الكبيـرة لعدم خلق تيارات بها بفعل الرياح، فرياح سرعتها ٣٠ كيلو متـر/ الـساعة يمكن أن تسبب سرعة سطحية بالحوض بين ٥ إلى ٣٠ سم/ ثانيـة، وهـذه السرعة تسبب اختلالاً فى توازن سير المياه بالحوض وتقلـل مـن كفاءتـه. ويجب أن تكون النسبة بين العمق والطول بحيث يتم وصول أصـغر مـادة عالقة لقاع الحوض قبل وصولها لمخرجه.

ويجب ألا ترتفع مناسيب المخرج عن المدخل لأن مداخل ومخارج الأحواض لها تأثيراً كبيراً جداً وفعال على كفاءة أحواض الترسيب.

وتستخدم الهدارات– سواء الثابتة أو المتحركة– ومن أهم ما يجب أن يعتنـي به هو إنشاء هدار المدخل بكامل طوله على منسوب واحد دون السماح بـأى فرق- ولو كان طفيفاً- وهو ما يجب اتباعه بدقة أيـضاً فـى إنـشاء هـدار المخرج أياً كان نوعه. فأي فرق في منسوب الهدار يجعل المياه الداخلـة أو الخارجة (من أجزاء طول الحوض المختلفة) غير متساوية فتختل بذلك مـدة

البقاء وسرعة المياه بالحوض، فبينما هى سريعة نحو الأجزاء منخفضة المنسوب بالهدار فهى بطيئة أو منعدمة بالأجزاء المرتفعة منه، وبذا ينشأ بالحوض أجزاء سريعة الحركة وأخرى بطيئة أو ساكنة تماماً تركد بها المياه وتتعفن.

وإن اختلال مدة بقاء المياه بالحوض وزيادة سرعتها فى بعض أجزائه، وبطئها وركودها فى أجزاء أخرى منه، يمنع الانتفاع من المناطق الراكدة ويعمل على تعفن المياه بها ويخفض كثيراً من كفاءة الحوض، وما كان أغناناً عن هذا كله لو روعيت الدقة فى إنشاء الهدار بكامل طوله على منسوب واحد.

ويستحسن استعمال الهدارات المتحركة إذ يسهل ضبط أى خلل فى إنشائها على منسوب واحد بسهولة عن ضبط الخلل بالهدارات الثابتة.

وهناك أحواض يمكن استعمالها للقرى والتجمعات السكنية الصغيرة مثل أحواض أمهوف وترافيس والأحواض الرأسية الهرمية.

أحواض أمهوف يتكون حوض أمهوف من جزئين رئيسيين الأول للترسيب والثانى للحمأة.

وهى تستخدم فى الحالات الآتية:

- في أعمال معالجة مياه الصرف الصحى للقرى والتجمعات السكنية محدودة التصرف.
- لترسيب المخلفات السائلة للمباني المنعزلة– عندما تزيد كمية تصرفها عن الحد الذى يتناسب مع استخدام خزانات التحليل أو عندما تكون المساحة المخصصة لعملية الترسيب صغيرة ومحدودة.

وفى حالة استخدامه للمباني المنعزلة فالأصل فيه أن يكون مسقوفاً، وإنما يجوز أن يكون مكشوفاً وفى هذه الحالة يجب أن ينشأ فى مكان مكشوف وأن تكون مناسيب مبانيه مرتفعة عن مستوى سطح الأرض بحيث لا يترتب على وجوده أى أخطار صحية أو حوادث.

وسقف الحوض يجب أن يكون به فتحة تفتيش مقاس ٦٠ × ٦٠ سم، وإذا كان الحوض كبير السعة وجب أن يكون به فتحتين ويجب أخذ كافة الاحتياطات لمنع أى أضرار أو أخطار تنجم عن تصاعد الغازات منه.

ويراعى فى تصميمه سواء للمباني المنعزلة أو لعمليات المعالجة الصغيرة الآتى:

أ- حيز الترسيب:

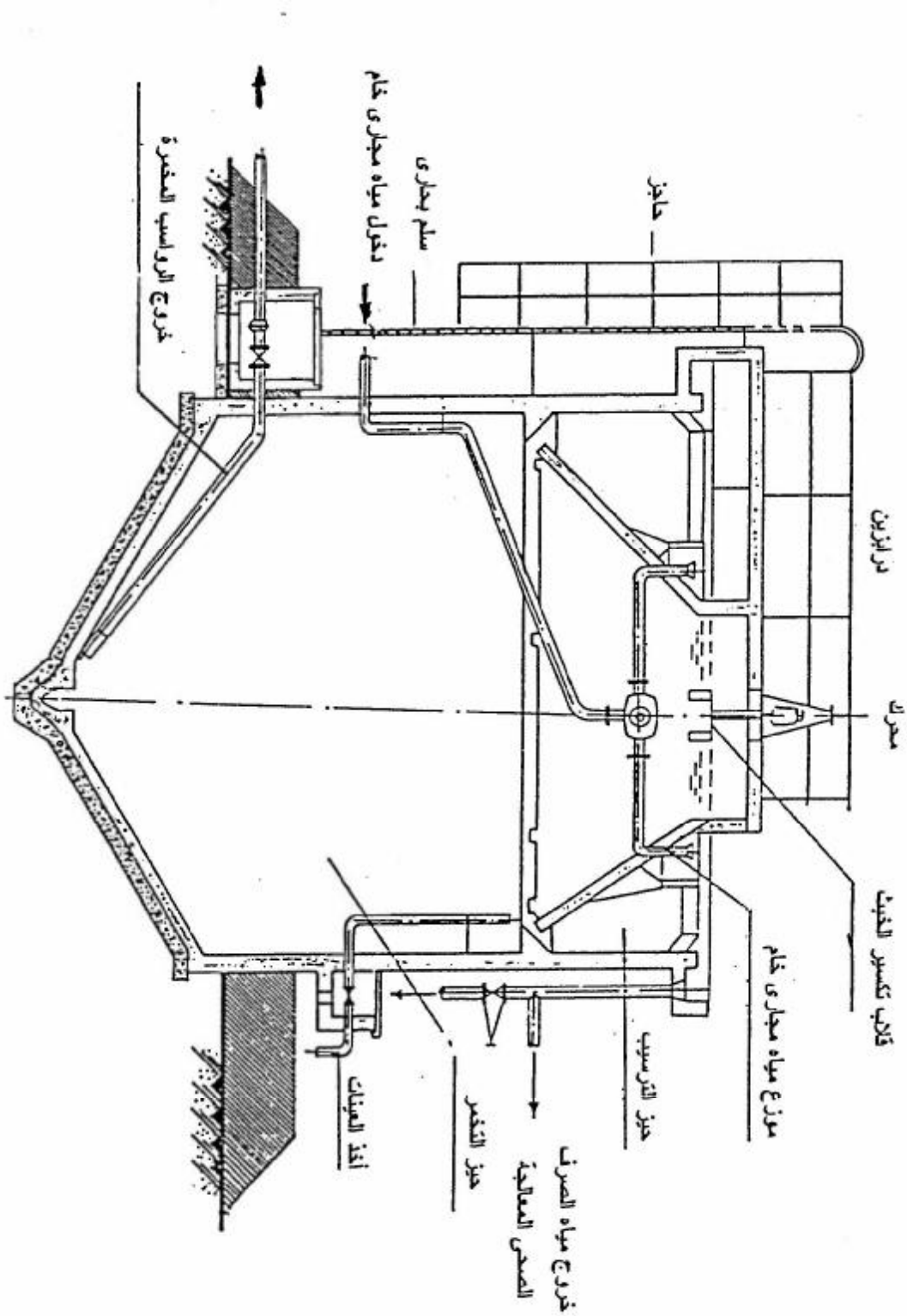
- يصمم على أساس مدة بقاء تتراوح بين ساعتين وثلاث ساعات محسوبة لأقصى تصرف جاف.
- ألا تزيد السرعة الأفقية على ٢٠ سم/ الدقيقة محسوبة لأقصى تصرف جاف.
- ألا يزيد معدل التصرف للسطح الأفقى للحوض على متر مكعب واحد/ الساعة لكل متر مربع محسوب لأقصى تصرف جاف.

ب- حيز الحمأة:

- يحدد الحيز على أساس تخصيص متر مكعب لكل عشرة أشخاص، ويحسب مكعب هذا الحيز لحجم الحوض الذى يقع أسفل فتحة الترسيب بمسافة ٤٥ سم.
- تنشأ ميول جوانب حيز الحمأة ١ : ١ على الأقل.
- لا تقل مساحة مخارج الغازات عن ٢٠% من المساحة السطحية للحوض.
- لا يقل قطر مواسير سحب الحمأة عن ٢٠ سم إذا تم السحب بتأثير ضغط عمود المياه بالحوض، ولا يقل عن ١٥ سم إذا تم السحب بالرفع الآلى.

والشكل رقم (٢-١٠) يوضح حوض أمهوف ذو المرحلتين، ومن عيوب هذا الحوض ما يلى:

أ- كبر عمق الحوض، مما يرفع من تكاليف إنشائه وصعوبة تنفيذه.



شكل رقم (٢-١٠)
حوض أمهوف ذو المرحلتين

ب- انزلاق الحمأة من غرف الترسيب العلوية إلى غرف التخمير السفلية يصحبه ارتفاع مياه متعفنة من أسفل لتحل محل الحمأة بالغرفة العلوية، وبذا تتعرض المياه الواردة لزيادة التعفن.

ولذا فقد تم تجنب استخدام هذه الطريقة المزدوجة للترسيب وتخمير الحمأة وأنشئت الأحواض المنفصلة لكل من الترسيب والتخمير على حدة.

أحواض ترافيس وهى لا تختلف فى نظريتها عن أحواض أمهوف، إلا أنها أكبر منها حجماً وتسير بها المياه أفقياً– وهى عبارة عن أحواض مستطيلة بأسفلها أحواض لتخمير الحمأة وقد استبعد استخدامها فى العمليات الجديدة.

أحواض رأسية هرمية وهى إما مربعة أو مستديرة المسقط الأفقى، وتدخل المخلفات السائلة إلى الحوض فى ماسورة أفقية على منسوب قريب من سطح الماء بالحوض وتصب فى اسطوانة رأسية فتحتها السفلى على عمق من سطح الماء حوالى ثلث ارتفاع الحوض وتتجه منها المياه إلى أعلى هدار دائري بطول محيط الحوض إن كان دائرياً، فإن كان الحوض مربعاً فإن هدار المخرج يكون عبارة عن قنوات متوازية بعرض الحوض تصب جميعها فى قناة جانبية وتسحب الرواسب المتراكمة فى القاع الهرمي بتأثير ضغط الماء فى ماسورة مركب عليها صمام.

والأحواض الهرمية الرأسية مثالية لمعالجة التصرفات الصغيرة وخصوصاً المنشأة منها بتربة جافة وأرض منحدرة فتقل مكعبات الحفر اللازمة لإنشائها ولا توجد صعوبة فى تنفيذها.

الترسيب بمساعدة الكيماويات تستعمل المواد الكيماوية للتعجيل بعملية الترسيب إذ بواسطتها تتكون نواة تلتف وتتجمع حولها المواد العالقة فتزيد بذلك كثافتها مما يعجل برسوبها.

ومن الكيماويات الشائعة الاستعمال الجير العادى، كلوريد الجير، كلوريد الماغنسيوم، كبريتات الألومنيوم، كبريتات الحديدوز، الفحم النباتي، رماد الفحم الأسود – وتمزج مياه المجارى بمخلوط واحد أو أكثر من هذه

الكيماويات المذكورة– ويتوقف اختيار المرسب المناسب على ما يتم إجرائه من تجارب على مياه الصرف المراد معالجتها، وغالباً ما تخلط المرسبات بالماء قبل مزجها بمياه الصرف– ويمكن بهذه الطريقة من المعالجة تخفيض الأكسجين الحيوي الممتص ٧٠ إلى ٨٠% والتخلص من حوالي ٨٠ إلى ٩٠% من مجموع المواد الصلبة العالقة.

ومن مزايا استعمال المرسبات الكيماوية إمكان استعمالها حسب الحاجة والرغبة، وبأى نسبة لازمة كما يمكن إيقاف استخدامها كلية دون الحاجة إلى أى تعديل بالأحواض.

واستخدام الكيماويات يعطى درجة من المعالجة هى وسط بين المعالجة الجزئية والمعالجة الكلية.

ويخلط محلول الكيماويات المرسبة مع مياه الصرف فى حوض مدة البقاء به تتراوح بين ١٥ إلى ٣٠ دقيقة ومنها لأحواض الترسيب.

ولا يفضل استخدام هذه الطريقة فى القرى والتجمعات السكنية الصغرى لتكلفتها العالية وتشغيلها الصعب كما أن كفاءة السيب الناتج لا يلائم الظروف المصرية.

تجميع الخبث من أحواض الترسيب الابتدائى

يجمع الخبث الطافي من أحواض الترسيب الابتدائى ويتم التخلص منه بإحدى الطرق الآتية:

يجمع مع الحمأة إن كان سيتم التخلص منهما سوياً بالإغراق فى البحار أو الحريق أو إن كانت كمية الشحوم به بسيطة لا تؤثر على القيمة السمادية للحمأة الجافة ولا تؤثر على عملية تخمير الحمأة.

أما إن كانت نسبة الشحوم بالخبث كبيرة ويخشى من معالجتها مع الحمأة بأحواض التخمير، كما يخشى من تخفيضها للقيمة السمادية للحمأة الجافة، وجب التخلص منها بأحواض تجفيف خاصة بها، وتخفيضها للقيمة بعد جفافها إما أن تحرق أو تدفن فى مدافن صحية بالأرض مع رشها بالجير.

المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة

الفصل الثالث

المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة

مقدمـــــة

الغرض من أعمال المعالجة الثانوية – البيولوجيـــة – هـــو تحويـــل المـــواد العضوية الدقيقة العالقة التى لم ترسب فى أحواض الترسيب الابتدائى، وكذلك تحويل جزء كبير من المواد العضوية الذائبة، إلى مواد ثابتـــة عالقـــة يمكـــن ترسيبها. وذلك عن طريق تنشيط البكتريا الهوائية وغيرهـــا مـــن الكائنـــات الدقيقة التى تعتمد على الأكسجين فى حياتها؛ مما يؤدى إلى أكـــسدة وتثبيـــت هذه المواد العضوية. ولذلك سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية نظـــراً لاعتمادها على نشاط كائنات حية.

والمقصود بعملية أكسدة المواد العضوية هو أن هذه المواد العضوية تحتـــوى على كربون وأكسجين ونيتـــروجين وهيـــدروجين (C, O, N & H) وعنـــدما تتغذى عليها البكتريا تتكاثر وتحول هذه المواد العضوية إلى غازات (أغلبهـــا يحتوى على أكسجين. مثل ثاني أكـــسيد الكربـــون والنيتـــرات– Co_2, No_3)، بالإضافة إلى الماء. وكيميائياً تسمى هذه العملية أكسدة. أمـــا بـــاقى المـــواد العضوية فتتحول إلى قشور تلتصق بها البكتريا وتصبح حمـــأة نـــشطة فـــى أحواض الترسيب النهائى لأن أعدادها تكون كبيرة والغذاء المتاح أمامها قليل فتصبح شرهه أو نشطة.

نظريـــــة المعالجـــة بالحمـــأة المنشطة

عند معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة تتم تهويـــة وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة المنشطة– وهى الرواسب التـــي تجمعـــت في حوض الترسيب النهائي– في أحواض خاصة تسمـــى أحواض التهوية. وينتـــج عـــن ذلك امتصـــاص الخليـــط للأكسجيـــن مـــن الهـــواء، واستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى لهذا الأكسجيـــن فى تثبيـــت

المواد العضوية المتعلقة* والذائبة وتحويلها إلى مواد عالقة** يمكن ترسيبها على هيئة قشور. كما يؤدى التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد المتعلقة الدقيقة أى تجميع هذه المواد ولصقها فى حبيبات أكبر يسهل ترسيبها فى حوض الترسيب النهائى. ويوضح الشكل رقم (٣-١) مسار مياه الصرف فى وحدات المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة.

طــرق التهوية

تتم تهوية المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائى مع الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائى فى أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية. وتظل المياه فى حوض التهوية فترة تتراوح من أربع إلى ثماني ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدى وظيفتها فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية.

ويجب أن تتوافر فى أحواض التهوية الشروط الآتية:

أ- توافر الأكسجين فى جميع أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية.

ب- وجود تقليب مستمر فى أحواض التهوية ينتج عنه ترويب المواد المتعلقة الدقيقة لتكوين مواد أكبر حجماً يسهل ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى.

ج- يكون التقليب بشدة كافية تمنع ترسيب المواد المتعلقة - أى هبوطها إلى قاع حوض التهوية - خوفاً من تراكمها لأن ذلك يتعارض مع استكمال عملية الأكسدة، وكذلك لخلو هذه الأحواض من وسائل إزالة وكسح الرواسب من القاع.

ويمكن تقسيم طرق التهوية والتقليب إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

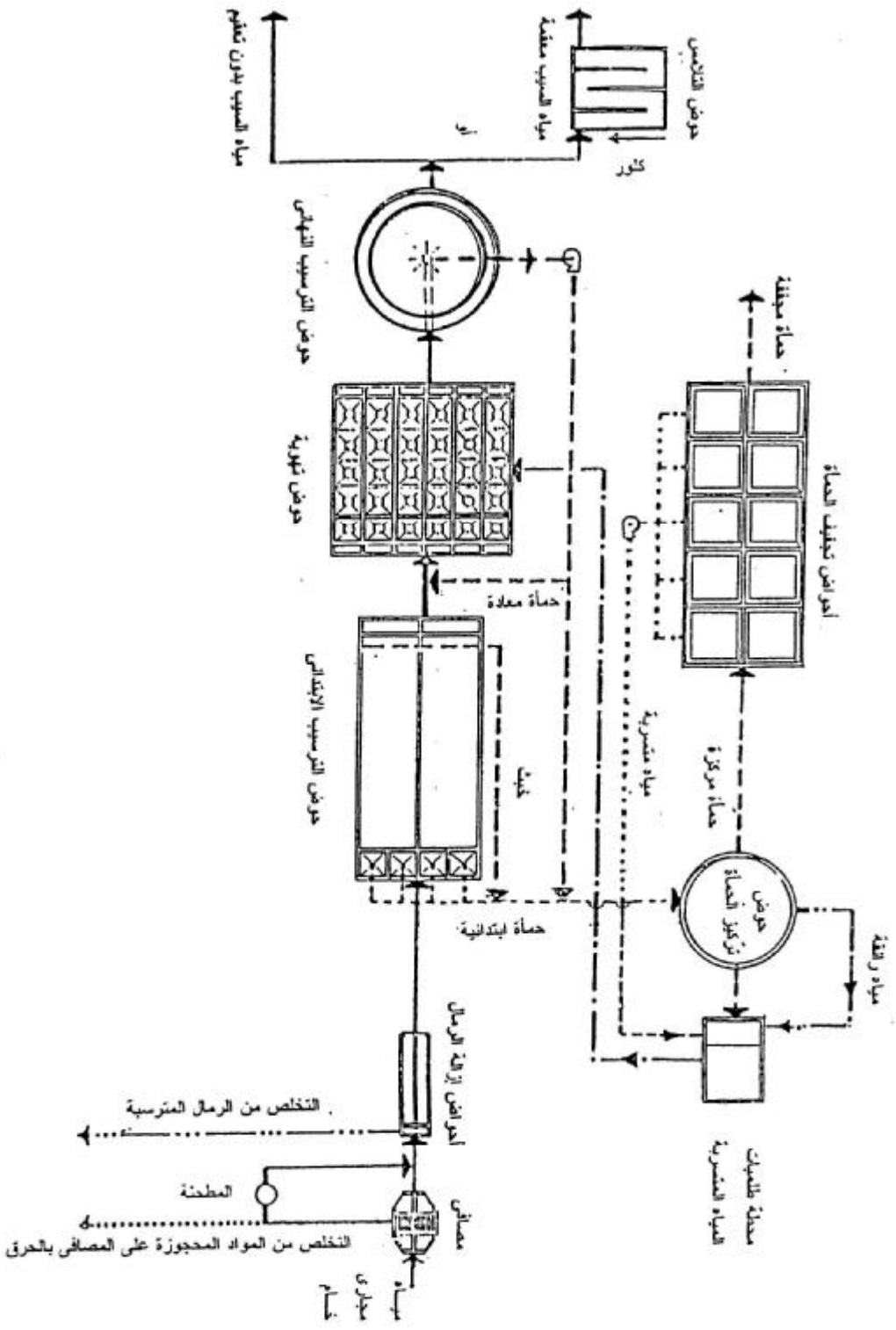
أ - التهوية بالهواء المضغوط.

ب- التهوية الميكانيكية.

ج- التهوية بالطرق المشتركة (الهواء المضغوط مع التقليب الميكانيكى).

* المتعلقة: التى لا يمكن ترسيبها

** العالقة: التى يمكن ترسيبها



شكل رقم (٣-١)

مسار مياه الصرف في وحدات المعالجة بالحمأة المنشطة

أ. التهوية بالهواء المضغوط

فى هذه الطريقة تمزج المخلفات السائلة بعد معالجتها وخروجها من أحواض الترسيب الابتدائى بنسبة حوالى من ٢٠% إلى ١٠٠% من حجم الحمأة المنشطة السابق ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى. ثم يمر الخليط فى أحواض التهوية التى تتم فيها عملية التقليب والتهوية بواسطة فقاقيع من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو القوالب المسامية مثبتة فى قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء وتسمى هذه البلاطات أو القوالب بناشرات الهواء. كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٢).

ب. التهوية الميكانيكية

تتم التهوية فى هذه الحالة باستخدام طرق ميكانيكية تحدث اضطراباً فى سطح المخلفات السائلة– هذا الاضطراب يساعد على أن يمتص السائل الأكسجين من الهواء ومن ثم تقوم البكتريا الهوائية باستخدام هذا الأكسجين فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية كما سبق شرحه.

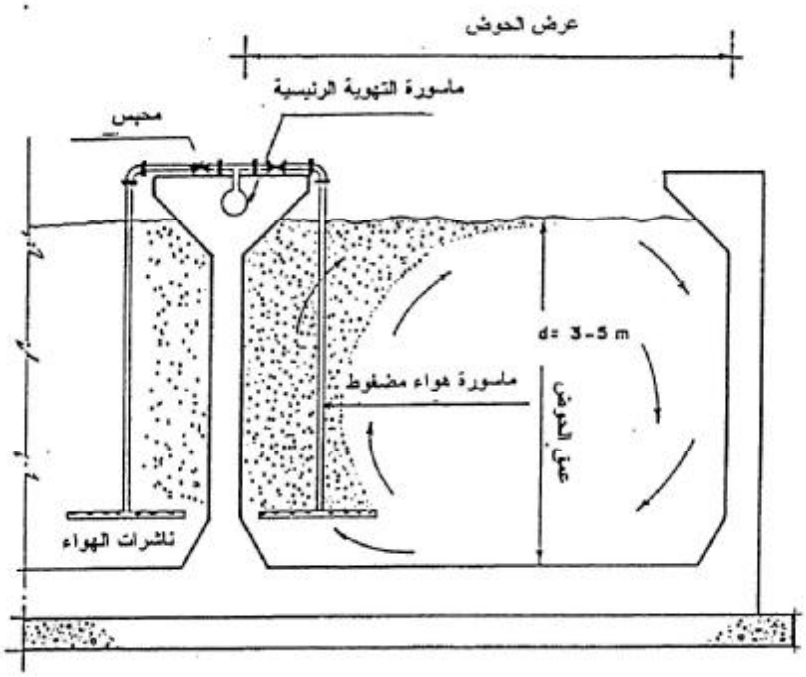
وأهم الطرق المستعملة للتهوية الميكانيكية الطرق الأربع الآتية:

أولاً: طريقة سمبلكس للتهوية السطحية:

فى هذه الطريقة تتم تهوية المخلفات السائلة الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائى بعد إضافة نسبة من الحمأة المنشطة المرسبة بحوض الترسيب النهائى وذلك فى أحواض تهوية خاصة، يشكل قاعها على هيئة أهرامات ناقصة مقلوبة، وترتفع فى رأس كل هرم ماسورة رأسية فى نهايتها مروحة بشكل خاص تدور بقوة محرك فيرتفع السائل فى الماسورة ويخرج من فوهتها العليا على شكل رذاذ وبذلك تتم عملية تقليب وتهوية السائل كما هو موضح بالشكل رقم (٣-٣).

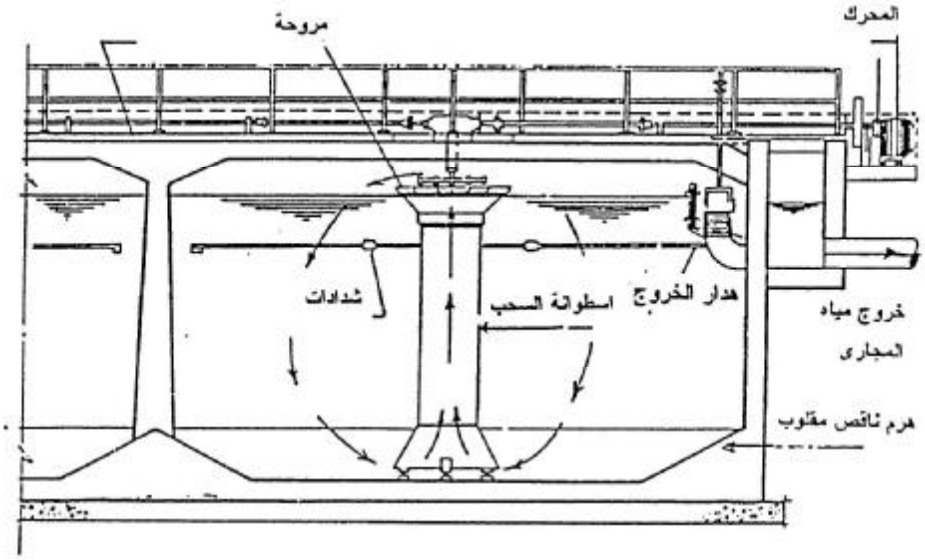
ثانياً: طريقة شيفيلد للتهوية:

يتراوح عمق حوض التهوية اللازم لهذه الطريقة من متر إلى متر ونصف، وهو مقسم إلى قنوات بواسطة حوائط حائلة– تمر المياه فيما بينها ذهاباً وإياباً لمدة قد تصل إلى اثنتي عشرة ساعة. وتتم التهوية عن طريق سواقي ذات أذرع حديدية تدور فى القنوات المكونة للحوض، حول محاور أفقية،



شكل رقم (٣-٢)

التهوية باستخدام الهواء المضغوط



شكل رقم (٣-٣)

طريق التهوية الميكانيكية (طريقة سمبلكس للتهوية السطحية)

لتقليب سطح السائل محدثة فيه الاضطراب اللازم لتقليبه ولجعله يمتص الأكسجين من الهواء مباشرة.

ثالثاً: طريقة هارتلى للتهوية:

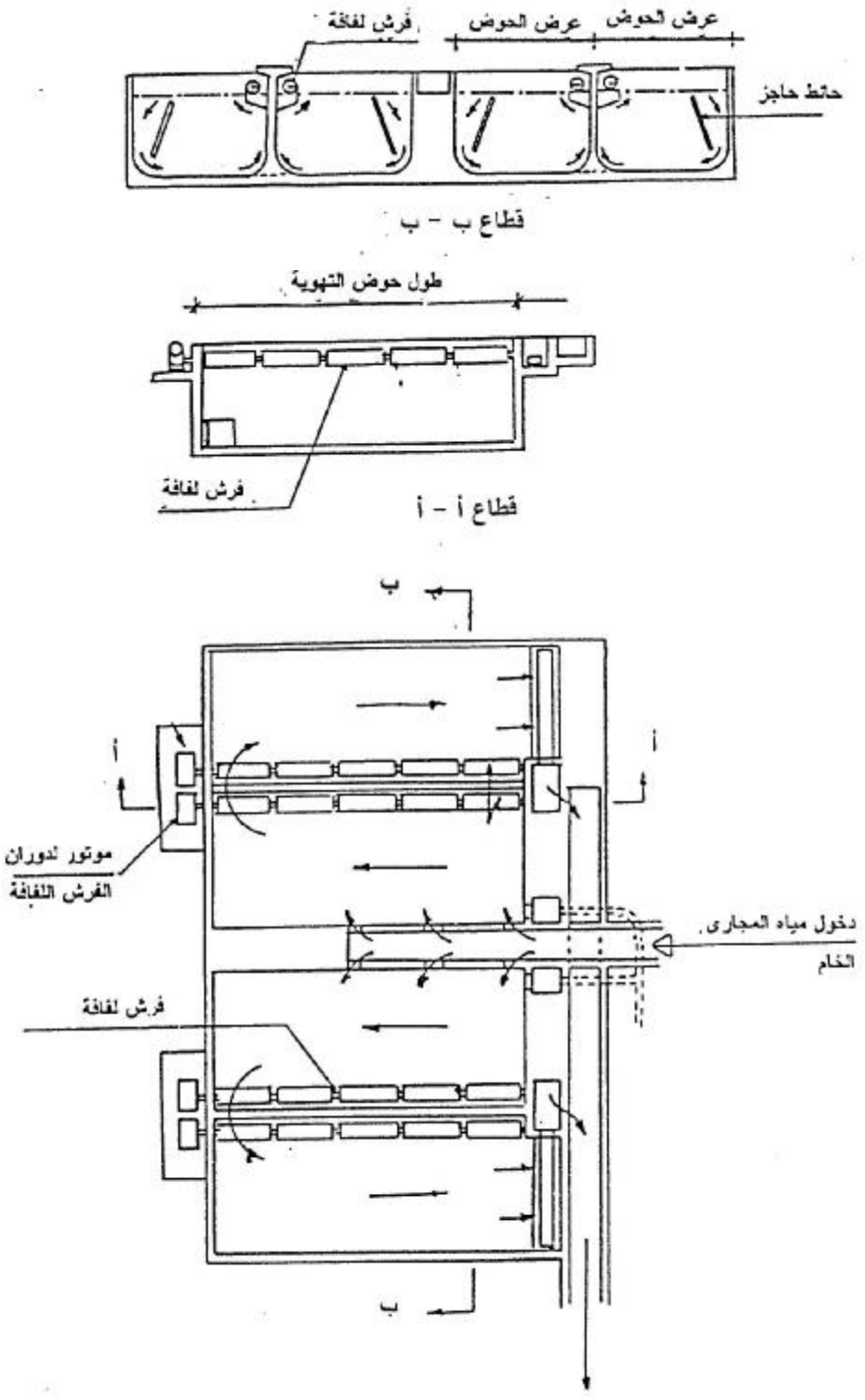
الحوض اللازم للتهوية بهذه الطريقة لا يختلف كثيراً عن الحوض المستعمل فى طريقة شيفيلد، فهو حوض مقسم بواسطة حوائط حائلة إلى قنوات تسير فيها المخلفات السائلة ذهاباً وإياباً حول الحوائط الحائلة – على أنه يوجد فى نهاية كل قناتين متجاورتين قلابات ميكانيكية مائلة الوضع؛ تدور فتعطى المياه أثناء جريانها بين الحوائط الحائلة حركة حلزونية تسبب اضطراباً فى سطح السائل، وهكذا يتم تقليب السائل ومساعدته على امتصاص الأكسجين من الجو.

رابعاً: طريقة الفرش اللفافة للتهوية:

وتتم التهوية فى هذه الحالة فى أحواض مستطيلة قليلة العمق– مركب بجوانبها الطولية فرش أسطوانية بحيث يكون نصفها تقريباً مغموراً فى الماء– وبطول الحوض ، وعندما تدور الفرش بسرعة كبيرة يتم سحب الماء من بين الحائط الحائل وجدار الحوض لينتشر على سطح الحوض على شكل رذاذ– وبذلك تتوالد فى الحوض حركة مستديمة تنتج عنها تهوية للمخلفات السائلة فيه (انظر الشكل رقم ٤-٤).

ج. التهوية بالطرق المشتركة

يقصد بالتهوية بالطرق المشتركة استخدام الهواء المضغوط مع التقليب الميكانيكى فى نفس الوقت. ونظراً لما أثبتته الأبحاث والتجارب من أن حوالى ١٠% فقط من الهواء المضغوط يستعمل لأكسدة وتثبيت المواد العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة، وأن الباقى يستفاد منه فى التقليب (لمنع الرواسب من الهبوط إلى قاع أحواض التهوية) وكذلك فى زيادة اضطراب سطح السائل، الأمر الذى يساعد على امتصاص الأكسجين من الهواء، فلقد عمد البعض إلى إنشاء أحواض تهوية يستخدم فيها الهواء المضغوط على أن تقلب محتوياتها بواسطة سواقى غاطسة، مما ينتج عنه اقتصاد كبير فى كمية الهواء المضغوط المستعمل.



شكل رقم (٣ - ٤)

التهوية باستخدام الفرش اللفافة

تعديلات طرق المعالجة بالحمأة المنشطة

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

١- عملية الحمأة المنشطة ذات المعدل العالى.
٢- التهوية المتدرجة.
٣- طريقة كراوس.
٤- طريقة التنشيط البيولوجى.
٥- التهوية بالتثبيت مع التلامس.
٦- التغذية على خطوات.
٧- التهوية على مراحل (أو على التوالى).
٨- التهوية الممتدة.

١- عملية الحمأة المنشطة ذات المعدل العالى:

فى هذه الطريقة يختصر زمن التهوية إلى ثلاث ساعات أو أقل، كما تقل نسبة الإعادة بحيث لا تزيد عن ١٠% ليكون تركيز المواد العالقة فى الخليط من ٥٠٠ إلى ٧٠٠ جزء فى المليون. وفى هذه الطريقة لا تزيد كفاءة عملية المعالجة كوحدة متكاملة عن ٦٠ – ٨٠%، كما أن الحمأة المعادة المترسبة فى حوض الترسيب تتحلل بسرعة، ولذلك يجب إضافتها إلى حوض التهوية بسرعة دون تخزينها فى حوض الترسيب النهائى. أما كمية الهواء اللازمة فتصل إلى حوالى ٥ متر مكعب/ متر مكعب من الخليط.

٢- التهوية المتدرجة:

المقصود بها إضافة الهواء إلى أحواض التهوية بمعدلات مختلفة على طول مسار الحوض– فيكون معدل التهوية فى الجزء الأول أكبر منه فى الأجزاء التالية، وبذلك تتناسب كمية الهواء على طول حوض التهوية مع كمية المواد العضوية القابلة للتأكسد– إذ من المعروف أن كمية هذه المواد العضوية تتناقص على طول مسار الماء فى الحوض نظراً للنشاط المستمر للبكتريا فى أكسدتها. وتبلغ كفاءة المعالجة بهذه الطريقة ما بين ٨٠ و٩٥%.

٣- طريقة كراوس:

فى هذه الطريقة تخلط نسبة معينة من الحمأة المخمرة أو السائل الخارج من حوض التخمير أو المزيج فى أحواض خاصة ثم، يُنقل المزيج إلى أحواض التهوية العادية حيث تتم تهويته مع المخلفات السائلة السابق معالجتها فى حوض الترسيب الابتدائى، وتتميز هذه الطريقة بأنها توفر الغذاء اللازم للبكتريا كما أنها لا تتأثر بزيادة الحمل عليها– وعلاوة على ذلك فإن الأمونيا الموجودة فى الحمأة المخمرة أو السائل الخارج من حوض التخمير تتأكسد إلى أزوتيت وأزوتات مما يقلل من متاعب التخلص منها. وتتراوح كفاءة المعالجة باستخدام هذه الطريقة من ٨٠ إلى ٩٥%.

٤- طريقة التنشيط البيولوجى:

فى هذه الطريقة تعالج المخلفات السائلة فى أحواض ترسيب ابتدائية، تعقبها مرشحات زلطية يتراوح عمقها من ٦٠ – ٩٠ سم، يليها حوض ترسيب ثانوى، ثم حوض تهوية ثم حوض ترسيب نهائى. وتؤدى هذه الطريقة إلى تحمل العملية للزيادة الطارئة فى الحمل العضوى وكذلك إلى خفض زمن التهوية إلى ساعة أو ساعة ونصف. كما أن التحميل العضوى على المرشحات يتراوح بين ١٠٠ – ١٥٠ كيلو جرام أكسجين حيوى لكل ١٠٠٠ متر مكعب/ يوم. وتتراوح كفاءة المعالجة بطريقة التنشيط البيولوجى من ٨٥ إلى ٩٧%.

٥- التهوية بالتثبيت مع التلامس:

وفى هذه الطريقة تتم التهوية بإدخال المخلفات السائلة المعالجة بالترسيب الابتدائى فى أحواض تحتوى على ألواح رأسية من الأسبستوس. وفى نفس الوقت يدفع الهواء إلى قاع هذه الأحواض، ونتيجة لذلك يغطى سطح الألواح بطبقة هلامية بها الكثير من الكائنات الحية الدقيقة والبكتريا الهوائية التى تقوم بأكسدة المواد العضوية إلى مواد ثابتة تخرج مع المخلفات بعد تهويتها. وتسمى هذه الطريقة أحياناً طريقة هايس أو طريقة جريفيث، وقد أثبتت نجاحها فى معالجة المخلفات السائلة فى العمليات الصغيرة والمتوسطة. وتبلغ كفاءة المعالجة فيها ما بين ٨٥ و٩٧%.

٦- **التغذية على خطوات:**

وفيها تضاف المخلفات السائلة إلى حوض التهوية فى أكثر من موقع مما يؤدى إلى انتظام الاحتياج للأكسجين بطول الحوض مما يساعد على خفض كمية الهواء لتتراوح بين ٥ و ١٠ متر مكعب لكل متر مكعب من المخلفات، كما ينخفض زمن مكث الخليط فى حوض التهوية إلى ما يتراوح بين ٣ و ٤ ساعات. وتتراوح كفاءة المعالجة باستخدام هذه الطريقة بين ٨٠ و٩٥%.

٧- **التهوية على مراحل أو على التوالى:**

فى هذه الطريقة يستعمل حوضين للتهوية يعملان على التوالى، وبعدهما حوض ترسيب. وتعتمد نظرية التشغيل فى هذه الطريقة على إتمام الترويب فى الحوض الأول ثم إتمام الأكسدة والتأزت (النترتة) فى الحوض الثانى. وقد نجحت هذه الطريقة عند اتباع زمن تهوية ساعتين لكل حوض.

٨- **التهوية الممتدة:**

فى هذه الطريقة تستمر تهوية الخليط لمدة تتراوح بين ١٨ و ٢٤ ساعة، فى حين تتراوح مدة المكث فى حوض الترسيب النهائى بين ٣ و ٦ ساعات كما يمكن الاستغناء فى هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائى.

أما نسبة الحمأة المعادة فتصل إلى حوالى ١٠٠% من كمية المخلفات السائلة التى تدخل محطة المعالجة، وبذلك يتراوح تركيز المواد العالقة فى حوض التهوية بين ٥٠٠٠ و ٨٠٠٠ جزء فى المليون- ويبلغ أقصى حمل من ٢٤٠ إلى ٦٤٠ جزء فى المليون أكسجين حيوى لكل متر مكعب من سعة حوض التهوية فى اليوم- وتبلغ الكفاءة الكلية لهذه الطريقة من ٨٠% إلى ٩٥%. إلا أنه لا ينصح باتباعها إلا لتصرفات التجمعات السكنية الصغرى بسبب احتياجها إلى أحواض كبيرة الحجم.

ويوضح الشكلان رقما (٣-٥) و(٣-٦) بعضاً من الطرق المعدلة للمعالجة بالحمأة المنشطة وهى:

- الحمأة المنشطة ذات المعدل العالى.
- التهوية المتدرجة.
- التغذية على خطوات.
- التثبيت مع التلامس.
- التهوية على مراحل أو على التوالى.

مزايا المعالجة بالحمأة المنشطة

يمكن تلخيص مزايا المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلى:

أ - خلوها من متاعب الرائحة غير المرغوب فيها، وعدم انتشار الذباب.

ب- تحتاج إلى مساحة صغيرة بالنسبة للمساحة التى تحتاجها المرشحات.

ج- مصاريف إنشائها صغيرة نسبياً.

د- يمكن إنشاؤها بالقرب من المساكن دون حدوث ضرر أو مضايقة للسكان.

هـ- لا تحتاج إلى أيدي عاملة كثيرة للتشغيل.

و- لا يتسبب عنها فاقد كبير فى منسوب المياه من أول حوض إلى آخر حوض بالمحطة.

عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة

يمكن تلخيص عيوب المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلى:

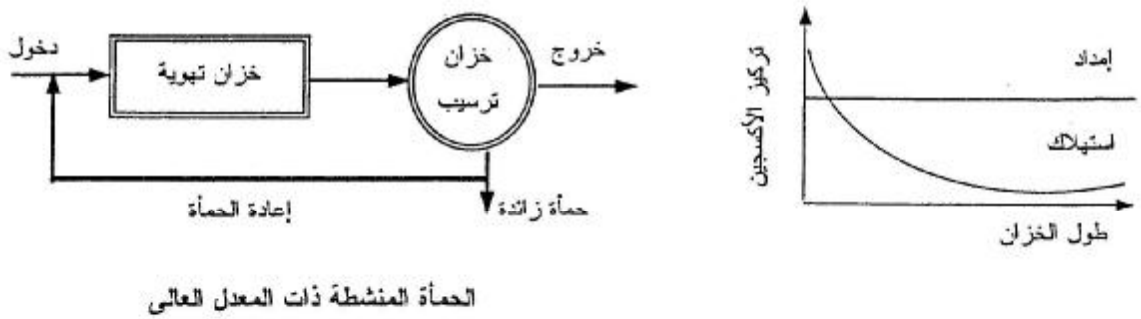
أ- تحتوى الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة فى حجم الحمأة وكذلك صعوبة فى تجفيفها.

ب- ارتفاع مصاريف الصيانة والتشغيل.

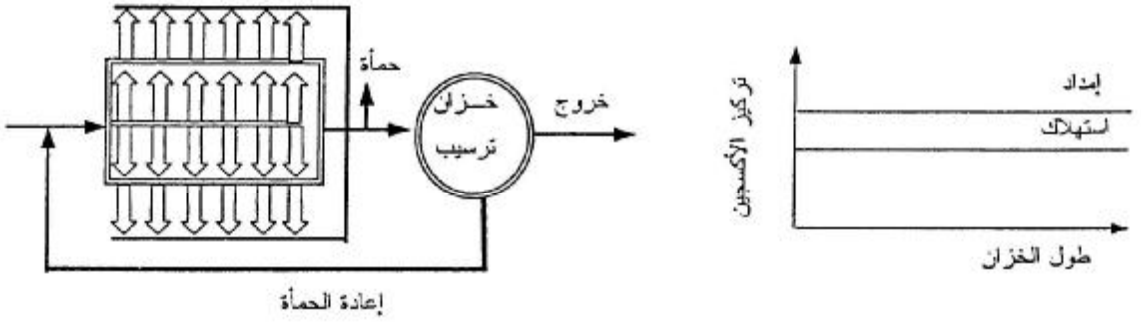
ج- تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عالٍ.

د- قد توجد صعوبات فى التشغيل إذا احتوت المياه المطلوب معالجتها على مواد سامة.

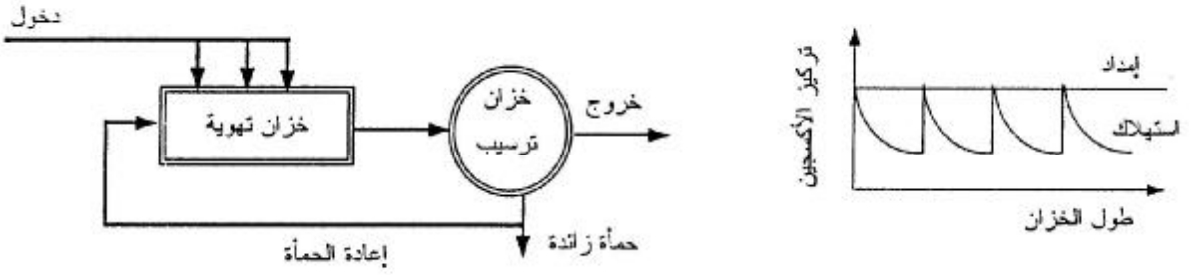
هـ- بدون أسباب معروفة قد تسوء نتائج التشغيل، ويحتاج الأمر وقتاً طويلاً لإعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة.



الحمأة المنشطة ذات المعدل العالى



التهويـــة المتدرجـــة

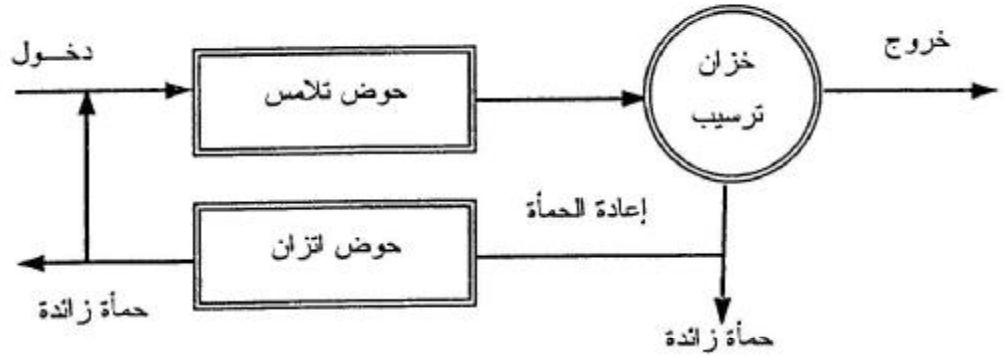


التغذية على خطوات

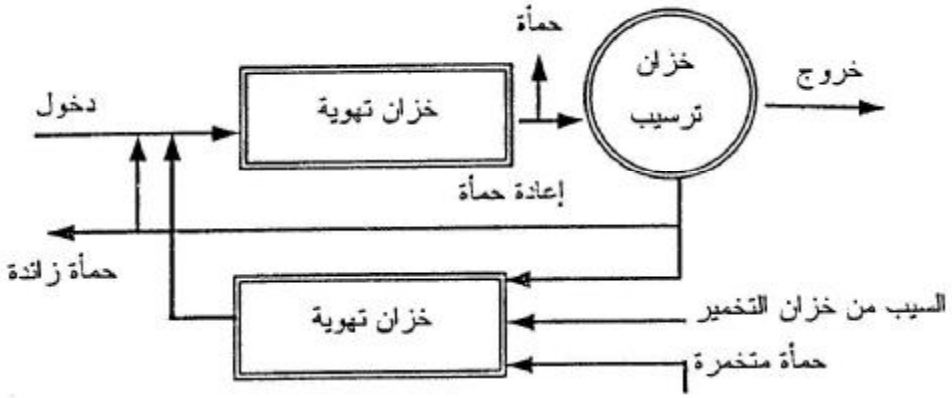
شكل رقم (٣-٥)

المعالجة بالحمأة المنشطة

(الحمأة ذات المعدل العالى - التهوية المتدرجة – التغذية على خطوات)



التثبيت مع التلامس



التهوية على التوالى

شكل رقم (٣-٦)

المعالجة بالحمأة المنشطة

التثبيت مع التلامس – التهوية على التوالى

أسس التصميم

يحسب الحمل العضوى BOD فى حوض التهوية على أساس الحمل العضوى الداخل فى مياه الصرف الصحى دون اعتبار الحمل العضوى الموجود فى الحمأة المعادة. ويعبر عن الحمل العضوى بأنه كمية المواد العضوية الموجودة بالكيلوجرام لكل ١٠٠٠ متر مكعب من حجم حوض التهوية فى اليوم. كما يمكن التعبير عن الحمل العضوى بأنه المواد العضوية BOD بالكيلوجرام لكل كجم من المواد العالقة فى اليوم.

كما يستخدم بعض الباحثين نسبة الغذاء/ الكائنات الحية (F/M) كدلالة على الأحمال العضوية وهى تعبر عن المواد العضوية بالكيلوجرام (BOD) لكل كجم من المواد العالقة المتطايرة (Volatile Suspended Solids - VSS) فى اليوم. كما يتم تحديد مدة المكث بالحوض وذلك بقسمه حجم حوض التهوية على التصرف اليومي المتوسط مع عدم الأخذ فى الاعتبار الحمأة المعادة، وتتراوح مدة المكث من ٢,٥ ساعة إلى ٢٤ ساعة. ويعرض الجدول رقم (٣-١) المؤشرات الخاصة ببعض طرق المعالجة بالحمأة المنشطة (مرتبة حسب مدة المكث بالحوض).

جدول رقم (٣-١)
المؤشرات الخاصة ببعض طرق المعالجة بالحمأة المنشطة
(مرتبة حسب مدة المكث بالحوض)

طريقة التهوية	الحمل العضوى		مدة المكث (ساعة)	نسبة الحمأة المعادة (%)	كفاءة إزالة BOD (%)
	كجم BOD/ ١٠٠٠ م^3 فى اليوم	كجم BOD/ كجم MLSS فى اليوم			
الحمأة المنشطة ذات المعدل العالى	حتى ١,٦	٠,٥ – ١,٠	٢,٥ -٣,٥	١٠٠	٦٠ - ٨٠
التهوية المتدرجة	٠,٤٨ - ٠,٨	٠,٢ - ٠,٥	٥ - ٧	٥٠	٨٠ -٩٥
التهوية التقليدية	٠,٤٨ - ٠,٦٤	٠,٢ - ٠,٥	٦ - ٧,٥	٣٠	٩٥
التهوية بالتثبيت مع التلامس	٠,٤٨ - ٠,٨	٠,٢ - ٠,٥	٦ – ٩	١٠٠	٨٥ – ٩٧
التهوية الممتدة	٠,١٦ – ٠,٤٨	٠,٠٥ – ٠,٢	٢٠ – ٣٠	١٠٠	٨٠ – ٩٥

وعند تصميم أحواض التهوية يجب معرفة مدة بقاء الحمأة (Sludge age) وهى العلاقة بين كمية المواد الصلبة الموجودة بحوض التهوية إلى كمية المواد العضوية الداخلة فى مياه الصرف الصحى.

وتوضح المعادلة الآتية مدة بقاء الحمأة فى حوض التهوية:

$$\text{Sludge Age} = \frac{\text{MLSS} \times \text{V}}{\text{BOD} \times \text{Q}} \qquad (١-٤)$$

حيث:

Sludge age = مدة بقاء الحمأة فى الحوض (يوم)

MLSS = المواد الصلبة العالقة الكاملة الاختلاط Mixed Liquor suspended solids (مجم/ لتر)

V = حجم حوض التهوية (متر مكعب)

Q = تصرف مياه الصرف الصحى الداخلة (متر مكعب/ اليوم)

BOD = الحمل العضوي في مياه الصرف الصحى (مجم/ لتر)

ويتراوح عمق حوض التهوية بين ٣ و٦ أمتار، وعرضه من ٦ إلى ١٢ متراً، وطوله من ٣٠ إلى ١٢٠ متراً. ويتراوح معدل الهواء المضغوط اللازم للتهوية من ٢ – ١١ متر مكعب لكل متر مكعب من مياه الصرف الصحى. ويفضل أن يكون الأكسجين المذاب من ١ – ٢ مجم/ لتر حتى يمكن الاستفادة من أكبر نسبة من أكسجين الهواء المضغوط.

المعالجة الإضافية (الثالثة)

الفصل الرابع

المعالجـــة الإضافيـــة (الثالثة)

مقدمـــــــة

الغرض الأساسى من طرق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحى (الابتدائية والثانوية) كما سبق الإشارة إليه هو إزالة التلوث الرئيسى العضوى والذى يُعبر عنه بكمية الأكسجين الحيوى الممتص (B.O.D) ودرجة تركيز المواد الصلبة العالقة (S.S) سواء كانت عضوية أو غير عضوية.

ومحطات المعالجة التى تحتوى على معالجة بيولوجية يكون لها فى الغالب القدرة على معالجة وإزالة المواد الصلبة العالقة بنسبة تصل إلى ٩٥%. وتحتوى المياه المعالجة (السيب) على درجة تركيز ٣٠ مجم/ لتر مواد صلبة عالقة، ٢٠ مجم/ لتر أكسجين حيوى ممتص (٣٠ : ٢٠) وحينئذ يمكن القول أن كفاءة هذه المحطة تصل إلى (٣٠ : ٢٠).

وتتوقف قدرة المسطحات المائية على استيعاب المياه المعالجة (السيب) بدرجة معينة من المعالجة على عوامل مختلفة منها معدل التخفيف المتاح، معدل التصرف، إعادة التهوية، التركيب الضوئى (التخليق) والأكسجين الحيوى الممتص للمواد المترسبة فى القاع.

وقد يتطلب الأمر فى بعض الحالات سيباً ذا تركيز أقل من ٣٠ : ٢٠ المصرح به فى قانون حماية البيئة قبل الصرف فى المسطحات المائية وهذا التركيـــز (٣٠ : ٢٠) مرتبط ارتباطاً وثيقاً بمعدل تخفيف بنسبة ٨ : ١ اعتماداً على أن التركيز فى المسطح المائى لا يتعدى ٤ – ٥ مجم/ لتر. وعندما يكون معدل التخفيف المتاح فى حدود ١ : ١٠ فإن المياه المعالجة (السيب) يجب ألا تحتوى على أكثر من ١٠ مجم/ لتر مواد عالقة حتى يبقى

المسطح المائى فى حالة طبيعية طازجة.

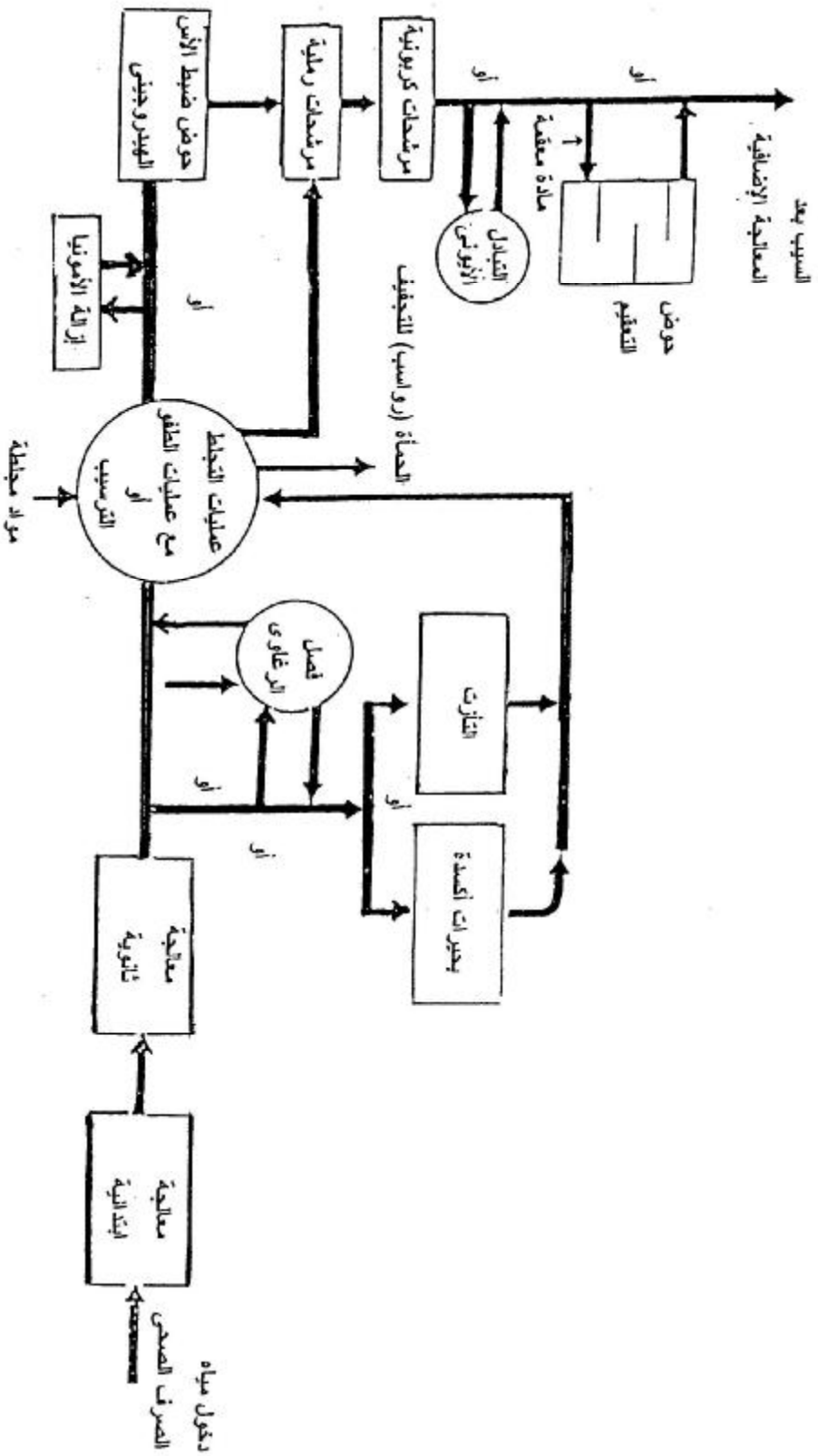
ويجب ألا يحدث لبس فى فهم كل من المعالجة الثالثة (الإضافية) والمعالجة المتقدمة والتى تكون معالجة زائدة لإزالة المواد الذائبة مثل النشادر والنترات والفوسفات للسماح باستعمال السيب فى الأغراض المختلفة، أما المعالجة الثالثة فتستخدم عندما لا تستطيع محطات المعالجة التقليدية الوفاء بنسبة التركيز المطلوبة لمياه السيب طبقاً للقانون، وهى صالحة فقط للتعامل (معالجة) مع سيب بدرجة جيدة من النقاوة والتى يمكن الحصول عليها بصفة عامة من المعالجة البيولوجية. ولهذا يجب توضيح أن المعالجة الثالثة تفيد فى تحسين خواص المياه المعالجة ولكنها لا تستطيع تحسين جودة معالجة المياه المعالجة بدرجة رديئة (أقل بكثير من المعدلات المفترضة فى التصميم)، ولكن فى بعض الأحوال يمكنها تحسين خواص السيب. ووجود وحدة معالجة إضافية (ثالثة) يُمكن أيضاً من تحسين خواص السيب (فى حالة زيادة المواد العالقة مؤقتاً) من المياه المعالجة ثانوياً وذلك يفيد المحطات الصغيرة التى تفتقر إلى الإشراف المستمر أو المحطات التى تعمل بأكثر من طاقتها.

الغـــرض مـــن المعالجة الإضافية لمياه الصرف الصحى

الغرض من هذه الطرق هو الحصول على أعلى كفاءة لإزالة المواد الملوثـة والمتبقية فى السيب ولذلك فإن الغرض الأساسى من هذه الطـرق هـو كمـا يلى:

أ- إزالة ما تبقى من المواد العالقة (عضوي وغير عضوي).
ب- تقليل نسبة الأكسجين الحيوي الممتص.
ج- إزالة ما تبقى من المواد العضوية الذائبة.
د- إزالة ما تبقى من اللون والرائحة.
هـ- إزالة الأملاح الذائبة فى السيب.
و- الوصول إلى درجة عالية من معالجة المياه المعالجة.

ويوضح الشكل رقم (٤-١) خطوات المعالجة الثالثة (الإضافية) لمياه الصرف الصحى.



شكل رقم (٤ - ١)

خطوات المعالجة الثالثة (الإضافية) لمياه الصرف الصحى

الطرق الأساسية للمعالجة الإضافية

يتوقف اختيار نوع المعالجة الثالثة (الإضافية) لمياه الصرف الصحى والوحدات المكونة لها على درجة المعالجة المطلوبة، واشتراطات صرف المياه المعالجة على المسطحات المائية، وذلك حتى تتطابق على الأقل مع قانون حماية البيئة والصرف على المجارى المائية لحمايتها من التلوث وانتشار الأمراض ولإمكانية إعادة استخدام هذه المياه.

وهناك طرق كثيرة يمكن استخدامها جميعاً أو بعضها فى المعالجة الثالثة (الإضافية) لمياه الصرف الصحى منها:

أ- أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى.
ب- أحواض الترويب والتجلط.
ج- المرشحات.
د- وحدات التأزت (النترتة).
هـ- وحدات إزالة الأملاح.
و- وحدات المعالجة بالكلور.

أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى

فى هذا النوع من المروقات يمر السيب (المياه الخارجة بعد المعالجة الثانوية) إلى أسفل الحوض حيث يوجد خزان للمواد المروقة المترسبة ثم من خلال طبقة ذات عمق أقل من مادة مناسبة (مثل الزلط الرفيع أو السلك الشبكى أو شبكة بلاستيكية) إلى أعلى خارجاً من الحوض. ويمكن استخدام المروقات ذات الأسطح المنحدرة حيث يتم فيها استبدال الوسط السابق الإشارة إليه بالألواح المعدنية أو بأنابيب مائلة يتم بداخلها ترسب المواد العالقة الصلبة الدقيقة. وقد يتغير شكل السريان بسبب التغير فى درجات الحرارة وأيضاً بسبب تراكم طبقات من المواد العالقة الملتصقة بالبكتريا على الأسطح مما يسبب بعض الصعوبة العملية فى التنفيذ. ويمكن استخدام هذه الطريقة فى حالة تطوير المروقات القائمة حالياً.

وفى المروقات الزلطية وحسب توصية المواصفات البريطانية فإن سمك الطبقة الزلطية يجب أن يكون فى حدود ١٥٠مم وقطر الزلط فى حدود

٥ – ٧مم وتكون الطبقة مثبتة فوق سطح مثقب مُصنع إما من مادة مقاومة للصدأ أو من الخرسانة أو من أى مادة أخرى مناسبة. ويجب أن يكون منسوب السطح الذى ترتكز عليه الطبقة الزلطية أسفل منسوب المياه بـ ٤٥٠مم على الأقل، وهذا يوفر ارتفاعاً للمياه لا يقل عن ٣٠٠مم فوق سطح الزلط وهو ضرورى لضمان عدم حدوث أى اضطرابات (بعثرة) للمواد الصلبة التى على سطح الوسط تحت تأثير الرياح أو مياه المطار، وأيضاً لمنع الوسط من الانتفاخ وبالتالى تسرب المواد الصلبة. ويجب أيضاً ألا تسمح نهايات الحاجز ومثبت الوسط وحواف اتصالها مع الحوائط بتسريب المياه بالإضافة إلى تحملها للضغوط والأوزان الواقعة عليها. ويتراوح مقدار الفاقد فى الضغط من صفر – ٥٠ مم (عندما يكون الوسط نظيفاً) وعندما يصل إلى الحد الأقصى له (٥٠مم) فإن ذلك يدل على احتياج المروق إلى الغسيل. ويتم الغسيل على فترات بأن يخفض منسوب المياه فى المروق إلى أقل من النصف ثم يعاد غسيل السطح بواسطة مياه نظيفة مضغوطة، ونتيجة لخروج مياه الغسيل فإنه من المحتمل أن تحتوى على مواد عالقة بتركيز عال لذلك تُعاد إلى مدخل محطة المعالجة بمعدل ثابت حتى لا تسبب حملاً أكبر من اللازم للمواد العالقة على وحدات المعالجة.

أحواض الترسيب باستخدام المواد المجلطة

الغرض الأساسى من استخدام هذه الأحواض هو تحسين نسبة إزالة المواد العالقة الدقيقة وتقليل الأكسجين الحيوى الممتص وإزالة الفسفور من المياه المعالجة (السيب)، وذلك فى أحواض منفصلة بعد المعالجة البيولوجية وذلك بإضافة مواد كيميائية مثل الشبة (مجلطات) للسيب لتتفاعل مع المواد العالقة الموجودة بمياه السيب (وهى مواد قلوية) مكونة أكاسيد الهيدركسيد المعقدة (الندف) ذات الحجم والوزن الكبير مما يساعد على سهولة ترسيبها.

يتم مزج المادة المجلطة (الشبة (كبريتات الألومنيوم) أو كلوريد الحديديك أو كبريتات الحديدوز أو كبريتات الحديديك ... الخ) سريعاً ثم تقلب بعد ذلك ببطء لتساعد فى تكوين الندف قبل الترسيب. ويتم استخدام مواد البوليمر (مثل النالكو) مع المواد الكيميائية المجلطة الأخرى، ويتم تحديد جرعة المواد

الكيميائية اللازمة طبقاً لكمية الندف المتكونة وتركيز المواد العالقة الدقيقة والأكسوجين الحيوي الممتص وتركيز الفسفور. ويتم تحديد الجرعة طبقاً للتجارب المعملية وطبقاً لكل حالة مع ملاحظة أن إضافة جرعة زائدة عن المطلوب قد يتسبب فى تسمم الكائنات الحية الدقيقة، حيث أن هناك تأثير واضح للمواد الكيميائية المجلطة على الكائنات الحية الدقيقة والأحادية الخلايا والكائنات المائية الموجودة فى أماكن التخلص من السيب.

إن عملية مزج المواد الكيميائية السريع بكفاءة عند نقطة الإضافة وكذلك عملية التقليب البطئ والتجلط قبل الترويق ضروريان للحصول على أعلى كفاءة حيث تتفاعل المواد الكيميائية مع المواد القلوية لتنتج أملاح الهيدروكسيد الغير قابلة للذوبان، وهى على شكل ندف. وإذا كانت نسبة المواد القلوية غير كافية فإنه يمكن إضافة الجير أو كربونات الصوديوم بنسب مناسبة.

وتصل نسبة إزالة المواد العالقة الدقيقة إلى ٨٠% ونسبة تخفيض الأكسجين الحيوي الممتص إلى ٦٥% وينتج عن الترسيب باستخدام المواد المجلطة كميات كبيرة من الحمأة التى قد تسبب مشاكل فى التعامل معها أو التخلص منها.

وتتكون الوحدات المستخدمة فى هذا النظام من مخزن المواد الكيميائية وأحواض إضافة المواد الكيميائية وشبكة الألواح ونظام التحكم فيها وحوض المزج السريع والمروب وحوض الترسيب.

المرشحات تستعمل المرشحات فى المعالجة الثالثة (الإضافية) لمياه الصرف الصحى إما منفردة أو مع طريقة أخرى فى نفس الوقت. وغالباً ما تستعمل بعد المعالجة البيولوجية أو الكيميائية حيث تحجز المواد العالقة الدقيقة سواء العضوية أو غير العضوية المتبقية بعد أحواض الترسيب. ويمكن إزالة جزء كبير من البكتريا (حوالي ٥٠% من E Coli) بالإضافة إلى إزالة جزء صغير من النشادر والأكسوجين الحيوي الممتص، حيث أنه مازال هناك فرصة

لحدوث تفاعل بيولوجي على جسم المرشح وبالتالى تنخفض نسبة المواد العضوية الذائبة المتبقية ونسبة أملاح الحديد والمنجنيز وبعض المركبات الكيميائية والعضوية المختلفة طبقاً لنوع مصدر المياه.

وفى حالة النظافة المستمرة للمرشحات أثناء المعالجة الثالثة لمياه الصرف الصحى تصل نسبة إزالة المواد العالقة المتبقية إلى حدود ٦٠% وتكون حوالى ٤٠% للأكسجين الحيوي الممتص.

وبناءً على نوعية مياه الصرف الصحى المطلوبة بعد المعالجة الإضافية ودرجة نقاوة المياه المعالجة إضافياً والنواحي الفنية (التكنولوجية) والاقتصادية فإنه يمكن استخدام أحد المرشحات من الأنواع المختلفة التالية:

- مرشحات اتجاه سريان المياه إما إلى أسفل أو إلى أعلى.
- مرشحات ذات اتجاه دائري.
- مرشحات ذات وسط واحد أو أثنين.
- مرشحات ذات وسط متحرك.

وهناك مواد مختلفة يمكن أن يتكون منها وسط المرشح، ويتوقف استخدام هذه المواد على نوعية المواد المتاحة والسهلة الاستعمال والتى تفى بالغرض المطلوب، وهى إما مواد طبيعية مثل الرمل والزلط والفحم وكسر الحجارة أو مواد صناعية مثل البلاستيك وناتج خبث الأفران.

وعادة ما تستعمل مرشحات الرمل سريعة المعدل حيث يكون الغرض الأساسى منها هو إزالة ما تبقى من المواد العالقة وجزء كبير من البكتريا كما تقل نسبة المواد العضوية الذائبة ونسبة أملاح الحديد والمنجنيز إذا كان عمق الرمل أكبر من ٦٠سم. وفى حالة تزويد مرشحات الرمل بطبقة من الفحم أو عمل مرشح جديد من الفحم فإنه يتم إزالة ما تبقى من اللون والرائحة فى السيب.

وحدات التأزت وهى وحدات لأكسدة الأمونيا (النشادر) وتحويلها إلى صورة النترات

(النتريـــة) والغرض منها هو تجنب عملية التسمم التى قد تحدث للأســماك والكائنــات الحية فى المسطح المائى الذى يصرف عليه السيب، وأيــضاً لتجنــب تقليــل المحتوى الأكسوجيني الذائب في المياه.

ويمكن أن يتم ذلك إما بالتهوية لمدة لا تقل عن ساعتين أو باســتخدام بعــض المواد الكيميائية أو البوليمرات لإتمام إزالة المــواد العــضوية أو باســتخدام الاثنين معاً.

وحدات إزالــة الأمــلاح فى حالة زيادة تركيز الأملاح عن الحدود المسموح بها يجب إضافة أى مــن الوحدات التالية بغرض إزالة جزء كبير من هذه الأملاح حتى تصبح صالحة للاستخدام فى أعمال رى المزروعات:

أ- وحدات تعمل بالضغط الأسموزي.

ب- وحدات تعمل بالتحليل الكهربائى.

ج- وحدات تعمل بالتبادل الأيوني.

وحدات المعالجة بالكلــور يمكن إضافة الكلور أو أى مركب من مشتقاته إلى مياه السيــب وذلك لعــدة أغراض منها ما يلى:

أ- إزالــة اللــون.

ب- إزالــة الرائحة.

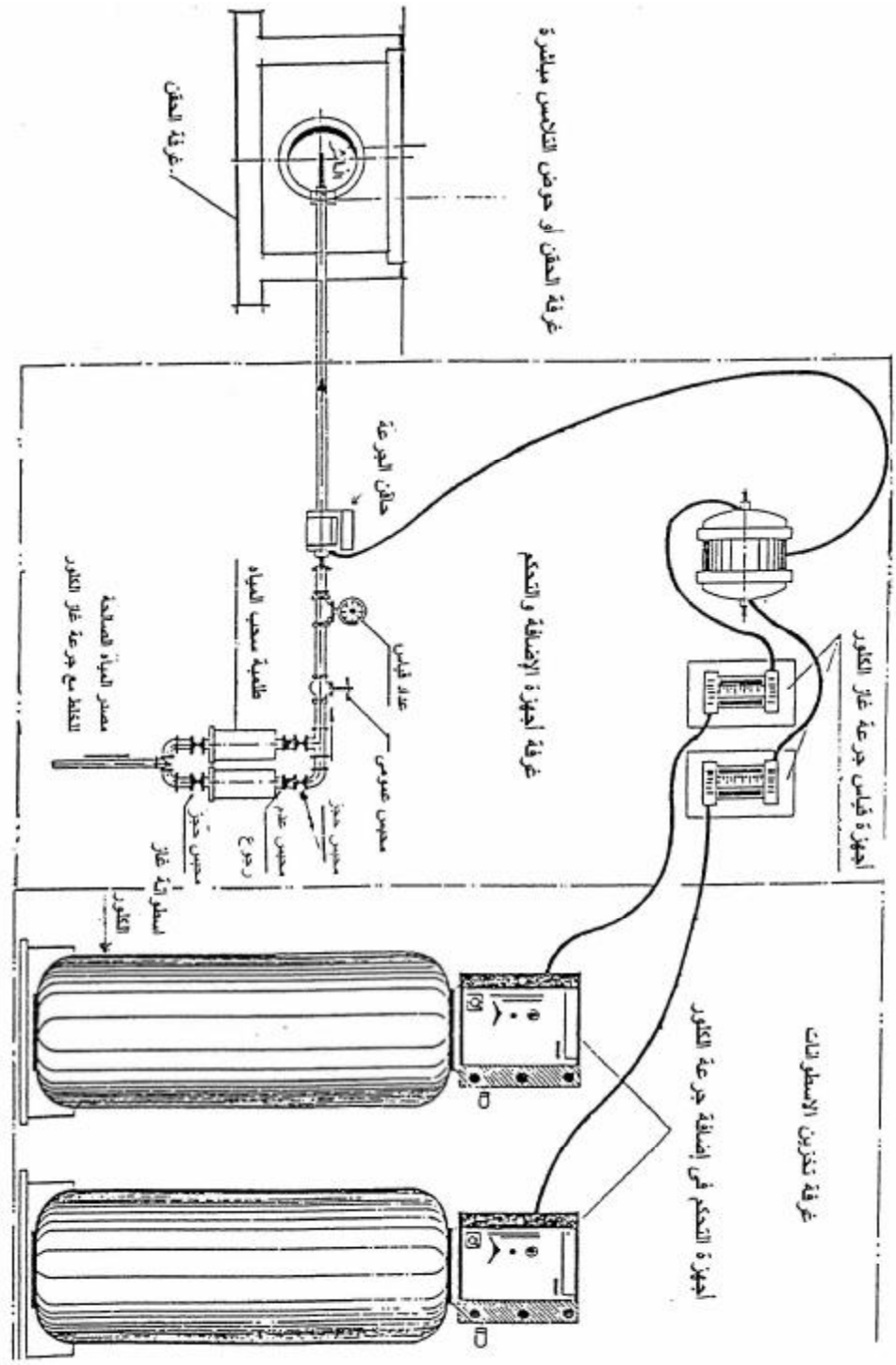
ج- إزالة بعض الأملاح المعدنية.

د- إزالة بعض المركبات العضوية.

هـ- تعقيــم السيــب.

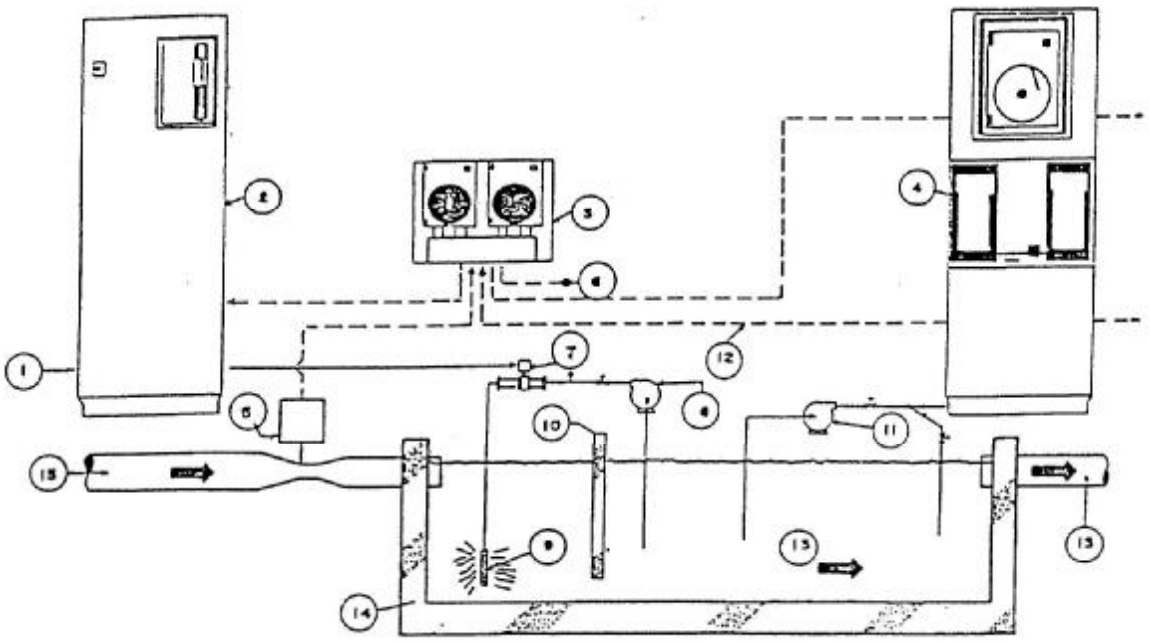
وتتراوح الجرعة اللازمة لتفي بجميع الأغــراض الــسابقة مــن ١٠ إلــى ٣٠جم/م^3 من مياه السيب وفترة مكث السيب فى أحواض التلامس مــن ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة.

وتوضح الأشكال أرقام (٤-٢)، (٤-٣)، (٤-٤) طرق وأجهزة إضافة الكلور ومشتقاته.



شكل رقم (٤ - ٢)

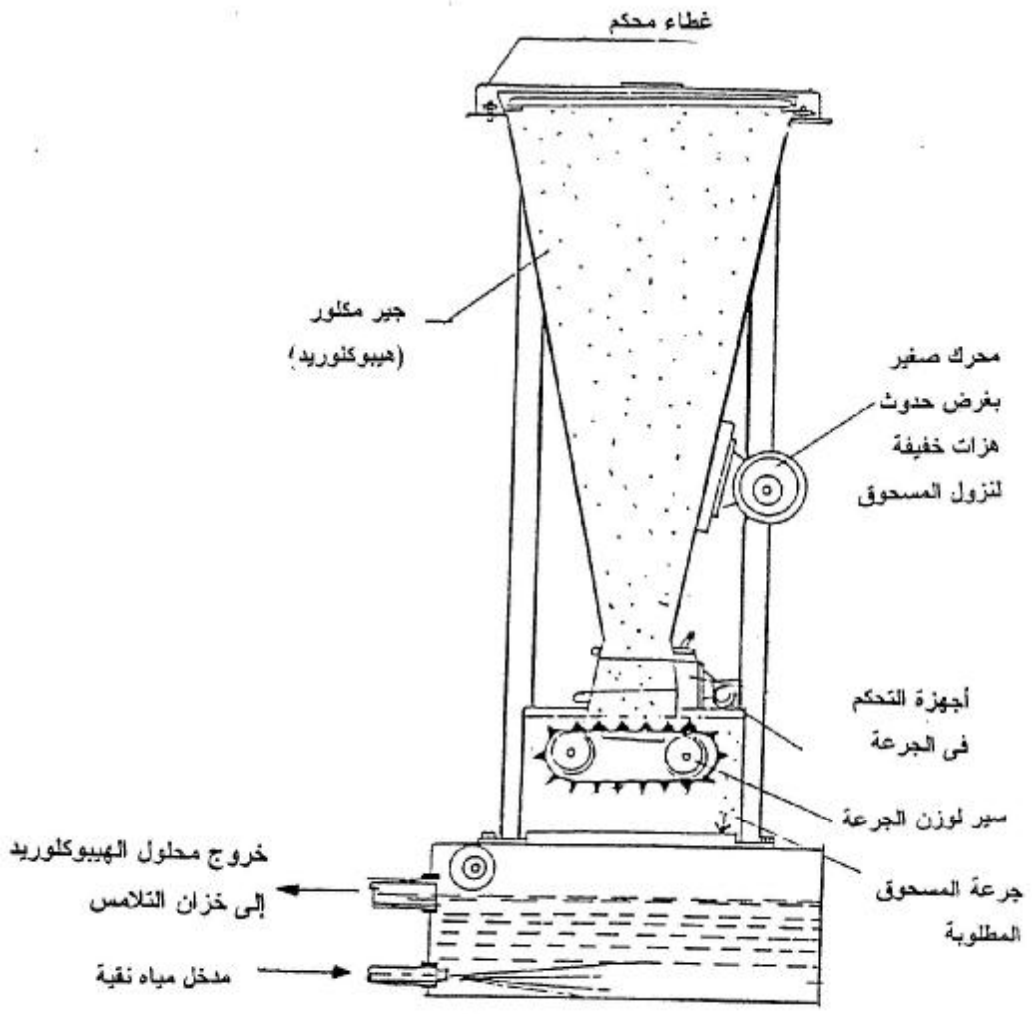
أجهزة إضافة الكلور للعمليات الصغيرة لتعقيم مياه الصرف بعد معالجتها



١- مصدر الكلور
٢- كابينة التحكم فى الإضافة
٣- كابينة التحكم فى الجرعات
٤- كابينة تسجيل المحلل
٥- عداد قياس
٦- مصدر الطاقة
٧- حاقـــن
٨- طلمبة لحقن الكلور
٩- ناشـــــر
١٠- الحاجز الأول
١١- طلمبة سحب للمحلل
١٢- خط الإشارة
١٣- اتجاه سريان التصرف
١٤- حوض التلامس

شكل رقم (٤-٣)

أجهزة تعقيم مياه الصرف بغاز الكلور



شكل رقم (٤ - ٤)

أجهزة إضافة مسحوق التعقيم

طرق التخلص من المياه الملوثة بعد معالجتها

الفصل الخامس

طرق التخلص من المياه الملوثة بعد معالجتها

مقدمـــــة

الغرض من هذه الأعمال هو التخلص من المياه الملوثة بعد معالجتها مع عدم الإضرار بالصحة العامة أو مضايقة أو إزعاج المواطنين بما قد ينتج عن هذه المخلفات من روائح نتيجة لتحلل ما فيها من مواد عضوية، أو من تشويه للأماكن العامة التى تصل إليها هذه المخلفات السائلة.

وطرق التخلص من هذه المخلفات، سواء بعد المصافي– وهو ما يطلق عليه بالمخلفات السائلة الخام- أو بعد المعالجة الابتدائية فقط، أو بعد المعالجة البيولوجية، أو بعد المعالجة الثلاثية، هى كما يلى:

أ - قذفها فى المسطحات المائية (الترع، المصارف، الأنهار، البحار، البحيرات) وهو ما يسمى بالتخلص بالتخفيف.
ب- التخلص منها على مسطحات أرضية وهو ما يسمى بالتخلص على سطح الأرض (أو بالري).
ج- الحقن في باطن التربة.

التخلـــص بالتخفيـف

أى التخلص بقذف المخلفات السائلة فى المسطحات المائية سواء كانت أنهاراً أو فروعها أو مصارف زراعية أو بحيرات عذبة أو مالحة أو بحاراً أو محيطات.

ويتردد البعض فى استعمال هذه الطريقة خوفاً من حدوث أحد الاحتمالات الآتية:

أ - انخفاض تركيز الأكسجين الذائب فى المسطح المائى نتيجة لنشاط

البكتريا الهوائية فى أكسدة ما تحويه المخلفات السائلة من مواد عضوية، إذ تأخذ البكتريا الهوائية فى تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية ثابتة باستخدام الأكسجين الذائب أصلاً فى الماء. وهذا الانخفاض فى تركيز الأكسجين قد يصل إلى الدرجة التى تحد وتمنع نشاط الكائنات المائية الحية من أسماك وخلافها مما يؤدى إلى موتها، بل قد يصل الخفض فى تركيز الأكسجين إلى استهلاك جميع الأكسجين الذائب فى ماء البحيرة أو النهر مما يسبب تكاثر البكتريا اللاهوائية التى تسبب التحلل اللاهوائي للمواد العضوية، وهو التحلل الذى ينتج عنه روائح كريهة.

ب- احتواء المخلفات السائلة على مواد صلبة عالقة أو طافية تطفو على سطح الماء فى النهر أو البحر بشكل يؤذى النظر.

ج- احتواء المخلفات السائلة على مواد كيماوية سامة وضارة بالكائنات الحية فى النهر أو البحيرة.

د - احتواء المخلفات السائلة على بكتريا ضارة ومسببة للأمراض إذا تم استخدام مياه نهر أو بحيرة أو بحر تصب فيه المخلفات السائلة.

هـ- احتمال وجود مواد مشعة تضر بالصحة العامة.

إلا أنه باستعمال الطرق العملية السليمة والنظريات العلمية الصحيحة يمكن للمسطحات المائية استيعاب كمية من المخلفات السائلة دون الإضرار بها سواء كمصدر لمياه الشرب أو مكان للترفيه والسباحة، أو للملاحة، أو كمصدر للثروة السمكية. وعموماً يفضل فى جمهورية مصر العربية صرف مياه الصرف الصحى بعد معالجتها فى المصارف الزراعية، ويمنع منعاً باتاً صرف مياه الصرف الصحى- ولو بعد معالجتها- في نهر النيل أو فروعه.

التخلص من المخلفات السائلة فى البحار والمحيطات:

لا يتيسر استخدام هذا التخلص إلا فى البلاد التى تقع على شواطئ البحار والمحيطات. وقبل البدء فى تصميم عمليات التخلص من المخلفات السائلة بهذه الطريقة يجب عمل الدراسات الآتية:

أ - دراسة التيارات البحرية.
ب- دراسة الأمواج.
ج- دراسة الرياح.
د - دراسة المد والجزر.

وأبسط الطرق التى تتبع لهذه الدراسات هى وضع عوامات مرقمة (زجاجة، قطع خشبية) فى أماكن مختلفة من البحر مع رصد تحركات هذه العوامات بواسطة عمال زوارق يومياً، على أن تستمر هذه الدراسة لمدة سنة على الأقل لتمثل الفصول الأربع. وبذلك يمكن دراسة اتجاه وسرعة التيارات والأمواج البحرية السائدة فى المنطقة.

وبناءً على هذه الدراسة يُختار أفضل موقع للمصب الذى لا تسبب اتجاه التيارات والرياح والأمواج فيه إزاحة للمخلفات إلى الشاطئ، بل تزيحها إلى داخل البحر، وذلك مع مراعاة الشروط العامة الآتية:

أ - الابتعاد بالمصب عن أماكن توالد الأحياء الصدفية حتى لا تلوث المخلفات السائلة هذه الأماكن، وهذا يعتبر شرطاً هاماً نظراً لأن الأحياء الصدفية أثناء تنفسها تحجز البكتريا من الماء (ومنها ما يسبب أمراضاً) وبذلك يزداد تركيز هذه البكتريا فى الأحياء الصدفية مما يخشى معه انتقال الأمراض إلى الإنسان عن طريق أكل هذه الأحياء.
ب- يجب أن تمتد ماسورة المصب إلى ما لا يقل عن ١٥٠ متراً داخل البحيرة على أن يكون المخرج على عمق كبير.
ج- فى حالة ارتفاع سطح الماء أثناء المد، يفضل أن يزود مخرج الماسورة بصمام يسمح بخروج الماء منها إلى البحر ولا يسمح بدخول ماء البحر إليها، كما أنه يفضل أن تبنى أحواض كافية لتخزين المخلفات السائلة فى الفترة التى يكون فيها المد عالياً، بحيث تصرف المياه من هذه الأحواض فى فترة الجزر.

د - يجب أن تمر المخلفات السائلة خلال مصافي لحجز المواد الطافية ومنعها من الوصول إلى المصب، وذلك تفادياً لظهورها على سطح البحر بشكل يؤذى النظر.

هـ- استعمال طلمبات لدفع المخلفات السائلة فى ماسورة المصب إذا كانت مناسيب شبكة الصرف الصحى منخفضة عن منسوب الماء فى البحر.

ويوضح الشكل رقم (٥-١) رسماً تخطيطياً لأنواع مصبات المياه الملوثة (بعد معالجتها) فى البحر.

تعقيم المخلفات السائلة قبل التخلص منها:

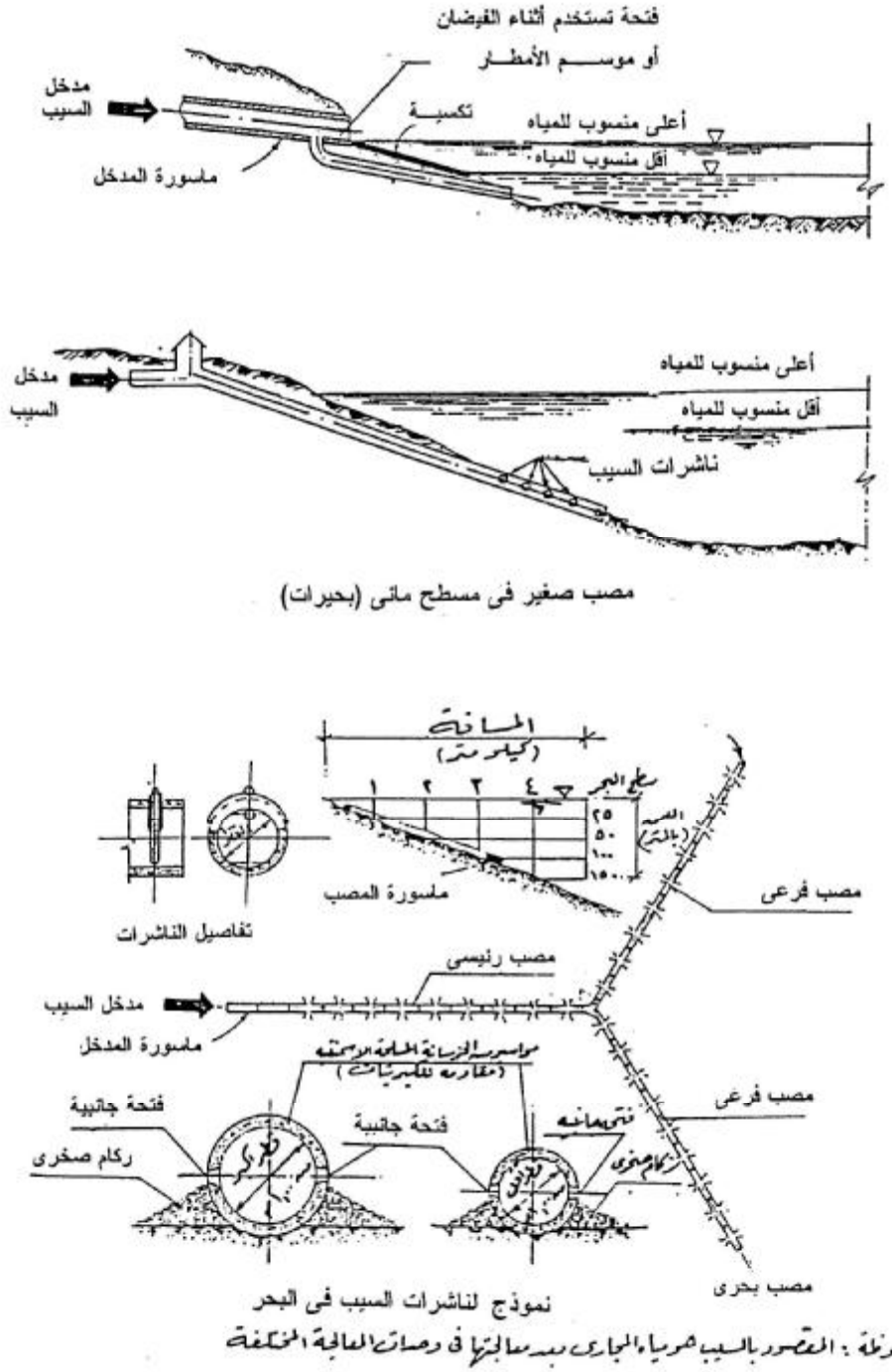
من الدراسات السابقة لطرق معالجة المخلفات السائلة يتضح أنه يمكن الحصول على درجة المعالجة المرغوب فيها باختيار الوحدات المناسبة، وبذلك يمكن تحديد كمية المخلفات الممكن صرفها فى المجارى المائية حسب نوع وكمية المياه المستقبلة بها.

كما يتضح أنه باستعمال طرق المعالجة المختلفة يمكن التخلص من حوالى ٩٥% من البكتريا؛ مما قد يغنى عن ضرورة التعقيم بالكلور قبل الصرف فى المجارى المائية.

إلا أنه زيادة فى الاطمئنان يفضل استعمال الكلور فى معالجة المخلفات السائلة للتخلص من رائحتها قبل صرفها فى المجارى المائية التى تستعمل للسباحة أو للصيد أو الترفيه؛ بالإضافة إلى زيادة كفاءة عملية التخلص من البكتريا الضارة.

ولضمان أحسن النتائج يجب أن تتراوح مدة التلامس بين ٢٠ – ٣٠ دقيقة عند التصرف المتوسط، وبحيث يتراوح الكلور الزائد والمتبقي بين ٠,٢ – ١,٠ جزء فى المليون، وهذه الجرعة كافية لقتل أكثر من ٩٩,٩ % من بكتريا الكلوليفورم الموجودة.

وبالرغم من أن الكلور له تأثير فعال فى قتل البكتريا، إلا أن تأثيره فى



شكل رقم (٥ - ١)

أنواع المصبات فى المسطحات المائية

خفض الأكسجين الحيوي الممتص محدود. فقد وجد أن نقص الأكسجين الحيوي فى المخلفات الخام بنسبة ٣٥% يحتاج إلى تركيز فى الكلور يتراوح بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ ملليجرام/ لتر، كما أن استعمال الكلور بعد الترسيب العادى لا يزيد الخفض فى الأكسجين الحيوي الممتص عن ٤٥%.

وفى حالة الوصول إلى نتائج طيبة للتشغيل، والتخلص من البكتريا الضارة فى عمليات المعالجة الكاملة للمخلفات السائلة، فإنه يمكن الاستغناء عن التعقيم بالكلور، إذ أن استعماله لا يتناسب مع تكاليف تشغيله.

التخلص على سطح الأرض بالري

وتسمى أحياناً التخلص على سطح الأرض، وهذه الطريقة تتبع فى جميع البلاد الداخلية التى لا تقع على أنهار أو بحار، وهى تستعمل للتخلص من المخلفات السائلة وهى خام (بعد التصفية) أو بعد التنقية الابتدائية أو بعد المعالجة الشاملة. ولا يفضل استعمال هذه الطريقة فى التخلص من المخلفات الخام لما تسببه من انسداد سريع لمسام التربة نظراً لما تحتويه هذه المخلفات الخام من مواد عالقة كثيرة.

وتختلف كمية المياه التى يمكن للفدان الواحد أن يستوعبها طبقاً لنوع التربة والنباتات، وكذلك طبقاً لمحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز المواد العالقة العضوية والغير عضوية بها، ويقدر المقنن المائى للفدان كالآتى:

٥٠ متراً مكعباً يومياً للمخلفات المعالجة بيولوجياً فى الأراضى الرملية.
٣٠ متراً مكعباً يومياً للمخلفات المعالجة بيولوجياً فى الأراضى الرملية الطينية.
١٥ متراً مكعباً يومياً للمخلفات المعالجة بيولوجياً فى الأراضى الطينية الخفيفة، أما الأراضى الطينية المتماسكة فلا تصلح لاستقبال المخلفات السائلة، سواء المعالجة أو غير المعالجة.

على أنه يجب الأخذ فى الاعتبار أن عملية التخلص من المخلفات السائلة بطريقة الرى هى أيضاً معالجة لهذه المخلفات، إذ أن البكتريا الهوائية

الموجودة فى التربة وفى المخلفات السائلة نفسها تنشط فى تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية ثابتة باستخدام الأكسجين الذى تمتصه البكتريا من الهواء، وبذلك تفقد المخلفات السائلة قدرتها على الإضرار بالصحة العامة وهو الغرض الرئيسى من معالجتها والتخلص منها.

وهناك أربع طرق للتخلص من المخلفات السائلة بالري وهى موضحة بالشكل رقم (٥-٢)، ويمكن تلخيصها فيما يلى:

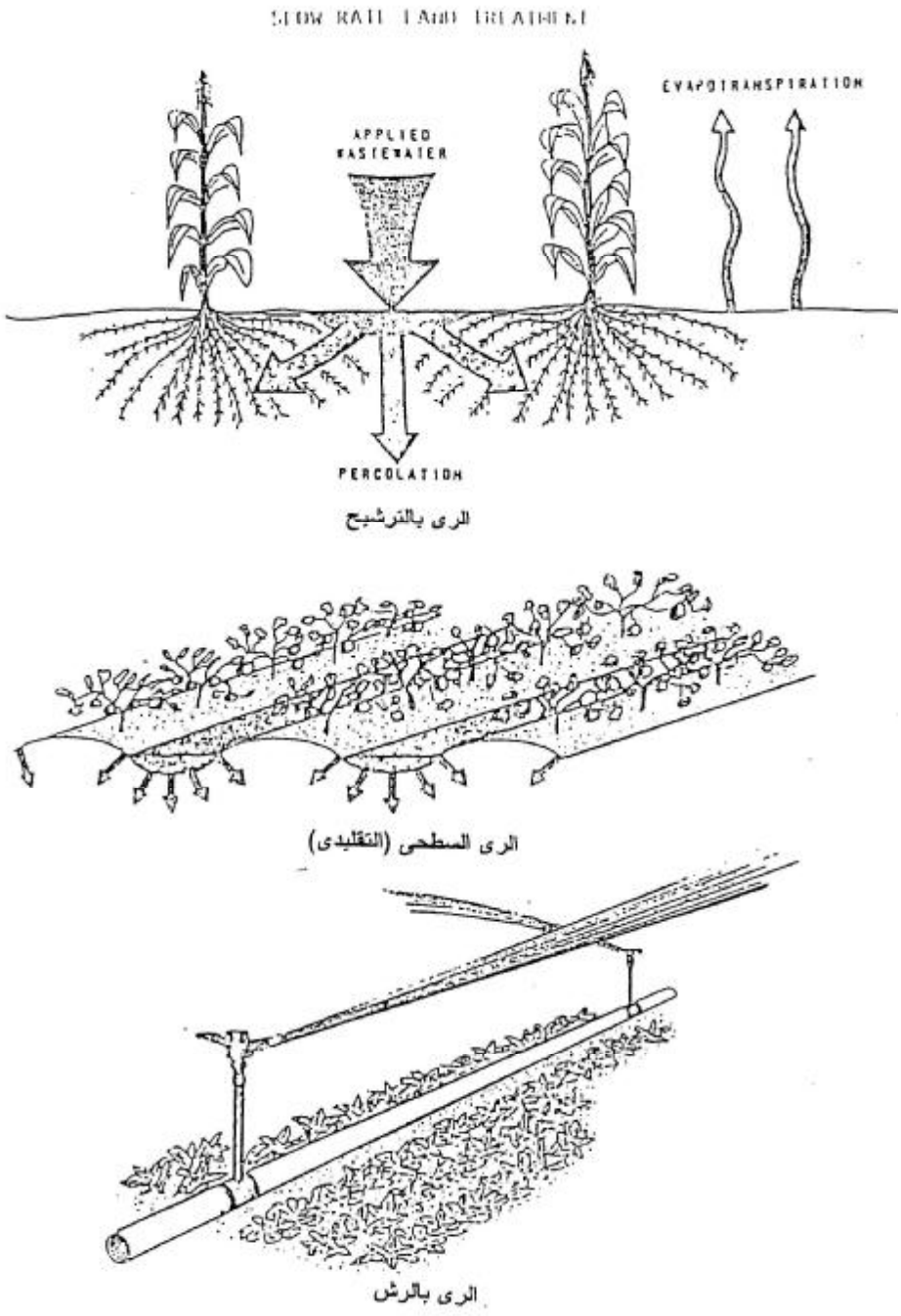
١- استخدام المخلفات السائلة فى رى الأرض بالطرق العادية.
٢- طريقة الترشيح المتقطع.
٣- طريقة المساطب الترابية.
٤- استخدام المخلفات السائلة فى الرى بالرش.

١- استخدام المخلفات السائلة فى رى الأرض بالطرق العادية:

وفى هذه الطريقة تقسم الأرض إلى أحواض صغيرة تفصل بينها جسور قليلة الارتفاع أسوة بالأراضي الزراعية العادية، على أن تزود بالترع الرئيسية والقنوات والمساقي اللازمة لتوزيع المخلفات السائلة على سطح الأرض، كما يتم إنشاء مصارف زراعية سواء مغطاة أو مكشوفة تحمل المياه المتسربة من الأرض إلى مصرف رئيسى مجاور.

وفى الأماكن التى يتم زراعتها بهذه الطريقة يجب إلا ينظر إلى الزراعة كمصدر للربح كهدف رئيسى، إذ أن الغرض الرئيسى من هذه الطريقة هو التخلص من هذه المخلفات بطريقة سليمة مرضية وليس الحصول على ربح مادى، إذ أن ما ينتج من هذه المزرعة لن يغطى بأى حال مصاريف عملية المعالجة، ولكنه يغطى جزءاً بسيطاً من هذه المصاريف.

ومن الواضح أن هناك خطراً من انتقال الأمراض إلى الإنسان فى حالة زراعة الخضروات التى تؤكل نيئة دون أن تطهى، مثل الجزر والفجل والطماطم. وينظر المهندسون الأمريكيون نظرة شك إلى جميع المنتجات الزراعية التى يقصد بها طعام الإنسان حتى لو كانت تؤكل بعد طهيها،



شكل رقم (٥-٢)

طرق الرى المختلفة للتخلص من المخلفات السائلة بعد معالجتها

إلا أنه يمكن التجاوز عن ذلك إذا روعي مرور فترة كافية بين آخر مرة تروى فيها الأرض وزمن جمع المحصول، كما أنه فى مزارع المخلفات السائلة فى ألمانيا قد تمت زراعة البطاطس واللفت والحبوب دون أن يحدث أى حالة مرضية نتيجة استعمال هذه المنتجات للاستهلاك الآدمي.

ويفضل النصح بزراعة الأشجار الخشبية والحبوب مثل القمح والذرة والقرطم، كما يزرع القطن وأشجار اللوز والبندق، وكذلك الموالح كالبرتقال والليمون، على ألا يسمح إطلاقاً بزراعة الخضار والفواكه التى تكون ثمارها بالقرب من سطح الأرض مثل أنواع الفراولة. وفى جميع الأحوال يجب استعمال المخلفات السائلة فى الرى بعد مرورها بعملية المعالجة الابتدائية على الأقل.

كما يجب عدم غمر الأرض بالمخلفات السائلة بمعدلات أكثر من المقننات المائية التى سبق ذكرها لأن تشبع الأراضى بالمياه يمنع انتشار البكتريا الهوائية فى التربة، وبالتالى لا يتم تحويل المواد العضوية إلى مواد غير عضوية. ويستدل على هذه الحالة بتكوين برك من المخلفات السائلة على سطح الأرض. وعندئذ يجب إيقاف غمر الأرض بالمخلفات السائلة وحرثها أكثر من مرة. ويفضل رى هذه الأراضى من حين لآخر بمياه من الترع أو الأنهار أو مياه الآبار ذات الملوحة المنخفضة لضمان عملية غسيل التربة وإزالة ما تراكم بها من أملاح.

٢ - **طريقة الترشيح المتقطع**:

وهى لا تختلف كثيراً عن الطريقة السابقة، إذ تغمر الأرض فى هذه الطريقة بالمخلفات السائلة بارتفاع يتراوح من ١٥ إلى ٢٠ سم ثم تترك لتتسرب إلى باطن الأرض ثم يعاد الغمر مرة كل ١٨ ساعة، ويستمر ذلك لمدة عشرة أيام. ثم تترك الأرض للراحة لمدة عشرة أيام تكون المخلفات السائلة موجهة لرى أراض أخرى.

وفى هذه الحالة لا يفضل زراعة الأرض بأية محاصيل، بل يتم زراعة حشائش أو أشجار خشبية تستعمل كمصدات للرياح.

يفضل استخدام هذه الطريقة فى الأراضى الزراعية الرملية كثيرة المسام، حيث تتسرب المياه إلى داخل الأرض، كما يمكن عمل شبكة من المواسير ٣-٤ بوصة مفتوحة الوصلات فى الأراضى العادية كمصارف مغطاة فى باطن الأرض ، وتتراوح المسافة بين المواسير من ١٠ إلى ٢٠ متراً وتكون على عمق متر واحد تحت سطح الأرض، وتصب جميع هذه المواسير كل ما يصل إليها من مياه فى مصرف رئيسى.

٣- طريقة المساطب الترابية:

وفى هذه الحالة تُعمل خطوط وخنادق متوازية متقاربة من بعضها لتمر المخلفات السائلة من خلالها وتتسرب إلى باطن الأرض. وهذه الطريقة لا تتبع كثيراً لارتفاع تكاليفها.

٤- استخدام المخلفات السائلة فى الرى بالرش:

وفيها ترش المخلفات السائلة على سطح الأرض بمعدل ثابت على هيئة قطرات مثل قطرات المطر وذلك بواسطة رشاشات دوارة، وتستلزم هذه الطريقة إنشاء مصارف مغطاة تصب فى مصرف رئيسى.

درجة التخصيب للمخلفات السائلة:

تختلف الآراء حول قيمة المخلفات السائلة فى التخصيب وإمداد النبات باحتياجاته الغذائية، إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة الخام تحتوى على حوالى ٢٠ جزء فى المليون أزوت منها حوالى ١٠ جزء فى المليون أزوت قابل للامتصاص بالنبات، إلا أن المخلفات السائلة المعالجة قد تحتوى على نسبة أقل من ذلك، فالمياه الخارجة من المرشحات العادية مثلاً تحتوى على عشرة أجزاء فى المليون أزوتات، ونصف جزء فى المليون أزوتيت.

كما أن المخلفات السائلة الخام تحتوى على خمسة أجزاء فى المليون حامض فوسفوريك وعشرة أجزاء فى المليون بوتاسيوم، وهذه النسب للمواد الغذائية الموجودة فى المخلفات السائلة بالإضافة إلى نوع النبات واحتياجاته الغذائية

لتلقى الضوء على القيمة الاقتصادية للمخلفات السائلة كمخصب للأراضي الزراعية.

التخلص بالحقن (الشحن الصناعى)

تستخدم هذه الطريقة عندما تتواجد طبقات رملية على أعماق بسيطة وبسمك كبير وذات نفاذية عالية، وكذلك عند عدم استخدام المياه الجوفية فى الري أو الشرب، وكذلك عندما تكون المنطقة بعيدة عن مناطق استغلال الخزان الجوفي. كل هذه الظروف الابتدائية تشير إلى أن هذه الطبقات يمكن أن تستقبل مياها من عمليات الشحن الصناعى، غير أنه توجد عدة عوامل هامة يجب دراستها بالتفصيل وهى:

أ - الشحن الصناعى بالآبار.
ب- وجود ضغوط بيزومترية للمياه الجوفية داخل هذه الطبقات.
ج- المشاكل الفنية التى تحدث فى التربة نتيجة لشحن مياه بها مواد عالقة والطرق الفنية للتغلب عليها.
د - مواصفات مياه الصرف الصحى المعالجة من الناحية الطبيعية والبيولوجية.
هـ- مدى انتشار التلوث للمياه الجوفية على المدى البعيد.
و - تكاليف تنفيذ مشروع الشحن الصناعى سواء فى الطبقة العليا أو الطبقة العميقة وعمل مقارنة اقتصادية بينهما.

والشحن الصناعى بالآبار هو عملية عكس عملية الضخ من الآبار، وفى معظم الحالات تقل عمليات الشحن عن مثيلاتها فى معدلات الضخ، وبينما تنظف عمليات ضخ الآبار الطبقة الحاملة للمياه فإن عمليات الشحن على عكس ذلك، ويمكن استخدام العلاقات الرياضية للمياه الجوفية العادية لحساب مقدار الشحن بمعرفة معامل النفاذية والتخزين من تجارب الآبار، كما يدخل فى الحساب الهيدروليكى وجود ضغوط عكسية للمياه الجوفية، ويجب مراعاة ذلك عند تصميم طلمبات الشحن.

وأسباب انسداد الطبقات نتيجة للشحن الصناعى للسيب (فائض محطات المعالجة للمياه الملوثة) هى:

- حجز المواد العالقة فى المياه داخل مسام التربة.
- فقاعات الهواء فى المياه.
- تكون البكتريا حول مصافى الآبار.
- المكونات الكيميائية حول المصافى أو فى جزئيات التربة.
- تمدد الطبقات الطينية.
- تفاعل المواد العضوية على سطح التربة الطينية.

معالجة رواسب الصرف الصحى (الحمأة)

الفصل السادس

معالجة رواسب الصرف الصحى (الحمأة)

مقدمـــــــة

الغرض الأساسى من معالجة الصرف الصحى هو فصل السوائل (المياه) عن المواد الصلبة (الجوامد) العالقة، وبعد المعالجة يتم التخلص من السيب بأحد الطرق المناسبة لظروف البيئة المحيطة بمواقع محطات معالجة الصرف الصحى. أما معالجة الحمأة (الجوامد العالقة مع المحتوى المائى لها) والتى تتجمع بعد رسوبها فى أحواض ترسيب منفصلة، أو مع المواد الطافية (الخبث) فيتم التخلص منها مباشرة (بدون معالجة) أو بعد معالجتها. وبالتالى فإن الحمأة السائلة عبارة عن المواد العضوية العالقة التى ترسبت بأحواض الترسيب المختلفة ممزوجة بكمية كبيرة من المياه تختلف نسبتها باختلاف نوعية الصرف الصحى الخام وخصائصه وكذلك نظم معالجته، ومثالاً لذلك نجد أن نسبة المياه بالحمأة المنشطة حوالى ٩٨,٥% بينما نسبتها بالحمأة العادية الراسبة بأحواض الترسيب الابتدائية حوالى ٩٥%.

ويتضح من ذلك أن أقل كمية حمأة سائلة نحصل عليها هى الناتجة من أحواض الترسيب النهائى، والتى تعقب نظم المعالجة بالنمو الملتصق (المرشحات الزلطية) إذ تبلغ ٠,٧٥ متر مكعب لكل ١٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحى الخام، بينما تكون أكبر كمية لها هى الناتجة من أحواض الترسيب النهائى التى تعقب نظم المعالجة بالاستنبات المعلق (بالحمأة المنشطة) إذ تبلغ كميتها حوالى ٢٠م^{٣} لكل ١٠٠٠ متر مكعب من الصرف الصحى الخام، أى حوالى ٢٦ ضعفاً. لذا يجب تكثيفها قبل معالجتها أو التخلص منها، أو إعادة الزائد منها (الحمأة المنشطة) إلى أحواض الترسيب الابتدائية.

نظم معالجة الحمأة هناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة يمكن اختيار بعضها لنظام المعالجة، ويتوقف ذلك على عدة عوامل مختلفة منها:

أ- الظروف البيئية لكل منطقة.
ب- النواحي الاقتصادية.
ج- الموقع الجغرافي والمناخي للمنطقة.
د- درجة العلاج المطلوبة للحمأة.
هـ- نوعية استخدام الحمأة المجففة.

ويوضح الجدول رقم (٦-١) مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة.

جدول رقم (٦-١)
مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة

رقم	مراحل المعالجة	الغرض من المعالجة
أولاً: الأعمال التمهيدية:		
١	طحن الحمأة	تقليل حجم الحمأة
٢	إزالة الأتربة	فصل الأتربة والمواد الغير عضوية العالقة
٣	خلط ودمج الحمأة	توالف الحمأة
٤	تخزين الحمأة	التخزين والتجانس للحمأة
ثانياً: تكثيف الحمأة:		
١	التكثيف بالترسيب الطبيعى	تقليل حجم الحمأة
٢	التكثيف بالتعويم	تقليل حجم الحمأة
٣	التكثيف بالطرد المركزى	تقليل حجم الحمأة
ثالثاً: تثبيت الحمأة:		
١	التثبيت بالكلور	تثبيت الحمأة
٢	التثبيت بالجير	تثبيت الحمأة
٣	التثبيت بالتسخين (الحرارة)	تثبيت الحمأة

"تابع" جدول رقم (٦-١)
مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة

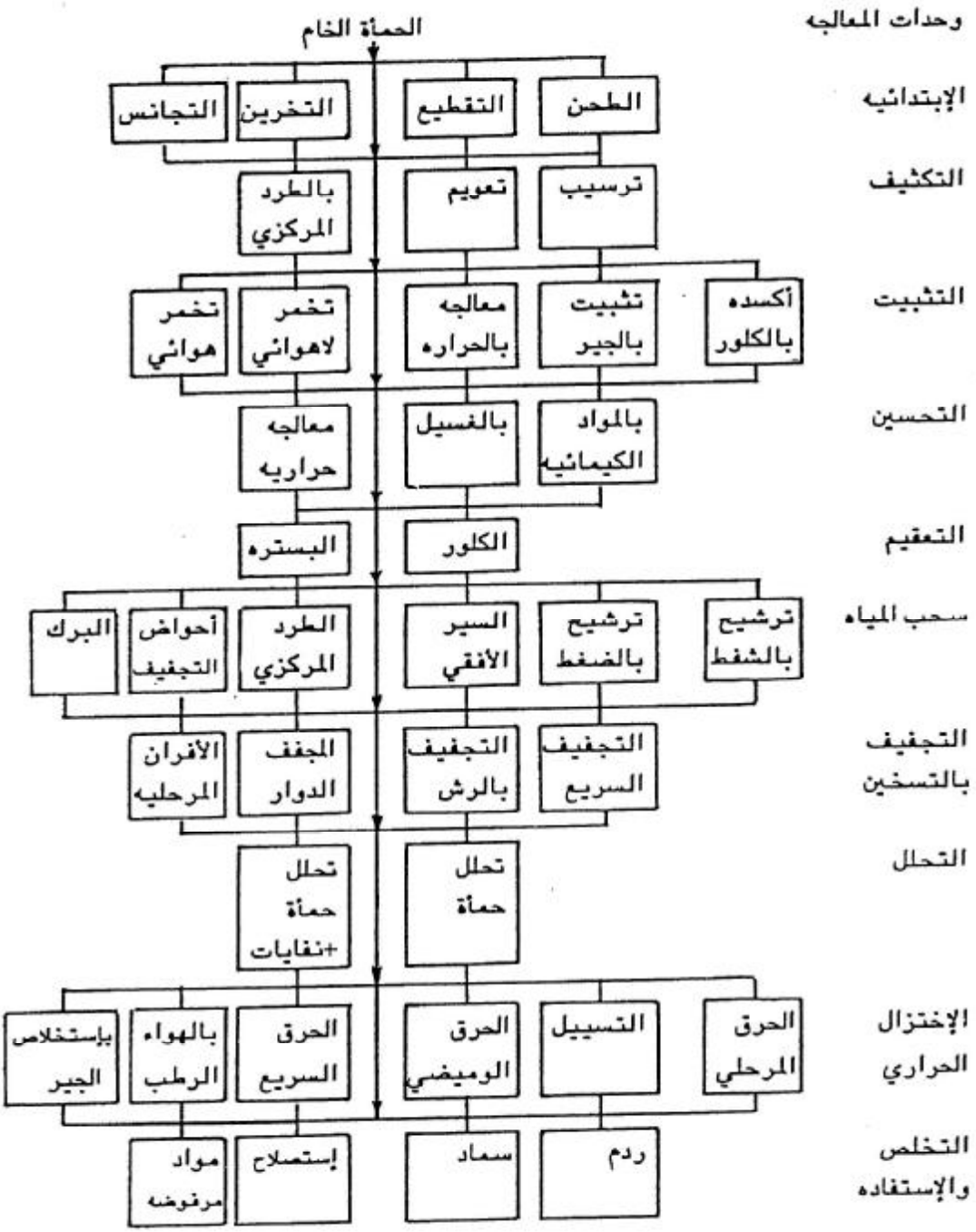
رقم	مراحل المعالجة	الغرض من المعالجة
٤	التخمر اللاهوائى	تثبيت الحمأة + تقليل حجم الحمأة + الحصول على غاز الميثان
٥	التخمر الهوائي	تثبيت الحمأة + تقليل حجم الحمأة
رابعاً: تحسين الحمأة:		
١	بالمواد الكيميائية	تحسين خصائص الحمأة
٢	بالغسيل	نقع الحمأة وتنظيفها
٣	بالتسخين	تحسين خصائص الحمأة
خامساً: تعقيم الحمأة:		
١	جميع طرق التعقيم	قتل البكتريا وخاصة الممرضة
سادساً: سحب المياه من الحمأة:		
١	الترشيح بالخلخلة	تقليل حجم الحمأة
٢	الترشيح بالضغط	تقليل حجم الحمأة
٣	الترشيح بالسير الأفقى	تقليل حجم الحمأة
٤	الترشيح بالطرد المركزى	تقليل حجم الحمأة
٥	ترشيح طبيعى بأحواض التجفيف الرملية	تقليل حجم الحمأة
٦	بالبرك والمستنقعات	تقليل حجم الحمأة والتخزين
سابعاً: تجفيف الحمأة:		
١	التجفيف السريع	تقليل الحجم والوزن
٢	التجفيف بالرش	تقليل الحجم والوزن
٣	المجفف الدوار	تقليل الحجم والوزن
٤	المجفف المتعدد الأفران	تقليل الحجم والوزن
٥	التجفيف بمساعدة الزيت	تقليل الحجم والوزن

"تابع" جدول رقم (٦-١)
مراحل معالجة الحمأة والغرض من كل مرحلة

رقم	مراحل المعالج	الغرض من المعالجة
ثامناً: تحلل الحمأة:		
١	تحلل الحمأة	تقليل الحجم + سماد عضوي
٢	تحلل الحمأة والنفايات الصلبة العضوية	تقليل الحجم + سماد عضوي
تاسعاً: الاختزال الحراري للحمأة:		
١	المحارق متعددة الأفران	تقليل حجم الحمأة + حرارة
٢	تسييل الحمأة بالحرق	تقليل حجم الحمأة
٣	الاحتراق الوميضي	تقليل حجم الحمأة
٤	المحارق مع النفايات الصلبة	تقليل حجم الحمأة + حرارة
٥	الأكسدة بالهواء الرطب	تقليل حجم الحمأة
٦	التحلل الحراري مع النفايات الصلبة	تقليل حجم الحمأة + حرارة
عاشراً: التخلص من الحمأة:		
١	الردم	التخلص من الحمأة
٢	النشر على سطح الأرض	التخلص من الحمأة
٣	استصلاح الأراضى	سماد والتخلص من الحمأة
٤	التخزين فى البرك والمستنقعات	التخلص من الحمأة وإعادة استخدامها

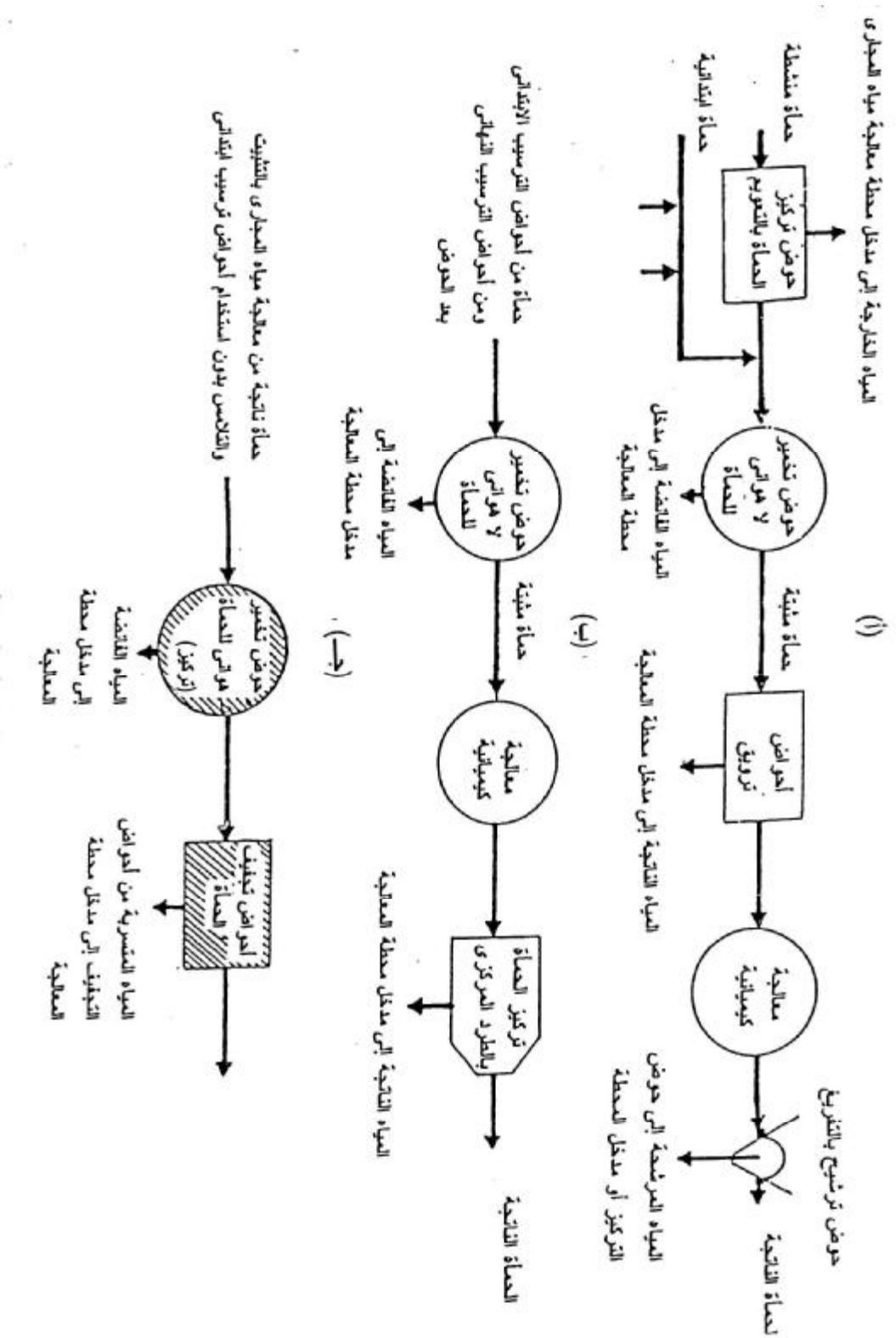
ويوضح الشكل رقم (٦-١) مراحل معالجة الحمأة المشار إليها. كما يعرض الشكلان رقما (٦-٢) و(٦-٣) نظامي معالجة الحمأة الأساسيين: الأول بالطرق البيولوجية، والثانى بالطرق غير البيولوجية.

أما فى جمهورية مصر العربية فقد أمكن الاعتماد على بعض هذه المراحل دون غيرها. ويوضح الشكل رقم (٦-٤) النظم الشائعة الاستخدام فى جمهورية مصر العربية.



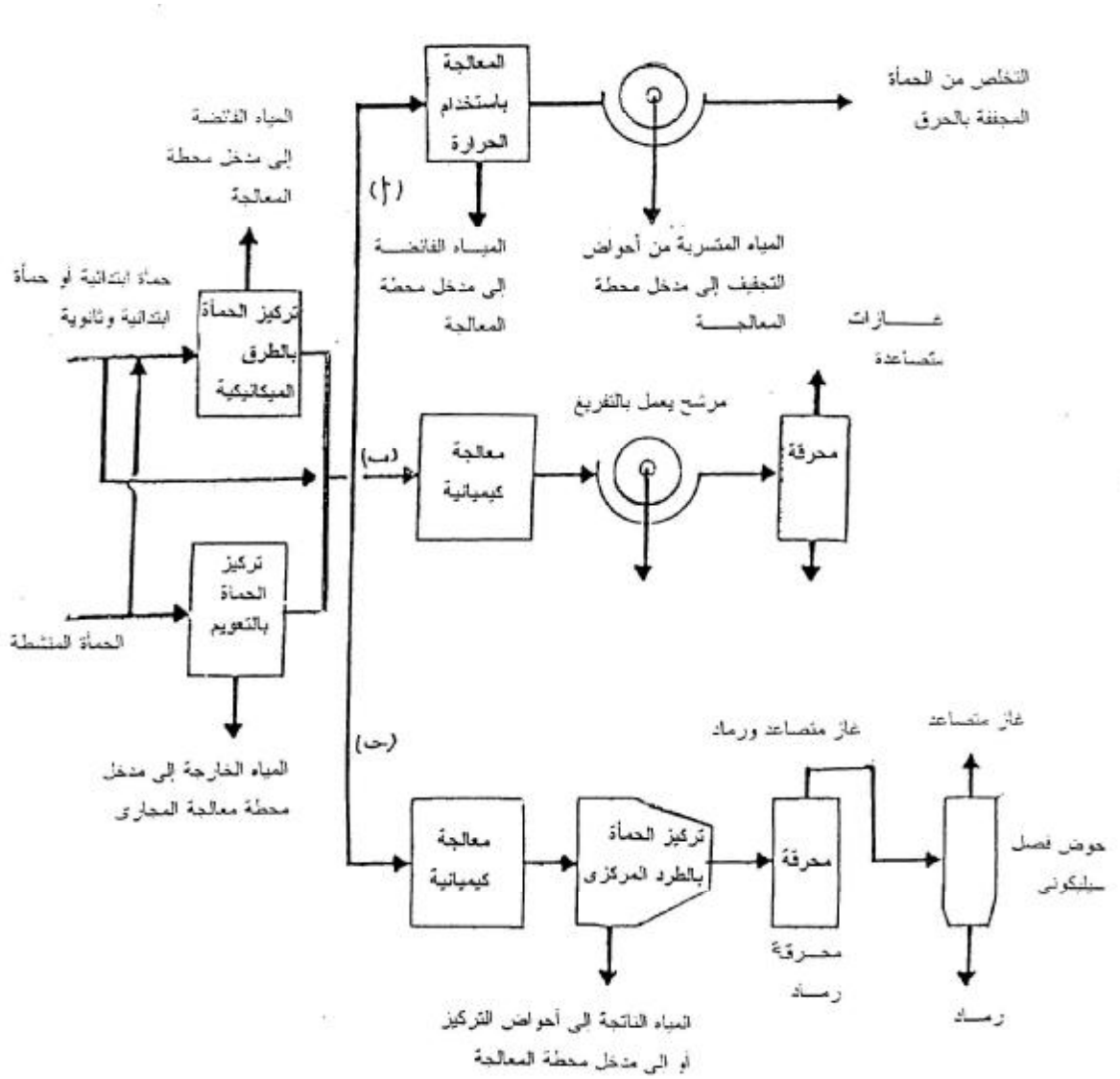
شكل رقم (٦-١)

النظم المختلفة لمعالجة الحمأة



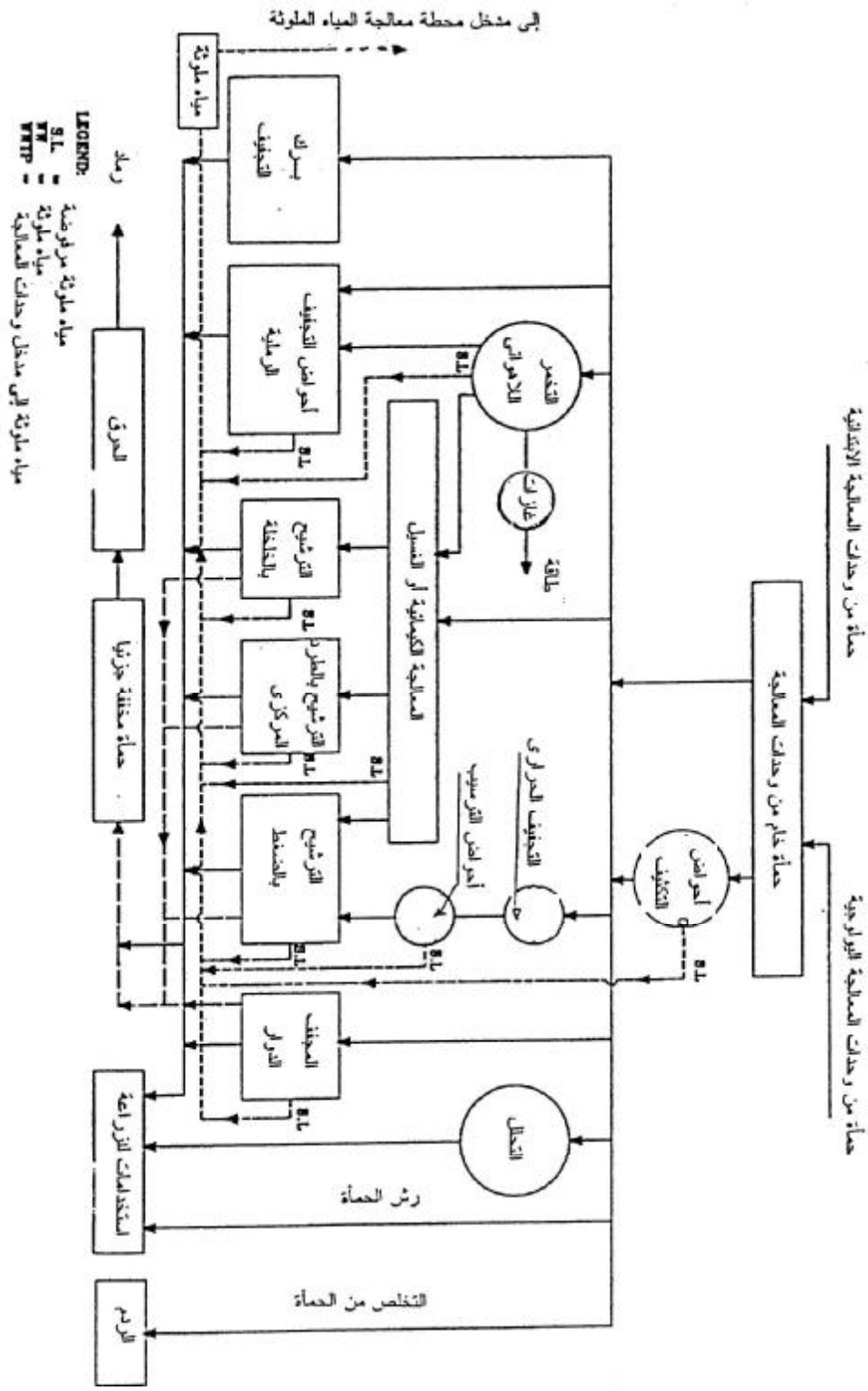
شكل رقم (٦-٢)

معالجة الرواسب بالطرق البيولوجية



شكل رقم (٦-٣)

معالجة الرواسب بالطرق غير البيولوجية



شكل رقم (٦ - ٤)

النظم شائعة الاستخدام لمعالجة الحمأة فى جمهورية مصر العربية

تكثيف (تركيز) الحمأة

تختلف نسبة الجوامد العالقة فى الحمأة باختلاف نوعيتها ومصادرها (من وحدات المعالجة للصرف الصحى)، كما تختلف أيضاً طبقاً لطريقة تشغيل هذه الوحدات، كما أن نقل الحمأة وضخها فى مواسير يتطلب اختلافاً فى نسبة الجوامد بالحمأة، وعموماً نجد أن نسبة الجوامد فى الحمأة حوالى ٠,٨%، ومن ثم لو أمكن رفع نسبة الجوامد فى الحمأة إلى ٤% فإن حجم الحمأة بالتالي سينخفض إلى ٢٠% من الحجم الأصلى للحمأة، وهذا هو المقصود من عملية التكثيف. والتكثيف عملية طبيعية يمكن أن تتم إما بالترسيب الطبيعى أو بالتعويم بمساعدة الهواء المضغوط أو باستخدام القوة الطاردة المركزية، ويعتمد اختيار طريقة التكثيف طبقاً لنوع الحمأة كما يلى:

١- التكثيف بالترسيب الطبيعى يعطى نتائج ممتازة للحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الأولى الابتدائية.
٢- التكثيف بالتعويم يعطى نتائج ممتازة للحمأة المنشطة الزائدة ولذلك نوصى بصرف الحمأة المنشطة الزائدة إلى أحواض الترسيب الابتدائى.
٣- التكثيف بالترسيب الطبيعى لخليط من الحمأة الناعمة من أحواض الترسيب الابتدائى مع الحمأة المنشطة الزائدة تعطى نتائج ممتازة فى المحطات الكبرى أما فى الصغرى فلا يعطى نتائج جيدة.

وتقليل حجم الحمأة باستخدام ظاهرة التكثيف يعتبر مكسب كبير لوحدات معالجة الحمأة (مثل أحواض التخمر ووحدات سحب المياه ووحدات الترشيح والحرق)، ومن الممكن تكثيف الحمأة فى وحدات معالجة مياه الصرف الصحى إما داخل أحواض الترسيب الابتدائى أو أحواض تخمر الحمأة أو منفصلة فى أحواض خاصة بالتكثيف، ويجب عند استخدام أحواض التكثيف إعادة المياه المرفوضة منها إلى مدخل وحدات معالجة مياه الصرف الصحى لإعادة معالجتها نظراً لشدة تلوثها.

وتصمم أحواض تكثيف الحمأة اعتماداً على معدل التحميل السطحي الهيدروليكي، والذي يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٥ م^3/ م^2/ يوم وكذلك معدل التحمل العضوي، والشكل رقم (٦-٥) يوضح تفاصيل حوض التكثيف المربع

الشكل أما الشكل رقم (٦-٦) فيوضح تفاصيل حوض التكثيف الدائرى.

تثبيت الحمأة توجد عدة طرق لتثبيت الحمأة مذكورة بالجدول رقم (٦-١) السابق وسوف نكتفي بشرح نوعين منها هما التخمر اللاهوائي والتخمر الهوائي.

التخمر اللاهوائي للحمأة الهدف من عملية التخمر اللاهوائي هو الحصول على حمأة خالية من الميكروبات والجراثيم الممرضة، والحصول على غاز الميثان القابل للاشتعال لاستخدامه كوقود للمحطة، والحصول على حمأة مخمرة لاهوائياً تستخدم كسماد عضوي لأن نسبة تركيز الأزوت بها عالية، وذلك عن طريق تخمير الحمأة لاهوائياً بتخزينها فى أحواض خاصة مغلقة، أى تتصل بالهواء الجوى فتنشط البكتريا المتغيرة واللاهوائية وتتحلل المواد العضوية فيتحول جزء كبير منها إلى غازات تحتوى على ٦٠ – ٧٠% غاز الميثان(CH_4) (البيوجاز– الغاز الحيوي) وهو غاز قابل للاشتعال و٢٥-٣٠% ثانى أكسيد الكربون (CO_2) و١,٥ – ٣% نيتروجين (N_2).

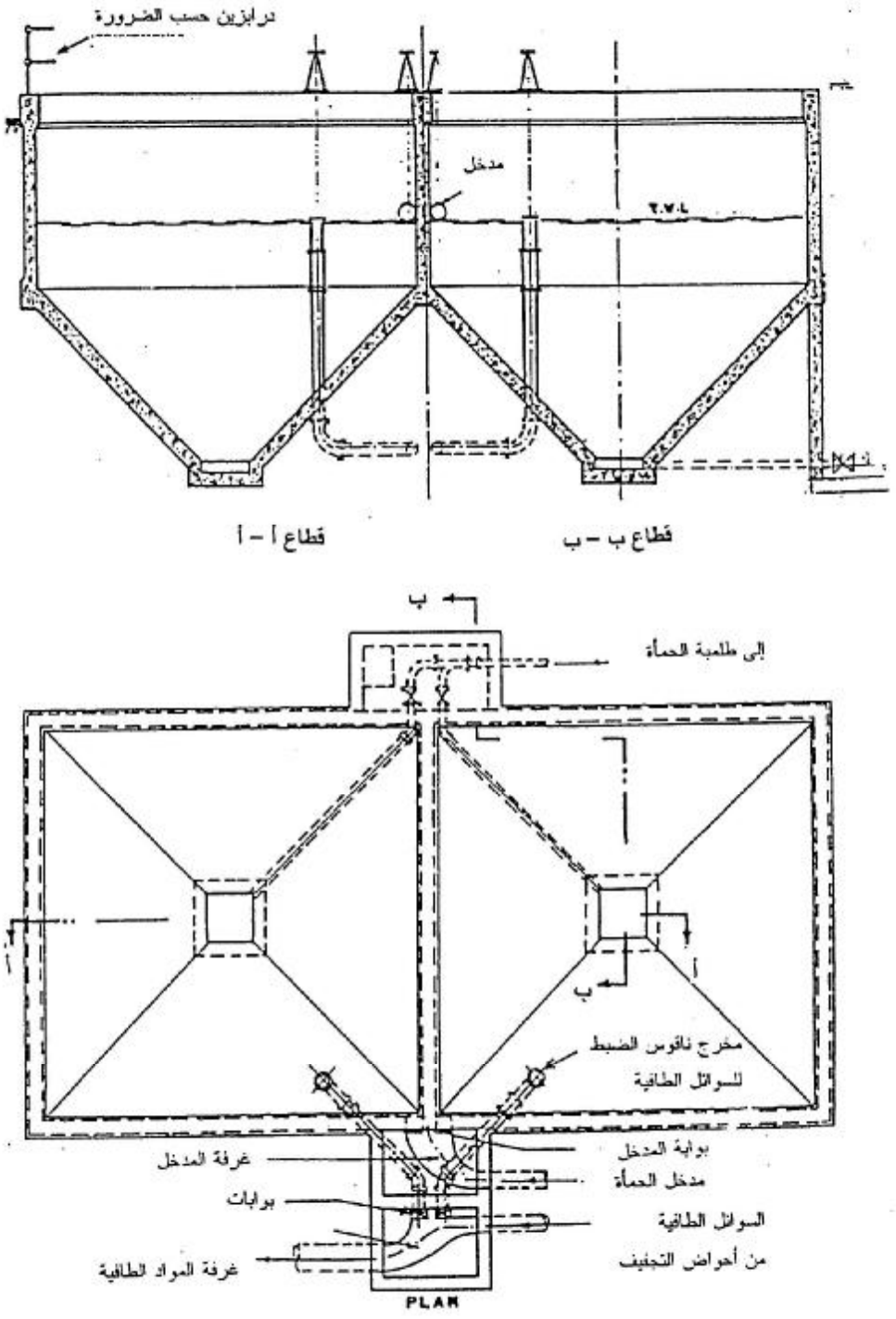
ومن واقع النتائج المتاحة من تشغيل الكثير من محطات المعالجة فى العالم تبين أن عملية التخمر اللاهوائي يمكن إجرائها بطريقتين هما:

١- التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة.
٢- التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين.

التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة:

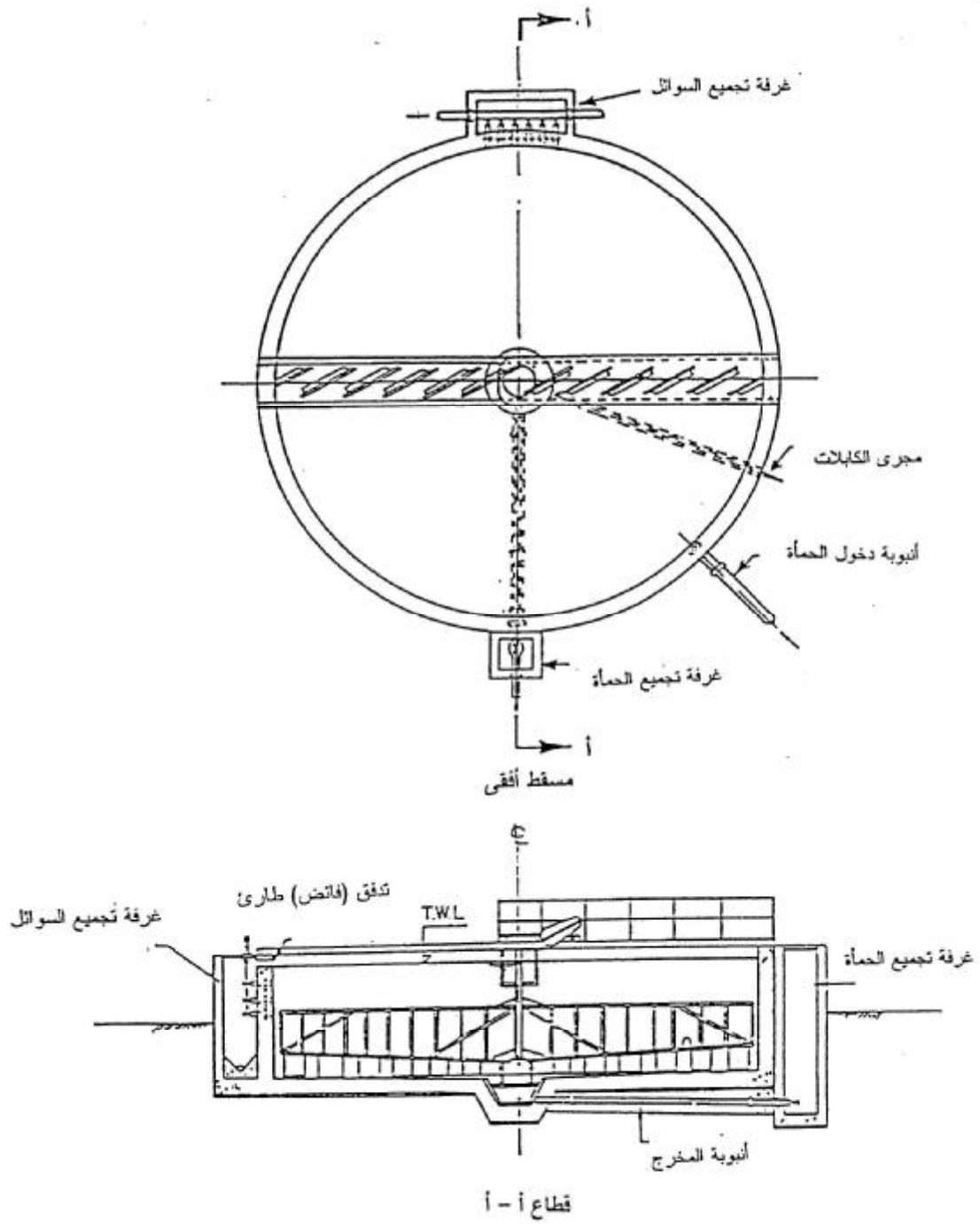
لتحسين كفاءة التخمر اللاهوائى بطئ المعدل ليصبح سريع المعدل تم عمل دراسة للعوامل المؤثرة فى التخمر اللاهوائى التالية:

أ- تأثير درجة حرارة الحمأة (من ٣٠ – ٤٠مْ) على فترة مكثها داخل أحواض التخمر اللاهوائى، وقد أمكن الحصول على درجة حرارة الحمأة بسهولة عن طريق استخدام السخانات الشمسية نظراً لتوفر هذه الطاقة في مصر أما درجات الحرارة ٤٥ – 55°م فتعتبر غير اقتصادية.



شكل رقم (٦-٥)

تفاصيل حوض التكثيف المربع الشكل



شكل رقم (٦-٦)

تفاصيل حوض التكثيف الدائرى الشكل

ب- تأثير عملية خلط الحمأة داخل أحواض التخمر اللاهوائى.
ج- تأثير تركيز الجوامد بالحمأة (بتكثيف الحمأة) على التخمر اللاهوائى.
د- تأثير التغذية المستمرة للحمأة الخام على أحواض التخمر اللاهوائى.

ونتيجة للدراسة، اتضح أن تكثيف الحمأة حتى ٤% قبل عملية التخمر اللاهوائى يساعد على تقليل حجم الحمأة الداخلة له، كذلك تقليل حجم الحمأة بعد التخمر اللاهوائى إلى ٤٣% من حجمها بعد التكثيف.

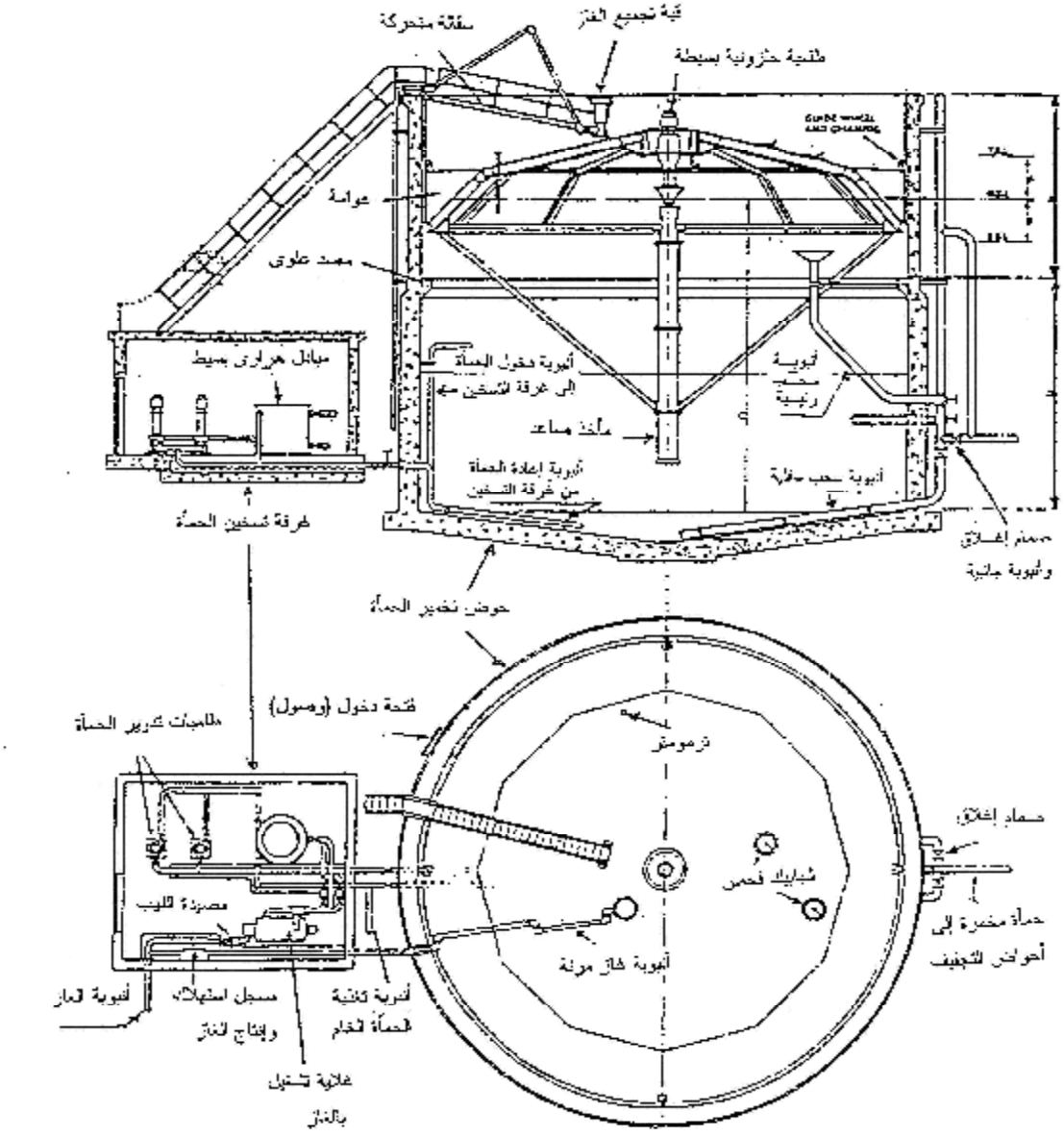
ويبين الشكل رقم (٦-٧) تفاصيل حوض التخمر اللاهوائى ذو المرحلة الواحدة بغطاء متحرك والشكل رقم (٦-٨) بغطاء ثابت.

ويجب معرفة خصائص الحمأة بعد عملية التكثيف وتحديد العناصر السامة بها، وكذلك المعادن الثقيلة حتى لا تؤدى إلى موت البكتريا اللاهوائية اللازمة لعمليات التخمر اللاهوائى.

التخمر اللاهوائى سريع المعدل ذو المرحلتين:

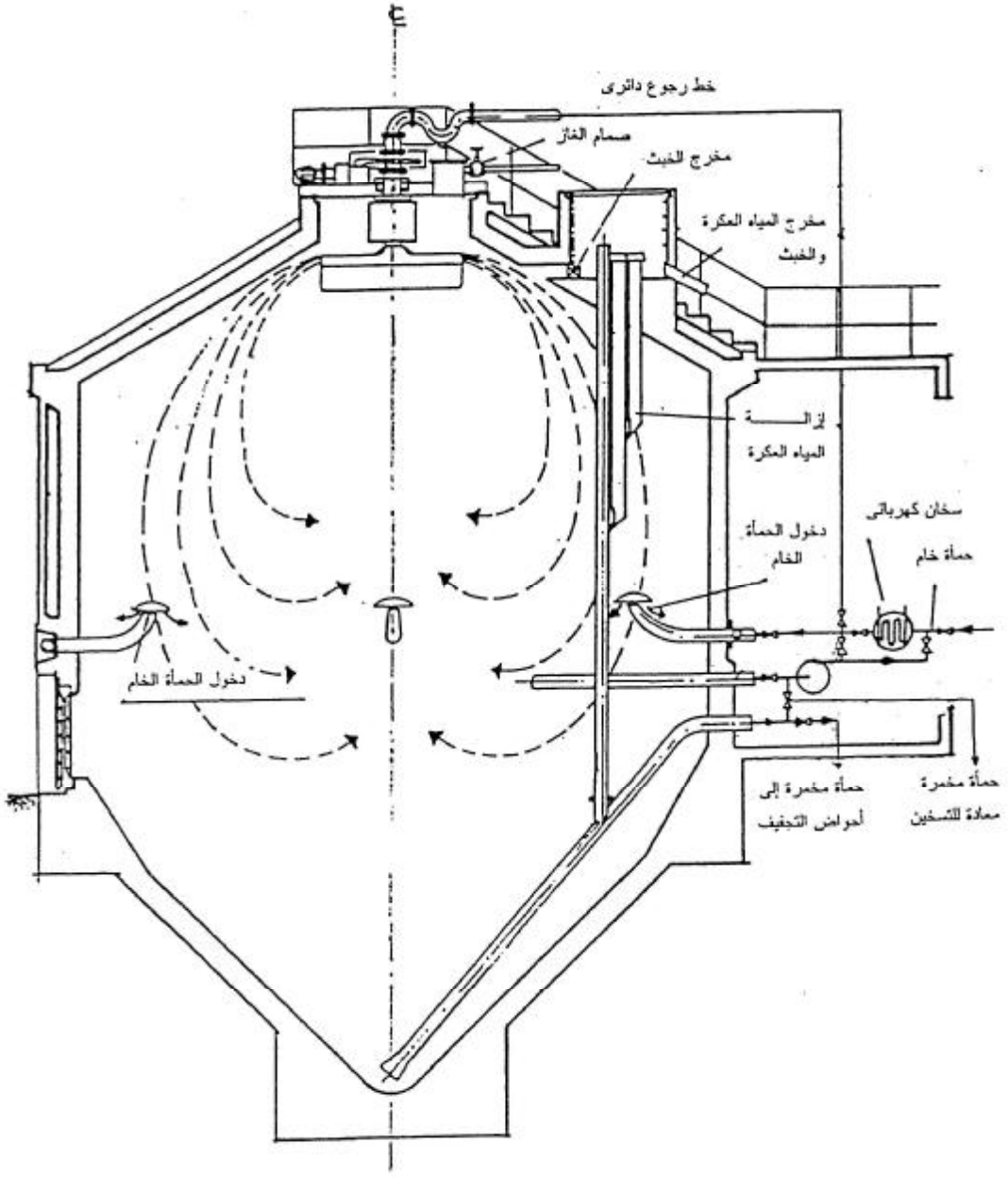
فى هذا النوع يتم إضافة حوض للتخمر اللاهوائى مشابه للحوض الأول ولكنه يختلف فى عدم حاجته لتسخين الحمأة أو تقليبها والغرض الأساسى إعطاء فرصة للتكثيف حيث يتم ترسيب الحمأة المخمرة والمهضومة إلى أسفل الحوض وسحب المياه المرفوضة من النصف العلوى للحوض وقد تلاحظ أن كمية الجوامد اللازمة لإنتاج غاز الميثان أقل فى الحوض الثانى، ومن ثم فإن إنتاج غاز الميثان أقل فى الحوض الثانى ولكن بهذه الطريقة أمكن التغلب على مشكلة الخبث والمواد الطافية بالحوض ذو المرحلة الواحدة وكذلك تقليل المواد العالقة الدقيقة فى المياه المرفوضة.

ونظراً لارتفاع التكاليف المادية لهذا النظام وكذلك الحصول على كفاءة ليست مختلفة اختلافاً كبيراً عن التخمر اللاهوائى ذو المرحلة الواحدة، لذلك سوف يكتفي بالنظام الأول فقط مع التغلب على المشاكل المصاحبة للتخمر



شكل رقم (٦-٧)

تفاصيل حوض التخمر اللاهوائى للحمأة ذو المرحلة الواحدة (الغطاء المتحرك)



شكل رقم (٦-٨)

تفاصيل حوض التخمر اللاهوائى للحمأة ذو المرحلة الواحدة (الغطاء الثابت)

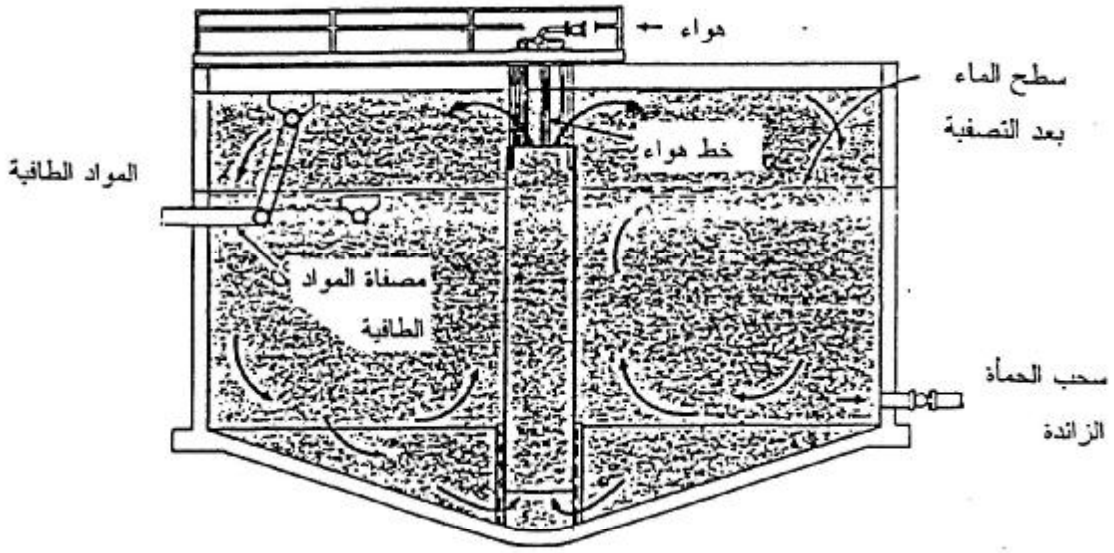
اللاهوائى ذو المرحلة الواحدة كما سيرد ذكره فيما بعد. وقد اتضح تأثير ارتفاع درجة حرارة الحمأة على فترة المكث داخل أحواض التخمر اللاهوائى وأيضاً تأثيرها على كمية الغاز الناتجة من هذا التخمر اللاهوائى.

التخمر الهوائي للحمأة

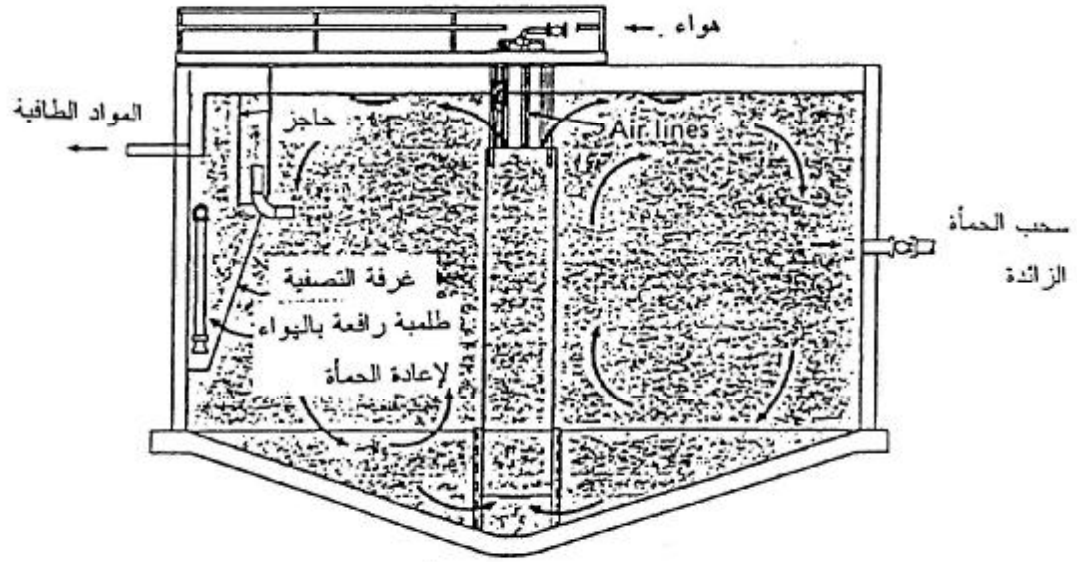
التخمر الهوائي للحمأة يعتبر كنظام التهوية الممتدة للحمأة المنشطة فى المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى، ولكن لمعالجة الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى، وتتراوح فترة المكث للتهوية ١٢ يوماً للحمأة الناتجة من المعالجة الابتدائية و١٠ أيام للحمأة الناتجة من كل من محطة المعالجة (الابتدائية والبيولوجية). كما أن ارتفاع درجة حرارة الحمأة يساعد على سرعة التخمر الهوائي وتقليل فترة المكث. ومن مميزات التخمر الهوائي للحمأة المرونة فى التشغيل وتحمله للأحمال العضوية المفاجئة وخاصة فى المخلفات العضوية الصناعية. كذلك انخفاض تكاليف الإنشاء المبدئية بالمقارنة بالتخمر اللاهوائى للحمأة، ولكن من عيوبه الزيادة الكبيرة فى تكاليف التشغيل والصيانة. والشكل رقم (٦-٩) يوضح تفاصيل أحواض التخمر الهوائي للحمأة.

تحسين الحمأة

المحتوى المائى للحمأة المكثفة كبير ويصل إلى ٩٧ – ٩٨%، وبمعرفة درجة حرارة الحمأة يمكن تحديد مراحل تبخر المياه بهذا المحتوى المائي. وفى معظم الحالات نجد أن الماء الحر (أ) بالحمأة كما هو موضح بالشكل رقم (٦-١٠) سهل ترشيحه بمجرد نشر الحمأة على أحواض الترشيح الرملية بمساعدة أشعة الشمس فقط. أما المحتوى المائى المتحد بحبيبات الحمأة (ب) فيجب العمل على تبخيره بالحرارة (التسخين) وبغرض المساعدة على تسهيل عملية سحبه، وهو الهدف الرئيسى من عمليات تحسين الحمأة. إذاً فالمقصود بلفظ تحسين (تكييف) الحمأة هو العمل على سرعة قابليتها لفصل المياه منها. ويتم ذلك عن طريق إضافة مواد كيميائية مجلطة أو بغسيل الحمأة (وهذه الطريقة سوف نتحدث عنها فى الصفحات التالية)، أو بالتسخين.



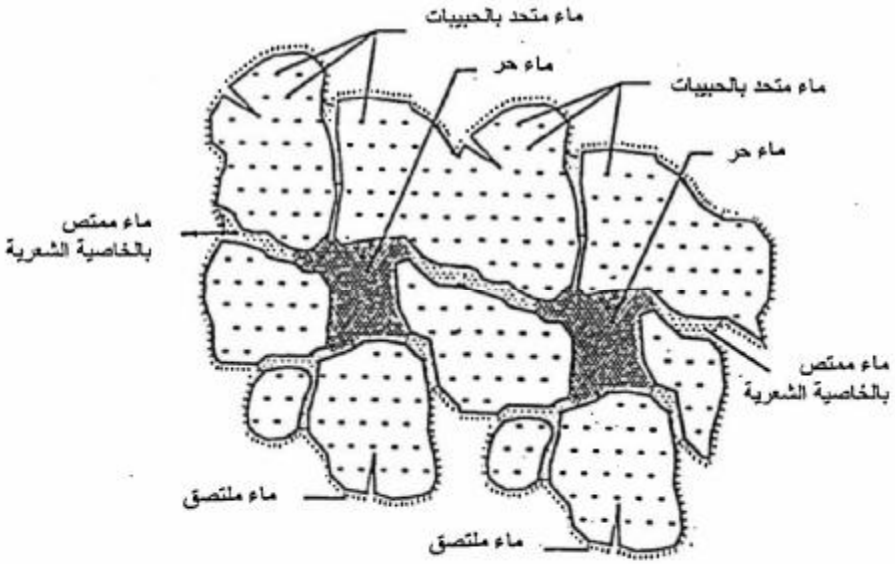
أ - التشغيل على دفعات



ب- التشغيل المستمر

شكل رقم (٦ - ٩)

تفاصيل حوض التخمر الهوائي للحمأة

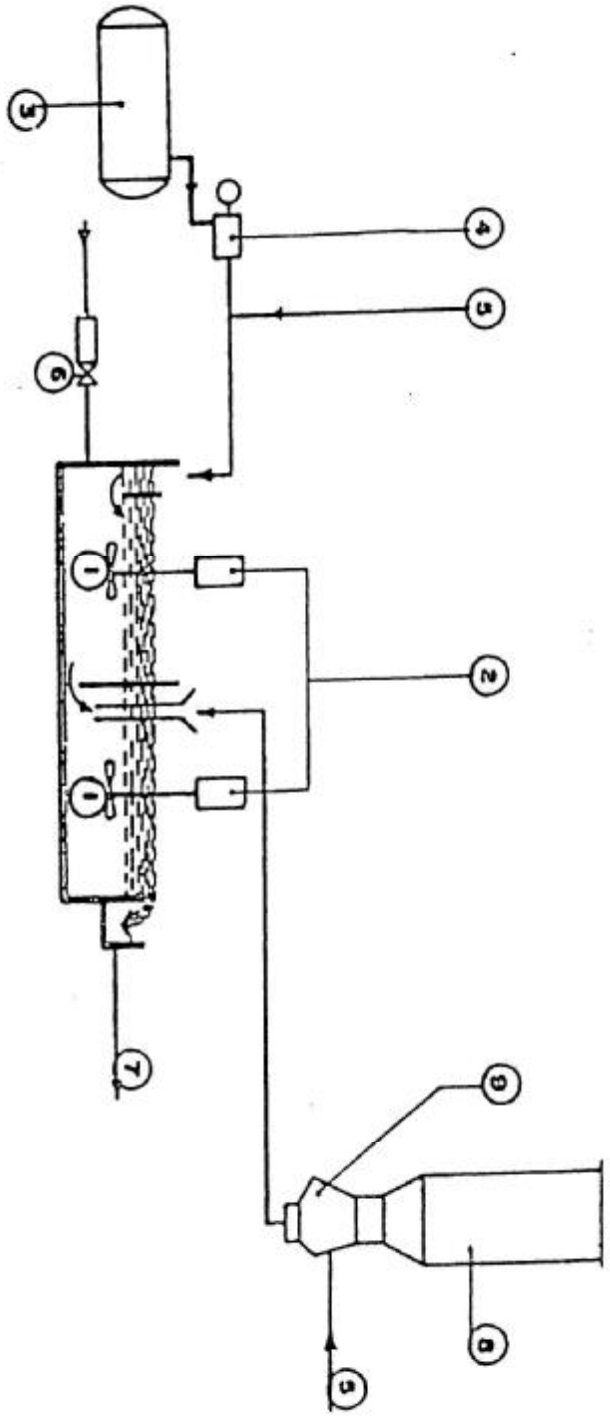


شكل رقم (٦-١٠)
المحتوى المائى فى الحمأة (حر– متحد– ملتصق- معلق)

التحسين بالمواد الكيميائية

تم استخدام المواد الكيميائية لتحسين خصائص الحمأة نظراً لنتائجها الممتازة، وهذه المواد الكيميائية تعمل على تجلط المواد الصلبة وفصل المياه الممتصة بها، ومن ثم يتم استخدام الطرق الميكانيكية فى سحب المياه من الحمأة مثل الترشيح بالخلخلة أو بالقوة الطاردة المركزية بعد تحسين خصائص الحمأة باستخدام هذه المواد المجلطة مثل كلوريد الحديديك، شكل رقم (٦-١١)، والجير وكبريتات الألومونيوم والمواد العضوية المساعدة (البوليمر)، ويفضل إضافة مثل هذه المواد على هيئة محلول (الطريقة الرطبة) لسهولة أعمال المناولة والتحضير والتحكم، ويجب أن تخلط هذه المواد الكيماوية المجلطة جيداً مع الحمأة.

كما يمكن تحديد جرعتها معملياً علماً، بأنه كلما زادت جرعة المواد الكيميائية زادت التكاليف الاقتصادية، كما أن بعض المواد الكيميائية المجلطة مثل الجير قد تزيد من صعوبة سحب المياه من الحمأة. ونتيجة لعمليات التحسين يتم أيضاً تقليل المحتوى المائى بنسبة كبيرة وذلك للماء المتعلق بالحبيبة (ج) والماء الملتصق بالخاصية الشعرية (د).



الرسم البيانى لوحدات التكييف (التحسين) باستخدام وحدات تعمل بكلوريد الحديديك

شكل رقم (٦ - ١١)

التحسين بغسيـــل وتتلخص هذه العملية فى إضافة ماء نظيف نسبياً إلى الحمـــأة به

الحمـــأة

ضعفها أو أكثر، ثم تترك الحمأة لكى تترسب المواد العالقة بقاع الحوض بينما يخرج الماء من أعلى الحوض.

وتتم عملية غسيل الحمأة بمزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق فى الحوض، أما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط، ثم يترك الخليط فى الحوض لترسيب المواد العالقة إلى القاع، وتتراوح نسبة الحمأة إلى المياه المضافة من ١ : ١,٥ إلى ١ : ٤,٥، ومن مميزات عملية غسيل الحمأة ما يلى:

أ- عدم الاحتياج إلى استعمال الجير مع كلوريد الحديديك.
ب- خفض حوالى ٦٠ - ٧٠% فى كمية كلوريد الحديديك المستعملة.
ج- زيادة قابلية الحمأة للترشيح.
د- خفض نسبة الرماد فى الحمأة المجففة.

تجفيف أو سحب المياه من الحمأة (ترشيح الحمأة)

المقصود بعملية التجفيف هو جعل نسبة المياه فى الحمـــأة صفراً، وذلك عـــن طريق وضعها فى أفران التجفيف ولكننا هنا سوف نذكر كلمـــة التجفيف فى بعض الأحواض والعمليات لأنها الكلمة المستخدمة عـــادة فـــى مثـــل هـــذه الأحوال وحتى لا يحدث خلط فى المسميات.

وتحتاج الحمأة قبل التخلص منها إلى عمليات ترشيح (ســـحب الميـــاه منهـــا) لتقليل حجمها. وعمليـــة الترشيح هذه تعنى من الناحية العلمية تقليل المحتوى المائى فى الحمأة المترسبة حتى يمكن نقلها بطريقة اقتـــصادية وســـهلة إلـــى مناطق التخلص النهائى لاستخدامها كمـــادة ردم للأراضـــي المنخفـــضة أو استخدامها كسماد عضوي، وهو الاستخدام الأمثل والاقتصادي والأكثر شيوعاً وخاصة للأراضي الرملية ومناطق الاستصلاح الجديدة فى جمهورية مـــصر العربية.

وعملية الترشيح (التجفيف) هذه قد تصل بنسبة المواد الصلبة فى الحمأة التـــى

يتم ترشيحها إلى ٢٠% على الأقل، فى حين تكون النسبة قبل الترشيح ٥% فى المتوسط فى الحمأة الناتجة من عملية المعالجة. وهذا يعنى تقليل حجم الحمأة إلى أقل من ٢٥% من حجمها مما يسهل التعامل معها كما يقلل تكلفة النقل إلى أقل ما يمكن. ويمكن تلخيص طرق الترشيح (التجفيف) شائعة الاستخدام كما يلى:

أ- تجفيف طبيعي: باستخدام أحواض الترشيح الرملية أو بحيرات التجفيف. (الطبيعى).

ب- تجفيف بالقوة الطاردة المركزية: (تجفيف ميكانيكى).

ج- ترشيح بالضغط: بمرشحات الرمل تحت ضغط (تجفيف ميكانيكى).

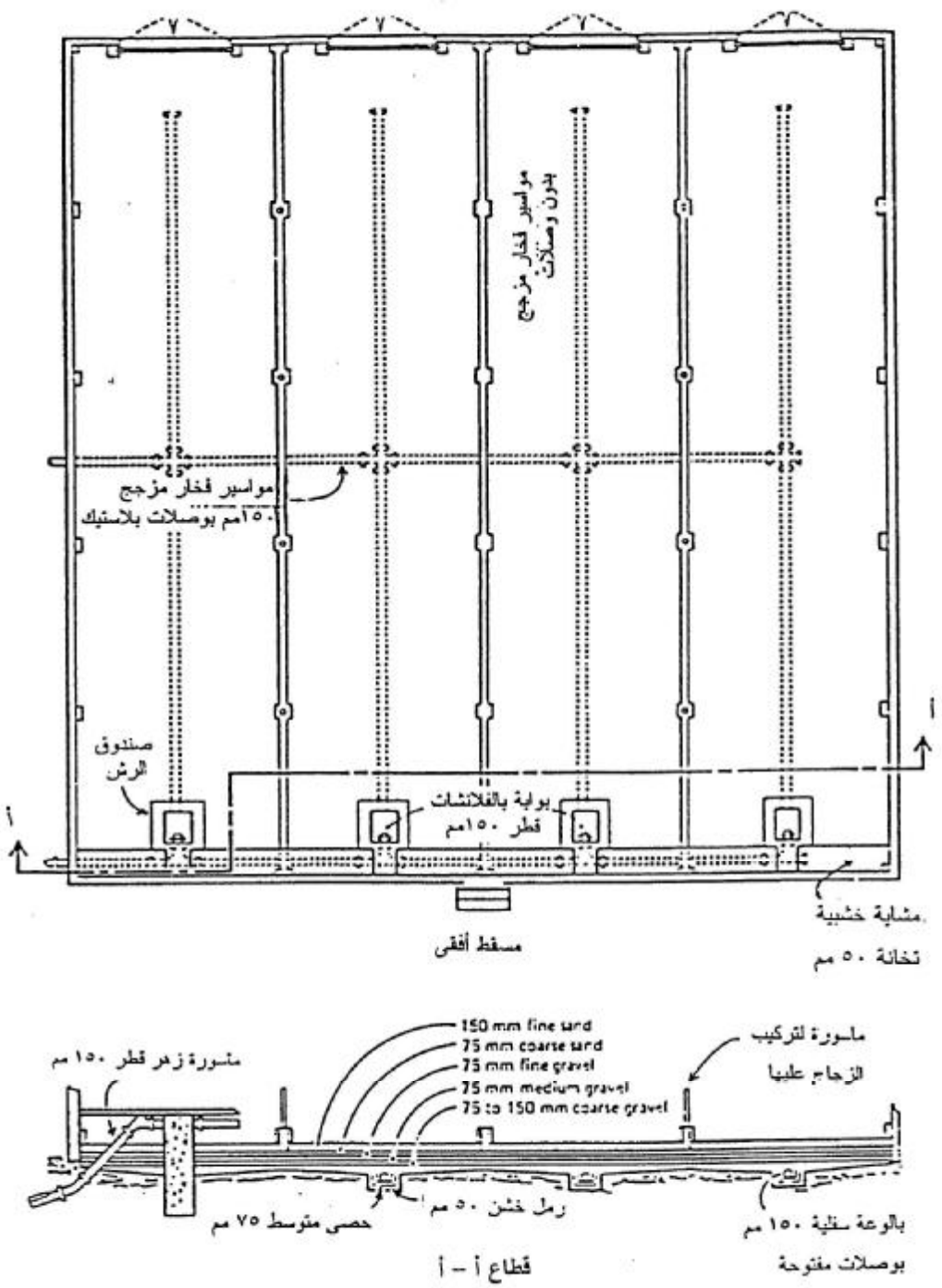
د- ترشيح بالخلخلة: باستخدام المصافى والضغط الأسموزى (غير مستخدمة فى مصر لمعالجة حمأة الصرف الصحى لزيادة التكاليف وإن كانت مستخدمة فى رواسب المخلفات الصناعية المائية) (تجفيف ميكانيكى).

هـ- التجفيف بآلات العصر (كبس ميكانيكى).

و- تحسين الحمأة بالمواد الكيميائية ثم استخدام التجفيف الطبيعى أو الميكانيكى.

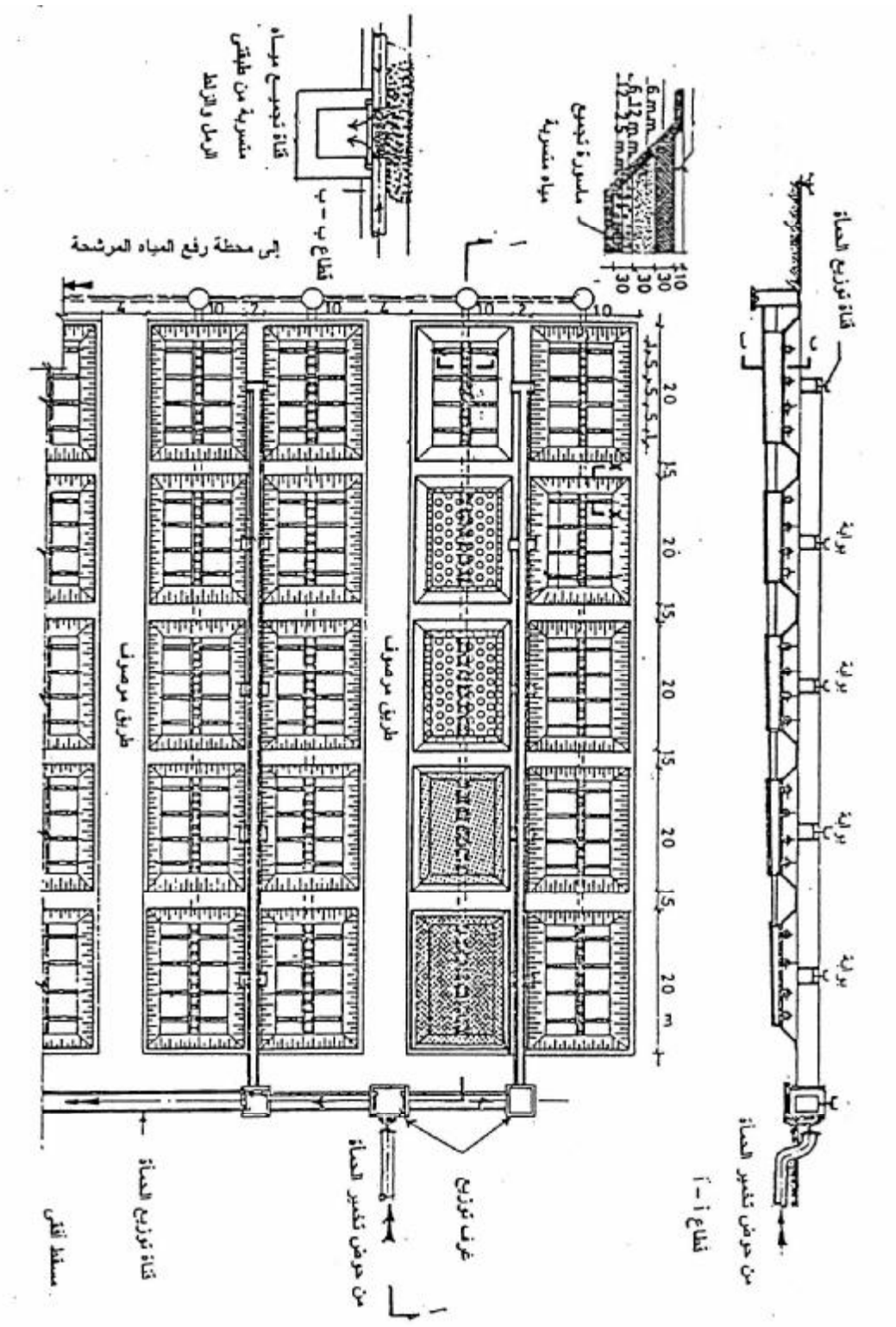
التجفيف الطبيعى

وطريقة التجفيف الطبيعى هى المستخدمة فى جمهورية مصر العربية فى جميع عمليات المعالجة، وتعتبر من أفضل العمليات من الناحية الاقتصادية سواء فى التكلفة الإنشائية أو تكلفة التشغيل والصيانة. وتعتمد طريقة التجفيف (الترشيح) هذه على تسرب جزء من المياه خلال الطبقات المسامية (الرمل والزلط) إلى أسفل أحواض الترشيح، بينما يتبخر جزء آخر من الماء من على سطح الأحواض المعرضة للهواء وأشعة الشمس ودرجة الحرارة المرتفعة والمتوفرة فى مناخ جمهورية مصر العربية كما هو موضح بالشكلين رقمي (٦-١٢، ٦-١٣). إلا أنه بجانب طريقة التجفيف الطبيعى هناك عدة طرق أخرى للترشيح مستخدمة فى مصر على نطاق محدود يطلق عليها طرق الترشيح الميكانيكى. وذلك باستخدام بعض المعدات الميكانيكية لسحب المياه أو عصر الرواسب (شكل رقم ٦-١٤).



شكل رقم (٦-١٢)

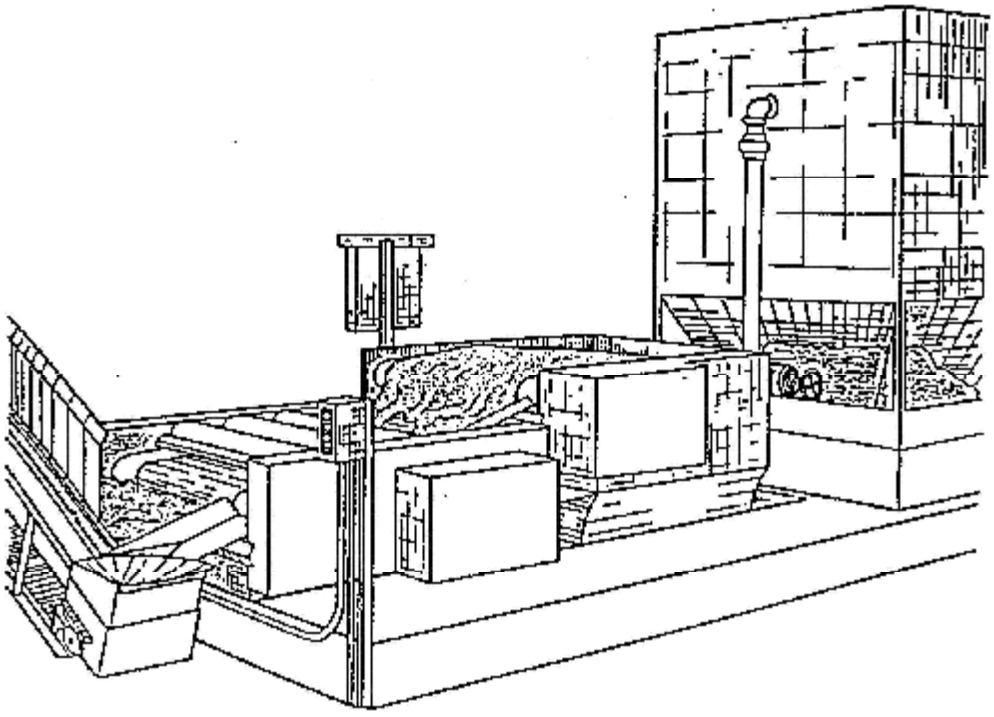
مسقط أفقى وقطاع فى أحواض ترشيح (ترشيح) الحمأة (المحطات الكبيرة)



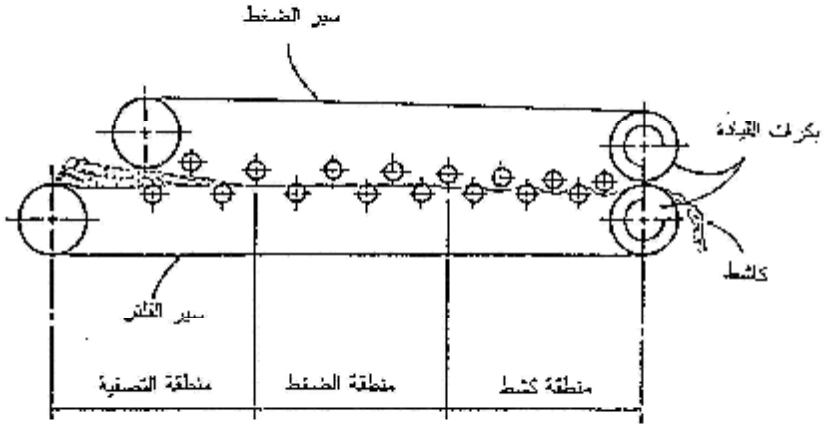
شكل رقم (٦-١٣)

أحواض تجفيف (ترشيح) الحمأة (المحطات المتوسطة والصغيرة)

النوع المستخدم فى مصر



أ - نظام تكثيف بشبكة ترشيح متحركة



ب- فلتر سير الضغط

شكل رقم (٦-١٤)

الترشـــــيح (الترشيح) الميكانيكـــــي

وبمقارنة التجفيف الطبيعى بالآخر الميكانيكى نجد أن التجفيف الطبيعى يتميز بعدم تغير نوعية المخلفات الصلبة المطلوب ترشيحها، إلى جانب انخفاض التكاليف الإنشائية وتكاليف الصيانة والتشغيل والطاقة اللازمة للتشغيل، بالإضافة إلى عدم الحاجة إلى استخدام المواد الكيميائية المجلطة للمساعدة فى عملية الترشيح وذلك يناسب الظروف المصرية نظراً لتوفر المساحات المطلوبة للترشيح الطبيعى وأيضاً توفر الطاقة الشمسية وقلة تكلفة الأيدي العاملة.

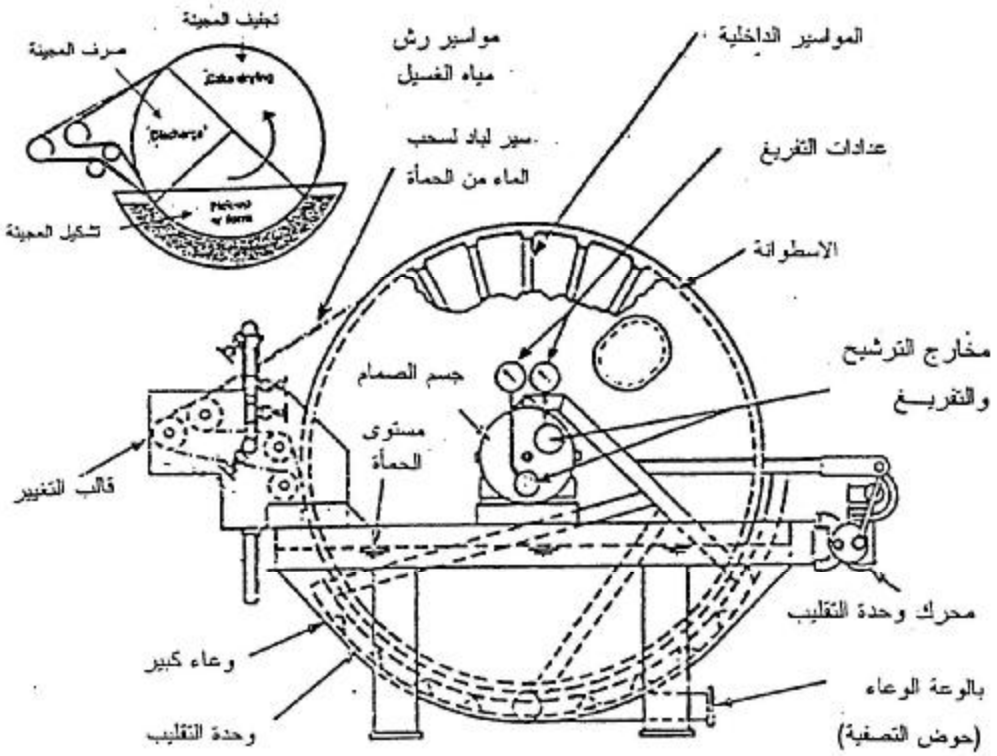
الترشيح بالخلخلة

وفى السنوات الأخيرة استخدمت أساليب جديدة لتطوير طريقة الترشيح الطبيعى بمساعدة سحب الهواء واستخدام ألواح مصنعة من الزلط أو مادة السيليكون مع الاحتفاظ بالفراغات وخلطها بمادة الابوكسى لتتماسك بينها هذه الحبيبات، ثم توضع هذه الألواح على طبقة زلطية متوسطة الحجم فى أحواض ترشيح خرسانية غير منفذة للهواء إلا من خلال مسامية هذه الألواح ويتم وضع المخلفات الصلبة (الحمأة المكثفة) على أحواض الترشيح بمعدل ثابت محدد طبقاً للتجارب المعملية، ويتوقف ذلك على مسامية الألواح.

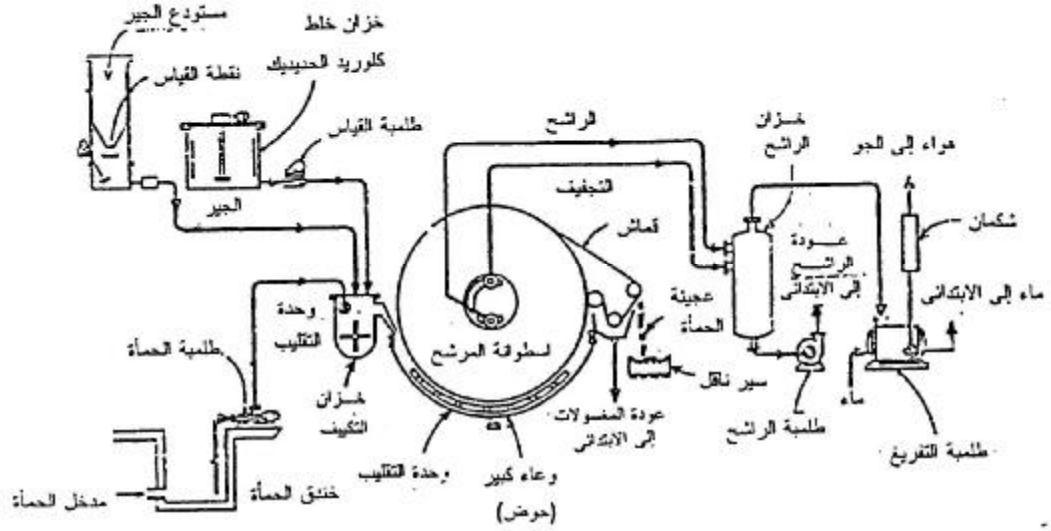
ثم تترك لفترة زمنية على الألواح التى تعمل كمصفاة أو مرشح وتتسرب كمية المياه من خلال مسامية الألواح لتتجمع فى بيارة طلمبات سحب أيضاً لتُضَخ مرة أخرى إلى مدخل وحدات معالجة الصرف الصحى نظراً لشدة تلوثها كما هو موضح بالشكل رقم (٦-١٥).

كما أن سحب الهواء من أسفل الأحواض يقلل من زمن الترشيح وبمجرد أن يتشقق سطح المواد المتخلفة على الألواح ويتسرب الهواء من مسامية الألواح تنتهى عملية سحب الهواء، وبالتالى يصبح تركيز المواد الصلبة بالحمأة المتبقية على سطح الألواح فى حدود ٢٠% مما يسهل من تجميعها ونقلها إلى مكان التهوية والتخزين (التحلل) لحين التخلص النهائى أو الاستفادة منها.

ولما كان من أهم عيوب طرق الترشيح الطبيعية استخدام مساحات كبيرة من الأرض، وبالتالى فإن عدم توافر الأراضى بالمساحة المطلوبة، والبعد



CROSS SECTIONAL VIEW OF A COIL SPRING - BELT TYPE - ROTARY VACUUM FILTER



شكل رقم (٦-١٥)

الترشـــــيح بالخلخلـــة

المناسب عن المدن تصبح مشكلة كبيرة كما هو الحال بالنسبة لمحطات المعالجة بمنطقة وسط الدلتا ومدينة الإسكندرية، حيث لا تتوافر مساحة الأرض التى تفى بالغرض المطلوب إلا على مسافات أكبر من ٥٠ – ٧٠ كيلو متر من المدينة، مما يتطلب ضخ الرواسب إلى مسافات كبيرة فتصبح طريقة الترشيح الطبيعى غير اقتصادية، مما يؤدى إلى التفكير فى استخدام طرق أخرى مثل طريقة الترشيح الطبيعى بمساعدة سحب الهواء (الخلخلة) والتى تقوم على نفس أسس طرق الترشيح الطبيعى الأخرى من تسرب وتبخر.

التجفيف بكبس الحمأة فى قوالب

فى هذه الطريقة يتم ترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامى تنفذ منه المياه وتبقى الرواسب على شكل قوالب فيما بين طبقتي القماش. على أنه يجب رفع المياه المتسربة من القماش إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات السائلة وذلك نظراً لشدة تلوثها.

والمرشح المستعمل يحتوى على مجموعة من الأقراص المربعة المعدنية المجوفة على أن يوضع القماش فيما بينها. وبأحد أركان كل قرص ثقب دائرى متصل بالفراغ– داخل القرص بفتحة صغيرة– فإذا ما ضمت هذه الأقراص على بعضها– تكون مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات إلى التجويف داخل الأقراص– وتحت الضغط تنفذ المياه خلال القماش فتخرج من فتحة أخرى فى القرص إلى ماسورة المخرج التى تتكون من مجموعة من الثقوب فى ركن آخر من أركان الأقراص المضمومة على بعضها.

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة للحمأة بأن يضاف إليها من ٣ إلى ٥% من وزنها جير، كما يلزم أن يصل الضغط إلى حوالى ٧,٥ كيلو جرام/ السنتيمتر المربع.

التجفيف بالطرد المركزى

ويتم ذلك بوضع الحمأة فى اسطوانات ذات جدران مسامية، وتدور هذه الاسطوانة بسرعة ٧٥٠ لفة فى الدقيقة– مما ينتج عنه اندفاع الحمأة إلى الجدران بفعل القوة الطاردة المركزية– فينفذ جزء من السائل خلال مسام

الجدار بينما تبقى الرواسب مع بعض السائل داخل الاسطوانة حيث يزال. ولا تستعمل هذه الطريقة بكثرة، كما أن الرواسب المزالة من داخل الاسطوانة تحتوى على حوالى ٧٥% من وزنها ماء. وطرق الترشيح بالطرد المركزي موضحة بالشكل رقم (٦-١٦).

التخلص من الحمأة قبل التجفيف

يتم التخلص من الحمأة قبل تجفيفها بالطرق التالية:

١- دفن الحمأة.

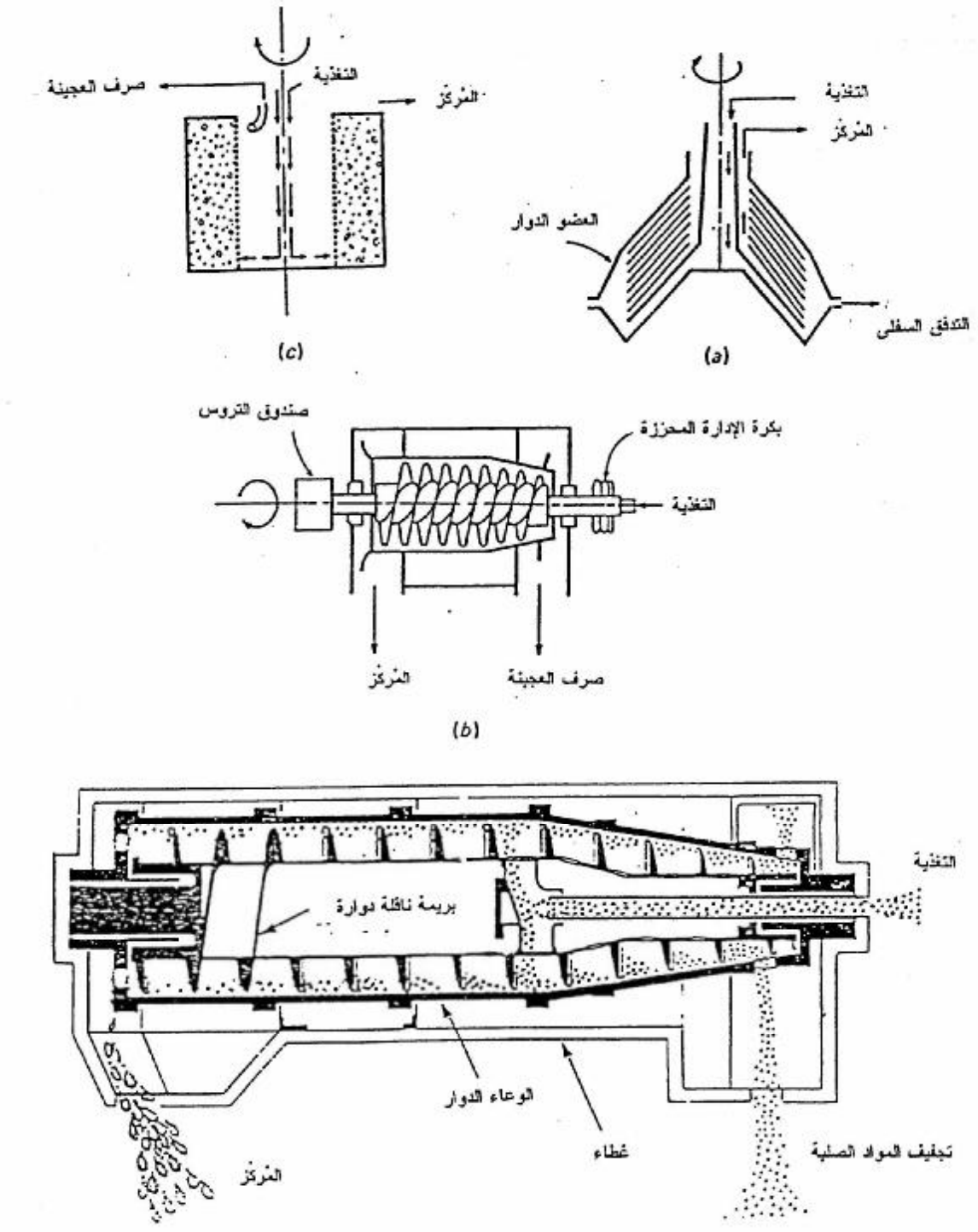
٢- قذف الحمأة فى البحر.

١- دفن الحمأة

ويتم ذلك بحفر خنادق مستطيلة متوازية بعمق متر ونصف على أن تلقى الحمأة فى الخنادق ثم تغطى بطبقة من التراب بارتفاع ثلاثين سنتيمتراً على الأقل، وذلك لمنع تصاعد الروائح منها، ولمنع توالد الذباب. ويمكن استغلال المساحة المستعملة كمزرعة على ألا يعاد حفر الخنادق فى نفس المنطقة إلا بعد مرور سنتين على الأقل، ولا يفضل استخدام هذه الطريقة فى المناطق الريفية.

٢- قذف الحمأة فى البحر

ويشترط لاتباع هذه الطريقة تواجد المدينة بالقرب من شاطئ البحر على أن يكون البحر بالاتساع الكافى بحيث تستوعب مياهه هذه الحمأة دون أن يهبط الأكسجين الذائب فى ماء البحر عن الحدود الكافية لنمو ونشاط الكائنات الحية التى تعيش أصلاً فى البحر. ويشترط دائماً أن يكون موقع التخلص من الحمأة فى داخل البحر وعلى أعماق كافية بحيث تضمن ألا تدفع الرياح أو التيارات الرواسب إلى الشاطئ. ويتم قذف الحمأة إلى البحر إما عن طريق طلمبات تدفعها إلى موقع التخلص أو بتحميل الحمأة فى سفن خاصة تسير بها إلى عرض البحر حيث يتم التخلص منها. وتشترط بعض المواصفات على ألا تقل النسبة بين حجم الماء فى البحر وكمية الحمأة التى تصب يومياً فيه عن ألفين ضعف، ويشترط أن يوجد من التيارات ما يمنع الترسيب، ولا تستخدم هذه الطريقة فى جمهورية مصر العربية.



شكل رقم (٦-١٦)

التجفيف بالطــرد المركــزى

التخلص من الحمأة بعد التجفيف

يتم التخلص من الحمأة المجففة بأحد الطريقتين الآتيتين:

١- استعمال الحمأة المجففة كسماد.

٢- حرق الحمأة بعد تجفيفها.

١- استعمال الحمأة المجففة كسماد

بعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض الترشيح الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة – مستوية السطح بارتفاع حوالى متر – ثم تغطى بطبقة من الرمل بسمك حوالى ثلاثة سنتيمترات لمنع احتمال توالد الذباب على سطحها. على أن تترك هذه الأكوام لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ يوم، وتتعرض أثناءها للتخمير الجزئى الذى يرفع درجة حرارتها إلى حوالى سبعين درجة مئوية، وذلك بفعل البكتريا والرطوبة الباقية فى الرواسب. وتساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل اكتمال نموها كما تساعد على الحد من بويضات الديدان الطفيلية، وبعد هذه الفترة الزمنية يباع للزراع كسماد بلدى يحتوى على المواد التالية:

- مواد عضوية بنسبة ٥٥ – ٧٥%
- مواد غير عضوية ٢٥ – ٤٥%
- زيوت ودهون ٥ – ٢٥%

أما الحمأة المجففة بالطرق الميكانيكية أى بالترشيح التفريغى أو بالترشيح بالضغط أو بالآلات ذات القوة الطاردة المركزية والتى سبق شرحها، فإنها لا تزال تحتوى مياه بنسبة حوالى ٧٥% من وزنها. ولذلك يجب استكمال ترشيحها قبل التصرف فيها كسماد بلدى. ويتم استكمال الترشيح بإدخال الرواسب فى أفران يمر بها الهواء الساخن فى درجة ١٥٠٠ – ٢٠٠٠ درجة مئوية، وهذا يكفى لخفض نسبة الماء إلى حوالى ٢٠% من الوزن الكلى، وهو ما يعتبر رواسب جافة، على أن يتم طحن الرواسب ثم تعبئتها فى أكياس وتباع كسماد بلدى.

٢- حرق الحمأة بعد تجفيفها

بعد أن تجمع الرواسب المجففة بإحدى الطرق السابقة، ويتعذر استخدامها كسماد فى المناطق الزراعية المجاورة يتم حرقها فى أفران خاصة وتستعمل الحرارة الناتجة من الحريق لتسخين المياه فى الغلايات أو للتدفئة أو لترشيح الحمأة قبل حرقها، وهناك أكثر من نوع للأفران الخاصة بهذه العملية.

مواصفات ومعايير المياه الملوثة

ملحـــق

مواصفات ومعايير المياه الملوثة

مقدمـــــة

يعرض هذا الملحق أهم الملوثات المحتمل تواجدها فى شبكات الصرف الصحى، ونتائج تحليل عينات مياه الصرف الصحى، بالإضافة إلى التشريعات المصرية التى تحدد مواصفات المياه الملوثة التى تصرف على:

١- نهر النيل وفروعه والخزان الجوفى:
القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢
القرار رقم ٤٠٢ لسنة ٢٠٠٩
٢- شبكة الصرف الصحى:
القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢
٣- البيئة البحرية:
القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤

الخصائص العامة لميـــاه الصرف الصحـــــى

يعرض الجـــدول رقـــم (م-١) أهم الملوثات المحتمـــل تواجدها فى شبكات الصرف الصحى. والمعروف أن المخلفات العضوية التى تنتج عن فرد واحد فى اليوم تكافئ ما مقدراه ٥٤ جم من الأكسجين الحيوى الممتص ويعرف بمكافئ التعداد (Population equivalent).

وتحتوى مياه الصرف الصحى على مركبات نتروجينية وفوسفورية وبعض المعادن الثقيلة والعناصر غير العضوية وبقايا الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. ويبين الجدول رقم (م-٢) نتائج تحليل عينات من مياه الصرف

الصحى.

جدول رقم (م - ١)

أهم الملوثات المحتمل تواجدها فى شبكات الصرف الصحى

الملوثات	سـبب أهميتهـا
المواد الصلبة العالقة	تؤدى المواد الصلبة العالقة إلى تكون رواسب الحمأة وحالات انعدام الهواء عند تصريف مياه الصرف الصحى فى المسطحات المائية المحيطة.
المواد العضوية الحيوية القابلة للتحلل	تتكون أساساً من البروتينات والكربوهيدارت والدهون. وتقاس المواد العضوية الحيوية القابلة للتحلل عادة بوحدات BOD (الأكسجين الحيوى الممتص) وCOD (الأكسجين الكيميائى الممتص). إذا تم تصريف مياه الصرف الصحى الغير معالجة فى البيئة المحيطة فإن الاتزان الحيوى قد يؤدى إلى نضوب موارد الأكسجين الطبيعى وزيادة حالات التعفن.
الكائنـات المسببة للأمراض	الأمراض المعدية يمكن أن تنتقل بواسطة الكائنات العضوية الناقلة للأمراض الموجودة فى مياه الصرف الصحى.
المواد المغذية	إن اتحاد النيتروجين والفوسفور مع الكربون يكون مواداً مغذية رئيسية لازمة للنمو. وعند تصريفها إلى المسطحات المائية المحيطة فإن هذه المواد المغذية تؤدى إلى نمو الكائنات المائية الغير مرغوب فيها. وعند تصريف كميات زائدة على الأرض فإنها أيضاً تؤدى إلى تلوث المياه الجوفية.
الملوثات الخطرة (ذات الأولوية)	المركبات العضوية والغير عضوية المختارة على أساس معرفة أو توقع مدى تسببها فى الإصابة بالسرطان أو التشوهات أو الأورام أو درجة سميتها الحادة العالية. والكثير من هذه المركبات موجود فى مياه الصرف الصحى.
المواد العضوية المقاومة للتحلل	هذه المواد العضوية تعمل على مقاومة الطرق التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحى. والأمثلة النموذجية تشمل المواد الحافظة للتوتر السطحى والفينول والمبيدات الزراعية.
المعادن الثقيلة	تضاف المعادن الثقيلة عادة لمياه الصرف الصحى عن طريق الأنشطة الصناعية والتجارية، وقد يتطلب الأمر إزالتها إذا كانت مياه الصرف الصحى سيعاد استخدامها.
المواد غير العضوية المذابة	ترد المواد غير العضوية الأساسية مثل الكالسيوم والصوديوم والكبريتات إلى شبكة الصرف المنزلية كنتيجة لاستخدام المياه وقد يستلزم الأمر إزالتها إذا كانت مياه الصرف الصحى سيعاد استخدامها.

جدول رقم (م-٢)
التحليل الكيميائى لعينات من مياه الصرف الصحى

الاختبـــــــــــار	التركيـــــــــــز (مجم/لتر)		
	قـــــوى	متوســـــط	ضعيـــــف
المواد الصلبة الكلية	١٢٠٠	٧٠٠	٣٥٠
الواد الصلبة الذائبة الكلية	٨٥٠	٥٠٠	٢٥٠
المواد الصلبة الذائية الثابتة	٥٢٥	٣٠٠	١٤٥
المواد الصلبة الذائبة المتطايرة	٣٢٥	٢٠٠	١٠٥
المواد العالقة الكلية	٣٥٠	٢٠٠	١٠٠
المواد العالقة الثابتة	٧٥	٥٠	٣٠
المواد العالقة المتطايرة	٢٧٥	١٥٠	٧٠
المواد المترسبة (ملليتر/لتر)	٢٠	١٠	٥
الأكسجين الحيوى الممتص	٣٠٠	٢٠٠	١٠٠
الكربون العضوى الكلى	٣٠٠	٢٠٠	١٠٠
الأكسجين الكيميائى المستهلك	١٠٠٠	٥٠٠	٢٥٠
النيتروجين الكلى	٨٥	٤٠	٢٠
النيتروجين العضوى	٣٥	١٥	٨
الأمونيا الحره	٥٠	٢٥	١٢
النيتريت	صفر	صفر	صفر
النترات	صفر	صفر	صفر
الفوسفور الكلى	٢٠	١٠	٦
الفوسفورالعضوى	٥	٣	٢
الفوسفور غير العضوى	١٥	٧	٤
الكلوريد	١٠٠	٥٠	٣٠
القلوية (كربونات كالسيوم)	٢٠٠	١٠٠	٥٠
الشحوم	١٥٠	١٠٠	٥٠

التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات المياه الملوثة

١ - المياه التى تصرف على نهر النيل وفروعه وعلى الخزان الجوفى:

صدر فى مصر القانون رقم ٤٨ فى سنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجارى المائية من التلوث، وعدم الترخيص بصرف أية مخلفات سائلة إلى نهر النيل أو فروعه أو الترع والمصارف والجنَّابيات وخزانات المياه الجوفية، قبل مطابقتها للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الرى رقم ٥٨ لسنة ١٩٨٣.

وقد نصت المادة ٦٠ من القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ على أنه:

" يجب أن تبقى مجارى المياه العذبة التى يرخص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إليها فى حدود المعايير والمواصفات المبينة فى الجدول رقم (م-٣) ".

جدول رقم (م-٣)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية السائلة المعالجة للصرف على النيل وفروعه والخزان الجوفى

الاختبار	المواصفات ملليجرام/لتر (مالم يذكر غير ذلك)
اللون	لا يزيد على ١٠٠ درجة
مجموع المواد الصلبة	٥٠٠
درجة الحرارة	٥ درجات مئوية فوق المعتاد
الأكسجين الذائب	لا يقل عن ٥
الأس الإيدروجينى	٧ – ٨,٥
الأكسجين الحيوى الممتص	لا يزيد عن ٦
الأكسجين الكيماوى المستهلك	لا يزيد عن ١٠
نيتروجين عضوى	لا يزيد عن ١
نشادر	لا يزيد عن ٠,٥
شحوم وزيوت	لا تزيد عن ٠,١

"تابع" جدول رقم (م-٣)
المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية السائلة المعالجة للصرف على النيل وفروعه والخزان الجوفى

الاختبـــــــــار	المواصفات ملليجرام/لتر (مالم يذكر غير ذلك)
القلوية الكلية	لا تزيد على ١٥٠ ولا تقل عن ٢٠
كبريتات	لا تزيد عن ٢٠٠
مركبات الزئبق	لا تزيد عن ٠,٠٠١
حديد	لا يزيد عن ١
منجنيز	لا يزيد عن ٠,٥
نحاس	لا يزيد عن ١
زنك (خارصين)	لا يزيد عن ١
منظفات صناعية	لا تزيد عن ٠,٥
نترات	لا تزيد عن ٤٥
فلوريدات	لا تزيد عن ٠,٥
فينول	لا يزيد عن ٠,٠٢
زرنيخ	لا يزيد عن ٠,٠٥
كادميوم	لا يزيد عن ٠,٠١
كروم	لا يزيد عن ٠,٠٥
سيانيد	لا يزيد عن ٠,١
رصاص	لا يزيد عن ٠,٠٥
سلينيوم	لا يزيد عن ٠,٠١

وحددت المادة ٦١ من نفس القانون:

" معايير الترخيص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إلى مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية التى وضعتها وزارة الصحة طبقا لما هو مبين فى الجدول رقم (م-٤) ".

جدول رقم (م - ٤)
المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية السائلة المعالجة للصرف على مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية

الاختبـــــــــار	الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التى يتم صرفها على	
	نهر النيل من حدود مصر الجنوبية إلى قناطر الدلتا	فرع النيل والرياحات والترع والجنابيات وخزانات المياه الجوفية
درجة الحرارة	٣٥°م	٣٥°م
الأس الايدروجينى	٦ – ٩	٦ – ٩
اللون	خالية من المواد الملونة	خالية من المواد الملونة
الأكسجين الحيوى الممتص	٣٠	٢٠
الأكسجين المستهلك كيميائيا (دايكرومات)	٤٠	٣٠
الأكسجين المستهلك كيميائيا (برمنجنات)	١٥	١٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	١٢٠٠	٨٠٠
رماد المواد الصلبة الذائبة	١١٠٠	٧٠٠
المواد العالقة	٣٠	٣٠
رماد المواد العالقة	٢٠	٢٠
الكبريتيدات	١	١
الزيوت والشحوم والراتنجات	٥	٥
الفوسفات غير العضوى	١	١
النترات	٣٠	٣٠
الفينول	٠,٠٠٢	٠,٠٠١
الفلوريدات	٠,٥	٠,٥
الكلور المتبقى	١	١

"تابع" جدول رقم (١ - ٤)
المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية السائلة المعالجة للصرف على مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية

الاختبـــــــــــار	الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التى يتم صرفها على	
	نهر النيل من حدود مصر الجنوبية إلى قناطر الدلتا	فرع النيل والرياحات والترع والجنابيات وخزانات المياه الجوفية
مجموع المعادن الثقيلة:	لا يزيد عن ١	لا يزيد عن ١
* الزئبق	٠,٠٠١	٠,٠٠١
* الرصاص	٠,٠٥	٠,٠٥
* الكادميوم	٠,٠١	٠,٠١
* الزرنيخ	٠,٠٥	٠,٠٥
* الكروم سداسى التكافؤ	٠,٠٥	٠,٠٥
* النحاس	١	١
* النيكل	٠,١	٠,١
* الحديد	١	١
المنجنيز	٠,٥	٠,٥
الزنك	١	١
الفضة	٠,٠٥	٠,٠٥
المنظفات الصناعية	٠,٠٥	٠,٠٥
العد الإحتمالى للمجموعة القولونية فى ١٠٠سم^{٣}	٢٥٠٠	٢٥٠٠

ونصت المادة ٦٢ من نفس القانون على أنه:

" لوزارة الرى، ودون اخلال بأحكام المادة ٦٠ من هذه اللائحة، أن تتجاوز عن بعض المعايير المشار إليها بالمادة ٦١ وذلك فى الحالات التى تقل فيها كمية المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التى يتم صرفها إلى مسطحات المياه العذبة عن مائة متر مكعب من اليوم ويشترط ألا تزيد عن الحدود الموضحة فى الجدول رقم (م-٥) ".

ونصت المادة ٦٣ من نفس القانون على أنه:

" يجب ألا تكون المخلفات الصناعية السائلة المعالجة والتى يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه العذبة مختلطة بمخلفات آدمية أو حيوانية".

جدول رقم (م-٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة المعالجة التى تقل عن ١٠٠ م^3 يوميا للصرف على مسطحات المياه العذبة

الاختبـــــــــــــــار	الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التى يتم صرفها على	
	نهر النيل من حدود مصر الجنوبية إلى قناطر الدلتا	فرع النيل والرياحات والترع والجنابيات وخزانات المياه الجوفية
الأكسجين الحيوى الممتص	٤٠	٣٠
الأكسجين المستهلك كيميائيا (الدايكرومات)	٦٠	٤٠
الأكسجين المستهلك كيميائيا (البرمنجنات)	٢٠	١٥
مجموع المواد الصلبة رماد المواد الصلبة	١٥٠٠ ١٠٠٠	١٠٠٠ ٩٠٠
المواد العالقة	٤٠	٣٠
الزيوت والشحوم والراتنجات	١٠	١٠
النترات	٤٠	٣٠
الفينول	٠,٠٠٥	٠,٠٠٢

ونصت المادة ٦٤ على أنه:

" فى تطبيق أحكام القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ المشار إليه تسرى أحكام التشريعات المنظمة للمعايير الخاصة بالإشعاعات والمواد المشعة للتأكد من مطابقة المخلفات الصناعية السائلة لها قبل الترخيص بصرفها إلى مسطحات المياه العذبة".

ونصت المادة ٦٥ على أنه:

" يجب أن تتوافر فى مياه المصارف قبل رفعها إلى مسطحات المياه العذبة المعايير المبينة فى الجدول رقم (م-٦)".

جدول رقم (م-٦)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى مياه المصارف قبل صرفها على مسطحات المياه العذبة

الاختبـــــــــــــار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
اللون	لا يزيد عن ١٠٠ وحدة
مجموع المواد الصلبة	٥٠٠
درجة الحرارة	٥°م فوق المعتاد
الرائحة	٢ درجة على البارد
الأكسجين الذائب	لا يقل عن ٥
الأس الأيدروجينى	لا يقل عن ٧ ولا يزيد عن ٨,٥
الأكسجين الحيوى الممتص	لا يزيد عن ١٠
الأكسجين الكيميائى المستهلك (دايكرومات)	لا يزيد عن ١٥
الأكسجين الكيميائى المستهلك (برمنجنات)	لا يزيد عن ٦
النشادر	لا يزيد عن ٠,٥
زيوت وشحوم	لا تزيد عن ١
القلوية الكلية	لا تزيد عن ٢٠٠ ولا يقل عن ٥٠
مركبات الزئبق	لا تزيد عن ٠,٠٠١
حديد	لا يزيد عن ١

"تابع" جدول رقم (م-٦)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى مياه المصارف قبل صرفها على مسطحات المياه العذبة

الاختبـــــــــار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
منجنيز	لا يزيد عن ١,٥
نحاس	لا يزيد عن ١
زنك	لا يزيد عن ١
منظفات صناعية	لا تزيد عن ٠,٥
نترات	لا تزيد عن ٤٥
فلوريدات	لا تزيد عن ٠,٥
فينول	لا يزيد عن ٠,٠٢
زرنيخ	لا يزيد عن ٠,٠٥
كادميوم	لا يزيد عن ٠,٠١
كروم سداسى التكافؤ	لا يزيد عن ٠,٠١
سيانيد	لا يزيد عن ٠,١
التانين واللجنين	٠,٥
فوسفات	١
مستخلص كربون - كلوروفورم	١,٥ جم/لتر
العد الإحتمالى للمجموعة القولونية/١٠٠ سم^3	٥٠٠٠

٢ - المياه التى تصرف على شبكة الصرف الصحى:

صدر القانون ٩٣ فى عام ١٩٦٢ ليوجب ضرورة معالجة المخلفات السائلة التى يتم صرفها من مختلف المنشآت الصناعية على شبكة الصرف الصحى بالمدن ثم صدر القرار الوزارى رقم ٩ لعام ١٩٨٩ بتعديل القرار رقم ٦٤٩ لسنة ١٩٦٢ لتصبح المعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية التى يسمح بصرفها على شبكة الصرف الصحى كما هو مبين فى الجدول رقم (م-٧).

٣ - المياه التى تصرف على البيئة البحرية:

صدر القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ ولائحته التنفيذية التى نصت فى المادة ٥٨ من

الفصل الثانى منه على أنه:

"مع عدم الإخلال بما تنص عليه المادة الثانية من قرار إصدار هذه اللائحة، يحظر على المنشآت الصناعية التى يصرح لها بتصريف المواد الملوثة القابلة للتحلل إلى البيئة المائية والشواطىء المتاخمة تصريف تلك المواد إلا بعد معالجتها وجعلها مطابقة للمواصفات والمعايير المبينة فى الجدول رقم (م-٨)".

جدول رقم (م-٧)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة قبل صرفها على شبكة الصرف الصحى

الاختبـــــــار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
درجة الحرارة	لا يزيد عن ٤٠°م
الأس الأيدروجينى	٦ - ١٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	لا تزيد عن ٢٠٠٠
المواد العالقة	لا تزيد عن ٥٠٠
الأكسجين الحيوى الممتص	لا يزيد عن ٤٠٠
الأكسجين الكيميائى المستهلك (دايكرومات)	لا يزيد عن ٧٠٠
الأكسجين الكيميائى المستهلك (برمنجنات)	لا يزيد عن ٣٥٠
الكبريتيدات (كب)	لا تزيد عن ١٠
السيانيد	لا يزيد عن ٠,١
فوسفات	لا تزيد عن ٥
نترات	لا تزيد عن ٣٠
فلوريدات	لا تزيد عن ١
فينول	لا يزيد عن ٠,٠٠٥
أمونيا	لا تزيد عن ١٠٠

"تابع" جدول رقم (م-٧)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة قبل صرفها على شبكة الصرف الصحى

الاختبـــــــــار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
الكلور الحر المتبقى	لا يزيد عن ١٠
أكاسيد كبريت	لا تزيد عن ١
فورمالدهيد	لا يزيد عن ١٠
زيوت ودهون	لا تزيد عن ١٠٠
مجموع المعادن الثقيلة وتشمل: (الفضة - الزئبق - النيكل - الزنك - الكروم - الكادميوم - القصدير)	لا يزيد عن ١٠ إذا كان حجم الصرف لا يزيد عن ٥٠م٣ يوميا، ولا يزيد عن ٥ إذا كان حجم الصرف يزيد عن ٥٠ م٣ يوميا
مجموع الفضة والزئبق	لا يزيد عن ١

ملحوظة:

يجب خلو مياه الصرف من البقايا البترولية، وكربيد الكالسيوم، والمذيبات العضوية، والمواد السامة، والمواد المشعة.

جدول رقم (م-٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة قبل صرفها على البيئة البحرية

الاختبـــــــــــــار	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات ملليجرام/لتر ما لم يذكر خلاف ذلك
درجة الحرارة	لا تزيد عن ١٠°م فوق المعدل السائد
الأس الأيدروجينى	٦ – ٩
اللون	خالية من المواد الملونة
الأكسجين الحيوى الممتص	٦٠
الأكسجين الكيماوى المستهلك (دايكرومات)	١٠٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	٢٠٠٠
رماد المواد الصلبة الذائبة	١٨٠٠
المواد العالقة	٦٠

"تابع" جدول رقم (م-٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة قبل صرفها على البيئة البحرية

الاختبـــــــــــــار	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات مللجرام/لتر ما لم يذكر خلاف ذلك
العكارة	٥٠ (ن.ع.و)
الكبريتيدات	١
الزيوت والشحوم	١٥
الهيدروكربونات من أصل بترولى	٠,٥
الفوسفات	٥
النيترات	٤٠
الفينولات	١
الفلوريدات	١
الألومنيوم	٣
الأمونيا – نيتروجين	٣
الزئبق	٠,٠٠٥
الرصاص	٠,٥
الكادميوم	٠,٠٥
الزرنيخ	٠,٠٥
الكروم	١
النحاس	١,٥
النيكل	٠,١
الحديد	١,٥
المنجنيز	١
الزنك	٥
الفضة	٠,١
باريوم	٢

"تابع" جدول رقم (م-٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة قبل صرفها على البيئة البحرية

الاختبـــــــــــــار	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات ملليجرام/لتر ما لم يذكر خلاف ذلك
كوبلت	٢
المبيدات بأنواعها	٠,٢
السيانيد	٠,١
العد الاحتمالى للمجموعة القولونية فى ١٠٠ سم^{٣}	٥٠٠٠