هندسة الصرف الصحى

هندسة صحية (٢)

دكتور محمد صادق العدوى
كلية الهندسة – جامعة الإسكندرية
١٤٢٨ هجرية ٢٠٠٧ ميلادية

إهداء

إلى من يهديني دوما وأبدا لهذا العمل
فالعقل يعجز أحيانا عن التعبير
خاصة فى أمور يدركها ولا يستطيع
الإحاطة بها ليكتبها.

المؤلف

وقد شارك فى إخراج الكتاب بصورته الجديدة
كل من السيدة / زينب خلف
والمهندس / محمد عبد الفتاح
والمهندس / خالد العدوى
لهم كل الشكر والتقدير.

3

المحتويات

المحتويات ٥

الجداول ٩

الأشكال التوضيحية ١١

تقديم ١٥

الباب الأول: خصائص المخلفات السائلة..... ٢١

خصائص مياه المجارى المنزلية ٢٤

المخلفات الصناعية ٢٩

مياه الأمطار ٢٩

كمية مياه الأمطار ٣٣

الباب الثانى: تجميع المخلفات السائلة ٣٧

أنواع شبكات الصرف ٣٧

تصميم مواسير التصريف الدائرية ٣٩

تجميع مياه الأمطار ٦٢

ملحقات شبكة الصرف الصحى ٧٩

تشغيل وصيانة شبكات الصرف الصحى ٩٤

كثافة الغازات ٩٥

الباب الثالث: معالجة المخلفات السائلة ٩٧

الهدف من عمليات المعالجة ٩٧

المسطحات المائية Eutrophication ٩٩

المعالجة التمهيدية ١٠٤

المصافى ١٠٤

أحواض ترسيب الرمال ١٠٨

أحواض الترسيب الابتدائى ١٢٢

أحواض إمهوف ١٢٩

الباب الرابع: المعالجة البيولوجية ١٣٧

الكائنات الحية الدقيقة ١٣٧
المعالجة البيولوجية ١٤٢
الأكسدة الهوائية ١٥٠
الأكسدة اللاهوائية ١٥٢
الأكسجين الحيوى المستهلك ١٥٦
الأكسجين الكيمائى المستهلك ١٦٢
عينات مياه الصرف الصحى ١٦٥
التنقية الذاتية للأنهار ١٧١

الباب الخامس: عمليات المعالجة البيولوجية..... ١٧٧

المرشحات البيولوجية ١٧٨
عملية الحمأة المنشطة..... ١٩٣
طرق التشغيل المعدلة ٢١٣
الترسيب الثانوى ٢١٨
التهوية المطولة ٢٢٤
عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية ٢٣٧
معالجة المخلفات السائلة من بعض الصناعات والأنشطة الزراعية..... ٢٥٠

الباب السادس:
التخلص من مياه الصرف الصحى فى المناطق المنعزلة .. ٢٥٩

المعالجة الجزئية قبل التخلص فى الموقع ٢٥٩
أحواض التحليل ٢٦٢
خنادق التصريف ٢٦٧
بيارات وحفر التسريب ٢٧٠
تجميع مياه الرشح..... ٢٧٤
الرى والصرف تحت سطح الأرض ٢٧٦

الباب السابع:
معالجة الحمأة والمخلفات الصلبة والتخلص منها ٢٧٩

نقل الحمأة ٢٨٠
التثبيت اللاهوائى للحمأة ٢٨١
أحواض تجفيف الحمأة ٢٨٩
التخلص من المخلفات الصلبة ٢٩٣
مكونات القمامة ٢٩٥
اختيار موقع المدفن الصحى ٣٠٠
السوائل المتسربة من القمامة ٣٠٢
خلط المكون العضوى للقمامة لمواد عضوية أخرى Composting ٣٠٤
إنتاج البيوجاز ٣٠٥

الباب الثامن: طرق المعالجة الاقتصادية ٣٠٧

مقدمة ٣٠٧
عمليات المعالجة فى بحيرات الأكسدة المتقلبة ٣١٦
العوامل المؤثرة فى التخطيط والتصميم والتشغيل والإنشاء ٣٢٢
تصميم وتشغيل بحيرات الأكسدة ٣٣٢
البحيرات اللاهوائية ٣٣٢
البحيرات الهوائية اللاهوائية ٣٣٤
بحيرات الانضاج ٣٣٧
البحيرات المهواة ٣٥٣
الأقراص البيولوجية الدوارة ٣٦٨
قنوات الأكسدة ٣٠٧

الباب التاسع: حماية وتنمية البيئة ٣٧٧

التخطيط العام لمشروعات الصرف الصحى وعلاقته بالبيئة ٣٧٨
تأثير العقيدة الدينية على معالجة المخلفات السائلة ٣٨٥
التقييم البيئى للمشروعات ٣٩٠
الآثار البيئية ٣٩٠
التأثير البيئى للمشروعات العالمية ٣٩٥
الأمطار الحمضية ٣٩٥
ارتفاع درجة حرارة الأرض ٣٩٧
تعريف بقوانين حماية البيئة من التلوث ٤٠١
حالة دراسة للتقييم البيئى للمشروعات (مجارى الإسكندرية) ٤٠٩

الفصل الأول من مجارى الإسكندرية ٤١٠
الفصل الثانى من مشروع المجارى ٤١٦
الفصل الثالث من مجارى الإسكندرية
(دراسات العشر سنوات الأواخر من القرن العشرين) ٤٣٤
الفصل الرابع من مجارى الإسكندرية
(تقييم الآثار البيئية من واقع الأمن القومى) ٤٥٤

الباب العاشر:

إعادة استعمال مياه الصرف الصحى ٤٦١

العوامل الدافعة لعملية إعادة الاستعمال ٤٦٣
إعادة الاستعمال فى دول أوربية وفى أمريكا ٤٦٧
إعادة الاستعمال فى الهند والصين ودول أخرى ٤٧٣
الاستنبات المائى لورد النيل ٤٨١
تخزين مياه الصرف الصحى المعالجة قبل الرى ٤٨٨
الآثار السلبية والتحكم فيها ٤٩٨
عوامل يجب دراستها عند إعادة استعمال مياه الصرف الصحى ٥١٠
معايير وإرشادات ودلائل الرى بمياه الصرف الصحى ٥١١
إرشادات عامة ٥١١
معايير الرى بمياه الصرف الصحى ٥١٦
دلائل هيئة الصحة العالمية ٥١٨
محاذير يجب مراعاتها للرى بمياه الصرف الصحى ٥٢٤
استخدام الحمأة فى تسميد التربة الزراعية ٥٢٧

الملاحق ٥٣٧

المراجع ٥٤١

الجداول

جدول (١): مكونات مياه المجارى الآدمية ٢٥
جدول (٢-١): العوامل الهيدروليكية للقطاع الدائرى الغير ممتلىء ٤٨
جدول (٢-٢): معامل الاحتكاك للمواد المختلفة ٥٤
جدول (٢-٣): جداول التصميم لمواسير الصرف الصحى الدائرية ٥٥
جدول (٢-٤): العلاقة بين كثافة الأمطار وفترة نزولها فى الإسكندرية ٦٥
جدول (٢-٥): أبعاد لغرف التفتيش والمطابق ٨٢
جدول (٣-١): التحكم فى سرعة المياه فى قنوات حجز الرمال ١١٨
جدول (٤-١): ذوبانية الأكسجين فى المياه العذبة ١٥١
جدول (٤-٢): معدلات التصرف لعلميات المعالجة ١٧٦
جدول (٨-١): أسس تصميمية للبحيرات اللاهوائية ٣٣٣
جدول (٨-٢): الحمل العضوى للبحيرات المتقلبة ٣٣٦
جدول (١٠-١): معايير مصرية للمخلفات السائلة المستخدمة فى الرى ٥٢٠
جدول (١٠-٢): العلاقة بين درجة المعالجة والمحاصيل التى يمكن زراعتها ٥٢١
جدول (١٠-٣): التركيزات المقبولة للمعادن الثقيلة فى مياه الرى ٥٢٣

الأشكال التوضيحية

شكل (١-١): دورة النتروجين فى الطبيعة ٢٨
شكل (١-٢): التغير فى معدلات مياه المجارى ٣٢
شكل (١-٣): كثافة الأمطار بمدينة الإسكندرية ٣٥
شكل (١-٤): كثافة الأمطار بمدينة بيروت ٣٦
شكل (٢-١): هدار مثلثى قائم الزاوية ٤٢
شكل (٢-٢): قطاع دائرى فى ماسورة صرف ٤٧
شكل (٢-٣): العلاقات الهيدروليكية النسبية للقطاع الدائرى ٤٩
شكل (٢-٤): المخطط البيانى لمعادلة ماننج ٧٧
شكل (٢-٥): نموذج لغرف تشرب مياه الأمطار ٧٨
شكل (٢-٦): نماذج لغرف تفتيش ومطابق ٨١
شكل (٢-٧): بالوعات الأمطار ٨٣
شكل (٢-٨): أحواض حجز الدهون ٨٤
شكل (٢-٩): أحواض حجز الزيوت والرمال ٨٤
شكل (٢-١٠): بيارات التجميع ووحدات الرفع ٨٨
شكل (٣-١): المصافى ١٠٥
شكل (٣-٢): جهاز لحجز وتقطيع المواد الطافية ١٠٦
شكل (٣-٣): تجميع وتصريف الرمال ميكانيكيا ١١٩
شكل (٣-٤): أحواض حجز الرمال المهواة ١٢٠
شكل (٣-٥): أحواض ترسيب ابتدائية ١٢٣
شكل (٣-٦): أحواض إمهوف ١٣٠

شكل (٤-١): منحنى الارتخاء ١٧٢
شكل (٥-١): مرشح بيولوجى ١٧٩
شكل (٥-٢): نمو البكتريا ١٩٧
شكل (٥-٣): أحواض التهوية ٢٠١
شكل (٥-٤): أكسدة بعض المواد العضوية ٢٠٤
شكل (٥-٥): استخدام الأكسجين فى عملية الحمأة المنشطة ٢١٢
شكل (٥-٦): توزيع مياه المجارى والحمأة المعادة ٢١٤
شكل (٥-٧): عملية التهوية المطولة ٢٢٤
شكل (٥-٨): نموذج تخطيطى لعملية تهوية مطولة ٢٣٦
شكل (٥-٩): حوض ذات حواجز تمر فيه المياه لأعلى وأسفل – أو تسير أفقيا ٢٣٩
شكل (٥-١٠): مرشح لا هوائى رأسى (اتجاه المياه لأعلى) ٢٤٤
شكل (٥-١١): طريقة لاهوائية تتجه فيها المياه لأعلى خلال طبقة حمأة ٢٤٥
شكل (٦-١): المراحيض الذاتية ٢٦٠
شكل (٦-٢): حوض التحليل ٢٦٥
شكل (٦-٣): خنادق التصريف ٢٦٨
شكل (٦-٤): بيارات التصريف ٢٧١
شكل (٦-٥): حفرة تسريب ٢٧٤
شكل (٦-٦): خنادق صرف المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض ٢٧٥
شكل (٦-٧): الصرف والرى تحت سطح الأرض ٢٧٨
شكل (٧-١): أحواض هضم الحمأة ٢٨٢
شكل (٧-٢): مرشح بالتفريغ الهوائى ٢٨٧
شكل (٧-٣): أحواض تجفيف الحمأة ٢٩٠
شكل (٧-٤): نموذج لوحدة إنتاج البيوجاز ٣٠٥

شكل (٨-١): قطاع فى جسر خارجى ٣١٢
شكل (٨-٢): قطاع فى جسر داخلى ٣١٢
شكل (٨-٣): وصلة بين البحيرات ٣١٢
شكل (٨-٤): مدخل للبحيرات الكبيرة ٣١٤
شكل (٨-٥): المخرج النهائى من البحيرات ٣١٥
شكل (٨-٦): الأنشطة الحيوية فى البحيرات ٣١٧
شكل (٨-٧): طرق تشغيل البحيرات ٣٢٦
شكل (٨-٨): البحيرات المهواة ٣٦٢
شكل (٨-٩): بحيرات مهواة وأكسدة ٣٦٤
شكل (٨-١٠): مراحل متتالية للبحيرات ٣٦٥
شكل (٨-١١): الأقراص البيولوجية الدوارة ٣٦٩
شكل (٨-١٢): قنوات الأكسدة ٣٧١
شكل (٩-١): تخطيط المصب البحرى عام ١٩٩٦ ..... ٤٣٥
شكل (٩-٢): بديل تخطى البحيرة إلى مصرف العموم ٤٣٦

تقديم

تشبه الكرة الأرضية سفينة فضاء، سابحة فى الكون اللانهائى، بها مصادرها الطبيعية المحدودة، التى يجب إسترجاعها وإعادة استخدامها. والمياه من أهم هذه المصادر المحدودة، التى لا يمكن للحياة أن تتواجد فى أى صورة بدونها على الكوكب الأرضى فقط. والمياه باستعمالها تتحول إلى مصدر للتلوث يجب التحكم فيه والإستفادة منه إن أمكن كوسيلة لمنع إفساد البيئة، فقانون الكون، وقانون الطبيعة، وقانون الإنسانية لا يعرف المخلفات إهدارا، ولكنه يحولها إلى طاقة وحياة. إن التنمية البيئية هى تطوير وسائل النمو فى شتى صوره، ومنع عوامل التخريب والدمار للبيئة.

والجزء الثانى من الهندسة الصحية، خاص بالصرف الصحى، وهذا الموضوع علاوة على تأثيره المباشر على البيئة فهو موضوع إنسانى بالدرجة الأولى لارتباط عملية التخلص من مياه الصرف الصحى بتلوث المياه والتربة. فالجزء الأول من الهندسة الصحية والخاص بالإمداد بمياه الشرب، والجزء الثانى الذى يتناول الصرف الصحى يجب أن يكون بينهما حاجز قوى، بحيث لا تصل ملوثات المخلفات إلى مصادر المياه سواء كانت تستخدم فى أغراض منزلية حيوية أو فى أغراض ترفيهية مثل شواطىء الإستحمام.

ويجب أن تكون عملية المعالجة والتخلص من مياه الصرف الصحى أو الإستفادة من هذه المياه، عملية واحدة متكاملة تراعى فيها جميع الظروف البيئية والقومية والإنسانية، وأن يكون هناك تصحيح للتلوث الفكرى المعاصر الذى تغذيه التيارات المادية الآثمة المخربة، والتى لا تختلف فى حقيقتها عن ملوثات الصرف الصحى. فالعقول الراكدة المظلمة لا ترى المؤثرات السلبية على البيئة من إلقاء المخلفات السائلة هنا وهناك، فى أى مسطحات مائية عذبة كانت أم مالحة، وأكبر دليل على ذلك المياه العذبة على مستوى الوجه القبلى والبحرى والتى تصل إلى أقصى تلوثها فى نهاية فروع النيل مع سواحلنا الشمالية.والكارثة الأخرى ما أصاب البحيرات وشواطىء الاستحمام لعروس البحر الأبيض من تلوث ودمار.

إن تلوث شواطىء البحر وبحيرة مريوط لا يقل جُرْماً عن تلوث المياه العذبة، فهناك تشابه بين مكونات الأملاح فى سوائل الجسد البشرى، وبين مكونات المحيطات والبحار التى تبدأ منها أولى أطوار الحياة، وهذا يقودنا إلى حقيقة إنسانية مجردة وهى؛ أن البيئة البحرية بخصائصها توجد بداخل ذواتنا، فإن لم تكن هناك بذرة إنسانية صالحة مغروسة فى قلوبنا، فلن نرى أبدا حقيقة الأمور واضحة أمامنا، وسيخيم الظلام على عقولنا، وسنتخبط فى قرارنا. وهذا هو التيار الفكرى المادى الملوث السائد فى هذا العصر.

يجب أن نضع حاجزا منيعا بين مياه الصرف الصحى وبين مصادر المياه التى تستخدم فى أغراض حيوية وإنسانية، تماما مثل الحجاب الحاجز فى جسم الإنسان الذى يفصل الجزء العلوى من الجسد عن الجزء السفلى. فالجزء العلوى أعلى الحجاب الحاجز يحتوى على القفص الصدرى وبه قلب الإنسان الذى يمثل الأرض الطاهرة كبيت للرب، ويوجد أسفل الحجاب الحاجز الجهاز الهضمى وما يحويه، بداية من بيت الداء (المعدة)، فالأمعاء وما تحويه وما تخرجه، والحجاب الحاجز يفصل هذه الملوثات العضوية عن الجزء العلوى الطاهر من جسم الإنسان. فهل يمكن أن نحافظ على مصادر المياه، بنفس القانون، على أساس أن المياه هى أساس كل مخلوق.

ألا يحق أن ننظر للمياه الملوثة نظرتنا إلى النفس البشرية التى تتخلص بجهادها من شوائبها وتسير قُدماً فى مجال الإرتقاء والتطهر؟

وإشارة عابرة للتلوث الفكرى والنفسى نجد أن جذوره قد تشعبت فى نفوس الكثرة فى عالم أظلمت فيه نفوس أهله، وجمحت عقول سادته .. وتخابلت همم رجالة. وهذا النوع هو الأخطر لأنه السبب فيما يحدث للبيئة من دمار. والحقيقة أن الإنسان الملوَّث فكريا، هو الذى يتسبب فى كل ما يلحق بالبيئة من أضرار، والمحصلة فى النهاية أن جوهر المشكلة يكمن فى عدم الفهم أن البيئة هى الوجه الآخر لوجود الإنسان، وكل

خطأ يتعمده الفرد أو الجماعة يرتد أثره السيّء على المجتمع والعالم.

لقد شمل هذا الجزء علاوة على إحتياج الطالب موضوعات متعددة عن علاقة مياه الصرف الصحى بالتنمية البيئية سواء بالتخلص أو بإعادة الإستعمال، خاصة أننا مقبلون على أزمة فى الغذاء وأزمة فى الماء.

لقد فلت الزمام على مستوى العالم فى خصائص المياه عموما سواء المياه العذبة أو مياه المحيطات والبحار وبمصادر تلوث جديدة مثل البلاستك وغيرها، فإذا كانت هندسة الصرف الصحى تعنى التخلص من المخلفات السائلة بطريقة لا تؤثر سلبا على الصحة العامة ولا تلحق ضررا بالبيئة. ولقد فلت الزمام لدرجة أن الاتجاه السائد فى هذه الحقبة المظلمة من التاريخ هو النظرة المادية العمياء التى تعنى بالدرجة الأولى الحسابات الرقمية بدون النظر إلى قيمة الكائن البشرى التى لا تقدر بكنوز الأرض – وبقدر المستطاع تطرق المرجع إلى الطرق الهندسية لتصميم شبكات الصرف الصحى، وعمليات المعالجة بجميع طرقها والتى تمثل مرحلة فى خفض الملوثات – وأبان المرجع فى طبعته الجديدة المشاكل التى تصاحب عملية التخلص سواء للمخلفات الصحية المعالجة، أو للحمأة الناتجة من عمليات المعالجة – وأخيرا الاتجاه السائد فى العالم حاليا وهو إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى زراعة

المحاصيل المناسبة مع الاستفادة بالقيمة التسميدية فى كل من الحمأة، ومياه الصرف الصحى والصناعى والزراعى، مع المحافظة على البيئة والصحة العامة، وبدأت دول كثيرة غربية وشرقية تستخدم عملية إعادة الإستعمال فى الشرب غير المباشر فى حال مطابقتها لمعايير مياه الشرب، وأصبحت عملية إعادة استعمال المخلفات السائلة مقرونة بعملية المعالجة، ويتطلب ذلك دراسة مستفيضة لتأثير التخلص من المخلفات السائلة على البيئة ومن يعيشون فيها سواء كان هذا التخلص فى المسطحات المائية العذبة أو المالحة، خاصة أن هذه المخلفات تحتوى على ملوثات خطرة عضوية وغير عضوية – كيمائية وبكتريولوجية، وكيفية التخلص منها فى طرق المعالجة الثانوية وما بعدها.

الباب الأول

خصائص المخلفات السائلة

بدأت علوم الهندسة الصحية تأخذ وضعها الطبيعى مع بداية القرن العشرين لعدة أسباب، منها إنتشار الأمراض الوبائية الناتجة من استعمال المياه الملوثة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، وأيضا نتيجة لمعدلات النمو السكانى المتزايدة والتقدم الصناعى وتزايد الاستهلاك الصناعى والبشرى من المياه، والتخلص من هذه المياه بعد استعمالها بطريقة مجردة من الإنسانية ومجردة من الانتماء للبيئة التى خلقت من أجل الإنسان وخدمته.

واستعمال المياه المتزايد يتزامن معه مشاكل كثيرة، سواء فى عمليات تنقية المياه، أو فى معالجة المخلفات السائلة، والواقع أنه لا يمكن الفصل بين العمليتين لارتباط نتائج كل منهما بالأخرى، ونتيجة لذلك كان الاتجاه فى السنوات الأخيرة وفى كافة دول العالم إلى إعادة استعمال مياه الصرف الصحى فى الأغراض المناسبة بعد معالجة كافية، وعدم إلقاء هذه المخلفات فى المسطحات المائية حتى يمكن الاستفادة من كلا المصدرين، فإعادة إستعمال مياه الصرف الصحى وما بها من عناصر مفيدة للتربة والنبات يعود بالنفع فى صورة محاصيل زراعية، ويحافظ على المسطحات المائية من التلوث ليسمح باستخدامها فى الأغراض الحيوية والأنشطة السياحية.

وقد بدأت قوانين دولية جادة تسير فى هذا النهج، ويسير معها على نفس المنوال الهيئات العلمية الدولية والمحلية المعنية بالمحافظة على البيئة والتحكم فى تلوث المسطحات المائية.

وفى مصر نعتمد فى نسبة كبيرة من احتياجات مياه الشرب على المسطحات المائية العذبة، وتصرفات هذا المصدر ثابتة تقريبا مع الزيادة المستمرة فى استعمالات

المياه. ويدعو هذا البحث عن مصادر جديدة للمياه العذبة، أهمها إزالة ملوحة مياه البحر، حيث تمثل مياه المحيطات والبحار حوالى ٩٧,٢ ٪ من مجموع مياه الكرة الأرضية.أما المياه العذبة فحوالى ٧٥ ٪ منها يوجد بالمناطق القطبية المتجمدة. وباقى مصادر المياه العذبة تمثل فيه مياه الأنهار والترع والبحيرات العذبة نسبة صغيرة، فالمياه الجوفية تمثل ثلاثة آلاف مرة من مياه الترع والأنهار، ولكن تركيزات الأملاح بها وتكاليف رفعها وعدم ضمان استمراريتها فى حالة التصرفات الكبيرة، كل هذا يبين مميزات المياه السطحية وأهمية المحافظة عليها من التلوث، وضرورة الاهتمام بتطوير طرق معالجة المخلفات السائلة والتخلص منها حتى لا يؤثر ذلك على خواص المياه العذبة التى تمثل المصدر الأساسى للاحتياجات المنزلية والصناعية.

تصنيف المخلفات السائلة :

تشمل المخلفات السائلة المياه المستعملة فى المبانى والمصانع ومياه الأمطار، ويمكن تصنيفها كالآتى:

ا. المخلفات السائلة المنزلية، وتسمى أحيانا بمياه المجارى، وهى المياه المستعملة فى الوحدات السكنية والإدارية والمطاعم والفنادق والمبانى العامة.

ب. المخلفات الصناعية، وهى الناتجة من المياه المستخدمة فى عمليات التصنيع المختلفة.

ج. مياه الأمطار، التى يتم تجميعها من رخات الأمطار على مساحة معينة تخدمها شبكة تجميع المخلفات السائلة.

يضاف إلى ما سبق مياه الرشح التى يمكن أن تصل إلى خطوط الصرف فى حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية أعلى هذه الخطوط.

مكونات المخلفات السائلة :

تتكون المخلفات السائلة أصلا من المياه المستعملة بما تحويه من عناصر موجودة فيها قبل الاستعمال، مضافا إليها الشوائب التى تصاحب استعمالها وتعتمد هذه الشوائب فى نوعيتها وكميتها على مجالات استعمال المياه فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها بالنسبة للاستعمالات المنزلية وعن مياه الأمطار، وكل نوع من هذه الأنواع تتداخل عوامل كثيرة فى التأثير على مكوناته، وتتفاوت هذه العوامل من مدينة إلى أخرى، ثم فى المدينة نفسها من منطقة لأخرى، وتختلف المخلفات الصناعية حسب طبيعة الصناعة وعمليات التصنيع والمواد التى تستعمل ومعدلات استهلاك المياه ومستوى تشغيل العمليات الصناعية.

مياه المجارى المنزلية :

- تحتوى مياه المجارى على أكثر من٩٩,٩ ٪ مياه والباقى وهو ٠,١ ٪ مواد صلبة عالقة وذائبة.
- تحتوى مياه المجارى على ما يصرف فيها من متخلفات المطابخ والأحواض والمراحيض والمباول، بما فى ذلك المنظفات الصناعية وأى متخلفات أخرى.

خصائص مياه المجارى المنزلية :

تتغير خصائص المجارى تبعا لاستعمالات الأجهزة الصحية والشوائب التى تصل لشبكة الصرف الصحى. وكمتوسط لما تحتويه هذه المخلفات يمكن الاعتماد على الآتى:

- المواد الصلبة الكلية = ١٦٠ – ٢٤٠ جم / شخص / يوم
- المواد الصلبة العالقة = ٦٥ – ١٥٠ جم / شخص / يوم

- الأكسجين الحيوى المستهلك BOD = ٥٤-٦٠ جم / شخص / يوم
- الأكسجين الكيماوى المستهلك COD = ١,٥٠ – ٢ من (BOD_5).
- الكربون العضوى الكلى TOC (٠,٦٦ – ١) من (BOD_5).
- النتروجين الكلى = ٦ – ١٢ جم / شخص / يوم
- النتروجين العضوى = ٤٠ ٪ من النتروجين الكلى
- أمونيا Free Ammonia = ٦٠ ٪ من النتروجين الكلى
- الفسفور الكلى = ١,٥٠ – ٤,٥٠ جم / شخص / يوم
- الفسفور العضوى = ٣٠ ٪ من الفسفور الكلى
- الفسفور الغير عضوى = (أورثو – Poly) = ٧٠ ٪ من الفسفور الكلى
- بوتاسيوم (أكسيد بوتاسيوم (K_2O) = ٢ – ٦ جم / شخص / يوم
- العد الكلى البكتيرى فى المجارى الخام = 10^{10} – 10^{11}/ لتر
- عدد بكتريا سالمونيلا تيفوسا Salmonella Typhosa = 10^{2} – 10^{5}
- عدد البكتريا فى البراز الآدمى = (١٢٥ – ٤٠٠) مليار خلية بكتيريا / شخص / يوم
- نسبة البكتريا المسببة للتيفود حوالى ١ / ١٠٠,٠٠ من العد الكلى البكتيرى حينما تكون معدلات حالات التيفود ١٣ حالة لكل مائة ألف شخص فى العام
- بروتوزوا متحوصلة (Protozoan Cysts) = حتى 10^{4} / لتر
- بويضات الديدان المعوية = حتى 10^{4} / لتر
- فيروسات = (10^{3} – 10^{5}) / لتر
- مكونات النتروجين الأساسية هى مياه البول CO(NH2)2 الذى يتحلل فى الماء إلى أمونيا وثانى أكسيد الكربون ولذلك فالأمونيا هى الجزء الرئيسى للنتروجين بمياه المجارى المنزلية.

ويمكن تحديد تركيز المواد والعناصر بمياه المجارى، حسب معدلات استهلاك المياه، وعلى سبيل المثال فإن الأكسجين الحيوى المستهلك يمكن أن يتغير من (٢٠٠ – ٦٠٠) مجم / لتر. وفى حالة معدل استهلاك للمياه بين (١٨٠ – ٢٠٠) لتر / شخص / يوم وهو معدل مدن القاهرة والإسكندرية، تكون التركيزات حسب الجدول الآتى:

جدول ١

مكونات مياه المجارى الآدمية

(على أساس تصرف ٢٠٠ لتر / شخص / يوم) مجم / لتر

خصائص مياه المجارى	مواد غير عضوية	مواد عضوية	مجموع المواد الصلبة	BOD	COD
مواد عالقة كلية	١٢٣	٣٢١	٤٤٤	٢٠٨	٢٠٤
مواد عالقة رسوبية	٧٦	١٨٩	٢٦٥	٩٥	٧٩
مواد عالقة غير رسوبية	٤٧	١٣٢	١٧٩	١١٣	١٢٥
مواد ذائبة	٣٩٧	٣٩٧	٧٩٤	٥٧	٧٩
مواد صلبة كلية	٥٢٠	٧١٨	١٢٣٨	٢٦٥	٢٨٣

وتحتوى المواد البرازية على:

- بقايا الأطعمة.
- الإفرازات الكبدية والمرارية.
- مواد من القناة الهضمية.
- خلايا بكتيرية تصل كميتها إلى (٢٥ – ٣٠) ٪ من وزن البراز.

ويصل متوسط براز الفرد لحوالى ٩٠ جم / يوم – ويتراوح بين ٢٥ جم فى اليوم للنساء إلى وحوالى ١٥٠ جم / يوم للرجال.

ويحتوى البراز للفرد يوميا على:

- ١ جم فوسفات P_2O_4
- ٠,٩ جم نتروجين N
- ٠,٢ جم بوتاس K_2O
- ١٥ جم دهون

وتقدر كمية البول بحوالى ١٢٠٠ جم / شخص / يوم – وتتراوح بين ٥٠٠ جم فى اليوم للنساء – إلى حوالى ١٥٠٠ جم فى اليوم للرجال. ويحتوى البول على كميات من الكلوريد والنتروجين والفوسفات والبوتاس فتقدر هذه المواد يوميا بحوالى:

- ٧ جم كلوريد CL ونتروجين N
- ٢ جم فوسفات P_2O_4
- ٢,٣ جم بوتاس K_2O

والعناصر التى ذكرت فى مكونات البول والبراز تساعد فى تحديد قيمة المواد التسميدية فى مياه المجارى المنزلية وبالنسبة للتلوث البكتيرى، فبالإضافة إلى ما سبق ذكره فى خصائص مياه المجارى المنزلية فإن عدد البكتريا الممرضة يعتمد أساسا على الحالات المرضية. وبالنسبة للأعداد الكبيرة التى سبق الإشارة إليها بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة فإن البكتريا تقوم بالدور الرئيسى فى عمليات المعالجة البيولوجية عن طريق قدرتها على تحلل المواد العضوية، حيث تساعد العوامل الآتية فى فاعلية البكتريا:

- سرعة تكاثرها، حيث يتضاعف عددها كل عشرين دقيقة تقريبا.
- حجمها الصغير، وبالتالى المساحة السطحية الكبيرة فى حجم معين من المفاعل البيولوجى، ولذلك يكون نشاطها أكبر من الكائنات الحية الأخرى مثل بعض الأوليات التى تحتاج حوالى عشر ساعات ليتضاعف عددها. ولمعرفة فاعلية مراحل المعالجة لخفض عدد البكتريا فى المجارى يمكن الاسترشاد بالآتى:
  - العد الكلى للبكتريا فى المجارى الخام = $١٠^{١٠} - ١٠^{١١}$
  - العد الكلى للبكتريا فى المجارى بعد الترسيب الابتدائى= $٥,٥ \times ١٠^{٨}$

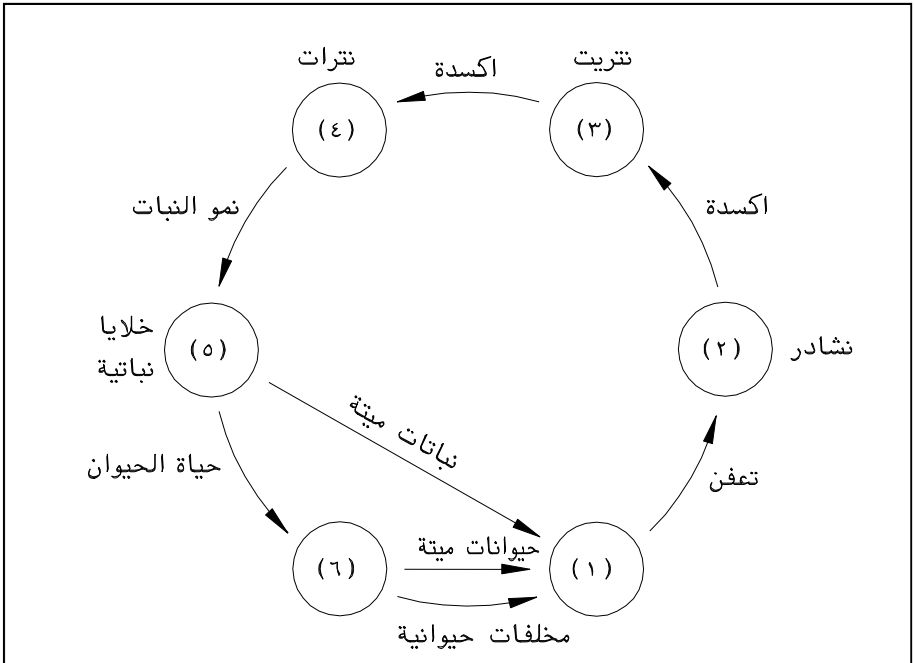
- العد الكلى للبكتريا فى المجارى بعد المعالجة الثانوية = ٥,٥ – ١٠ ^{٧}

وتتغير مياه المجارى فى صفاتها باستمرار نتيجة لتحلل المواد العضوية بها، ويساعد على ذلك وجود عدد كبير من البكتريا فى مياه المجارى والذى يتغير من نصف مليون إلى خمسة مليون خلية فى كل سنتيمتر مكعب من مياه المجارى، حسب تركيز الشوائب بهذه المياه. ونتيجة لنشاط البكتريا الهوائية فى تثبيت المواد العضوية يستهلك الأكسجين الذائب فى المياه، ولذلك تكون مياه المجارى عادة خالية من الأكسجين الذائب. ويستمر نشاط البكتريا اللاهوائية فى تثبيت المواد العضوية فى حالة عدم وجود أكسجين ذائب فى المياه، ومع نشاط أنواع البكتريا المختلفة تتغير صفات مياه المجارى ويساعد على تغير هذه الصفات عوامل كثيرة منها، معدلات استهلاك المياه ونظام التجميع ووجود مخلفات أخرى مع المجارى ثم طول مواسير الصرف الصحى وهيدروليكية المياه بها، ولذلك نجد تغيرا كبيرا فى صفات العينات المأخوذة من أماكن مختلفة من شبكة الصرف والمأخوذة فى أوقات مختلفة من نفس النقطة، ويفضل فى حالة أخذ عينة ممثلة لمياه المجارى فى نقطة معينة، أن تؤخذ عينات كل فترة زمنية قصيرة، ولمدة ٢٤ ساعة متواصلة كما سيأتى تفصيلا بعد ذلك.

دورة النتروجين فى الطبيعة:

يمكن تمثيلها فى الشكل المبين وتبدأ بالمواد العضوية الميتة من متخلفات حيوانية وحيوانات ونباتات ميتة، تتعفن وتتحول إلى نشادر تتأكسد إلى نتريت ثم إلى نترات، وتمتص النترات بواسطة النبات وتتحول إلى خلايا نباتية يأكلها الحيوان فتتحول إلى خلايا حيوانية، وعندما يموت الحيوان يتحول إلى مواد عضوية ميتة وكذلك النباتات الميتة أو المتخلفات الحيوانية التى تعيد الدورة من جديد ولذلك تسمى دورة أى مادة عضوية أحيانا بدورة الموت والحياة، وتمر أى مادة عضوية أخرى بنفس المراحل التى يمر بها النتروجين فى دورته فى الطبيعة.

وتتكون المواد العضوية فى مياه المجارى المنزلية من ٥٠ ٪ مواد كربونية، ٤٠ ٪ مواد



شكل (١ - ١)
دورة النيتروجين فى الطبيعة

نتروجينية، ١٠ ٪ دهون وشحوم.

ثانيا: المخلفات الصناعية :

تتغير مكونات المخلفات الصناعية حسب الآتى:

ا. نوع الصناعة.

ب. مراحل التصنيع التى تستخدم المياه فيها ومعدلات تصرف هذه المياه.

ج. المواد الكيمائية وغيرها التى تدخل فى عملية التصنيع واحتمالات وصول جزء من هذه المواد كفاقد فى المخلفات الصناعية.

وتتغير مكونات مخلفات نفس المصنع مع تغير المواد المستخدمة فى عمليات التصنيع، ومع المستوى الفنى والإنسانى للعاملين بالمصنع.

وتكون بعض المخلفات الصناعية أشد تركيزا من مياه المجارى المنزلية بالنسبة للمواد العضوية والعالقة الذائبة، وتكون بعضها أقل. وتحوى بعض المخلفات الصناعية مواد سامة أو ضارة بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة فى مياه المجارى والتى لها دور كبير فى عمليات المعالجة، ولذلك لا يسمح بصرف المخلفات الصناعية بشبكات الصرف الصحى إلا إذا توافرت فيها شروط معينة حددتها القوانين المصرية التى سيرد تفاصيلها فى باب لاحق.

ثالثا: مياه الأمطار :

تحتوى مياه الأمطار على ملوثات ناتجة من تلامس هذه المياه بمواد مختلفة بداية من سقوطها من طبقات الجو العليا ثم ملامستها بالأسطح الأرضية فتجميعها فى شبكات الانحدار وحتى مخرج هذه المياه من نهاية الشبكة للتخلص منها أو معالجتها.

ويصعب تحديد خواص معينة ومكونات محددة لمياه الأمطار، نتيجة للظروف المتعددة والمختلفة التى تمر بها مياه الأمطار، ويكفى من هذه العوامل، عناصر التلوث الموجودة على أسطح الشوارع والمبانى والحدائق وغيرها. وعموما فمصادر تلوث مياه الأمطار يمكن تحديدها فيما يلى:

١. تذيب الأمطار بعض الغازات من الجو أثناء سقوطها مثل، الأكسجين والنتروجين وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين، ويتسبب الغازين الأخيرين فى جعل مياه الأمطار حامضية وينتج عن ذلك أضراراً جسيمة بالبيئة النباتية نتيجة لزيادة حامضية مياه البحيرات وتأثيره الضار على الأسماك والأحياء المائية الأخرى، وهذا ما حدث بالفعل فى بحيرات كثيرة فى شمال الولايات المتحدة وكندا.

٢. الأتربة التى تصل للجو بفعل الرياح والتربة المفككة فى المساحات المكشوفة التى تجرفها الأمطار إلى شبكات الصرف أو إلى نقط التجميع.

٣. المخلفات النباتية والحيوانية والتى تشمل بقايا الحشائش وأوراق الشجر والمواد العضوية وغيرها.

٤. أسطح المبانى والشوارع والتى تعتبر فى بعض الأحيان مسطحات لتجميع المخلفات مثل الأتربة والرمال وبقايا الأسمنت والأملاح وما يتآكل من مواد الرصف والمواد الإنشائية الأخرى.

٥. كثافة مرور السيارات والشاحنات وما تسببه من آثار الزيوت والبترول وعادم الاحتراق وأجزاء من هيكل السيارات وما يكون عالقا على الإطارات من الشوائب.

٦. مداخن المصانع وما تحمله من أتربة وغازات، يتساقط بعضها على أسطح الشوارع والمبانى، ويتساقط البعض الآخر مع مياه الأمطار.

٧. الشوائب والمخلفات الناتجة من الأنشطة البشرية المتعددة، منها على سبيل المثال المنظفات الصناعية الناتجة من غسيل السيارات، وبقايا الأسمدة التى تستخدم فى الحدائق، والمساحات الخضراء فى المناطق السكنية.

٨. الأدخنة والغازات الناتجة من بعض أجهزة ووسائل التدفئة.

ويختلف التلوث الناتج من المصادر السابقة من منطقة لأخرى حسب طبيعة الأراضى والشوارع وميول الأسطح التى تسقط عليها الأمطار وطبيعة المناطق السكنية والتجارية والصناعية.

معدلات مياه المجارى المنزلية :

يمثل هذا النوع من المخلفات السائلة، المياه المستعملة فى المبانى السكنية والعامة والمبانى الإدارية والفنادق وغيرها. وربما تكون كميات مياه المجارى أقل من معدلات استهلاك المياه بسبب الفاقد فى شبكات توزيع المياه، ورش الشوارع والمياه المستهلكة فى بعض الصناعات التى تدخل المياه فى مركباتها، ولكن هذا الفاقد قد يُعَّوض بمياه الترشيح التى تصل مواسير الصرف وكذلك المياه التى تصل لشبكة الصرف من مصادر أخرى غير شبكة المياه العمومية، مثل مياه الآبار الخاصة وغيرها. ونظرا لأن هذه العوامل غير محددة وتختلف من مدينة لأخرى، بل من منطقة لأخرى فى نفس المدينة فإنه من الممكن فرض معدلات تصرف مياه المجارى المنزلية مساوية لمعدلات استهلاك المياه، وفى حالة الدراسات التفصيلية لمشروعات الصرف الصحى يجب دراسة جميع العوامل السابقة لمعرفة معدلات التصريف الفعلية التى قد تكون أقل أو أكبر أو مساوية لمعدلات استهلاك المياه.

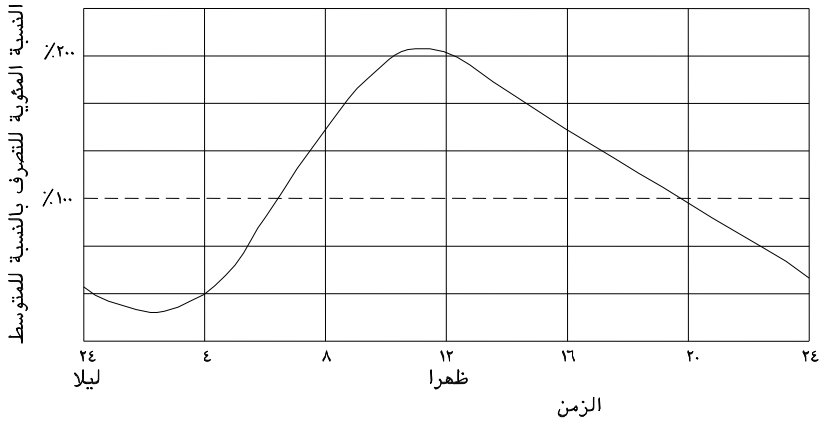
التغير فى معدلات مياه المجارى :

تتغير معدلات التصريف حسب تغير معدلات استهلاك المياه التى تتغير بصفة مستمرة على مدى اليوم الكامل وعلى مدى فصول السنة، ومعرفة أكبر معدلات للتصريف وأصغرها فى الأوقات المختلفة له أهمية كبيرة فى تصميم جميع أعمال الصرف الصحى، لتأثير التصرفات المتغيرة على سرعة المياه فى مواسير الصرف، وكفاءة التشغيل فى وحدات المعالجة. ويبين شكل (١-٢) مثالا لتغير تصرفات مياه المجارى خلال يوم كامل.

مياه الرشح :

فى الحالات التى تكون المياه الجوفية أعلى من خطوط الصرف الصحى، يمكن أن تصل هذه المياه لخطوط الصرف عن طريق الوصلات ومسام جدار المواسير عند إستخدام أنواع مثل الفخار. وتعتمد كمية مياه الرشح على العوامل الآتية:

- ارتفاع المياه الجوفية فوق خطوط المواسير.



شكل (١-٢)
التغيير فى معدلات مياه المجارى

- نوعية الوصلات.
- نوعية المواسير.
- القطر.
- طول الخطوط.

ويمكن فرض كميات مياه الرشح كالآتى:

ا. (١٠ – ٣٠) م^{٣}/يوم لكل كيلو متر من المواسير قطر ٢٠٠ مم.

ب. (٢٠ – ٨٠) م^{٣}/يوم لكل كيلو متر من المواسير قطر ٦٠٠ مم.

وهذه المعدلات قابلة للزيادة فى حالة سواء التنفيذ، وقابلة للنقص فى حالة استخدام أنواع جيدة من المواسير والوصلات.

ويحدث فى بعض الأحيان عكس الترشيح إذا كانت خطوط الصرف أعلى من المياه الجوفية فيحدث تسرب من المواسير لطبقات التربة المحيطة تتسبب فى تلوث التربة والمياه الجوفية، بالإضافة إلى خلخلة التربة أسفل أساس المواسير والمطابق وتأثير ذلك على سلامة هذه المنشآت.

كمية المخلفات الصناعية :

تعتمد كميتها ومدى التغير فيها على معدلات احتياجات المياه فى مراحل التصنيع المختلفة فى كل صناعة، ودورات عمليات التصنيع، وورديات العمل خلال اليوم، ويتم تحديد ذلك لكل صناعة على حدة بل ربما تتغير لنفس الصناعة من مصنع إلى آخر حسب نظام التشغيل وكفاءته.

كمية مياه الأمطار :

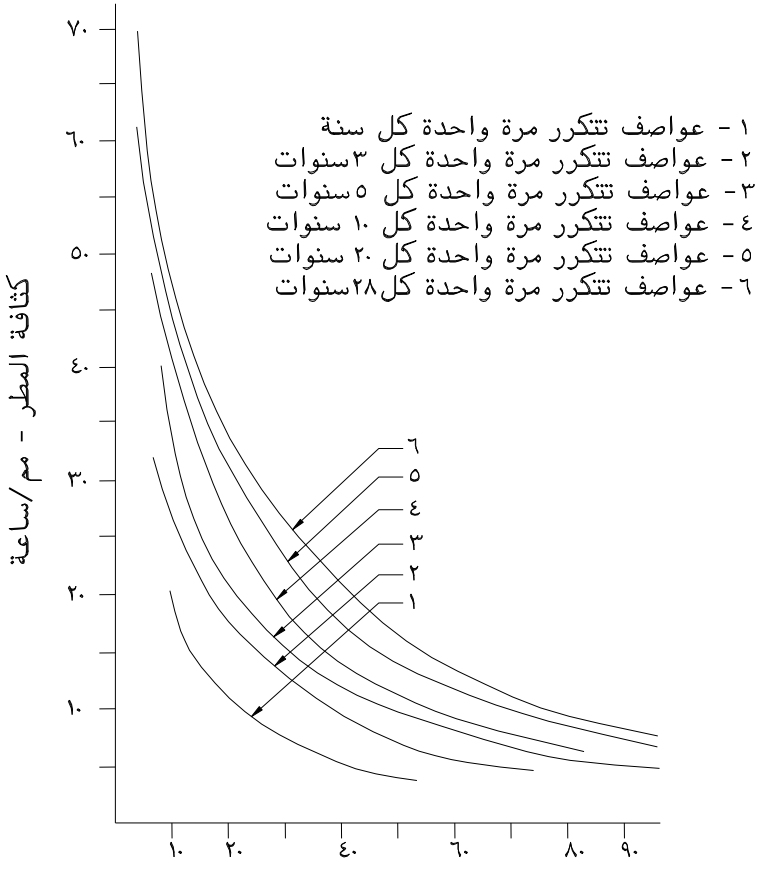
وتتفاوت فى كمياتها حسب شدتها ومدة هطولها التى تتأثر بالظروف الجوية المسببة لها، وتعتمد كميات الأمطار أساسا على كثافتها بالنسبة للعواصف التى تتكرر كل فترة زمنية

معينة. وكثافة الأمطار تزيد للعواصف التى تتكرر كل فترات زمنية متباعدة، فيقال إن الأمطار من عاصفة معينة حدثت بأعلى كثافة مرة واحدة خلال عشرين عاما، بمعنى أن كثافة الأمطار حدثت بهذه القيمة فى المتوسط خمس مرات خلال مائة عام، أو مرتين خلال ٤٠ عام، أو مرة واحدة خلال عشرون عاما، أى أنها أكبر كثافة أمكن حدوثها فى هذه الفترة. ويليها فى الكثافة العواصف التى حدثت مرتين خلال نفس المدة، يليها العواصف التى حدثت أكثر من مرتين وهكذا.

وكذلك العواصف التى حدثت مرة واحدة خلال عشرين عاما كثافتها أكبر من العواصف التى حدثت مرة واحدة خلال عشر سنوات، والأخيرة كثافتها أكبر من التى حدثت مرة واحدة خلال خمس سنوات وهكذا.

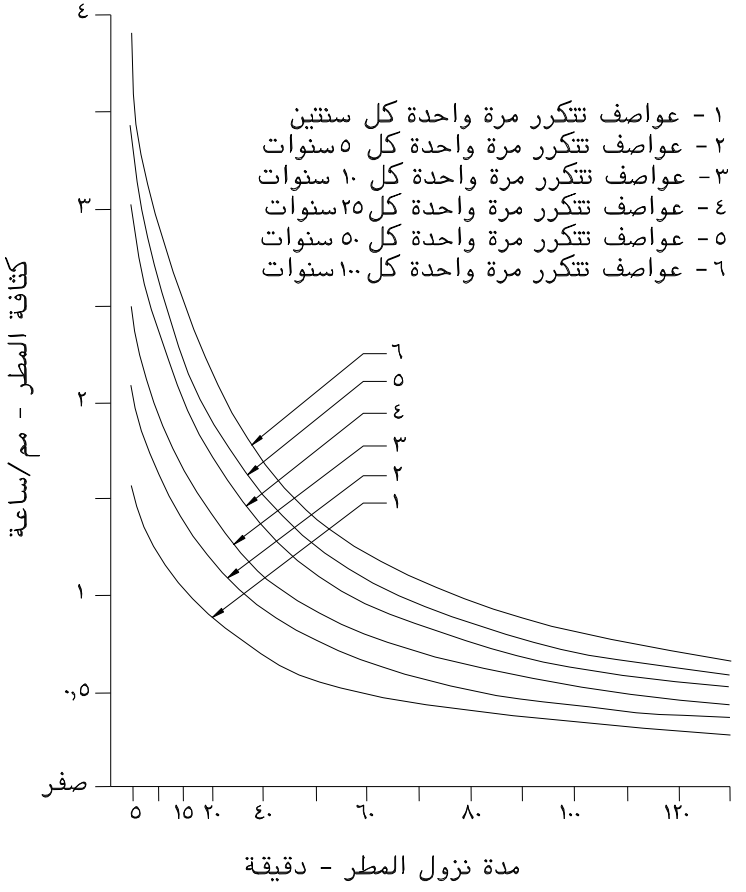
وعلى سبيل المثال يبين شكل (١-٣)، (١-٤) العلاقة بين كثافة الأمطار ومدة نزولها بالنسبة لمدينتى الإسكندرية وبيروت وتستخدم كثافة الأمطار لمدة تكرار تتراوح بين سنتين، ١٠ سنوات بمتوسط ٥ سنوات وذلك لتصميم شبكات الصرف الصحى فى المناطق السكنية. وفى المناطق الصناعية والتجارية تستخدم مدة تكرار من ١٠ إلى ١٥ سنة.

وفى تصميم شبكات صرف مياه الأمطار، يختار مهندس التصميم الكثافة المناسبة حسب مدة التكرار المقترحة، وفترة نزول المطر التى تعطى أكبر تصرف يمكن أن يصل لشبكات الصرف، وتسمى بزمن التجميع، وهو الزمن الذى يصل عنده التصرف الناتج من مياه الأمطار من مساحة معينة إلى خط الصرف الذى يستقبل المياه من هذه المساحة، وفى هذه الحالة يكون التصرف فى خط الصرف هو أقصى تصرف من مياه الأمطار، كما سيجىء تفصيلا فى أمثلة قادمة.



شكل (١ - ٣)

كثافة الامطار بمدينة الاسكندرية



شكل (١ - ٤)

كثافة الامطار بمدينة بيروت

الباب الثانى

تجميع المخلفات السائلة

تستخدم شبكات الصرف الصحى لتجميع المخلفات السائلة فى المدن عموماً، أما فى المبانى المنعزلة فتكون عملية التجميع فى صورة مبسطة لمجرد نقل مياه المجارى من مخارج الحمامات والمطابخ إلى نقط التخلص من هذه المياه، وتكون عملية التخلص فى هذه الحالة بسيطة وبدائية. أما شبكات الصرف الصحى بالمدن فإنه نظام متكامل للتجميع تصل أطوال خطوط الصرف فيه إلى مئات وآلاف الكيلومترات.

أنواع شبكات الصرف :

أ. شبكات صرف مشتركة: (Combined Sewerage System) :

تستخدم لتجميع المخلفات السائلة المنزلية، والمخلفات الصناعية، ومياه الأمطار.

ب. شبكات صرف منفصلة: (Separate Sewerage System) :

تستخدم شبكة منفصلة لتجميع مياه الأمطار، وشبكة أخرى لتجميع المخلفات السائلة المنزلية والمخلفات الصناعية.

ج. شبكة صرف مشتركة جزئيا :

تستخدم لتجميع المخلفات المنزلية والصناعية، وصرف بعض الأسطح والممرات الداخلية. وتنشأ فى بعض الأحيان شبكات لجميع المخلفات السائلة، ثم تنشأ

هدارات على مواسير التجميع الرئيسية فى نقط محددة لتحويل الزيادة فى التصرفات أثناء العواصف الممطرة الشديدة إلى أماكن صرف محددة.

اختيار أنواع شبكات الصرف :

تختلف كل مدينة أو منقطة عن الأخرى فى الظروف والعوامل التى تؤثر فى اختيار نوع شبكات الصرف، فموسم الأمطار يقتصر فى بعض البلاد على شهور الشتاء فقط، وفى بلاد أخرى على مدار العام كله، وكثافة الأمطار ومدى تكرارها وشدتها وعلاقة ذلك بتصرفات المخلفات السائلة الأخرى وتأثير مياه الأمطار على طرق المعالجة المستخدمة، وطرق التخلص من كل نوع من المخلفات، وكذلك طوبغرافية المدن وتكاليف الرفع وتأثير إضافة مياه الأمطار أو فصلها على هيدروليكية المياه فى مواسير الصرف، وكذلك مدى التأثير على الصحة العامة، وتكاليف الإنشاء. كل هذه العوامل يجب دراستها وتحليلها لاختيار نوع شبكة التجميع المناسبة التى تتوافر فيها شروط المحافظة على البيئة من التلوث وحماية المنشآت المختلفة وعدم التداخل مع معالجة المخلفات المنزلية والصناعية وتبسيط طرق الصيانة لشبكات الصرف الصحى.

طرق التجميع :

تكون أحيانا فى أبسط صورها بالنسبة للمبانى المنعزلة، التى تخرج منها المياه المستعملة إلى حوض تحليل ومنه إلى وسيلة تصريف بدائية تكون أحياناً فى الأرض. وتكون هذه الأعمال بالنسبة للمدن أو الأحياء السكنية أو المصانع، فى صورة نظام متكامل يشمل شبكة التجميع بملحقاتها من مطابق وفتحات مطر وبيارات تجميع ومحطات رفع ومواسير رفع لتجميع المخلفات السائلة وتوصيلها إلى محطات المعالجة قبل التخلص منها. ورغم أن المواد الصلبة بالمخلفات السائلة حوالى ٠,١٠ ٪ إلا أن

تصميم أعمال التجميع يجب ألا يسمح بترسيب هذه المواد فى مواسير الانحدار لأن تراكمها يسبب عدم استيعاب المواسير للتصرفات التصميمية من جهة واحتمالات مشاكل انسداد هذه المواسير من جهة أخرى.

وتكون مواسير الصرف الصحى دائرية، أو بيضاوية، أو بأى شكل آخر يتلائم مع معدلات التصريف والتغير اليومى والموسمى لهذه المعدلات، حيث أن التغير فى المعدلات يقابله تغير فى سرعة المياه، ويجب ألا تقل السرعة عن حدود معينة تحكمها أسس التصميم. وعموما تكون مواسير الصرف الفردية دائرية فى معظم الأحيان، أما مواسير الصرف الرئيسية المجمعة من المواسير الفرعية فتكون إما دائرية أو بيضاوية أو مربعة أو مستطيلة حسب كمية التصرف والتغير فى معدلاته.

تصميم مواسير التصريف الدائرية :

الطريقة الأولى :

طريقة افتراضية وضعت فى اعتبارها أن السرعة والماسورة ممتلئة تكون (٧٠ – ١٠٠) سم/ث وهذه السرعة تتوافق مع المواصفات البريطانية (SB 8005) والتى تتطلب سرعة ٧٥سم/ث على الأقل والماسورة ممتلئة. والطريقة الافتراضية تعطى ميل يساوى (واحد مقسوما على قطر الماسورة بالملليمتر. وعلى سبيل المثال، للماسورة بقطر ٢٠٠مم يكون أقل ميل مسموح به هو ٥ فى الألف.

الطريقة الثانية :

تستخدم القوانين الهيدروليكية المختلفة التى تحكم سريان المياه بالانحدار فى المواسير والقنوات، ومن هذه المعادلات: William – Hazen and Manning ويراعى فى تصميم المواسير الأسس الآتية:

١. مراعاة التغير فى معدلات الصرف بحيث لا تقل السرعة عندما تكون الماسورة ممتلئة تماماً عن:

٩٠ سم / ثانية لأقطار المواسير حتى ٢٠٠ مم.

٨٠ سم / ثانية لأقطار المواسير بين ٢٠٠ مم، ٥٠٠ مم.

٧٥ سم / ثانية لأقطار المواسير أكبر من ٥٠٠ مم.

٢. لا تقل السرعة فى مواسير الصرف عن ٤٥ سم / ثانية فى حالة أدنى تصرف.

٣. يجب ألا تزيد السرعة فى المواسير عن حدود معينة لسببين:

ا. تآكل المواسير نتيجة لشدة احتكاك المياه وما بها من أتربة ورمال عند زيادة السرعة بدرجة كبيرة.

ب. زيادة ميول المواسير فى حالة زيادة السرعة ويتبع ذلك زيادة فى أعماق خنادق المواسير، وزيادة كبيرة فى التكاليف الإنشائية للمواسير وملحقاتها.

ولكل نوع من المواسير سرعة قصوى مسموح بها حسب المواد المصنوعة منها المواسير إلا أنه للمواسير المستخدمة فى شبكة الصرف الصحى يجب ألا تزيد السرعة عن ٢٥٠ سم / ثانية، إلا فى حالة ميول سطح الأرض بدرجة كبيرة، فتدرس كل حالة على حدة.

الدراسات الإبتدائية لشبكات الصرف الصحى :

تحتاج أعمال تصميم شبكات الصرف الصحى إلى معلومات وبيانات أساسية تشمل:

١. خرائط كنتورية شاملة للمنطقة.
٢. الكثافات السكانية وطبيعة المناطق الصناعية والتجارية.
٣. خرائط تفصيلية تشمل مخارج الصرف من المبانى ومناسيب البدرومات.
٤. قطاعات تفصيلية تبين مواقع المرافق الأخرى مثل خطوط المياه والكهرباء والتليفون والغاز وغيرها.
٥. قطاعات طولية تبين طبيعة التربة والطبقات الصخرية ومنسوب المياه الجوفية.
٦. المواقع التى يفضل اختيارها لمحطات الرفع إذا احتاج الأمر لها.
٧. الموقع المناسب للتجميع النهائى وتبعا لذلك اختيار المجمعات الرئيسية والخطوط التى تصب فيها.
٨. تخطيط الاتجاهات للمواسير الفرعية بحيث تكون ميولها مع ميول سطح الأرض كلما أمكن ذلك لخفض التكاليف الإنشائية وتكاليف الصيانة.

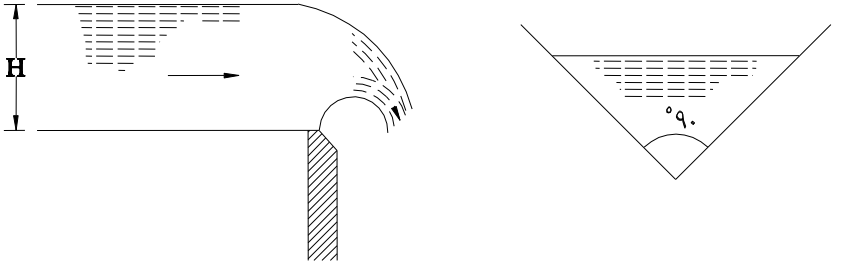
التصرف التصميمى لشبكة الصرف الصحى :

تتداخل عوامل كثيرة فى اختيار التصرف التصميمى منها تغير معدل التصريف خلال اليوم والأسبوع وفصول السنة، ثم إن شبكة التصريف تصمم لتخدم فترة تتراوح بين ٤٠، ٥٠ سنة، لأن تغيير المواسير أو إضافة مواسير جديدة كل فترة قصيرة يتطلب تكسير رصف الشوارع ثم إعادة رصف الشوارع بعد عملية الإنشاء وما يصاحب ذلك من زيادة فى التكاليف وزيادة مشاكل المرور والمرافق الأخرى.
وتصمم المواسير لتخدم التصرفات حتى نهاية العمر الافتراضى لها. لذلك فالمغالاة فى حساب التصرفات ينتج عنه استخدام مواسير بأقطار كبيرة تسير فيها تصرفات

صغيرة فى بداية فترة استخدام الشبكة تكون سرعتها أقل من السرعة المسموح بها لمنع الترسيب فى الخطوط. والأفضل أن يصمم كل خط من شبكة التصريف حسب الظروف المختلفة التى تؤثر على كمية التصرف وتغيرها اليومى والموسمى، وخلال السنوات التى يخدمها المشروع، وهذا ما يمكن أن يقوم به مهندس التصميم.

ويراعى فى تصميم شبكات تجميع مياه المجارى أن معدل التصرف يتغير يومياً على مدار ساعات اليوم الكامل، ويتغير أسبوعياً من يوم لآخر، ويتغير موسمياً مع فصول العام، وتحديد معدلات التصرف المتغيرة، يساعد على تصميم أدق لجميع أعمال تجميع المخلفات السائلة.

تستخدم طرق عديدة لقياس التصرف فى خطوط الصرف الصحى، ولكن يفضل عدم استخدام العدادات المقفلة فى قياس التصرفات بسبب طبيعة هذه المياه وما تحويه من مواد طافية ومواد عالقة تؤثر فى استخدام هذا النوع من العدادات. وفى المقابل يفضل استخدام أجهزة قياس التصرف فى قنوات مفتوحة، وأبسط هذه الوسائل، الهدار المثلثى قائم الزاوية (شكل ٢-١)، والهدار المستطيل الشكل، ومعادلتهما



شكل (٢-١)
هدار مثلثى قائم الزاوية

كالآتى:

ا. للهدار المثلثى قائم الزاوية $Q = 1.4\ H^{5/2}$

ب. للهدار مستطيل الشكل $Q = 1.84\ L\ H^{3/2}$

حيث:

H = ارتفاع المياه فوق الهدار، بالمتر.

L = عرض الهدار، بالمتر.

Q = التصرف، م^3/ث.

تحديد التصرف التصميمى لخطوط الانحدار :

يكون تصميم خطوط تجميع مياه المجارى المنزلية بحيث لا تكون ممتلئة فى حالة التصرفات القصوى. أما فى تصميم شبكات تجميع مياه الأمطار فيمكن تصميم قطاعات المواسير على أنها ممتلئة، رغم أن بعض المراجع تحبذ تصميمها على أنها غير ممتلئة، وفى الواقع ليس هناك ما يدعو لتصميم شبكات الأمطار غير ممتلئة لأن الأمطار تستمر لفترة قصيرة وتبلغ ذروتها عند زمن التجميع فى نهاية رخة المطر ثم يبدأ التصرف فى التناقص بعد ذلك؛ هذا بالإضافة إلى أن تركيز التلوث فى مياه الأمطار أقل منه فى مياه المجارى المنزلية. وخطوط المجارى المنزلية تصمم بحيث لا تكون ممتلئة فى حالة التصرفات القصوى وذلك لعدم الدقة فى حساب التصرفات الناتجة من بيانات التعداد ومعدلات استهلاك المياه المستقبلية، وصرف بعض المخلفات الصناعية التى تعتمد على وسائل إمداد خاصة للمياه. ويمكن تصميم هذه الخطوط كالآتى:

ا. تكون قطاعات المواسير نصف ممتلئة وهى تحمل التصرفات القصوى، وذلك للأقطار حتى ٦٠٠مم.

ب.تكون قطاعات المواسير (٦٧-٧٥) ٪ ممتلئة للتصرفات القصوى، للأقطار التى تزيد عن ٦٠٠مم.

ج. $$Q_{\max} = \{(18+\sqrt{P}) \div (4+\sqrt{P})\} \times Q_{av}$$

حيث P = التعداد بالألف.

ويمكن فرض معدل التصرف الأدنى على أساس معدل التصرف الأدنى فى الساعة، ويساوى ثلث معدل التصرف اليومى.

مثال (٢-١) :

إحسب النسبة بين التصرف الأقصى والمتوسط للتعداد الآتى: (١٠٠٠ – ٥٠٠٠ – ١٠٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ – ٥٠٠٠٠ – ١٠٠٠٠٠ – ٢٠٠٠٠٠ – ٣٠٠٠٠٠ – ٤٠٠٠٠٠٠ – ١٠٠٠٠٠٠ – ١٥٠٠٠٠٠ – ٥٠٠٠٠٠٠ – ٦٠٠٠٠٠٠)، علماً بأن معدل التصرف المتوسط = ١٥٠ لتر / شخص / يوم.

الحل :

باستخدام المعادلة الآتية:

$$Q_{\max} = \{(18+\sqrt{P}) \div (4+\sqrt{P})\} \times Q_{av}$$

حيث P = التعداد بالألف، يمكن استنتاج التصرف الأقصى من الجدل الآتى:

التعداد	التعداد بالألف P	$\sqrt{P}$	النسبة بين التصرف الأقصى والمتوسط
١٠٠٠	١	١,٠٠	٣,٨٠
٥٠٠٠	٥	٢,٢٤	٣,٢٠
١٠٠٠٠	١٠	٣,١٦	٣,٠٠
٢٠٠٠٠	٢٠	٤,٤٧	٢,٧٠

٢,٣٠	٧,٠٧	٥٠	٥٠٠٠٠
٢,٠٠	١٠,٠٠	١٠٠	١٠٠٠٠٠
١,٨٠	١٤,١٤	٢٠٠	٢٠٠٠٠٠
١,٥٠	٢٢,٣٦	٥٠٠	٥٠٠٠٠٠
١,٤٠	٣١,٦٠	١٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠
١,٣٣	٣٨,٧٠	١٥٠٠	١٥٠٠٠٠٠
١,٢٩	٤٤,٧٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠٠٠٠
١,٢٤	٥٤,٨٠	٣٠٠٠	٣٠٠٠٠٠٠
١,٢١	٦٣,٢٠	٤٠٠٠	٤٠٠٠٠٠٠
١,١٩	٧٠,٧٠	٥٠٠٠	٥٠٠٠٠٠٠
١,١٧	٧٧,٥٠	٦٠٠٠	٦٠٠٠٠٠٠

الخواص الهيدروليكية للقطاع الدائري :

تتغير تصرفات مياه الصرف الصحي بصفة مستمرة على مدار اليوم ويتغير تبعاً لذلك عمق المياه والسرعة في خطوط التجميع، ولوجود مواد عالقة وطافية في مياه المجاري يكون معرفة تغير السرعة له أهمية كبيرة. ويمكن إيجاد العلاقات التي تربط العوامل الهيدروليكية المختلفة مع تغير التصرف وذلك لأي شكل من أشكال القطاعات المستخدمة في خطوط الصرف، وأبسط هذه الأشكال، الشكل الدائري.

ويبين شكل (٢-٢) قطاع دائري يمكن منه حساب العلاقة التي تربط العمق النسبي بالسرعة النسبية والتصرف النسبي، بفرض العوامل الهيدروليكية في معادلة مانج كالآتي :

$N - Q - V - R - A - D$ حينما تكون الماسورة ممتلئة.

$n - q - v - r - a - d$ حينما تكون الماسورة ممتلئة جزئياً.

وعلى أساس هذا الافتراض حينما تكون الماسورة ممتلئة :

$$A = \pi D^2 \div 4$$

$$R = D \div 4$$

$$V = \frac{1}{N} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Q = V. A

وحينما تكون الماسورة ممتلئة جزئياً :

$$d = D(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\cos\frac{\theta}{2})$$

$$\therefore d \div D = \frac{1}{2}(1 - \cos\frac{\theta}{2}) = \text{العمق النسبي}$$

$$a = \pi \frac{D^2}{4} \times \frac{\theta}{360} - \frac{D}{2}\cos\frac{\theta}{2} \times \frac{D}{2}\sin\frac{\theta}{2}$$

$$= \frac{D^2}{4}(\frac{\pi\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2})$$

$$a \div A = (\frac{\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2\pi})$$

$$r \div R = 1` - \frac{360\sin\theta}{2\pi\theta}$$

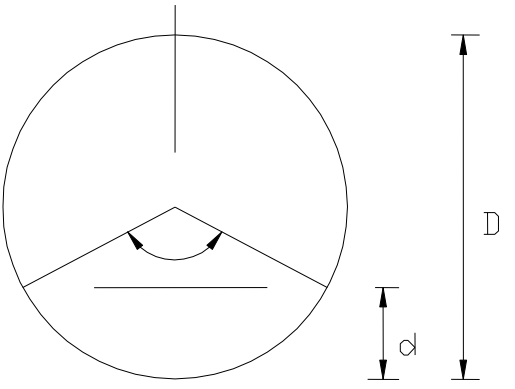
$$v \div V = r^{\frac{2}{3}} \div R^{\frac{2}{3}}$$

$$q \div Q = a.v \div A.V$$

والسرعة النسبية، والتصرف النسبي في الجدول محسوبة على أساس أن قيمة (N) ثابتة مع تغير العمق، وذلك لسهولة إيجاد هذه العلاقات، ولكن قيمة (N) تتغير بتغير عمق المياه في القطاع الدائري أو أى قطاع آخر، ويمكن تعديل قيمة السرعة أو التصرف بمعرفة القيمة النسبية الصحيحة لمعامل الإحتكاك. وفي الجدول الآتي وشكل (٢-٣) توضيح للعلاقة بين العوامل الهيدروليكية المختلفة في هذه الحالة.

ومن هذا الشكل يمكن استنتاج الآتي :

١. تحمل مواسير الصرف الدائرية أقصي تصرف حينما يكون عمق المياه فيها = ٠,٩٥ من القطر، ويكون التصرف أكبر بحوالي ٧ ٪ عن التصرف والماسورة ممتلئة.



شكل (٢ - ٢)
قطاع دائرى فى ماسورة صرف
ممتلئة جزئيا

٢. تكون السرعة في القطاع الدائري أكبر ما يمكن حينما يكون عمق المياه = ٠,٨١ من القطر، وتكون السرعة أكبر بحوالي ١٢,٥ ٪ من السرعة والماسورة ممتلئة.

مثال (٢–٢) :

ماسورة صرف صحي دائرية مصممة على الأسس الآتية :

الماسورة ٧٠ ٪ ممتلئة وهي تحمل أقصي تصرف Qmax والسرعة في هذه الحالة Vmax = ٩٠ سم/ثانية.

Qav. = 3 Qmin.

Qmax. = 3 Qav.

احسب الآتي : عمق المياه في الماسورة في حالة التصرف المتوسط والأدنى.

السرعة في حالة التصرف المتوسط والأدنى.

الحل :

جدول (٢–١)

العوامل الهيدروليكية للقطاع الدائري الغير ممتلئ

العمق النسبي $\frac{d}{D}$	السرعة النسبية $\frac{v}{V}$	التصرف النسبي $\frac{q}{Q}$	مقلوب معامل الاحتكاك النسبي $\frac{N}{n}$
٠,١٠	٠,٤٠١	٠,٠٢١	٠,٨١
٠,٢٠	٠,٦١٥	٠,٠٨٨	٠,٧٩
٠,٣٠	٠,٧٧٦	٠,١٩٦	٠,٧٨
٠,٤٠	٠,٩٠٢	٠,٣٣٧	٠,٧٩
٠,٥٠	١,٠٠٠	٠,٥٠٠	٠,٨٠
٠,٦٠	١,٠٧٢	٠,٦٧١	٠,٨٢
٠,٧٠	١,١٢٠	٠,٨٣٨	٠,٨٥
٠,٨٠	١,١٤٠	٠,٩٨٨	٠,٨٩

٠,٩٠	١,١٢٤	١,٠٦٦	٠,٩٣
١,٠٠٠	١,٠٠٠	١,٠٠٠	١,٠٠٠

في حالة أقصى تصرف :

$$\frac{d}{D} = ٠,٧٠$$

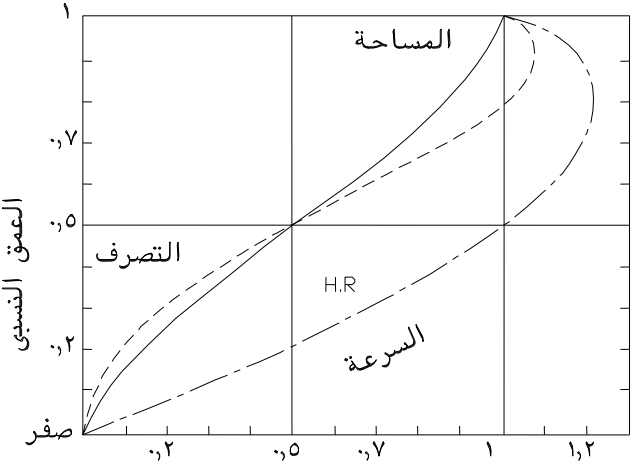
$$\frac{q}{Q_F} = ٠,٨٤$$

$$\frac{v}{V_F} = ١,١٢$$

$\therefore V_F = ٩٠ \div ١,١٢ = ٨٠$ سم /ث.

$q_{max} = ٠,٨٤ \times Q_F$

التصرف المتوسط = $^{١}/_{٣}$ أقصي تصرف.



العوامل الهيدروليكية بالنسبة للقطاع الممتلئ

شكل (٢ - ٣)

العلاقات الهيدروليكية النسبية للقطاع الدائرى

$= {}^{1}/_{3} \times (0,84) \times Q_F$

$= 0,28 \times Q_F$

ومن شكل (٢-٣) وعند تصرف نسبي مساوياً ٠,٢٨ يكون العمق النسبي = ٠,٣٧ وتكون السرعة النسبية ٠,٨٧.

∴ السرعة في حالة التصرف المتوسط = ٠,٨٧ × ٨٠ = ٧٠ سم/ثانية.

التصرف الأدنى = ${}^{1}/_{3}$ التصرف المتوسط.

$= {}^{1}/_{3} \times 0,28 \times Q_F = 0,093 \times Q_F$

ومن شكل (٢-٣) وعند تصرف نسبي مساوياً ٠,٠٩٣، يكون العمق النسبي = ٠,٢٢، والسرعة النسبية = ٠,٦٢.

∴ السرعة في حالة أدني تصرف = ٠,٦٢ × ٨٠ = ٤٩,٦ سم/ثانية.

مثال (٢-٣) :

ماسورة تصريف تخدم ٥٠,٠٠٠ خمسون ألف نسمة، والتصريف المتوسط لكل شخص ١٦٠ لتر/يوم. ومعامل الإحتكاك للماسورة المصنوعة من الفخار يساوي ٠,٠١٣، وميول سطح الأرض تسمح بإنشاء الماسورة بميل ٤ في الألف.

وبفرض إهمال التغير في معامل الإحتكاك مع العمق، صمم ماسورة الصرف إذا كان العمق يساوي ٠,٦٧ من القطر في حالة أقصي تصرف، وأن أقصي تصرف يساوي ضعف التصرف المتوسط، وأدني تصرف يساوي ٠,٤٠ من التصرف المتوسط.

الحل :

التصرف المتوسط = ٥٠,٠٠٠ × ١٦٠ = ٨,٠٠٠,٠٠٠ لتر / يوم.

= ٠,٠٩٣ متر مكعب / ثانية.

أقصي تصرف = ٠,٠٩٣ × ٢ = ٠,١٨٦ متر مكعب / ثانية.

وحيث أن عمق المياه يكون ٠,٦٧ من القطر في حالة أقصي تصرف.

∴ من شكل (٢-٣) حينما يكون $\frac{d}{D}$ = ٠,٦٧

يكون $\frac{q}{Q}$ = ٠,٧٨

(Q_{Full}) = ٠,٢٣٨ متر مكعب / ثانية.

وباستخدام المخطط البياني لمعادلة ..... Manning، لمعامل احتكاك ٠,٠١٣،

بفرض ميل للماسورة مساو لميل سطح الأرض (٤ في الألف) نجد أن :

القطر = ٤٨ سم، أى ٥٠ سم (٢٠ بوصة).

السرعة = ١٢٠ سم / ثانية.

و لإيجاد السرعة في حالة أقصي تصرف : نجد من شكل (٢-٣) أنه حينما تكون $\frac{d}{D}$ = ٠,٦٧، تكون $\frac{v}{V}$ = ١,١١.

∴ v = ١٣٣ سم / ث.

ولمراجعة السرعة في حالة أدني تصرف نجد أن :

أدني تصرف = ٠,٠٩٣ × ٠,٤٠ = ٠,٠٣٧ متر مكعب / ثانية.

$\frac{q_{(\min)}}{Q_{(Full)}}$ = ٠,٠٣٧ ÷ ٠,٢٣٨ = ٠,١٥٦

ومن شكل (٢-٣) وللتصرف النسبي ٠,١٥٦ نجد أن العمق النسبي = ٠,٠٢٨

والسرعة النسبية = ٠,٧١،

∴ v (السرعة في حالة أدني تصرف) = ٠,٧١ × ١٢٠ = ٨٥ سم / ثانية.

وهي أكبر من الحد الأدنى المطلوب.

ولمعرفة السرعة في حالة التصرف المتوسط.

$\frac{q_{(a\,\mathrm{var}\,ege)}}{Q_{(Full)}}$ = ٠,٠٩٣ ÷ ٠,٢٣٨ = ٠,٣٩

ومن شكل (٢-٣) وللتصرف النسبي ٠,٣٩، نجد أن :

العمق النسبي = ٠,٤٤.

السرعة النسبية = $\frac{v}{V}$ = ٠,٩٣

∴ v (السرعة في حالة التصرف المتوسط) = ٠,٩٣ × ١٢٠
= ١١٢ سم / ثانية.

مثال (٢–٤) :

صمم ماسورة تصريف، بفرض البيانات الواردة بالمثال السابق إذا كان منسوب سطح الأرض أفقي.

الحل :

التصرف المتوسط = ٠,٠٩٣ متر مكعب / ثانية.
أقصى تصرف = ٠,١٨٦ متر مكعب / ثانية.
التصرف والماسورة ممتلئة = ٠,٢٣٨ متر مكعب / ثانية.وبفرض السرعة ٨٠ سم / ثانية والماسورة ممتلئة.
∴ القطر = ٦١ سم، وتؤخذ ٦٠ سم (٢٤ بوصة) ويكون الميل في هذه الحالة = ١,٥ في الألف.
وتكون السرعة = ٨٣ سم / ثانية، والماسورة ممتلئة.
والسرعة في حالة أقصي تصرف = ١,١١ × ٨٣ = ٩٢ سم / ثانية.
والسرعة في حالة التصرف المتوسط = ٠,٩٣ × ٨٣ = ٧٧ سم / ثانية.
والسرعة في حالة أدني تصرف = ٠,٧١ × ٨٣ = ٥٩ سم / ثانية.
والسرعة في هذه الحالات مناسبة وفي حدود التغير في التصرفات، والعمق النسبي الذي تم استنتاجه في المثال السابق.

مثال (٢–٥) :

احسب أقل ميل لخط صرف بقطر ٥٠٠مم بحيث تكون سرعة المياه فيه ٨٠ سم/ثانية عندما يكون التصرف مساويا ربع التصرف والماسورة ممتلئة.

الحل :

التصرف النسبى = ٠,٢٥

باستخدام شكل (٢–٣) نجد أنه عندما يكون التصرف النسبى مساويا = ٠,٢٥، تكون السرعة النسبية مساوية ٠,٨٤

∴ السرعة والماسورة ممتلئة = ٨٠ ÷ ٠,٨٤ = ٩٥ سم/ثانية.

وباستخدام المخطط البيانى وبمعرفة قطر الماسورة والسرعة فيها وهى ممتلئة؛ نجد أن ميل الماسورة = ٠,٠٠٢٤.

مثال (٢–٦) :

احسب التصرف والسرعة فى ماسورة صرف صحى قطرها ٩٠سم وميلها ٠,٠٠٢، وذلك عندما يكون عمق المياه فيها ٣٦سم. (معامل الاحتكاك = ٠,٠١٣).

الحل :

باستخدام المخطط البيانى، نجد أن الماسورة بقطر ٩٠سم، وميل ٠,٠٠٢، ويكون التصرف والسرعة فيها وهى ممتلئة مساويا ٨١٥ لتر/ثانية؛ ١,٢٨ متر/ثانية على التوالى.

العمق النسبى = ٣٦ ÷ ٩٠ = ٠,٤٠

وباستخدام الشكل (٢–٣)، وعلى المحور الرأسى نسير بخط أفقى عند ٠,٤٠ ليقطع منحنيات التصرف والسرعة، وعند نقط التقاطع، وبخطوط رأسية نحصل على:

تصرف نسبى = ٠,٣٣

وسرعة نسبية = ٠,٨٩

∴ التصرف عند عمق ٣٦سم = ٠,٣٣ × ٨١٥ = ٢٦٩ لتر/ثانية

السرعة النسبية = ٠,٨٩ × ١,٢٨ = ١,١٤ متر/ثانية.

معامل الاحتكاك لمواسير التصريف :

تختلف حسب المادة المصنوعة منها الماسورة ، وتتغير مع الاستعمال فتزيد مع استعمال الماسورة . والقيم الواردة بالجدول الآتي لمعامل الاحتكاك (n) المستخدم في معادلة (Manning) للمواسير المصنوعة من مواد مختلفة.

جدول (٢-٢)

معامل الاحتكاك (n) للمواد المختلفة

نوع الماسورة	معامل الاحتكاك
مواسير فخار مزجج	٠,٠١٠ – ٠,٠١٧
مواسير فخار غير مزجج	٠,٠١١ – ٠,٠١٧
مواسير خرسانية	٠,٠١٢ – ٠,٠١٦
مواسير زهر مغطاة بالبيتومين	٠٠,٠١١ – ٠,٠١٤
مجرى من الطوب المصقول	٠,٠١١ – ٠,٠١٥
مجرى من الطوب غير المصقول	٠,٠١٢ – ٠,٠١٧
مواسير صلب ملحومة	٠,٠١٠ – ٠,٠١٣
مواسير صلب مبرشمة	٠,٠١٣ – ٠,٠١٧
قنوات مبطنة بالخرسانة	٠,٠١٢ – ٠,٠١٨

جداول التصميم لمواسير الصرف الصحى الدائرية :

يستخدم المخطط البيانى لمعادلة (... Manning) فى معرفة العوامل الهيدروليكية المختلفة المطلوبة فى تصميم مواسير التصريف الدائرية، ويمكن لتيسير الجهد استعمال

جداول تربط هذه العوامل فى مجالات السرعة التى تستخدم عادة فى التصميم. وجدول (٢-٣) يبين العلاقة بين قطر الماسورة والميل والتصرف لسرعات مختلفة تبدأ من ٧٥سم/ثانية وحتى ٢٥٠سم/ثانية، عندما تكون الماسورة ممتلئة. والسرعة لا تقل عن ٧٥ سم/ثانية.

وفى عمل جداول (٢-٣) استخدمت معادلة ... Manning بمعامل احتكاك ٠,٠١٣ كقيمة متوسطة لأنواع المواسير المستخدمة فى التصريف والتى تم استخدامها فترة من الزمن. وفى حالة استخدام مواسير لها معامل احتكاك مغاير، يمكن تعديل قيمة التصرف على هذا الأساس. وكذلك فى حالة حساب التصرف والماسورة غير ممتلئة واعتبار التغير فى معامل الاحتكاك مع العمق.

واقتصرت الجداول على أقطار المواسير حتى ١٢٠٠مم، والأقطار الأكبر تكون عادة للخطوط الرئيسية التى يمكن معها استخدام المعادلة الحسابية، بالإضافة إلى العوامل الإنشائية الأخرى التى يجب مراعاتها فى تنفيذ الخطوط والمطابق.

جدول (٢-٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر الماسورة ١٥٠مم		قطر ٢٠٠مم	
	الميل S × ١٠٠٠	التصرف Q لتر/ث	S	Q
٧٥	٧,٦	١٣,٣	٥,٢	٢٣,٦
٨٠	٨,٦	١٤,٠	٥,٩	٢٥,٠
٩٠	١٠,٩	١٥,٩	٧,٤	٢٨,٣
١٠٠	١٣,٥	١٧,٧	٩,٢	٣١,٤
١١٠	١٦,٠	١٩,٥	١١,٠	٣٤,٥
١٢٠	١٩,٠	٢١,٠	١٣,٠	٣٧,٧
١٣٠	٢٣,٠	٢٣,٠	١٦,٠	٤١,٠
١٤٠	٢٦,٠	٢٥,٠	١٨,٠	٤٤,٠

١٥٠	٣٠,٠	٢٦,٥	٢١,٠	٤٧,٠
١٦٠	٣٥,٠	٢٨,٣	٢٤,٠	٥٠,٠
١٨٠	٤٤,٠	٣٢,٠	٣٠,٠	٥٦,٥
٢٠٠	٥٤,٠	٣٥,٣	٣٨,٠	٦٣,٠
٢٢٥	٦٨,٠	٣٩,٧	٤٦,٠	٧١,٠
٢٥٠	٨٤,٠	٤٤,٠	٥٧,٠	٧٨,٥

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

تابع جدول (٢–٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى

معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر ٢٥٠مم		قطر ٣٠٠مم	
	S	Q	S	Q
٧٥	٣,٨	٣٦,٨	٣,٠	٥٣,٠
٨٠	٤,٤	٣٩,٣	٣,٤	٥٦,٦
٩٠	٥,٥	٤٤,٠	٤,٣	٦٣,٦
١٠٠	٦,٨	٤٩,٠	٥,٤	٧٠,٧
١١٠	٨,٠	٥٤,٠	٦,٥	٧٨,٠
١٢٠	٩,٨	٥٩,٠	٧,٧	٨٥,٠
١٣٠	١١,٥	٦٤,٠	٩,٠	٩٢,٠
١٤٠	١٣,٤	٦٨,٧	١٠,٥	٩٩,٠
١٥٠	١٥,٣	٧٣,٦	١٢,٠	١٠٦,٠
١٦٠	١٧,٥	٧٨,٤	١٣,٧	١١٣,٠
١٨٠	٢٢,٠	٨٨,٠	١٧,٠	١٢٧,٠
٢٠٠	٢٧,٠	٩٨,٠	٢١,٠	١٤١,٠
٢٢٥	٣٥,٠	١١٠,٠	٢٧,٠	١٥٩,٠

٢٥٠	٤٣,٠	١٢٢,٠	٣٣,٠	١٧٧,٠

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

تابع جدول (٢–٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى

معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر ٣٥٠مم		قطر ٤٠٠مم	
	S	Q	S	Q
٧٥	٢,٥	٧٢	٢,٠	٩٤
٨٠	٢,٨	٧٧	٢,٣	١٠٠
٩٠	٣,٥	٨٦	٣,٠	١١٣
١٠٠	٤,٤	٩٦	٣,٦	١٢٦
١١٠	٥,٣	١٠٦	٤,٤	١٣٨
١٢٠	٦,٣	١١٥	٥,٣	١٥١
١٣٠	٧,٤	١٢٥	٦,٢	١٦٣
١٤٠	٨,٥	١٣٥	٧,٠	١٧٦
١٥٠	٩,٨	١٤٤	٨,٢	١٨٨
١٦٠	١١,٠	١٥٤	٩,٣	٢٠٠
١٨٠	١٤,٠	١٧٣	١٢,٠	٢٢٦
٢٠٠	١٧,٠	١٩٢	١٤,٦	٢٥١
٢٢٥	٢٢,٠	٢١٦	١٨,٠	٢٨٣
٢٥٠	٢٧,٠	٢٤٠	٢٣,٠	٣١٤

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

تابع جدول (٢–٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى

معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر ٤٥٠مم		قطر ٥٠٠مم	
	S	Q	S	Q
٧٥	١,٨	١١٩	١,٥	١٤٧
٨٠	٢,٠	١٢٧	١,٧	١٥٧
٩٠	٢,٥	١٤٣	٢,٢	١٧٦
١٠٠	٣,٠	١٥٩	٢,٧	١٩٦
١١٠	٣,٨	١٧٥	٣,٣	٢١٦
١٢٠	٥,٠	١٩١	٣,٩	٢٣٥
١٣٠	٥,٣	٢٠٧	٤,٦	٢٥٥
١٤٠	٦,٠	٢٢٣	٥,٣	٢٧٤
١٥٠	٧,٠	٢٣٨	٦,٠	٢٩٤
١٦٠	٨,٠	٢٥٤	٧,٠	٣١٤
١٨٠	١٠,٠	٢٨٦	٩,٠	٣٥٣
٢٠٠	١٢,٠	٣١٨	١١,٠	٣٩٢
٢٢٥	١٦,٠	٣٥٨	١٤,٠	٤٤١
٢٥٠	١٩,٠	٣٩٨	١٧,٠	٤٩٠

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

تابع جدول (٢–٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى

معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر ٦٠٠مم		قطر ٧٠٠مم	
	S	Q	S	Q
٧٥	١,٢	٢١٢	١,٠	٢٨٩
٨٠	١,٤	٢٢٦	١,١	٣٠٨
٩٠	١,٧	٢٥٥	١,٤	٣٤٧
١٠٠	٢,٠	٢٨٣	١,٧	٣٨٥
١١٠	٢,٦	٣١١	٢,١	٤٢٤
١٢٠	٣,٠	٣٤٠	٢,٥	٤٦٢
١٣٠	٣,٦	٣٧٠	٢,٩	٥٠٠
١٤٠	٤,٢	٣٩٦	٣,٤	٥٣٩
١٥٠	٤,٨	٤٢٤	٤,٠	٥٧٧
١٦٠	٥,٤	٤٥٢	٤,٥	٦١٥
١٨٠	٦,٨	٥٠٨	٥,٥	٦٩٢
٢٠٠	٨,٥	٥٦٥	٧,٠	٧٦٩
٢٢٥	١٠,٧	٦٣٦	٨,٧	٨٦٦
٢٥٠	١٣,٠	٧٠٧	١٠,٨	٩٦٢

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

تابع جدول (٢–٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى

معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر ٨٠٠مم		قطر ٩٠٠مم	
	S	Q	S	Q
٧٥	٠,٨٠	٣٧٧	٠,٧٠	٤٧٧
٨٠	٠,٩٠	٤٠٢	٠,٨٠	٥٠٩
٩٠	١,٢٠	٤٥٣	١,٠٠	٥٧٢
١٠٠	١,٤٠	٥٠٣	١,٣٠	٦٣٦
١١٠	١,٨٠	٥٥٣	١,٥٠	٧٠٠
١٢٠	٢,١٠	٦٠٤	١,٨٠	٧٦٣
١٣٠	٢,٥٠	٦٥٤	٢,١٠	٨٢٧
١٤٠	٢,٨٠	٧٠٤	٢,٤٠	٨٩٠
١٥٠	٣,٣٠	٧٥٤	٢,٨٠	٩٥٤
١٦٠	٣,٧٠	٨٠٤	٣,٢٠	١٠١٧
١٨٠	٤,٧٠	٩٠٤	٤,٠٠	١١٤٥
٢٠٠	٥,٨٠	١٠٠٥	٥,٠٠	١٢٧٢
٢٢٥	٧,٣٠	١١٣٠	٦,٣٠	١٤٣١
٢٥٠	٩,٠٠	١٢٥٦	٧,٧٠	١٥٩٠

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

تابع جدول (٢–٣)

خطوط الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى

معامل الاحتكاك n = ٠,٠١٣

السرعة V سم/ث	قطر ١٠٠٠مم		قطر ١٢٠٠مم	
	S	Q	S	Q
٧٥	٠,٦٠	٥٨٩	٠,٥٠	٨٤٨
٨٠	٠,٧٠	٦٢٨	٠,٥٥	٩٠٥
٩٠	٠,٩٠	٧٠٧	٠,٧٠	١٠١٨
١٠٠	١,١٠	٧٨٥	٠,٨٥	١١٣١
١١٠	١,٣٠	٨٦٤	١,٠٠	١٢٤٤
١٢٠	١,٥٠	٩٤٢	١,٢٠	١٣٥٧
١٣٠	١,٨٠	١٠٢١	١,٤٠	١٤٧٠
١٤٠	٢,٠٠	١٠٩٩	١,٦٥	١٥٨٣
١٥٠	٢,٤٠	١١٧٧	١,٩٠	١٦٩٦
١٦٠	٢,٧٠	١٢٥٦	٢,٢٠	١٨٠٩
١٨٠	٣,٥٠	١٤١٣	٢,٧٠	٢٠٣٥
٢٠٠	٤,٣٠	١٥٧٠	٣,٤٠	٢٢٦١
٢٢٥	٥,٤٠	١٧٦٦	٤,٣٠	٢٥٤٣
٢٥٠	٦,٧٠	١٩٦٣	٥,٣٠	٢٨٢٦

ملحوظة :

V = سم / ث

S = الميل × ١٠٠٠

Q = التصرف لتر / ث

مياه الأمطار :

يختلف معدل سقوط الأمطار على سطح الكوكب الأرضى من منطقة لأخرى حسب تأثير العوامل الجوية والجغرافية المختلفة، إلا أنه لنفس الموقع الجغرافى تأخذ مياه الأمطار طابعاً مألوفاً يتغير بالزيادة والنقص فى معدلات سقوط الأمطار ولكن فى حدود متوازنة. والدورة الهيدروليجية لكوكب الأرض يوضحها الجدول الآتى كمتوسط سنوى.

الدورة الهيدروليجية لكوكب الأرض

الموقع	المعدل – كم٣ / عام		المعدل – متر /عام		النسبة المئوية	
	البخر	الأمطار	البخر	الأمطار	البخر	الأمطار
المحيطات	٤٤٩٠٠٠	٤١٦٠٠٠	١,٢٣	١,١٤	٨٦	٨٠
اليابس	٧٢٠٠٠	١٠٥٠٠٠	٠,٤٨	٠,٧٢	١٤	٢٠

وعلى سبيل المثال يصل متوسط معدل الأمطار السنوى فى الولايات المتحدة حوالى ١٥,٩ كيلو متر مكعب فى اليوم، أى حوالى ٧٦ سم فى العام. ويصل معدل البخر والنتح evapotranspiration إلى حوالى ١٠,٩ كيلو متر مكعب فى اليوم، أى حوالى ٥٣سم فى العام.

وبالنسبة لمدينة الإسكندرية يصل المتوسط السنوى لمياه الأمطار إلى حوالى ١٠٨ مم، ويمكن أن يقل هذا المتوسط ويصل إلى حوالى ٤٣,٥ مم كما حدث فى عام ١٩٦٤، إلا أن العبرة فى تصميم شبكات الصرف تكون بمعدل سقوط رخات المطر وفترة نزولها.

تجميع مياه الأمطار :

تستوعب شبكات التجميع مياه الأمطار من المناطق السكنية والتجارية والصناعية بحيث تكون الأضرار الناتجة من فيضان المياه من خطوط التجميع أقل ما يمكن وعلى فترات متباعدة.

وبالنسبة لمدينة الإسكندرية ينحصر موسم الأمطار بين منتصف نوفمبر حتى أوائل مارس، وفى هذه الفترة يكون معدل استهلاك المياه أقل من متوسط المعدل على مدار العام. وتكون كثافة الأمطار أكبر ما يمكن على شمال الدلتا من الإسكندرية وحتى البرلس، حيث أن هذا الخط الساحلى عمودى على اتجاه الرياح المحملة بمياه الأمطار.

العوامل المؤثرة فى التصميم :

يتسبب الفيضان الناتج من العواصف الممطرة فى أضرار مادية فى المنشآت العامة والخاصة، ويجب عند تصميم شبكات تجميع مياه الأمطار دراسة العوامل الآتية دراسة متعمقة:

١. الحمل الإضافى الناتج من زيادة التصرفات التى تصل لخطوط التجميع عن السعة التصميمية لهذه الخطوط، ويحدث هذا الحمل الإضافى أثناء رخّات المطر الشديدة التى تكون كثافتها أكبر من الكثافة المستخدمة فى التصميم، أوالتى تحدث على فترات متباعدة كل عدة سنوات.
٢. عمق الفيضان السطحى الناتج من الأمطار والذى يحدث أثناء سريان المياه على سطح الأرض فى اتجاه بالوعات (فتحات) الأمطار، وهذا العمق ليس له تأثير كبير إلا فى حالة الطفح الناتج من الحمل الإضافى على خطوط التجميع، ويقل تأثيره عندما تكون الأرصفة والطوابق الأضية أعلى من سطح الشوارع بحوالى ٢٠سم.
٣. سريان مياه الأمطار الزائدة عن خطوط التجميع على أسطح الشوارع، ويكون تأثير هذه الظاهرة مختلفة من منطقة لأخرى حسب ميول أسطح الشوارع ومعدلات سريان المياه على الأرض. وتكون ميول سطح الأرض فى الإتجاه

الطولى عادة أقل من نصف فى المائة، وتكون (٢-٣) فى المائة فى الإتجاه العرضى.

٤. تغير معدلات سقوط الأمطار حيث تتغير التصرفات الناتجة من مياه الأمطار فى خطوط التجميع نتيجة لعدم استمرارية رخات المطر الشديدة لفترات طويلة، وأيضا بسبب عملية التجميع بداية من سقوط الأمطار على الأسطح المختلفة وحتى وصولها إلى مواسير التجميع. فالتصرفات تتغير من الصفر إلى أقصى ما يمكن أن تستوعب المواسير، وقد تكون خطوط التجميع فى بعض الأحيان تحت ضغط نتيجة للحمل الإضافى الذى يصل لهذه الخطوط فى حالة العواصف الشديدة التى تستمر لفترات طويلة. وعلى ذلك فالخواص الهيدروليكية لشبكات تجميع مياه الأمطار تعتبر من أعقد المشاكل الهيدروليكية التى يصعب تحديد معالمها.

معدلات الأمطار لمدينة الإسكندرية :

يوضح شكل (١-٣) وجدول (٢-٤) العلاقة بين كثافة الأمطار وفترة نزولها لمدة تكرار بين سنة واحدة وثمانية وعشرون سنة والشكل والجدول خلاصة دراسة علمية قام بها المؤلف عام ١٩٨٠ لاستخدام هذه العلاقات فى حساب تصرفات مياه الأمطار التى تصل لشبكات الصرف الصحى.

جدول (٢–٤)

العلاقة بين كثافة الأمطار وفترة نزولها (الإسكندرية)

فترة نزول المطر (دقيقة)	كثافة الأمطار (مم/ساعة) لمدة تكرار العواصف المبينة بالسنوات					
	١سنة	٣سنوات	٥سنوات	١٠سنوات	٢٠سنة	٢٨سنة
٥	٣٣,٩	٣٩,٢	٥٢,٠	٥٦,٠	٦١,٠	٧٠,٠
٦	٢٩,٦	٣٦,٤	٥٠,٠	٥٣,٠	٥٧,٠	٦٤,٠
٧	٢٦,٣	٣٤,٠	٤٨,٠	٥٠,٠	٥٣,٣	٥٨,٠
٨	٢٤,٠	٣١,٤	٤٤,٠	٤٧,٠	٥٠,٤	٥٤,٠
٩	٢٢,٥	٢٩,٥	٤٠,٠	٤٤,٥	٤٨,٥	٥١,٦
١٠	٢٠,٠	٢٧,٠	٣٥,٢	٤٣,٠	٤٦,٠	٤٩,٠
١١	١٧,٢	٢٥,٥	٣٢,٠	٤٠,٠	٤٤,٢	٤٦,٨
١٢	١٥,٨	٢٤,٣	٢٩,٣	٣٨,٣	٤٢,٠	٤٤,٦
١٣	١٤,٨	٢٣,٢	٢٧,٨	٣٦,٠	٤٠,٣	٤٣,٠
١٤	١٤,٠	٢٢,٠	٢٦,٤	٣٤,٤	٣٨,٦	٤١,٦
١٥	١٣,٢	٢١,٠	٢٥,٢	٣٢,٨	٣٧,٢	٤٠,٠
١٦	١٢,٦	٢٠,٠	٢٤,٠	٣١,٤	٣٦,٠	٣٨,٤
١٨	١١,٥	١٨,٥	٢٢,٠	٢٨,٨	٣٣,٦	٣٦,٠
٢٠	١٠,٦	١٧,٢	٢٠,٤	٢٦,٤	٣١,٦	٣٤,٠
٢٢	٩,٨	١٦,٠	١٩,٠	٢٤,٠	٢٩,٤	٣٢,٢
٢٤	٩,٠	١٥,٠	١٧,٥	٢٢,٥	٢٧,٨	٣٠,٥
٢٦	٨,٢	١٤,٠	١٦,٤	٢٠,٨	٢٥,٨	٢٩,٠
٢٨	٧,٥	١٣,٢	١٥,٤	١٩,٠	٢٤,٠	٢٧,٦
٣٠	٦,٨	١٢,٣	١٤,٥	١٧,٥	٢٢,٥	٢٦,٢
٣٤	٥,٨	١٠,٧	١٣,٠	١٥,٠	١٩,٧	٢٣,٥
٤٠	٤,٤	٨,٧	١٠,٩	١٢,٧	١٦,٤	٢٠,٠
٥٠	٣,٢	٦	٨,٦	١٠,٤	١٣,٣	١٥,٧
٦٠	٢,٦	٤,٦	٦,٧	٨,٥	١٠,٦	١٢,٧

ويمكن حساب التصرفات التى تصل شبكات التصريف من مياه الأمطار باتباع الخطوات الآتية:

١. تحديد معدلات الأمطار المسموح باستخدامها فى التصميم، ويتوقف ذلك على أهمية كل منطقة، ومدى الأضرار التى تتعرض لها المنشآت بسبب فيضان الأمطار.

٢. تحديد النسبة التى تصل شبكات التصريف من مياه الأمطار، ويتوقف ذلك على طبيعة المنطقة وما بها من مساحات ترابية ومساحات مرصوفة، وميول الأرض. ونسبة ما يمكن فقده بالتسرب فى المناطق الغير مرصوفة. وكذلك تخطيط شبكة التصريف التى تستقبل مياه الأمطار، وتسمى هذه النسبة بمعامل المطر.

معامل المطر للأسطح المختلفة

نوع الأسطح	معامل المطر
أسطح المبانى	٠,٧٥ – ٠,٩٥
شوارع ومسطحات مرصوفة رصف جيد	٠,٨٥ – ٠,٩٥
رصف بالطوب أو الحجارة بالمونة	٠,٧٥ – ٠,٨٥
رصف بالطوب أو الحجارة بدون مونة	٠,٥٠ – ٠,٧٠
طرق بدكة دقشوم أو حصى	٠,٢٥ – ٠,٦٠
طرق زلطية ومشايات مدكوكة	٠,١٥ – ٠,٣٠
طرق غير مرصوفة	٠,١٠ – ٠,٣٠
حدائق ومساحات خضراء	٠,١٠ – ٠,٢٠

حساب معدلات التصرف:

يمكن حساب معدل التصرف بالطرق الآتية:

١. ت = ك × م × س.

حيث:

ت = التصرف

ك = كثافة المطر

م = معامل المطر

س = المساحة التى يتم تجميع الأمطار منها.

٢. استخدام نفس المعادلة السابقة مع تحديد وحدات معينة كالآتى:

ت = ١/٣٦ (ك × م × س).

حيث:

ت = التصرف، م^{٣}/ثانية

ك = كثافة المطر، سم/ساعة

س = المساحة بالهكتار.

استخدام المعادلة فى الخطوة رقم (٢) مع استخدام ميول سطح الأرض:

ت = ١/٣٦ (ك × م × س) × (ى/س)$^{١/٤}$

حيث ى = ميل سطح الأرض، متر لكل ألف متر.

كثافة الأمطار :

يتم تحديد كثافة الأمطار باستخدام شكل (١-٣) أو جدول (٢-٤) بمعرفة الآتى:

أ. تكرار العواصف الممطرة.

ب. زمن سقوط الأمطار.

أ. تكرار العواصف الممطرة :

أوضحت المراجع المختلفة والدراسات التى قام بها المؤلف، أن كثافة الأمطار للعواصف التى تتكرر كل فترات زمنية متباعدة تكون أكبر كثافة من العواصف التى تتكرر خلال فترات زمنية متقاربة فيقال إن الأمطار حدثت بأعلى كثافة مرة واحدة خلال عشرون عاماً، بمعنى أن كثافة الأمطار حدثت بهذه القيمة فى المتوسط خمس مرات خلال مائة عام، أو مرتين خلال ٤٠ عام، أو مرة واحدة خلال عشرون عاماً

أى أنها أكبر كثافة أمكن حدوثها فى هذه الفترة، ويليها فى الكثافة العواصف التى حدثت مرتين خلال نفس المدة، يليها العواصف التى حدثت أكثر من مرتين وهكذا .....

وكذلك العواصف التى حدثت مرة واحدة خلال عشرون عاماً كثافتها أكبر من العواصف التى حدثت مرة واحدة خلال عشر سنوات، والأخيرة كثافتها أكبر من التى حدثت مرة واحدة خلال خمس سنوات، وهكذا.

وإختيار كثافة الأمطار التى تستخدم فى تصميم خطوط الصرف له أهمية كبيرة لكى تؤدى هذه الخطوط الغرض الأساسى منها وهو استيعاب التصرفات التى تصل إليها مع عدم المغالاة فى زيادة أقطار الشبكة بلا مبرر قد يؤدى إلى نتيجة عكسية فالمواسير الكبيرة عندما يمر فيها تصرف صغير تكون السرعة فيها صغيرة مما يساعد على الترسيب فى المواسير نفسها، علاوة على زيادة التكاليف الإنشائية بنسبة كبيرة. وفى نفس الوقت يجب مراعاة ألا يحدث فيضان من الشبكة فى فترات متقاربة تكون سببا فى الإضرار بالمنشآت والمرافق المختلفة.

ولهذا كان اختيار كثافة الأمطار المناسبة، من أهم أسس التصميم لشبكات الصرف الصحى المستخدمة فى تجميع مياه الأمطار سواء كانت هذه الشبكات مشتركة أو منفصلة.

وكما سبق ذكره، فلكل فترة نزول للأمطار، يوجد كثافة لكل مدة تكرار معينة، ومعنى ذلك أنه يجب تحليل هذه العلاقات بطريقة مناسبة يمكن من خلالها إختيار مدة التكرار التى تتوافق مع ظروف التصميم المختلفة.

وتستخدم كثافة الأمطار لمدة تكرار تتراوح بين سنتين و١٠ سنوات بمتوسط ٥ سنوات، وذلك لتصميم شبكات الصرف الصحى فى المناطق السكنية، وفى المناطق التجارية والصناعية تستخدم مدة تكرار من ١٠ إلى ١٥ سنة ولذلك فاختيار مدة تكرار معينة فى تصميم الشبكات وما له من أهمية وتأثير فى تكاليف الإنشاء

والتشغيل يجب أن يتم بعد دراسة كثافة الأمطار لمدد التكرار المختلفة، وجدول (٢-٤) يبين العلاقة بين كثافة الأمطار وفترة نزولها لمدة تكرار ١، ٣، ٥، ١٠، ٢٠، ٢٨ سنة.

ويبين الجدول هذه العلاقة لفترات نزول الأمطار ابتداء من ٥ دقائق وحتى ٦٠ دقيقة على أساس أن رخات الأمطار التى تستمر لدقائق قليلة والتى تكون كثافتها أكبر ما يمكن يكون تأثيرها فى المواسير الفرعية الصغيرة فقط التى تمتلىء بسرعة ولكن ذلك لا يدوم طويلاً بالإضافة إلى أن ذلك ليس له تأثير على مواسير التجميع الرئيسية.

وفى حالة رخات المطر التى تستمر لفترات طويلة ويكون تأثيرها عادة فى مواسير التجميع الرئيسية، تكون كثافة المطر فيها أقل من الكثافة التصميمية، مما ينتج عنه تصرف فى هذه المواسير أقل من التصرف التصميمى، وهذا هو السبب فى اختيار فترات نزول المطر من (٥-٦٠) دقيقة فى الجدول.

ب. زمن سقوط الأمطار :

افترض لويد أن زمن سقوط الأمطار يمكن اعتباره مساوياً لزمن تجميع مياه الأمطار للمساحة التى تصرف على خط الصرف المطلوب تصميمه، وزمن التجميع هو الوقت اللازم للمياه من جميع المساحات الصغيرة لتصل إلى بالوعات الأمطار أو إلى بداية خطوط الصرف التى تخدم هذه المساحات.

ويتكون زمن التجميع من جزئين:

١. فترة وصول مياه الأمطار لنقطة التجميع Inlet Time

وهو الوقت اللازم لوصول المياه من أبعد نقطة من المساحة المخدومة إلى نقطة دخول المياه لخط التجميع ويمكن حساب هذا الوقت من المعادلة الآتية

$$ن = (٠,٨٨٥ \ ل^{٣} \backslash ع)^{٠,٣٨٥}$$

حيث:

ن = فترة وصول مياه الأمطار من أبعد نقطة إلى بداية خط التجميع بالدقيقة.

ل = طول مسار مياه الأمطار بالكيلومتر.

ع = الفرق فى منسوب سطح الأرض على طول مسار المياه، كم.

وقد حددت بعض المراجع هذه الفترة بحوالى (٥-٢٠) دقيقة، ويعتمد تحديد هذا الوقت على خصائص المساحة التى تستقبل مياه الأمطار، من حيث مقدار المساحة وميولها والأبعاد بين فتحات الأمطار.

٢. زمن سريان المياه فى خطوط التجميع :

وهو زمن سريان المياه فى مواسير التجميع بدأً من دخول مياه الأمطار لخط المواسير وحتى نقطة معينة. ويمكن حساب هذا الزمن بقسمة طول خط المواسير على سرعة المياه فى هذا الخط.

هذا وقد حدد بعض الباحثين فى تصميم شبكات تجميع الأمطار، العواصف التى تستمر لفترة تساوى:

أ. ضعف زمن التجميع.

ب. ٣ (زمن التجميع – ٥) دقيقة.

مثال (٢-٧) :

حى من أحياء المدينة مساحته ٥٠ فدان مقسمة حسب معامل المطر فى أجزائها المختلفة كالآتى:

المساحة بالفدان	نوعية المساحة	معامل المطر
١٢	شوارع وأماكن مرصوفة	٠,٩٠
١٥	أسطح مبانى	٠,٨٥
٨	شوارع غير مرصوفة	٠,٢٥
١٥	حدائق وملاعب	٠,٢٠

فإذا كانت كثافة الأمطار ٤٥مم/ساعة، احسب تصرف مياه الأمطار الناتج من المنطقة.

الحل :

متوسط معامل المطر للمنطقة = {(١٢×٠,٩) + (١٥×٠,٨٥) + (٨×٠,٢٥) + (١٥×٠,٢٠)} ÷ مساحة المنطقة

= (١٠,٨ + ١٢,٧٥ + ٢ + ٣) ÷ ٥٠

= ٠,٥٧١

∴ تصرف مياه الأمطار = المساحة × معامل المطر × كثافة الأمطار

المساحة = ٥٠ × ٤٢٠٠ = ٢١٠٠٠٠ متر مربع

معامل المطر = ٠,٥٧١

كثافة الأمطار = ٤٥ مم/ساعة

= ٠,٠٤٥ متر/ساعة

∴ تصريف مياه الأمطار = ٢١٠٠٠٠ × ٠,٥٧١ × ٠,٠٤٥

= ٥٣٩٥,٩٥ م^{٣}/ساعة

= ١,٥٠م^{٣}/ثانية

مثال (٢–٨) :

المطلوب تصميم خطوط صرف الأمطار للمساحة المبينة فى الرسم باستخدام منحنيات كثافة الأمطار لمدينة الإسكندرية (شكل ١–٣) على أساس أن:

- المنطقة (أ) = ٢ فدان، ومعامل مطر = ٠,٧٠
- المنطقة (ب) = ٣ فدان، ومعامل مطر = ٠,٣٥
- المنطقة (ج) = ٤ فدان، ومعامل مطر = ٠,٦٠

- ميول سطح الأرض فى المناطق أ، ب، ج تساعد على وصول مياه الأمطار من كل منطقة إلى خط التصريف الذى يخدمها فى مدة ٥ دقائق.

طول (٤-٣) = ٩٠متر.

طول (٣-٢) = ٩٠متر.

طول (٢-١) = ٨٠متر.

الحل :

أولا: خط التصريف (٤-٣):

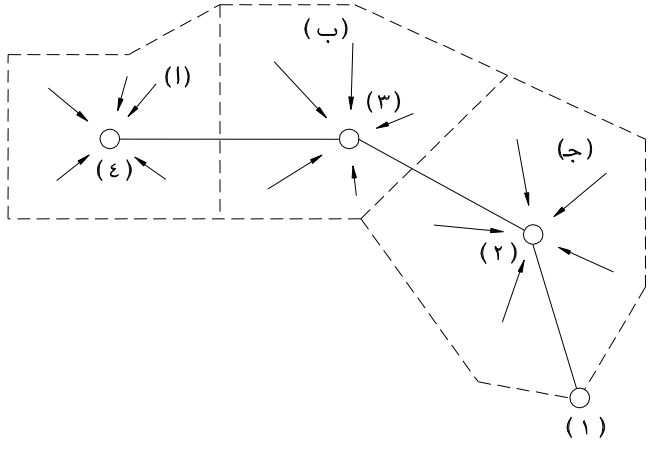
يخدم هذا الخط المساحة (أ) ومساحتها ٢ فدان

زمن التجميع = ٥ دقائق

كثافة الأمطار على أساس مدة تكرار ٥ سنوات، ومدة نزولها ٥ دقائق وهى التى تعطى أكبر تصرف من المساحة تساوى ٥٢مم/ساعة. (جدول ٢-٤)

والتصرف = المساحة × كثافة المطر × معامل المطر.

= ٨٤٠٠ متر مربع × (٥٢ ÷ ١٠٠٠) متر/ساعة × ٠,٧٠



رسم تخطيطى للمساحة المطلوب تصريف امطارها

= ٣٠٦ متر مكعب / ساعة = ٨٥ لتر/ثانية.

ويحتاج هذا التصرف لماسورة قطر ٣٥٠مم عند سرعة ٩٠ سم/ثانية (جدول ٢-٣). وهى أقل سرعة مفضلة فى شبكات تصريف الأمطار، ويكون ميل الماسورة فى هذه الحالة ٣,٥٢ فى الألف.

ثانياً: خط التصريف (٣-٢)

ويخدم مساحة (أ + ب)

زمن التجميع يساوى الزمن الذى تستغرقه مياه الأمطار لتصل من المنطقة (ب)، يضاف إليها زمن سريان المياه فى الخط (٤-٣).

وزمن سريان المياه فى الماسورة (٤-٣) = الطول ÷ السرعة

طول (٤-٣) = ٩٠ متر

السرعة = ٠,٩٠ متر / ثانية

∴ زمن سريان المياه = ٩٠ ÷ ٠,٩٠ = ١٠٠ ثانية

= ١,٦٧ دقيقة

∴ زمن التجميع = ٥ + ١,٦٧ = ٦,٦٧ دقيقة

وعلى أساس أن أقصى تصرف ينتج باعتبار زمن التجميع يسوى مدة نزول المطر، فتكون كثافة الأمطار لمدة تكرار ٥ سنوات = ٤٩مم/ساعة جدول (٢-٤).

التصرف من المساحة (أ + ب) = (المساحة أ × معامل المطر + المساحة ب × معامل المطر) × ٤٩ مم/ساعة

= {(٠,٧٠ × ٨٤٠٠) + (٠,٣٥ × ١٢٦٠٠)} × ٤٩

= (٥٨٨٠ + ٤٤١٠) × ٤٩ = ١٤٠ لتر / ثانية

ويحتاج هذا التصرف لماسورة قطر ٤٥٠مم، عند سرعة ٩٠سم/ثانية وميل ٢,٥٢ فى الألف (جدول ٢-٣).

ثالثاً: خط التصريف (٢-١) :

ويخدم المساحة (أ + ب + ج).
زمن التجميع يساوى الزمن الذى تستغرقه مياه الأمطار لتصل من المساحة (ج)، يضاف إليها زمن سريان المياه فى الخطوط (٤-٣)، (٣-٢).
طول (٤-٣) = طول (٣-٢) = ٩٠ متر
والسرعة فى كل ماسورة = ٩٠سم / ثانية = ٠,٩٠ متر/ثانية.
زمن سريان المياه فى الماسورتين = (٩٠ ÷ ٠,٩٠) × ٢ = ٢٠٠ ثانية.
= ٣,٣ دقيقة.
زمن التجميع = ٥ + ٣,٣ = ٨,٣ دقيقة
وباعتبار مدة نزول المطر = زمن التجميع = ٨,٣ دقيقة.
باستخدام جدول (٢-٤)، تكون كثافة المطر = ٤٤٢,٧ مم/ساعة.
التصرف من المساحة (أ + ب + ج) = (المساحة أ / معامل المطر الخاص بها + المساحة ب × معامل المطر الخاص بها + المساحة ج × معامل المطر الخاص بها) × ٤٢,٧ مم/ساعة.
= (٨٤٠٠×٠,٧٠ + ١٢٦٠٠×٠,٣٥ + ١٦٨٠٠×٠,٦٠) × ٤٢,٧ = ٢٤٢ لتر /ثانية.
ويحتاج هذا التصرف لماسورة قطر ٦٠٠ مم، وميل ١,٧ فى الألف عند سرعة ٩٠سم/ثانية (جدول (٢-٣).

مثال (٢-٩) :

صمم خط الصرف الذى يستقبل مياه الأمطار من المساحات المبينة بالشكل عند المطبق رقم (١) للعواصف التى تتكرر كل ٥ سنوات، وذلك بمعرفة البيانات الآتية:

- المساحة للمناطق أ، ب، ج هى ٦ فدان، ١٢ فدان، ٩ فدان على التوالى.
- معامل المطر للمساحات الثلاث = ٠,٤٠.

- ميول سطح الأرض تساعد على وصول مياه الأمطار من المناطق أ، ب، ج، إلى المطابق ٣، ٢، ١، فى زمن قدره ٧ دقائق، ٧ دقائق، ١٠ دقائق على التوالى.
- طول الخط ٣-٢ = ٢٠٠ متر.
- طول الخط ٢-١ = ٣٠٠ متر.
- السرعة التصميمية لجميع خطوط الصرف والقطاع ممتلىء = ٩٠ سم/ث.

الحل :

الوقت اللازم لسريان المياه من المطبق رقم ٣ إلى المطبق رقم ٢ = المسافة \ السرعة

= ٢٠٠ ÷ ٠,٩٠ = ٢٢٢ ثانية = ٣,٧٠ دقيقة

الوقت اللازم لسريان المياه من مطبق ٢ إلى مطبق ١

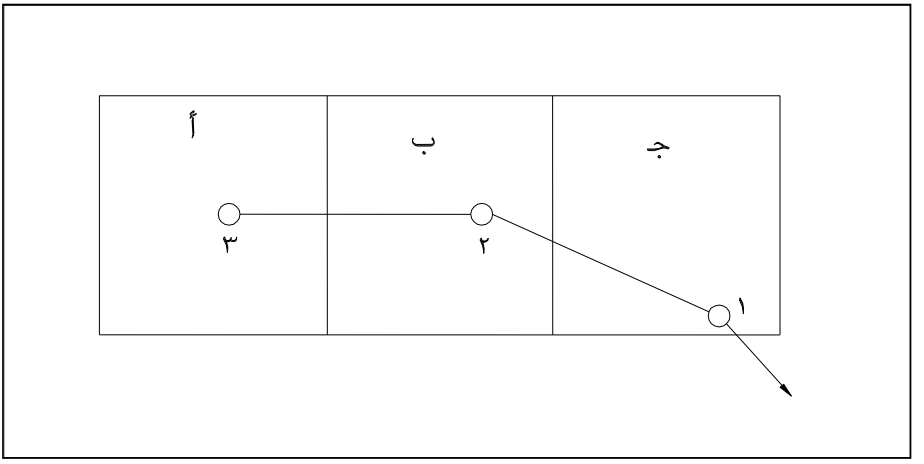
= ٣٠٠ ÷ ٠,٩٠ = ٣٣٣ ثانية = ٥,٦ دقيقة.

زمن التجميع من المساحة أ إلى مطبق رقم ١

= ٧ + ٣,٧ + ٥,٦ = ١٦,٣ دقيقة

زمن التجميع من المساحة ب إلى مطبق رقم ١

= ٧ + ٥,٦ = ١٢,٦ دقيقة



زمن التجميع من المساحة ج إلى مطبق رقم ١ = ١٠ دقائق

∴ أكبر زمن تجميع = ١٦,٣ دقيقة.

ومن شكل (١-٣) الخاص بمنحنيات الأمطار لمدينة الإسكندرية، ولزمن نزول المطر مساوياً ١٦,٣ دقيقة وللعواصف التى تتكرر كل ٥ سنوات، نجد أن كثافة المطر مساوية ٢٤ مم/ساعة.

التصرف = المساحة × كثافة المطر × معامل المطر

المساحة = ٦ + ١٢ + ٩ = ٢٧ فدان

∴ التصرف = ٢٧ فدان × ٤٢٠٠ متر مربع × ٢٤مم/ساعة ÷ ١٠٠٠ × ٠,٤٠

= ١٠٨٨,٦٤ متر مكعب / ساعة

= ٣٠٢ لتر / ثانية.

∴ لتصميم خط الصرف الذى يحمل التصرف من مطبق رقم ١:

السرعة = ٠,٩٠ متر / ثانية

التصرف = ٣٠٢ لتر / ثانية

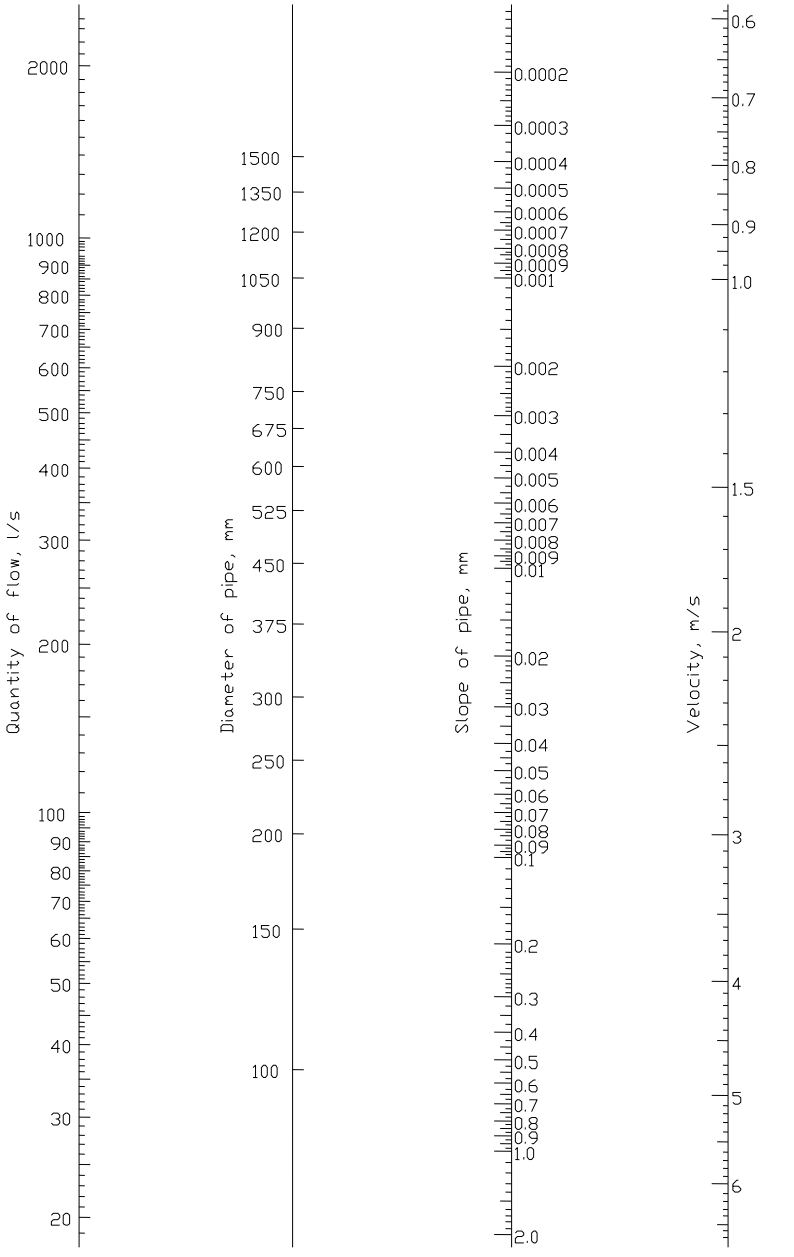
∴ باستخدام المخطط البيانى (شكل ٢-٤) نجد أن قطر الماسورة = ٦٦٠ مم.

وهذا القطر غير متوافر.

∴ القطر الذى يليه = ٧٠٠مم، ويحمل تصرفاً مساوياً ٣٤٠ لتر / ثانية، عند نفس السرعة وهى ٠,٩٠ متر / ثانية ويكون ميل خط الصرف = ٠,٠٠١٤.

تصريف مياه الأمطار من الطرق المرصوفة :

المساحات المرصوفة البعيدة نسبيا عن شبكات الصرف الصحى تحتاج إلى طرق هندسية غير مكلفة وتعمل بكفاءة. وأبسط هذه الطرق تصريفها فى التربة والأراضى الغير مرصوفة عن طريق غرف التشرُّب لتصرف المياه فى التربة بالارتشاح ويساعد على ذلك درجة المسامية المناسبة. وتستخدم هذه الطريقة



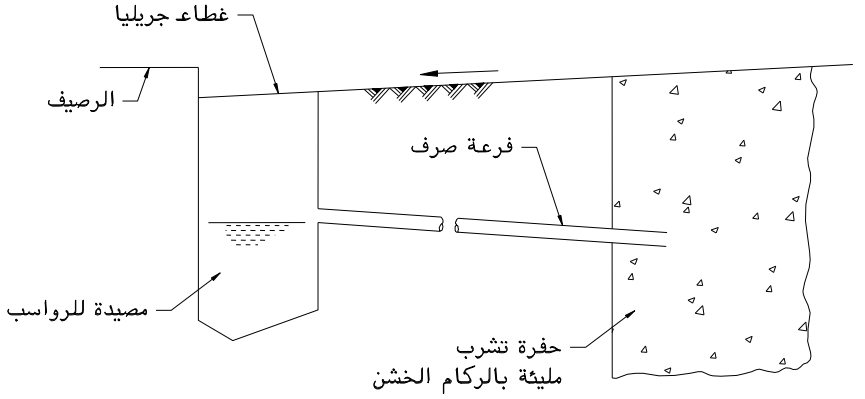
شكل (٢-٤)

المخطط البيانى لمعادلة مانننج

(معامل الاحتكاك = ٠,٠١٣)

منذ سنوات طويلة لحماية الطرق السريعة والمرصوفة فى المرافق التى تقع بضواحى المدن. وتنشأ غرف التشرب بمواد البناء المحلية وبالأبعاد التى تناسب مسامية التربة ومعدلات مياه الأمطار المطلوب تصريفها. وأبسط هذه الغرف مبين فى شكل (٢-٥)، ويؤخذ فى الاعتبار التلوث المحتمل للمياه الجوفية، خاصة إذا كانت الطرق المطلوب صرف المياه منها معرضة لتلوث المركبات.

وفى حالات كثيرة تتجه المياه من الطرق المرصوفة إلى المساحات الجانبية بالانحدار الطبيعى وتتسرب فى باطن الأرض. وفى حالات أخرى تنشأ أحواض بسعة تناسب معدلات سقوط الأمطار وكمياتها، حيث تترك بعد ذلك للتسرب فى الأرض أو الاستفادة منها حسب ظروف كل منطقة.



نموذج لغرفة تشرب مياه الامطار
من الطرق السريعة
شكل (٢-٥)

ملحقات شبكة الصرف الصحى :

المطابق :

تنشأ من مبانى الطوب، أو الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة، وتكون مربعة أو مستطيلة أو دائرية، ويكون سطح غطائها مع منسوب سطح الشارع، وقاع المطبق يكون مع منسوب قاع الماسورة وتختلف أبعاد المطبق حسب عمقه الذى يرتبط ارتباطاً مباشراً بعمق المواسير. وعموماً تكون أبعاده كافية لتتسع لنزول عمال الصيانة داخل المطبق.

ويلزم إنشاء المطابق عند:

ا. تغيير قطر الماسورة.

ب. تغيير اتجاه الماسورة.

ج. تغيير الميل.

د. إتصال خطوط التصريف ببعضها.

هـ. كل مسافة معينة تناسب قطر الماسورة لتيسير أعمال الصيانة.

ويمكن أن تصل المسافة بين المطابق إلى أكثر من مائة متر بالنسبة لخطوط التصريف التى أقطارها أكبر من ٩٠ سم ، وبالنسبة لخطوط التصريف التى أقطارها أقل من ٩٠ سم تكون المسافات فى حدود ٧٥متر. ويمكن أن تقل المسافة بين المطابق لعدة أمتار لضرورة إنشائها عند تغيير الميل والقطر والإتجاه كما سبق ذكره. وعموماً فالأفضل تحديد المسافة بين المطابق على أساس ١٥ متر لكل ١٠ سم من قطر الماسورة.

وتعتمد أبعاد المطابق على عمقها، فكلما زاد العمق زادت أبعاد المطبق فبالنسبة للأعماق الصغيرة التى لا تتعدى ٩٠ سم، يمكن إنشائها مربعة من ٦٠ سم إلى ٧٠ سم. وتسمى فى هذه الحالة غرفة تفتيش وتنشأ عادة على بداية الخطوط

الفرعية. وللمطابق التى يصل عمقها ١,٥٠ متر، تنشأ إما مربعة (١×١ متر)، أو مستطيلة (٠,٨٠ × ١,٢٠متر)، أو دائرية بقطر ١ متر، وتزود هذه المطابق بغطاء مناسب من الحديد الزهر، بحيث لا تقل فتحة غطاء المطبق عن ٥٤سم لتسمح بنزول العمال داخل المطبق. وللمطابق التى يزيد عمقها عن ١,٥٠ متر، يزيد عرض أو قطر المطبق كلما زاد العمق، فيمكن إنشاء الجزء العلوى بعرض أو قطر حوالى ٦٠ – ٧٥سم لغاية عمق ١٢٠سم من سطح الأرض، أو يبدأ بقطر ٦٠سم، حسب أبعاد حلق الغطاء، ثم يزيد القطر بالتدريج فى مسافة رأسية حوالى ١٢٠سم ليصير قطر المطبق أو عرضه بين ١٢٠ – ١٥٠سم حسب العمق الكلى للمطبق. وعادة تنشأ المطابق العميقة دائرية لعمق أكبر من ١٨٠سم، لأن الشكل الدائرى أكثر مقاومة للضغوط الجانبية الخارجية. وشكل (٢-٦) يبين نماذج مختلفة لغرف التفتيش والمطابق، ويبين جدول (٢-٥) أبعاد غرف التفتيش المستطيلة.

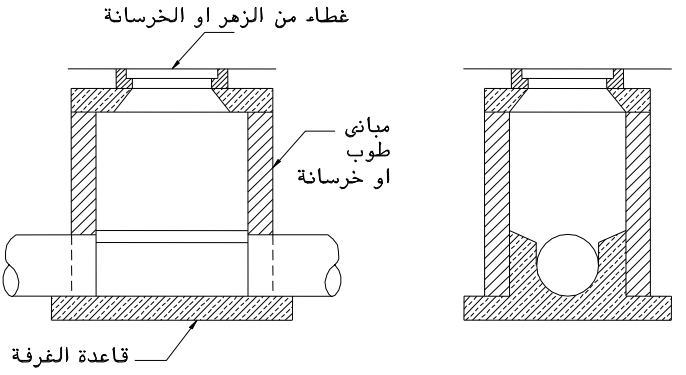
وبالنسبة لسمك حوائط المطابق يمكن حسابها بطرق التصميم العادية فى حالة إنشائها من الخرسانة المسلحة والعادية. أما فى حالة إنشائها من الطوب فلا يقل سمك الحوائط عن ٢٤سم لعمق حتى ٢متر، ثم يزيد السمك نصف طوبة لكل ١,٥٠متر زيادة فى العمق. ويمكن حساب سمك حوائط المطبق من المعادلة الآتية:

س = ١٦ + ٤ × ع

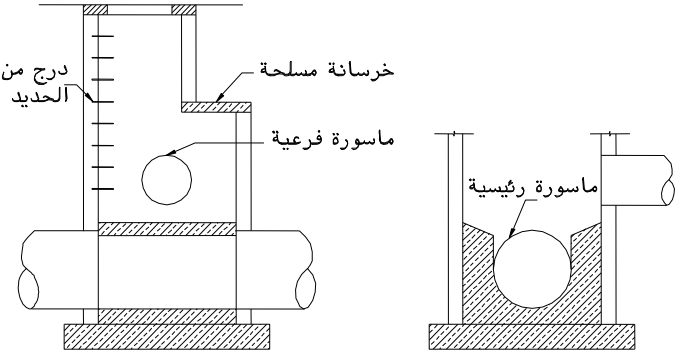
حيث:

س = سمك الحائط بالسنتيمتر.

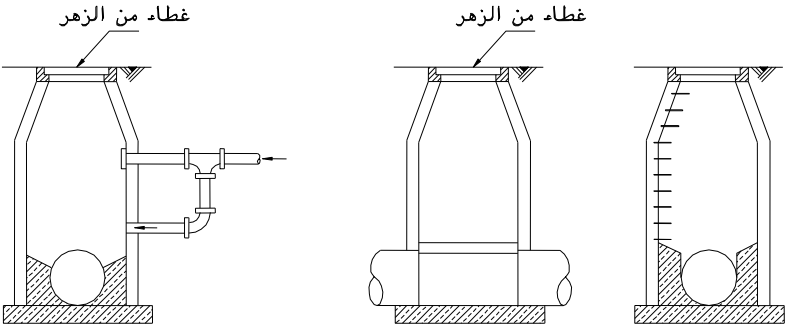
ع = عمق الحفر بالمتر.



ا) قطاعات فىغرفة تفتيش (مطبق صغير)



ب) قطاعات فى مطبق عميق



جـ) قطاعات فى مطبق عميق

د) قطاع فى مطبق منحدر

شكل (٢-٦)

نماذج لغرف تفتيش ومطابق

ويلزم تركيب سلالم للمطابق التى يزيد عمقها عن ١٠٠سم وتكون إما درجات حديدية مناسبة أو سلم حديدى، والأفضل زيادة فى الأمان تركيب سلم حديدى يبعد عن الحائط بمسافة مناسبة، وتكون المسافة بين درجاته بحيث لا تتعدى ٣٠سم، وتبدأ من مسافة ٤٠سم عن سطح الأرض، وتستمر حتى ٣٠سم فوق قاع المطبق.
وفى حالة تقابل خطوط التصريف عند مناسيب مختلفة ينشأ مطبق منحدر، وذلك إذا كان الفرق فى المنسوب يزيد عن ٦٠سم فوق الماسورة الرئيسية، أما إذا كان الفرق أقل فيمكن زيادة ميل الماسورة الفرعية، بحيث لا يقل منسوب الراسم العلوى للماسورة الفرعية عن الراسم العلوى للماسورة الرئيسية، وذلك عند حوائط المطبق.

جدول (٢-٥)

أبعاد المطابق وغرف التفتيش (سم)

العمق	الطول	العرض	سمك الحوائط الطوب
٦٠	٦٠	٤٥	١٢
٧٥-٦٠	٧٥	٥٧	٢٤
٩٠-٧٥	٧٥	٧٠	٢٤
١٨٠-٩٠	١٠٠	٧٥	٢٤
٢٧٠-١٨٠	١٢٠	٧٥	٢٤
٣٣٠-٢٧٠	١٢٥	٨٠	٢٤
أكبر من ٣٣٠	١٣٥	١٠٠	٤٩-٣٧

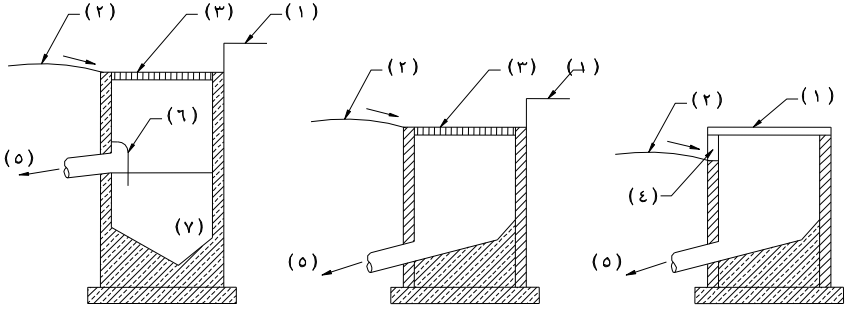
فتحات (بالوعات) الأمطار :

تنشأ على جانبى الشوارع بجوار الرصيف أو تحته، وتكون عادة عند تقاطع الشوارع، وفى الأماكن المنخفضة بالنسبة للإتجاه الطولى للشارع وتكون فى صورة مبسطة {شكل ٢-٧ - (١، ٢)} لمجرد تجميع مياه الأمطار وغسيل الشوارع وتصريفها إلى شبكة التصريف العمومية. وأحياناً تكون عميقة وبها حيز للأتربة والرمال، حتى لا

تصل هذه المواد إلى مواسير التصريف الرئيسية شكل (٢-٧ – ٣) وتكون الفتحات التى تدخل منها الأمطار والمياه إما رأسية فى جانب الرصيف (شكل ٢-٧-١) أو أفقية بجوار الرصيف مباشرة شكل (٢-٧-٢). ويراعى أن ينشأ القاع بميول إلى مدخل فرعة التصريف ما عدا البالوعات التى بها حيز لحجز الرمال والأتربة فينشأ القاع بطريقة تساعد على تفريغ البالوعات من الأتربة بسهولة.

أحواض حجز الزيوت والدهون :

تستخدم منها عدة أنواع تنشأ كأحواض صغيرة من الطوب أو الخرسانة، أو تركب كوحدة جاهزة صغيرة من الحديد أو الألياف الزجاجية أو أى مادة أخرى، وتكون ضرورية فى المنشآت التى تصرف ضمن مخلفاتها السائلة كميات كبيرة من الزيوت والدهون، مثل الفنادق والمطاعم ومحطات خدمة السيارات. وأشكالها متعددة ولكنها تعتمد على أن الزيت أخف فى الكثافة ويمكن تجميعها على السطح ثم تصرف المياه



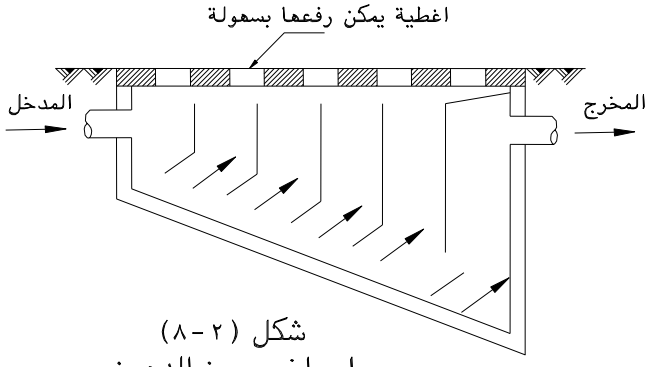
شكل (٢-٧)
فتحات (بالوعات) الامطار

(١) منسوب الرصيف
(٢) سطح الشارع
(٣) حاجز شبك مفتوح افقى
(٤) شبك مفتوح راسى
(٥) فرعة تصريف الامطار للشبكة العامة
(٦) برقع من الزهر لحجز المواد الطافية
(٧) حيز لحجز الرمال والاتربة

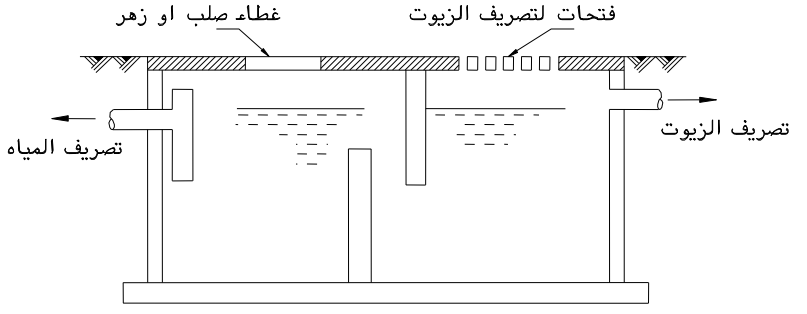
من أسفل الحوض.

أولا: حجز الدهون :

ويبين شكل (٢-٨) نموذج مبسط يمكن تنفيذه من الحديد أو أى مادة سهلة التشكيل، ويمكن أيضا بناؤه من الطوب أو الخرسانة. ويستخدم هذا النوع فى المطاعم والفنادق لحجز الدهون الناتجة من غسيل الأطباق وبقايا الطعام. ويحدد سعته وشكله حسب عدد الوجبات التى يقوم المطعم بإعدادها.



شكل (٢-٨)
احواض حجز الدهون



شكل (٢-٩)
احواض حجز الزيوت والرمال

ثانيا: حجز الزيوت :

والنموذج المبين فى شكل (٢-٩) يستخدم فى محطات خدمة السيارات، ويقوم بحجز الزيوت، والرمال والأتربة، ليمكن تصريف الزيوت بدون أى رمال. ويتم تصريف الزيوت من سطح الحوض، أما الرمال فيمكن تفريغها من الحوض كل عدة أيام حسب استعمال الحوض. وتحتاج أحواض حجز الدهون والزيوت إلى عناية فى تشغيلها لضمان عدم تسربها إلى خطوط التصريف لتلافى ما يمكن أن تسببه من مشاكل فى خطوط المواسير ومحطات الرفع ومحطات المعالجة.

وأحياناً توجد ضمن وحدات معالجة المخلفات السائلة أحواض لحجز الزيوت والدهون فى حالة وصول نسبة منها إلى أعمال المعالجة.

محطات الرفع وبيارات تجميع المجارى :

تكون عادة فى نهاية شبكة التجميع لمنطقة معينة أو مدينة وتستخدم فى حالتين:

ا. عندما يصل عمق مواسير التصريف إلى مسافة كبيرة من سطح الأرض بحيث تصبح أعمال الحفر لتنفيذ خطوط التصريف غير اقتصادية أو غير عملية، ويكون من الأفضل رفع المخلفات السائلة بواسطة وحدات رفع تصب فى خطوط انحدار جديدة. وتوجد محطات كثيرة من هذا النوع فى المدن الكبيرة، فمدينة الإسكندرية مثلاً بها أكثر من ٣٥ محطة من هذا النوع.

ب. فى نهاية تجميع المخلفات السائلة من مدينة أو جزء من مدينة، لرفع مياه المجارى لمحطة المعالجة أو للمكان المقترح للتخلص منها، أو إعادة استعمالها.

وتشمل محطات الرفع كما هو مبين فى شكل (٢-١٠) بيارة تجميع للمخلفات السائلة ثم حيز منفصل توضع فيه الطلمبات بحيث تكون المحركات ولوحة التوزيع والتشغيل فى غرفة أعلى غطاء البيارة. وتوضع فى البيارة مصافى مناسبة لضمان منع المواد الطافية الكبيرة من الدخول فى مواسير السحب لوحدات الرفع، وتتصل ماسورة

الطرد للطلمبات بخط المواسير الصاعدة الذى يحمل المخلفات السائلة تحت ضغط إلى محطة المعالجة، أو الموقع المقترح للتخلص من مياه المجارى.

ويجب أن يكون طول خط السحب أقل ما يمكن بأقل قدر من الانحناءات وبميل لأعلى باستمرار ولو ضئيلا لعدم السماح بتكوين جيوب هوائية وعادة يكون قطر السحب أكبر من قطر الطرد لخفض الفاقد والضغط فى عامود السحب.

وللتصرفات المتوسطة والكبيرة، يفضل وضع الطلمبات فى منسوب أوطى من قاع بيارة التجميع، لتظل ماسورة السحب ممتلئة عند توقف الطلمبات حتى يمكن تشغيلها بصورة طبيعية عندما يرتفع منسوب سطح المياه فى بيارة التجميع إلى أعلى منسوب مسموح به. ويجب تشغيل الطلمبات أوتوماتيكياً بواسطة عوامات متصلة بلوحة التشغيل بحيث تعمل الطلمبات عندما يصل منسوب المياه إلى حد معين فى البيارة، وتتوقف أوتوماتيكياً عندما ينخفض سطح المياه إلى أقل منسوب فى البيارة.

وتستخدم أنواع وحدات الرفع المعروفة ومنها الأفقية والرأسية والمغمورة واللولبية. ويعتمد اختيار نوع الطلمبة على طبيعة المشروع وسعة بيارة التجميع ومعدل الرفع. والطلمبات اللولبية تستخدم عادة فى رفع المخلفات السائلة من بيارات التجميع فى محطات المعالجة، وهذا النوع يتميز بإمكانية رفع تصرفات متغيرة بسرعة دوران ثابتة لمحور الطلمبة، كما أنها لا تفتت الحمأة عند استخدامها فى رفع الحمأة المعادة من أحواض الترسيب الثانوية إلى أحواض التهوية. ويرفع هذا النوع المياه لارتفاع (٢-١٠) متر، ويكون قطر اللولب عادة فى حدود (٣٠-٣٧٠) سم، وتوضع الطلمبة على زاوية ميل (٢٢ – ٣٠ – ٣٨) درجة مع الأفقى.

ولمحطات رفع المخلفات السائلة عموماً يجب أن تلائم وحدات الرفع أقصى تصرفات يمكن أن تصل إلى بيارة التجميع، بالإضافة إلى وحدات إحتياطى كافية للتشغيل المستمر عند حدوث أى أعطال.

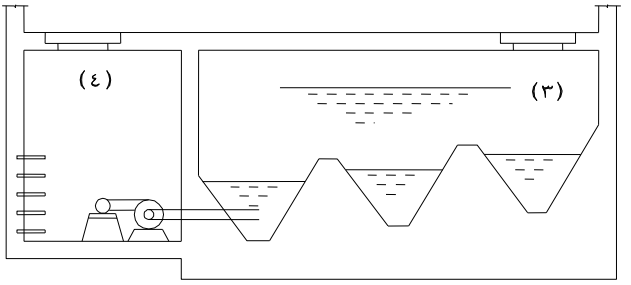
ويفضل اختيار معدلات الرفع بطريقة تتمشى مع معدلات وصول مياه المجارى للبيارة حتى لا تزيد سعتها أكثر من اللازم، وفى نفس الوقت لا تتعرض الطلمبات للتشغيل والإيقاف مرات كثيرة لخفض استهلاك الطاقة والمحافظة على الطلمبات ويمكن تشغيل طلمبة واحدة بصفة مستمرة تلائم التصرفات الصغيرة، ثم تعمل الوحدات الأخرى مع زيادة التصرف الذى يصل للبيارة، وفى بعض حالات شبكات الصرف المشتركة تستخدم أحواض ملحقة بشبكة التجميع لتخزين التصرفات الزائدة عن سعة شبكة الصرف فى حالة رخات المطر الشديدة، وتقارن هذه الطريقة بإمكانية زيادة سعة خطوط شبكة الصرف لتستوعب الزيادة فى التصرفات. وعموماً تستخدم هذه الطرق فى حالة تكرار سقوط الأمطار لمرات كثيرة على مدار العام. ولدراسة هذه الطرق يلزم معرفة التغير فى معدلات الصرف على مدار اليوم والأسبوع وفصول السنة، وكذلك كثافات الأمطار، ومدى تكرارها وشدتها.

مصادر الطاقة المستخدمة فى تشغيل وحدات الرفع :

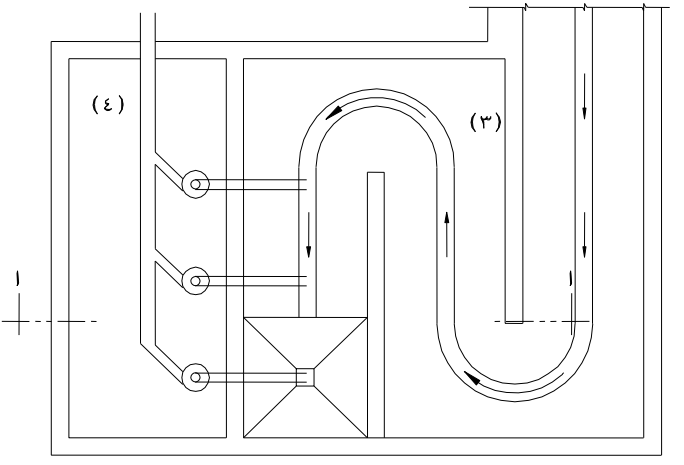
يجب توفير مصادر متعددة للطاقة لضمان رفع المخلفات السائلة من البيارة بصفة مستمرة، وفى حالة انقطاع التيار الكهربائى تستخدم البدائل الأتية:

١. وحدات رفع تدار بالديزل.

٢. استخدام مولدات كهربائية تكفى لتشغيل وحدات الرفع.



قطاع (ا-ا)

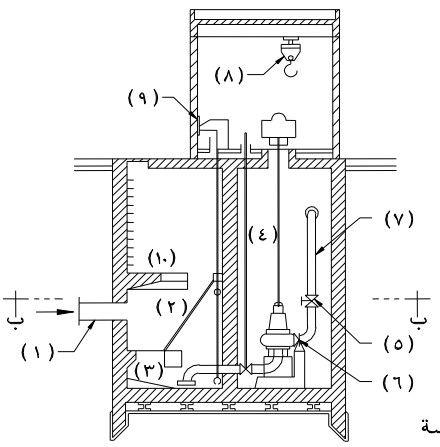


مسقط افقى

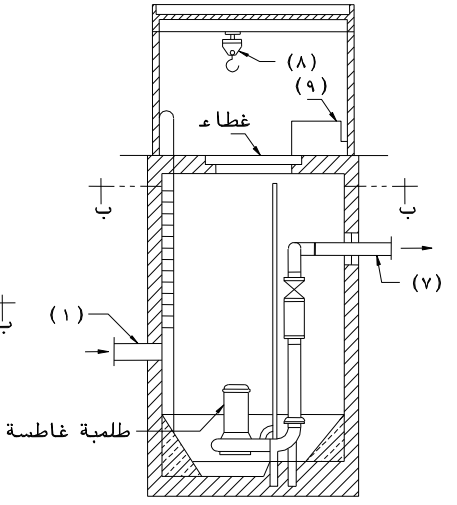
بيارة تجميع بقنوات منحدرة

شكل (٢ - ١٠ - ا)
بيارات التجميع ووحدات الرفع

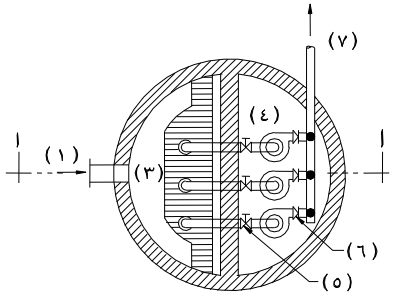
١ - نهاية شبكة الانحدار ودخولها للبيارة
٢ - مصافى
٣ - حيز تجميع المياه
٤ - حيز وحدات الرفع
٥ - محبس قفل
٦ - صمام عدم رجوع
٧ - الماسورة الصاعدة
٨ - كمرة الونش
٩ - لوحة تشغيل
١٠ - رصيف خرسانى



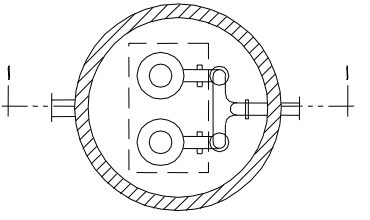
قطاع (ا-ا)



قطاع (ا-ا)



قطاع افقى (ب-ب)
بيارة تجميع لمياه المجارى



قطاع افقى (ب-ب)
بيارة تجميع مع طلمبات غاطسة

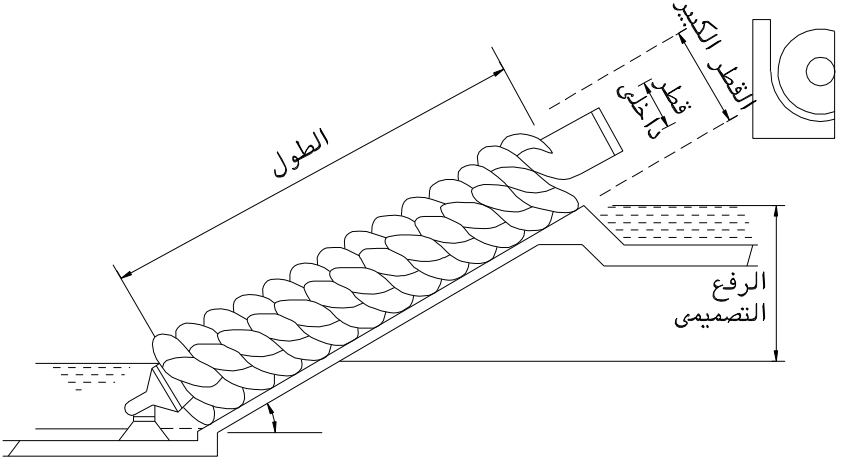
شكل (٢ - ١٠ - ب)
بيارات التجميع ووحدات الرفع

تحديد سعة بيارة التجميع :

يمكن تحديد سعة بيارة التجميع بأحد الطرق الآتية:

أولاً: اختيار حجم البيارة بحيث تستوعب من ١٥ دقيقة إلى ٣٠ دقيقة من أقصى تصرف، وفى نفس الوقت لا تبقى المياه فيها وقت طويل فى حالة التصرف المتوسط حتى لا يحدث تحلل لا هوائى فى المواد المترسبة فى قاع البيارة. وفى هذه الطريقة يكون تشغيل وحدات الرفع أبسط كما ذكر من قبل، باستخدام عوامات متصلة بلوحة التشغيل بحيث تعمل كل وحدة رفع عندما يصل منسوب المياه فى البيارة إلى حد معين، ويتم إيقافها عندما ينخفض المنسوب لحد معين، بحيث لا تقل دورة تشغيل كل وحدة رفع عن ٥ دقائق.

ثانياً: اختيار معدلات ضخ الطلمبات وعددها وتحديد السعة الاقتصادية المناسبة وذلك بتحليل معدلات التصريف المختلفة على مدى اليوم الكامل والتغيرات فى المعدلات فى أيام السنة، وكذلك معدلات سقوط الأمطار وخصائصها فى حالة استخدام شبكات صرف منفصلة، أو مشتركة ويجب عدم إهمال حجم المياه فى



شكل (٢ - ١٠ - ٤)
قطاع فى طلمبة لولبية

المواسير الصاعدة لاحتمال تفريغ هذه المياه فى البيارة فى حالة عمل صيانة أو إصلاح بالمواسير الصاعدة، وفى الأعمال الكبيرة يتم عمل مخارج فى نقط محددة على المواسير الصاعدة لتفريغ الخطوط فى حالة أعمال الإصلاح.

مثال (٢-١٠) :

بيارة تجميع تستقبل مياه صرف صحى من مدينة تعدادها مائة ألف نسمة، ومتوسط معدل التصرف ١٨٠ لتر / شخص / يوم، والتصرف الأقصى يساوى ضعف التصرف المتوسط، فإذا كان منسوب قاع البيارة ١٠ متر، والمنسوب المطلوب رفع المياه له ٢٥ متر، وكان طول الماسورة الصاعدة ١٥٠٠ متر، إحسب الآتى:

- سعة بيارة التجميع، وأبعادها التقريبية.
- التصرف والضغط لوحدات الرفع.
- قطر المواسير الصاعدة.

الحل :

التصرف المتوسط = ١٠٠٠٠٠ × ١٨٠ = ١٨٠٠٠٠٠٠ لتر / يوم

= ١٨٠٠٠ م^{٣} / يوم

التصرف الأقصى = ٢ × ١٨٠٠٠ = ٣٦٠٠٠ م^{٣} / يوم

بفرض مدة بقاء المياه فى بيارة التجميع = ١٥ دقيقة

∴ سعة البيارة = التصرف الأقصى × مدة بقاء المياه

= ٣٦٠٠٠ × (١٥ ÷ ٦٠ × ٢٤)

= ٣٧٥ متر مكعب

بفرض عمق المياه = ٤ متر.

∴ المساحة السطحية للمياه فى البيارة = ٩٣,٧٥ متر مربع

وبفرض أن وحدات الرفع ستشغل ٤٠ ٪ من مسطح البيارة.

∴ المساحة السطحية للمياه فى البيارة تمثل ٦٠ ٪ من مسطحها.

∴ المساحة السطحية للبيارة = ٩٣,٧٥ ÷ ٠,٦٠ = ١٥٦,٢٥ متر مربع

∴ قطر البيارة = ١٤ متر.

لحساب تصرف وضغط وحدات الرفع؛ نفرض أنه فى ظروف التشغيل الأقصى تكون وحدتين تحت التشغيل بالإضافة إلى وحدة احتياطى.

وبافتراض أنه فى حالة التصرف الأقصى تعمل وحدات الرفع بصفة مستمرة، فإن عملية تفريغ المياه من البيارة تحتاج ١٥ دقيقة وهى مدة بقاء المياه فى البيارة.

∴ تصرف وحدات الرفع = ٣٧٥ ÷ ١٥ = ٢٥ م^{٣}/ دقيقة

= ٠,٤١٧ م^{٣} / ثانية

∴ تصرف كل طلمبة = ٠,٤١٧ ÷ ٢ = ٠,٢٠٩ م^{٣}/ثانية.

وفى حالة ماسورة صاعدة واحدة يكون هناك خطورة فى حالة حدوث كسر أو إنفجار فى أحد وصلاتها، لذلك يفضل أن ينقل التصرف فى ماسورتين تحمل كل منهما نصف التصرف، أى ٠,٢٠٩ م^{٣}/ثانية.

وبفرض السرعة = ١,١٠ متر / ثانية

∴ قطر كل ماسورة = ٤٩سم = ٥٠ سم

الضغط الذى تعمل عليه وحدات الرفع = الفرق بين منسوب قاع البيارة والمنسوب الذى ترفع إليه المياه مضافاً إليه الفاقد فى الضغط بالمواسير الصاعدة.

الفاقد فى الضغط نتيجة للإحتكاك = ٠,٠٢ {١٥٠٠ × (١,١)^{٢}} ÷ {٢ × ٩,٨ × ٠,٥٠} = ٣,٧٠ متر

ضغط وحدات الرفع = (٢٥−١٠) + ٣,٧٠ = ١٨,٧ متر

يضاف إلى هذا الضغط حوالى ٢ متر كضغط عند مخرج المياه من نهاية المواسير الصاعدة، وفى نفس الوقت يمكن إهمال الفواقد الصغيرة فى المنحنيات والمحابس على أساس أنها تدخل كطول مكافىء ضمن طول المواسير الصاعدة.

∴ الضغط الكلى = ١٨,٧ + ٢ = ٢٠,٧ متر

حساب القدرة الابتدائية للرافعات :

Water H.P. of Pump = (W.Q.H) ÷ 75

حيث W = الوزن النوعى أو كثافة المياه كجم / م^{٣}

Q = التصرف م^{٣} / ثانية

H = الضغط الديناميكى بالمتر

Efficiency of Pump E = Output ÷ Input

= (Water H.P.) ÷ (Break H.P.)

∴ Brake H.P. = Water H.P. ÷ E

حساب القطر الاقتصادى للمواسير الصاعدة وخطوط الضغط :

$D = (0.97 – 1.22). Q^{0.5}$

يمكن الاسترشاد بالمعادلة الافتراضية الآتية:

حيث: القطر بالمتر

والتصرف م^{٣} / ثانية

مثال :

احسب مبدئيا قدرة الطلمبة والماسورة الصاعدة من بيارة تجميع صرف صحى، ترفع المياه من منسوب – ٦ متر إلى منسوب ٢٥ متر لمسافة أفقية ٢٥٠٠ متر – بمعدل رفع ١٦٠٠٠ م^{٣}/يوم.

الحل :

التصرف = ٠,١٨٥ م^{٣}/ث

بفرض القطر = ١,٢ × $Q^{½}$ = ٠,٥١٦ متر

وباختيار القطر = ٠,٥٠ متر، تكون المعادلة:

القطر = ١,١٦ $Q^{½}$ والسرعة = ٠,٩٤٣ م/ث

الضغط الاستاتيكى = ٢٥ + ٦ = ٣١ متر

بإهمال الفواقد الجانبية فى المدخل والمخرج والقطع الخاصة

∴ الفاقد نتيجة الاحتكاك = $(F. Lv^2) \div (2Dg)$

= ٠,٠٢ × ٢٥٠٠ × (٠,٩٤٣)٢ ÷ ٢ × ٠,٥ × ٢٠ = ٢,٢ متر

الضغط الكلى = ٣١ + ٢,٢ = ٣٣,٢ متر

∴ Water H.P. of Pump = $(1000 \times 0.185 \times 33.2) \div 75 = 82$ H.P.

وبفرض كفاءة الطلمبة ٦٢ ٪ – وكفاءة الموتور ٧٥ ٪

∴ القدرة الكلية = ٨٢ ÷ (٠,٦٢ × ٠,٧٥) = ١٧٦ حصان

تشغيل وصيانة شبكات الصرف الصحى :

يجب أن تكون شبكات الصرف الصحى تحت المراقبة المستمرة سواء كانت الصيانة سنوية، أو دورية كل بضعة أشهر. وللمحافظة على هذه المرافق التى تتكلف مبالغ كبيرة، وتحتاج لجهد فى التصميم والتنفيذ يجب مراعاة العوامل الآتية:

١. تطبيق القوانين المحلية الخاصة بالصرف فى شبكات الصرف العمومية، وعلى سبيل المثال قانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ والقرارات الوزارية الصادرة أعوام ١٩٨٩، ٢٠٠٠، وما سيجد، بما فى ذلك مخلفات المصانع، والزيوت والشحوم.

٢. التوعية الشعبية لعدم إلقاء مخلفات منزلية تسبب أضرارا بالشبكة وانسدادها، مما ينتج عنه عمليات الطفح، والتأثير على الصحة العامة، ويدخل فى إطار هذا البند؛ بعض مكونات الزبالة.

٣. الاهتمام ببيارات التجميع ومحطات الرفع، حتى لا يتم ترسيب وتراكم للأتربة والرمال بخطوط الانحدار فتساعد على انسدادها، وزيادة تكاليف صيانتها.

٤. تعديل وتفعيل قوانين المحافظة على المرافق العامة للتحكم ومنع حوادث الاصابات والوفاة الناتجة عن سرقة أغطية المطابق وسقوط الأفراد فيها.

٥. استخدام الطرق الميكانيكية فى تنظيف شبكة الصرف، حيث أن الوسائل اليدوية ينتج عنها تعرض العمال للاختناق بالغازات السامة، حيث تتراكم هذه الغازات فى المطابق العميقة، فكثافة بعض الغازات أثقل فى الكثافة النوعية من الهواء، فتبقى وتتراكم وتحتاج إلى سحبها وتجديد هواء المطابق فى حالة ضرورة نزول العمال، وعلى سبيل المثال، فغاز ثانى أكسيد الكربون كثافته مرة ونصف تقريبا بالنسبة للهواء.

كثافة الغازات :

وفيما يلى كثافة بعض الغازات بالنسبة للهواء:

الوزن النوعى لثانى أكسيد الكربون CO_2 = ١,٥٣ من كثافة الهواء

الوزن النوعى لأول أكسيد الكربون CO = ٠,٩٧ من كثافة الهواء

الوزن النوعى للهيدروجين H_2 = ٠,٠٧ من كثافة الهواء

الوزن النوعى لكبريتيد الهيدروجين H_2S = ١,١٩ من كثافة الهواء

الوزن النوعى للميثان CH_4 = ٠,٥٥ من كثافة الهواء

الوزن النوعى للنتروجين N_2 = ٠,٩٧ من كثافة الهواء

الوزن النوعى للأكسجين فى الهواء O_2 = ١,١١ من كثافة الهواء

الباب الثالث

معالجة المخلفات السائلة

الهدف من عمليات المعالجة :

تحتوى المخلفات السائلة على ملوثات متنوعة ذائبة وعالقة، عضوية وغير عضوية، ومواد كيماوية معقدة التركيب، وضارة بالصحة، وكذلك تركيزات معادن ثقيلة تختلف تكوينا ونوعا حسب المخلفات الصناعية التى تصل لشبكات الصرف الصحى، بالإضافة إلى المنظفات الصناعية والمواد التى تستخدم فى الأغراض المنزلية وغيرها. وتحتوى المخلفات الآدمية على أعداد كبيرة من البكتريا.

وكان الهدف من معالجة الصرف الصحى منذ بداية القرن العشرين وحتى أواخر الستينيات تنحصر فى الآتى:

- إزالة المواد العالقة والطافية.
- معالجة المواد العضوية القابلة للتأكسد والتحلل بواسطة البكتريا.
- القضاء على البكتريا الممرضة.

ومن أوائل السبعينات وحتى عام ١٩٨٠ أصبحت أهداف المعالجة هو الحفاظ على البيئة مع ألأخذ فى الاعتبار بالأهداف السابقة ولكن بدرجة معالجة أكبر، تتطلب إزالة المواد المخصبة مثل مركبات النتروجين والفوسفور خاصة للحفاظ على البحيرات والقنوات والمصارف – وكان ذلك للأسباب الآتية:

- الآثار السيئة التى لحقت بالبيئة من التخلص من المجارى.
- التقدم العلمى فى استيعاب التأثير الضار من تراكم بعض مكونات المجارى.
- الاهتمام العالمى المتزايد لحماية البيئة من التلوث.

ومنذ عام ١٩٨٠ بدأ الاهتمام يتجه إلى الملوثات التى تؤثر تأثيرا مباشر على الصحة العامة – وهى إزالة المواد السامة والمركبات الضارة التى تؤثر على الصحة على المدى الطويل.

وتراعى طرق المعالجة فى السنوات الأخيرة خفض تركيز النتروجين والفسفور وإزالة أكبر نسبه منها فى حالة التخلص من المخلفات السائلة بعد المعالجة فى المسطحات المائية. وفى حالة إعادة استعمال الصرف الصحى فى الرى، تراعى نسبة تركيزات ونسب هذه العناصر لتلائم كل من التربة والنبات.

ويوجد النتروجين فى المخلفات السائلة فى صورة عضوية وغير عضوية. فيوجد فى مياه المجارى الخام فى صورة أمونيا أو كمكون بروتينى من النتروجين العضوى، والنتروجين فى صورة أمونيا سام لبعض الأسماك – وزيادة هذا العنصر فى أى صورة يعتبر ملوثا لأى مسطح مائى.

ويوجد الفوسفور فى شكل فوسفات – أملاح حامض الفوسفوريك – وقد يوجد فى مركبات المواد العضوية وتحتاج البكتريا والنباتات المائية إلى عناصر أخرى مع الفوسفور مثل النتروجين وبعض الأملاح – وكلما زادت مدة بقاء مياه المجارى فى الشبكات أو الأحواض تنخفض قيمة الأس الايدروجينى نتيجة تكوين الأحماض العضوية الضعيفة التى تصاحب نشاط البكتريا.

وتتم المعالجة بطرق طبيعية – وبيولوجية – وكيماوية متعددة تعتمد على خصائص المخلفات السائلة والمستوى المطلوب فى المياه المعالجة تبعا لطرق التخلص أو إعادة الاستعمال. وتشمل المعالجة الطبيعية حجز المواد الطافية وترسيب المواد الرسوبية التى يمكن ترسيبها فى أحواض حجز الرمال، وأحواض الترسيب الابتدائى فى حدود أسس التصميم ونوعيات المخلفات السائلة.

وتشمل المعالجة البيولوجية عمليات أكسدة هوائية وتجميع للمواد العضوية بواسطة البكتريا الهوائية ويتم ذلك فى أحواض تهوية أو مرشحات بيولوجية. ويتم ترسيب المواد التى تم أكسدتها وتجميعها فى أحواض ترسيب أخرى تلى وحدات المعالجة البيولوجية.

والمعالجة البيولوجية هى فى جوهرها نشاط كيمائى تعمل فيه خلية البكتريا الصغيرة كمفاعل كيمائى يقوم بتحويل العناصر العضوية إلى مكونات غير عضوية، وعلى سبيل المثال:

كربون عضوى + أكسجين وبكتريا = ثانى أكسيد الكربون.

إيدروجين عضوى + أكسجين وبكتريا = مياه.

نتروجين عضوى + أكسجين وبكتريا = نترات.

كبريت عضوى + أكسجين وبكتريا = كبريتات.

فوسفور عضوى + أكسجين وبكتريا = فوسفات.

تخصيب المسطحات المائية: Eutrophication :

تصريف مياه الصرف الزراعى والصناعى والصرف الصحى فى البحيرات وألنهار يسبب زيادة المخصبات فى المياه وزيادة معدلات نمو الطحالب والكائنات الحية الدقيقة الأخرى – ونتيجة ذلك تحلل الخلايا الميتة للطحالب وانخفاض تركيز الأكسجين الذائب فى المياه وما يتبعه من تغيير فصائل ونوعيات الأسماك ويؤثر فى محصولها – ويؤثر كذلك على الاستعمالات السياحية للبحيرات وصلاحية المياه كمصدر للشرب بعد عمليات التنقية العادية.

النتروجين :

النتروجين عنصر هام بالنسبة لجميع الخلايا الحية، والبروتينات التى تدخل فى تكوين الخلايا الحية حيث تحتوى على حوالى ١٦٪ نتروجين ومن المركبات النتروجينية الهامة فى

الحياة الحامض النووى والسكريات الأمينية، وبدون النتروجين تنتهى الحياة من على كوكب الأرض – والهواء المحيط بالأرض يحتوى على ٧٩٪ نتروجين.

الفسفور :

تحتوى مياه الصرف الصحى المنزلية على فسفور فى البراز وفى المنظفات الصناعية التى بدأت قيود قوانين البيئة تحد من استعمالاتها كما أن مياه الأمطار التى تسقط على الأراضى الزراعية وتصل للمسطحات المائية تحتوى على فسفور من بقايا الأسمدة بما فى ذلك النتروجين والبوتاسيوم – وهذه العناصر تساعد على نمو الطحالب وبعض الأحياء المائية التى تسبب الطعم والرائحة للمياه وتعمل على خفض الأكسجين الذائب فى المسطحات المائية، وينتج منها مشاكل تشغيلية فى مرشحات المياه.

الكربون فى الطبيعة :

الكربون يدخل فى تكوين كل المواد العضوية، والمصدر الأساسى للكربون اللازم للمواد العضوية هو ثانى أكسيد الكربون الذى يتحول إلى مواد عضوية خلال عملية التخليق الضوئى وتتم هذه العملية فى الطبيعة حيث تستخدم النباتات والأشجار الخضراء ثانى أكسيد الكربون من الجو – ويوجد ثانى أكسيد الكربون أيضا فى الصخور الكربونية وذائبا فى مياه المحيطات، وفى عملية احتراق الوقود الأحفورى، وفى هذه الحالة لا يكون متاحا للنبات والحيوان – وفى عملية تنفس الإنسان والحيوان يخرج ثانى أكسيد الكربون للجو بصفة مستمرة، كما أن نشاط مجموعات من البكتريا والفطريات فى تثبيت المواد العضوية تعطى ثانى أكسيد الكربون وماء سواء كانت الأكسدة خلال مراحل مختلفة أو مباشرة –كما أن حرائق الغابات ينتج منها كميات كبيرة من هذا الغاز.

ظاهرة التخصيب فى البحيرات الملوثة :

تلوث البحيرات أصبح ظاهرة عالمية ولكنها تختلف كثيرا من بحيرة لأخرى تبعا للعوامل المسببة لهذا التلوث بالإضافة إلى شكل البحيرة، ومساحتها، وعمق المياه، والعوامل الجوية بالمنطقة. ومن نتائج التلوث تخصيب مياه البحيرات نظرا لاحتواء المخلفات التى تلقى بها على عناصر مغذية مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم وبعض المواد العضوية والمركبات المغذية التى تتسبب فى نمو الطحالب والأحياء المائية الأخرى.

تقييم كمية أو مستوى التخصيب :

١. قياس الأكسجين الذائب ومعدلات استهلاكه.
٢. دراسة الحالة البيولوجية للأحياء المائية:
   أ. أنواعها.
   ب. كثافة الطحالب.
   ج. شفافية المياه.
   د. درجة اللون الأخضر للمياه.
   هـ. كمية الأكسجين الناتج من عملية التمثيل الكلوروفيللى.
   و. كمية ثانى أكسيد الكربون الذى تستهلكه الطحالب.
٣. تحدد فصائل ونوعيات الأحياء المائية المختلفة مستوى التخصيب وتأثيره على استعمالات المياه.
٤. كميات المغذيات حسب مصادر التلوث التى تصب فى البحيرة وتشمل:
   أ. النتروجين.
   ب. الفسفور.
   ج. نسبة النتروجين إلى الفسفور.

المؤشرات الدالة على تخصيب البحيرات :

يجب دراسة جميع المؤشرات الطبيعية والكيماوية والبيولوجية التى تشمل بعضها بصورة مبدئية:

- شفافية المياه.
- نوعيات وأشكال الأحياء المائية.
- العمق المتوسط للمياه.
- خصائص الترسبات فى البحيرة وعمق الرواسب.
- درجة تشبع المياه بالأكسجين.
- نقص تركيز الأكسجين فى مياه البحيرة بطريقة شبه مستمرة على مدار العام.
- المواد الصلبة الكلية الذائبة.
- تركيز العناصر المخصبة على مدار العام.
- معدلات نمو الأحياء المائية.
- فصائل ومجموعات ونوعيات وخصائص الطحالب والأحياء المائية الأخرى.
- الحشائش التى تنمو على شواطىء البحيرة.
- نوعيات الأسماك تعطى أيضا مؤشرا للمخصبات ودرجة التخصيب.
- خصائص العوالق الحيوانية.
- خصائص الحيوانات القاعية وتأثيرها على بيئة القاع.
- تركيز العناصر السامة والمعادن الثقيلة فى المياه وفى الرواسب.
- دراسات مفصلة لتحديد المغذيات ونوعياتها وكمياتها وتشمل :
- الأحوال المناخية بمنطقة البحيرة، وتشمل تحديد خطوط الطول والعرض واتجاه الرياح وسرعتها، ومعدلات سقوط الأمطار على مدار العام وخصائصها ومكوناتها.
- هيدرولوجية المياه السطحية والجوفية.
- المناطق السكنية والزراعية والصناعية والأنشطة السياحية والترفيهية.

- استعمالات المياه العذبة الآدمية والصناعية والترفيهية ومحطات توليد القوى، والرى.
- طرق تجميع ومعالجة والتخلص من المخلفات السائلة والصلبة.
- طبيعة المسطح المائى الهندسية مثل شكلها ومساحتها وحجمها والعمق الأكبر والمتوسط للمياه، ومدة بقاء المياه فى البحيرة والتيارات المائية بها، وطبيعة القاع وميوله ومناسيبه.
- العوامل المؤثرة على ترسيب العوالق بالبحيرة.
- الأس الايدروجينى PH.
- تأثير العوالق على شفافية المياه.
- تركيز المغذيات والأكسجين الذائب.
- مصادر الفسفور التى تصل للمسطح المائى من مياه الصرف الصحى الآدمى والمخلفات الصناعية السائلة، والقمامة، والمواد الكيماوية المستخدمة فى محطات تنقية مياه الشرب، والمخلفات السائلة من المصارف الزراعية ومخلفات الطيور والماشية.
- المياه الجوفية التى تستخدم لإمداد البحيرة بالمياه.
- الكائنات الحية الدقيقة بالبحيرة بصورة مفصلة.

سرد تاريخى للمعاجلة وإعادة الاستعمال :

- استخدمت مياه الصرف الصحى فى الزراعة فى أثينا ومصر منذ آلاف السنين، واستخدمت فى ألمانيا منذ عام ١٥٥٠، وفى انجلترا عام ١٧٠٠.
- فى عام ١٨٩٥ بدأ فى انجلترا استخدام غاز الميثان من أحواض التحليل فى الإضاءة.
- فى عام ١٩٠٤ بدأ إستخدام أحواض إمهوف فى ألمانيا، وبدأ استخدام أحواض حجز الرمال فى الولايات المتحدة.
- فى عام ١٩٠٨ بدأ استخدام عملية المرشحات البيولوجية فى الولايات المتحدة.
- فى عام ١٩١٤ بدأ استخدام عملية الحمأة المنشطة فى انجلترا.

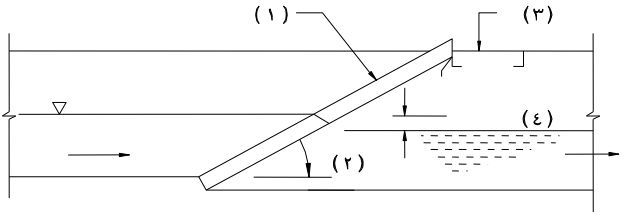
- فى عام ١٩١٦ بدأ استخدام عملية الحمأة المنشطة فى الولايات المتحدة.

المعالجة التمهيدية Preliminary Treatment :

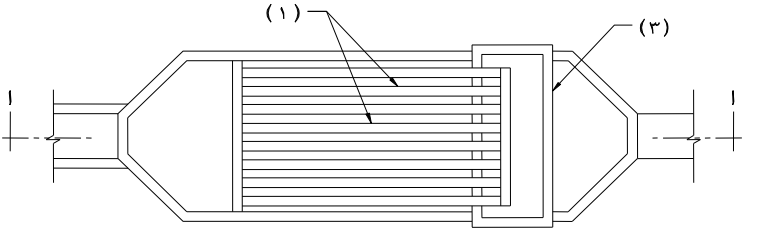
تشمل المصافى – وأحواض حجز الرمال، وفى بعض الأحيان تضاف وحدات لحجز الشحوم والزيوت – وأحواض للتهوية.

المصافى Screening :

الغرض منها حجز المواد الطافية مثل الخشب، والورق، والخرق، وغيرها، مما يؤثر فى عمليات المعالجة التالية، وتستخدم أيضا لحماية محطات الرفع الرئيسية والفرعية.
وتتكون المصافى من قضبان من الحديد متوازية بينها فراغات تتراوح بين (١-٤)سم للمصافى المتوسطة وتكون فراغاتها أكبر عند استخدامها فى محطات الرفع ويكون القضيب إما مستطيل ١ × (٣-٥)سم أو دائرى بقطر مناسب يبدأ من ١سم. ويمكن استخدام مصافى فتحاتها أقل من ١سم فى حالة وجود مواد طافية بنسبة كبيرة فى بعض المخلفات الصناعية، وهذه المصافى الدقيقة رغم أنها تحجز نسبة أكبر من المواد الطافية والعالقة إلا أنها تحتاج إلى تنظيفها بصفة مستمرة. وشكل (٣-١) يبين تفاصيل المصافى التى تنظف يدويا، كما توجد أنواع أخرى يتم تنظيفها ميكانيكيا، عن طريق أمشاط تتحرك فوق المصافى فترفع المواد المحجوزة أمامها، كما يستخدم أحيانا جهاز لتفتيت المواد الطافية (شكل ٣-٢)، وترك هذه المواد بعد سحقها لترسب فى أحواض حجز

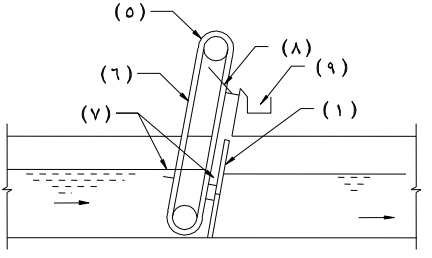


(ا) قطاع فى مصافى يدوية



(ب) مسقط افقى لمصافى يدوية

١ - قضبان متوازية مائلة
٢ - زاوية ميل المصافى
٣ - رصيف معدنى مصبعات او مثقب
٤ - الفاقد فى ضغط المياه
نتيجة مرورها خلال المصافى
٥ - محرك
٦ - زحافات متحركة
٧ - امشاط لتجميع المواد الطافية
٨ - ادوات آلية لتنظيف المصافى
٩ - وعاء لتجميع المواد الطافية

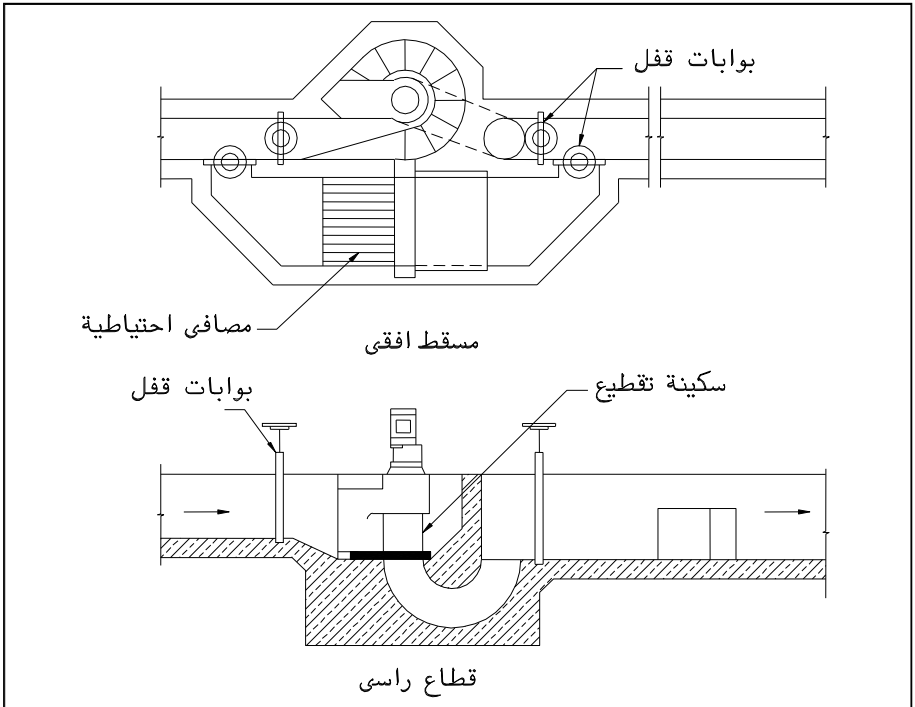


(جـ) قطاع فى مصافى آلية

شكل (٣-١)
المصافى

الرمال والترسيب. ولكل طريقة من هذه الطرق مميزاتها وعيوبها. فالمصافى اليدوية بسيطة فى تصميمها وتنفيذها ورخيصة الثمن ولكنها تحتاج إلى عمالة مباشرة لتنظيفها، والطرق الميكانيكية أكفأ ولكنها مكلفة وتحتاج لعناية فى تشغيلها وصيانتها. وجهاز سحق المواد الطافية (Comminutor) من مميزاته توفير العمالة والمشاكل المصاحبة للتخلص من المواد الطافية ولكن هذه المواد تمر بعد سحقها إلى أحواض حجز الرمال والترسيب فتزيد المواد المترسبة فى هذه الأحواض وتضيف بالتالى مجهودا فى أعمال التخلص من الرواسب المترسبة فى هذه الوحدات.

التخلص من المواد الطافية :



شكل (٣-٢)
جهاز لحجز وتقطيع المواد الطافية

تحتوى المواد التى تحجزها المصافى على نسبة كبيرة من المياه الملوثة التى تحتوى على مواد عضوية تتعفن مع الوقت، ولذلك يجب التخلص من هذه المواد بمجرد تجميعها من أمام المصافى، ويتم ذلك بأحد الطرق الآتية:

ا. الحرق.

ب. وضعها فى خنادق تحت سطح الأرض وردمها بالأتربة والرمال.

ج. استخدامها فى ردم الأماكن المنخفضة البعيدة عن العمران والتى تحتاج للردم.

وتتغير كمية المواد الطافية المحجوزة حسب خواص مياه المجارى والمخلفات الصناعية المنصرفة فيها.

أسس تصميم المصافى :

١. تكون المصافى بميل ٤٥ – ٧٠ درجة مع الأفقى.

٢. الفراغات بين القضبان تكون (١-٤)سم.

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

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

٥. الفاقد فى مرور المياه خلال فتحات المصافى يمكن حسابه على أساس سريان المياه خلال الفتحات المستطيلة وتتراوح بين ١٠سم، ٦٠سم حسب تأثير المواد الطافية على الفتحات.

مثال (٣-١) :

ماسورة صاعدة قطرها ٦٠سم تحمل مياه المجارى لمحطة المعالجة، التصرف المتوسط ٢٠٠ لتر/ثانية، والتصرف الأقصى ٢٩٠ لتر/ثانية، والتصرف الأدنى ١٥٠ لتر/ثانية. صمم المصافى المناسبة إذا كانت شبكة التصريف منفصلة.

الحل :

بفرض أن الماسورة الصاعدة تصب فى غرفة تهدئة ومنها إلى قناة مستطيلة المقطع ثم إلى قناة المصافى.

وبفرض السرعة فى قناة المصافى ٦٠ سم/ثانية.

∴ العرض = ٧٥سم، عمق المياه = ٤٥سم.

بفرض عرض قضيب الحديد ١سم والفراغ بين كل قضيبين = ٤سم.

∴ عدد القضبان = ١٦

وعدد الفراغات = ١٥

ويكون عرض القناة فى هذه الحالة ٧٦سم وعمق المياه ٤٥سم

مساحة المقطع الرأسى للفراغات بين القضبان = ٤٥ × ٤ × ١٥ = ٢٧٠٠سم^{٢}

∴ السرعة بين القضبان = ٧٤ سم/ثانية.

وفى حالة التصرف الأقصى، يكون عمق المياه فى قناة المصافى ٥٩سم، وتكون السرعة فى قناة المصافى فى هذه الحالة تساوى ٦٥,٥ سم/ثانية، وتكون السرعة خلال فتحات المصافى = ٨٢ سم/ثانية.

أحواض ترسيب الرمال Grit Chambers :

يمثل حجز الرمال أهمية كبيرة فى عمليات معالجة المخلفات السائلة للأسباب الآتية:

ا. تراكم هذه المواد فى أحواض الترسيب الابتدائى يزيد من مشاكل سحب الحمأة من الأحواض ويساعد على سدد مواسير تصريف الرواسب.

ب. تتراكم الرمال فى هاضمات الحمأة وتتداخل فى وظيفة هذه الوحدات.

ج. يزيد وجود الرمال فى مشاكل تشغيل الطلمبات ويساعد فى تآكلها.

د. احتمالات ترسيب الرمال فى المواسير والقنوات بمحطة المعالجة.

هـ. تآكل المعدات الميكانيكية فى وحدا المعالجة.

وتنشأ أحواض حجز الرمال عادة قبل أحواض الترسيب الابتدائى، ولكنها تنشأ قبل السحارة التى تستخدم تحت الترع والعوائق الأخرى وذلك لتفادى سدد هذه السحارات بالترسيب المستمر للرمال فيها، وتصمم أحواض حجز الرمال لترسيب المواد التى لها كثافة ٢,٦٥ وحجمها أكبر من ٠,٢٠مم. ورغم أن الغرض من هذه الوحدات هو ترسيب المواد الغير عضوية فقط، إلا أن نسبة صغيرة من المواد العضوية ترسب مع الرمال وتبلغ هذه النسبة (١٠-٢٠) ٪ من المواد العضوية فى مياه المجارى الخام. وأحيانا تستخدم مياه المجارى بعد المعالجة فى غسيل المواد المترسبة فى أحواض حجز الرمال، ثم تعاد هذه المياه إلى مدخل محطة المعالجة، ورغم ذلك تبقى نسبة ربما تصل إلى ٥ ٪ من المواد العضوية مع الرمال – ويجب مراعاة ذلك عند التخلص من هذه المواد.

وللتحكم فى ترسيب المواد العضوية فى أحواض حجز الرمال يراعى فى تصميم هذه الوحدات أن تكون السرعة شبه ثابتة مع تغير التصرف، حيث أن معدلات التصرف متغيرة على مدى اليوم الكامل. وإذا صممت هذه الأحواض مستطيلة المقطع فالتغير فى التصرف يصحبه تغير فى السرعة، فإذا زادت السرعة عن الحد المطلوب، تنخفض نسبة المواد المترسبة، والسرعة الصغيرة ترسِّب نسبة من المواد العضوية مع الرمال. وفى كلتا الحالتين ستقل كفاءة العملية وتزيد من مشاكل التخلص من الرواسب فيها.

ولضمان ثبات السرعة مع تغير التصرف المستمر، يمكن إتباع أحد الطرق الآتية:

الطريقة الأولى :

يكون قطاع قناة حجز الرمال على شكل قطع مكافىء (Paeabola)، بحيث تظل السرعة خلال القناة شبه ثابتة مع التغير فى التصرف. ويوضع عند المخرج (Venturi flume) – يتحكم فى عمق المياه فوق التيار، وفى هذه الحالة تتناسب مساحة المقطع مع التصرف بحيث تظل السرعة شبه ثابتة.

$V = q \div a$

حيث: v = السرعة

q = التصرف

a = مساحة المقطع

فإذا كانت المساحة تتناسب مع التصرف،

$\therefore a = k. q$

حيث K= ثابت

$\therefore V = q \div q.k = k$ ثابت

وفى هـذه الحالـة يجـب أن يكـون مقطـع القنـاة مكـافىء ومعادلـة التصـرف خـلال Venturi flume تكون على صورة:

$q = k. bh^{3/2}$ (١)

حيث k= ثابت

b = عرض فتحة قناة فنتورى.

h = العمق فوق التيار.

وبتفاضل المعادلة السابقة.

$\therefore dq = 3/2\ k. b. h^{1/2}. dh$ (٢)

ومن الشكل المبين يكون التصرف خلال شريحة من المقطع إرتفاعها dh، وعرضها x

$dq = V. x. dh$ (٣)

حيث V = السرعة، x.dh = مساحة الشريحة التى تمر المياه خلالها.

وبمساواة معادلة (٢)، (٣)

$\therefore x = (3. K. b \div 2V) . h^{½}$ Parabolic Equation (٤)

ولصعوبة إنشاء الشكل المكافىء، يمكن تنفيذه على هيئة شبه منحرف كالمبين بالشكل.

وبفرض السرعة = ٠,٣٠ متر/ثانية وهى السرعة المطلوبة خلال قنوات حجز الرمال، وبالتعويض فى معادلة رقم (٤) فى حالة أقصى تصرف مثلا:

$$\therefore x = 5\ k.\ b.\ h^{\frac{1}{2}} \qquad (٥)$$

وتكون معادلة رقم (١) فى صورة:

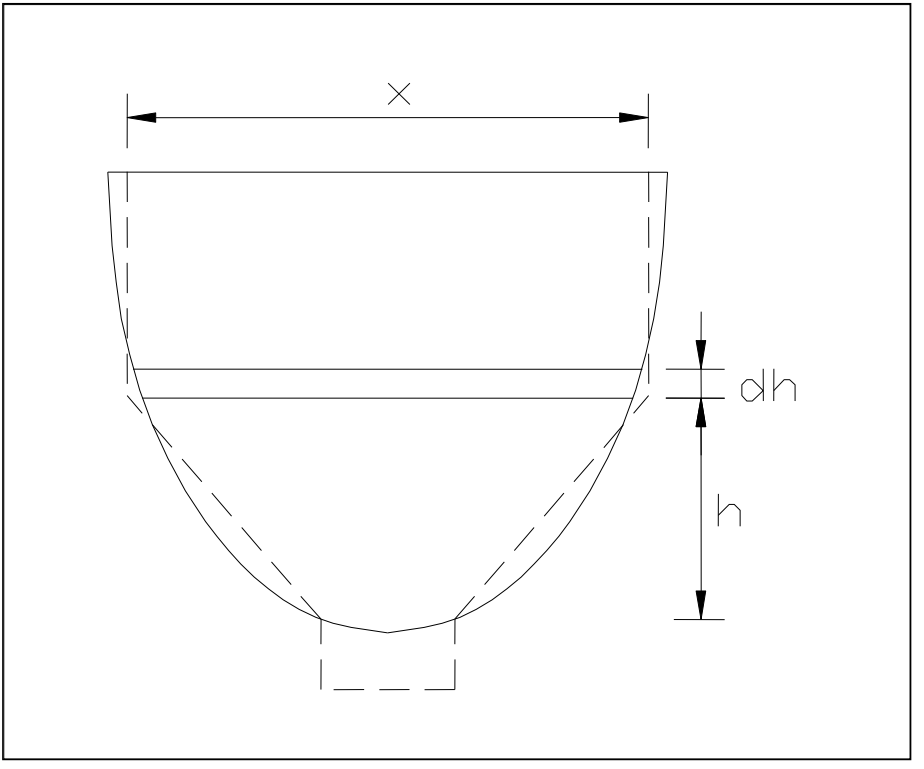
$$Q_{(max)} = k.\ b.\ h^{3/2} \qquad (٦)$$

وبقسمة معادلة (٥) على معادلة (٦):

$$\therefore X = 5q \div h \qquad (٧)$$

ويجب استخدام الوحدات المترية فى المعادلة (٧)، وتستعمل بعض المراجع العدد الثابت ٤,٩٠ بدلا من ٥ فى معادلة رقم (٧) إلا أن هذا لا يؤثر كثيرا فى القيم المحسوبة بواسطة المعادلة.

ويمكن حساب عرض القناة فى حالة أقصى تصرف بمعرفة العمق المناظر لهذا



التصرف، ويمكن فرض هذا العمق على أساس عمق المياه فى القناة أو الماسورة التى تسبق قناة حجز الرمال.

الطريقة الثانية :

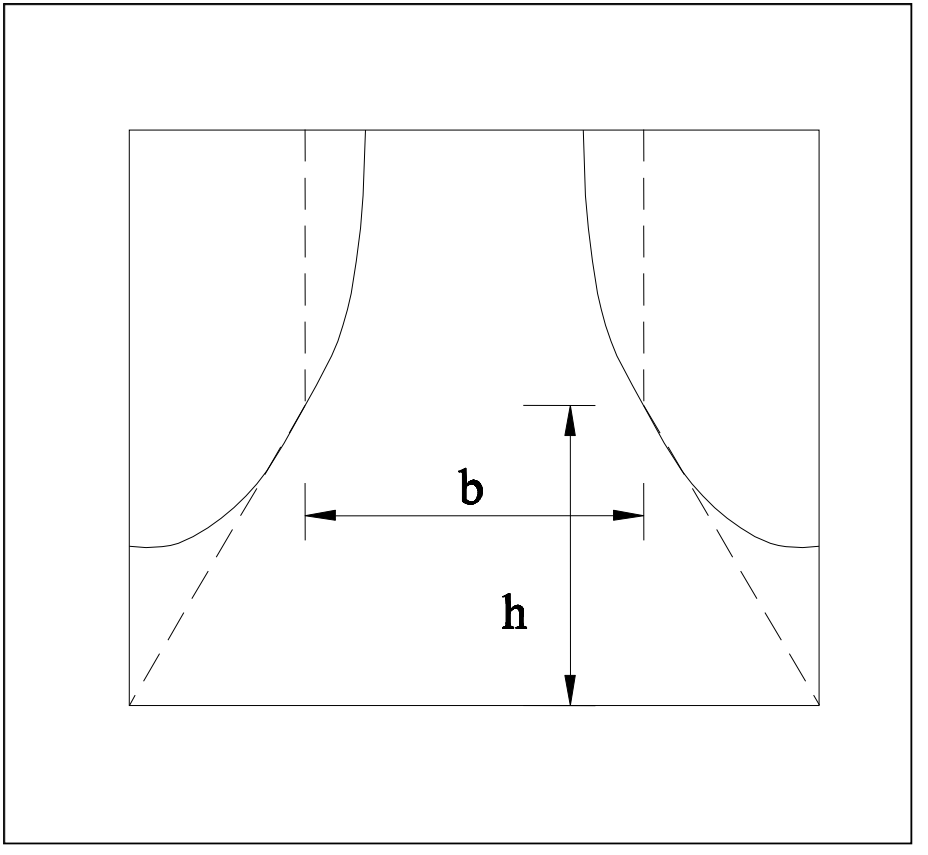
يكون قطاع قناة حجز الرمال مستطيل، بحيث يمكن التحكم فى السرعة عن طرق Proportional – Flow weir plate يوضع فى مخرج كل قناة وباستخدام المعادلة:

$Q = k. b. h^{3/2}$

ويشكل منحنى الفتحة بحيث يكون

ثابت = $b. h^{½}$

وتكون $Q = k. h$



وحيث أن $Q = A. V$

$Q = h. b. v$

$\therefore b = K \div V$

∴ لكى تكون السرعة ثابتة يجب أن يكون عرض القناة ثابت، ومعنى ذلك أنه فى حالة استخدام هذه الطريقة يكون مقطع حوض حجز الرمال مستطيل الشكل.

أسس تصميم أحواض حجز الرمال :

١. مدة بقاء المياه فى الحوض من ٣٠ إلى ٦٠ ثانية.
٢. سرعة المياه فى الحوض = ٣٠ سم/ثانية.
٣. فى حالة ترسيب المواد التى كثافتها ٢,٦٥ وحجمها ٠,٢٠ مم يكون معدل التحميل السطحى ١٢٠٠ متر مكعب / متر مربع / يوم.
٤. عدد الأحواض لا يقل عن حوضين لضمان تنظيف الأحواض التى يتم تنظيفها يدويا وكذلك فى حالة أعطال المعدات الميكانيكية للأحواض التى تستخدم هذه المعدات.
٥. كمية المواد المترسبة فى أحواض حجز الرمال يتراوح بين (١٠-١٠٠) لتر لكل ألف متر مكعب من مياه المجارى.

مثال (٣-٢) :

صمم أحواض حجز الرمال المناسبة لاستقبال مياه المجارى التى يحتمل تغير تصرفاتها كالآتى:

أقصى تصرف = ٥٠٠ لتر / ثانية.

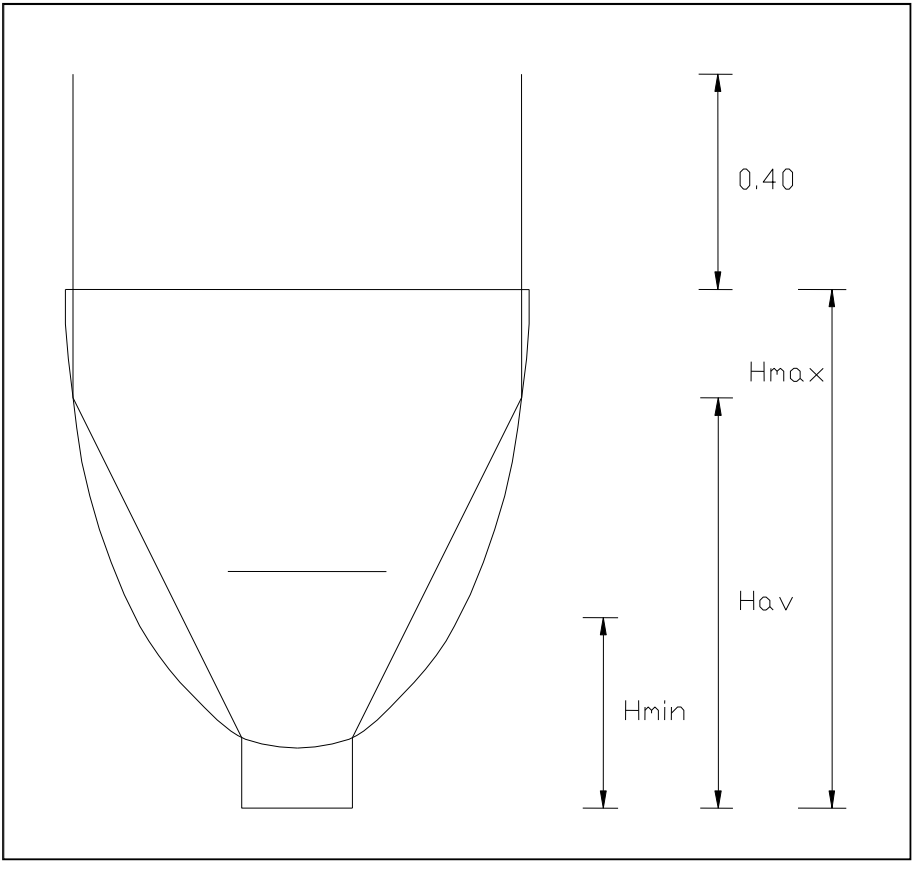
أدنى تصرف = ١٥٠ لتر / ثانية.

التصرف المتوسط = ٣٠٠ لتر / ثانية.

علما بأن عمق القناة المؤدية لأحواض حجز الرمال هى ١,١٣ متر، ٠,٧٢ متر، ٠,٤٩ متر فى حالة التصرف الأقصى والمتوسط والأدنى، على التوالى. مع فرض معدل ترسيب الرمال فى الحوض بحوالى ٥٠ لتر لكل ألف متر مكعب من مياه المجارى.

الحل :

أولا: فى حالة افتراض مقطع حجز الرمال على شكل قطع مكافىء يمكن حساب أكبر عرض للقناة بالتعويض بقيمة أقصى تصرف وأقصى عمق فى المعادلة (٧)، فيكون العرض فى هذه الحالة ٢,٢٠ متر، وفى حالة استخدام حوضين يكون عرض كل منهما ١,١٠ متر، يضاف إليهما حوض احتياطى بنفس الأبعاد. وبالتعويض فى



نفس المعادلة بقيمة التصرف المتوسط والعمق المناظر له يكون العرض المناظر هو ١,٠٤ متر، ٠,٧٥ متر عند التصرف المتوسط والأدنى على التوالى لكل حوض.

والشكل يوضح كيفية رسم أقرب شبه منحرف لمقطع حوض حجز الرمال، بحيث يكون عرض قاع الحوض لا يقل عن ٣٠سم لسهولة تفريغ الحوض من الرواسب، ويكون الحوض بهذا الشكل أقرب ما يمكن للقطع المكافىء، ويكون الفرق فى السرعة الناتج من تعديل الشكل صغير جدا بحيث لا يؤثر على قيمة السرعة. ويجب إضافة ٤٠سم على الأقل لارتفاع حوائط الأحواض فوق منسوب أقصى تصرف ويمكن حساب المساحة السطحية بفرض مدة بقاء الماء فى الحوض ٥٠ ثانية والسرعة أساسا = ٣٠ سم / ثانية.

∴ طول الحوض = ٥٠ × ٣٠ = ١٥ متر.

وبطريقة أخرى، إذا فرضنا معدل التحميل السطحى ١٢٠٠ متر مكعب للمتر المربع فى اليوم، تكون المساحة السطحية فى حالة أقصى تصرف هى ٣٦ متر مربع.

∴ طول الحوض = ٣٦ ÷ ٢,٢ = ١٦,٤ متر.

وبفرض كمية الرمال المترسبة = ٥٠ لتر لكل ألف متر مكعب فى اليوم. والتصرف المتوسط = ٠,٣٠ متر مكعب فى الثانية.

∴ كمية الرواسب فى اليوم = (٥٠ × ٠,٣٠ × ٨٦٤٠٠) ÷ ١٠٠٠

= ١٢٩٦ لتر / يوم.

ويمكن حساب عمق الرواسب إذا كان تفريغ الحوض يتم يدويا. أما إذا كان يتم ميكانيكيا، فتقوم الزحافات بكسح الرواسب أمامها للنقطة التى ترفع منها من الحوض.

ثانيا: فى حالة افتراض مقطع الحوض مستطيل، يكون التحكم فى السرعة خلال الحوض عن طريق فتحة على شكل (Proportional Flow Weir) فى مخرج كل قناة ومعادلة هذا الهدار تعطى (ثابت = $xh^{1/2}$)فى المعادلة:

$$Q = 7.5 (xh^{1/2}) \ h$$

$\therefore Q = 7.5\ kh$ (٨)

$K = x.h^{1/2}$ (٩)

ويجب لاستخدام هذه المعادلة أن تكون الوحدات قدم – ثانية. فالتصرف المتوسط = ١٠,٦ قدم مكعب / ثانية.

وبفرض مدة بقاء فى الحوض فى هذه الحالة ٥٠ ثانية. والسرعة = ١ قدم / ثانية.

∴ طول الحوض = ١٥ متر.

وحجم الأحواض = التصرف × مدة بقاء الماء فى الحوض = ١٥ متر مكعب.

والمساحة السطحية سبق حسابها وتساوى ٢١,٦ مترا

والعرض = ٢١,٦ ÷ ١٥ = ١,٤٤ متر، تقسم لحوضين عرض كل منهما ٧٢سم = ٢,٣٦ قدم، ويضاف حوض إحتياطى بنفس الأبعاد.

عمق الحوض عند التصرف المتوسط = ١٥ ÷ ٢١,٦ = ٧٠سم = ٢,٣ قدم

كمية المواد المترسبة سبق حسابها وتساوى ١٢٩٦ لتر / يوم.

وبغرض تفريغ الرواسب من الحوض كل يومين.

∴ كمية الرواسب المتجمعة فى يومين = ٢٥٩٢ لتر.

وعلى أساس أن مقطع الأحواض مستطيل يكون سمك الرواسب المترسبة فى يومين = ١٢سم.

وتكون بداية فتحة الهدار على ارتفاع لا يقل عن ١٢سم ويمكن فرضها ١٥سم = ٠,٥٠ قدم

ولتحديد أبعاد فتحة المخرج المبينة بالشكل يمكن التعويض فى المعادلة (٨) فى حالة التصرف المتوسط (٥,٣) قدم مكعب / ثانية للحوض الواحد وارتفاع المياه (h) فى الفتحة يقل نصف قدم (حيز الرواسب) عن عمق المياه فى الحوض.

$\therefore 5.3 = 7.5\ k\ (1.8)$

وبالتعويض فى معادلة (٩)

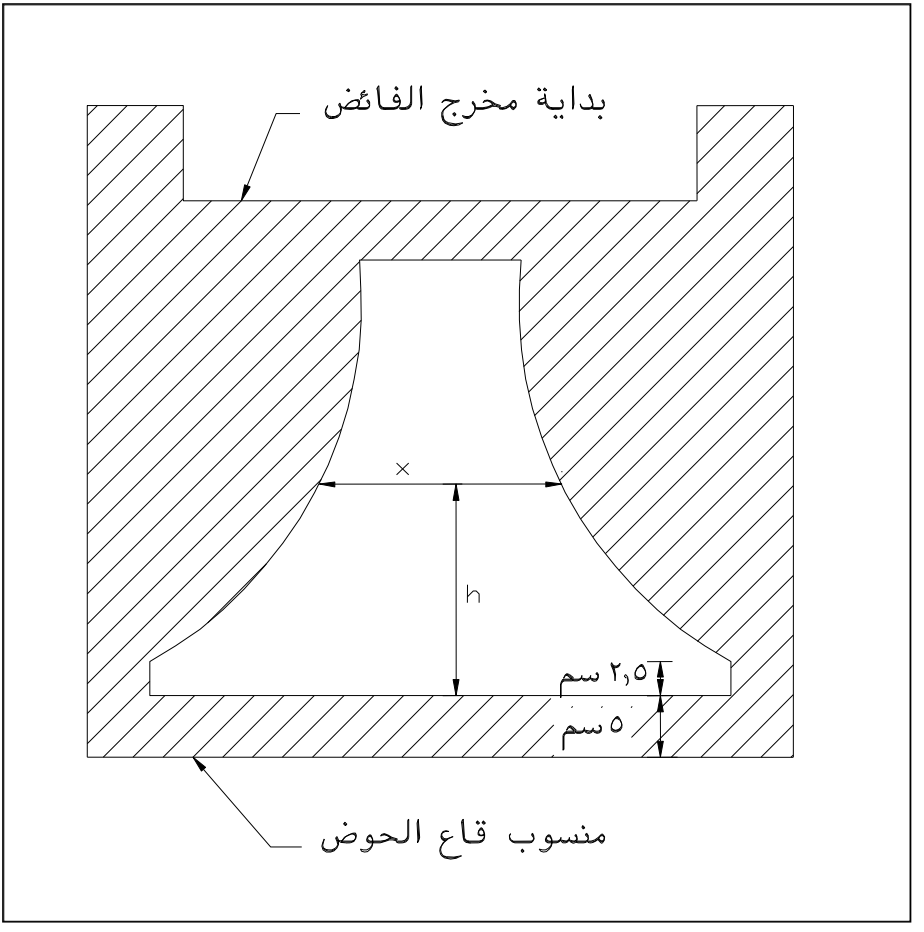
$K = 0.39 = x\ (1.34)$

$\therefore X = 0.29\ ft$

∴ فى حالة التصرف المتوسط يكون ارتفاع المياه فى فتحة المخرج ١,٨ قدم، وعرض فتحة المخرج ٠,٢٩ قدم.

ويمكن استنتاج أبعاد فتحة المخرج والسرعة لأعماق المياه المختلفة. ويبين جدول (٣-١) العلاقة بين التصرفات المختلفة التى تمر بأحواض حجز الرمال والسرعة المناظرة لها. ويلاحظ أن السرعة لا تظل ثابتة حسب افتراض المعادلة رقم (٨) ولكنها تقل كثيرا عن السرعة المطلوبة فى حالة التصرفات الصغيرة، والتى تكون عادة خالية من الرمال والمواد المشابهة.

جدول (٣-١) (٣)



التحكم فى السرعة خلال أحواض حجز الرمال

$Q = 7.5 (x.\ h^{1/2})h = 7.5\ k.h$

$K = (x.\ h^{1/2}) = 0.39$

السرعة خلال الحوض ft/sec.	مساحة مقطع الحوض ft^2	التصرف $Q=7.5k.h$ $ft^3/sec.$	عرض فتحة الهدار ft	عمق المياه فى الحوض h + 0.5 ft	$h^{1/2}$	ارتفاع المياه فى فتحة المخرج h ft
٠,١٨	١,٣٧	٠,٢٤	١,٤٠	٠,٥٨	٠,٢٨	٠,٠٨٣
٠,٢٢	١,٤٢	٠,٢٩	١,٢٠	٠,٦٠	٠,٣٢	٠,١٠٠
٠,٣٥	١,٦٥	٠,٥٨	٠,٨٧	٠,٧٠	٠,٤٥	٠,٢٠٠
٠,٤٦	١,٨٩	٠,٨٧	٠,٧١	٠,٨٠	٠,٥٥	٠,٣٠٠
٠,٥٥	٢,١٢	١,١٧	٠,٦٢	٠,٩٠	٠,٦٣	٠,٤٠٠
٠,٦٧	٢,٦٠	١,٧٥	٠,٥١	١,١٠	٠,٧٧	٠,٦٠٠
٠,٧٥	٣,١٠	٢,٣٤	٠,٤٤	١,٣٠	٠,٨٩	٠,٨٠٠
٠,٨٣	٣,٥٤	٣,٩٣	٠,٣٩	١,٥٠	١,٠٠	١,٠٠٠
٠,٨٩	٤,١٣	٣,٦٦	٠,٣٥	١,٧٥	١,١٢	١,٢٥٠
٠,٩٣	٤,٧٢	٤,٣٨	٠,٣٢	٢,٠٠	١,٢٢	١,٥٠٠
٠,٩٦	٥,٣١	٥,١٢	٠,٢٩	٢,٢٥	١,٣٢	١,٧٥٠
٠,٩٩	٥,٩٠	٥,٨٥	٠,٢٨	٢,٥٠	١,٤١	٢,٠٠٠
١,٠١	٦,٤٩	٦,٥٨	٠,٢٦	٢,٧٥	١,٥٠	٢,٢٥٠
١,٠٣	٧,٠٨	٧,٣١	٠,٢٥	٣,٠٠	١,٥٨	٢,٥٠٠
١,٠٤	٧,٦٧	٨,٠٠	٠,٢٣	٣,٢٥	١,٦٦	٢,٧٥٠
١,٠٦	٨,٢٦	٨,٧٨	٠,٢٢	٣,٥٠	١,٧٣	٣,٠٠٠
١,٠٧	٨,٨٥	٩,٥١	٠,٢١	٣,٧٥	١,٨٠	٣,٢٥٠
١,٠٨	٩,٤٤	١٠,٢٤	٠,٢١	٤,٠٠	١,٨٧	٣,٥٠٠
١,٠٩	١٠,٠٣	١٠,٩٧	٠,٢٠	٤,٢٥	١,٩٤	٣,٧٥٠
١,١٠	١٠,٦٢	١١,٧٠	٠,٢٠	٤,٥٠	٢,٠٠	٤,٠٠٠
١,١١	١١,٢١	١٢,٤٣	٠,١٩	٤,٧٥	٢,٠٦	٤,٢٥٠

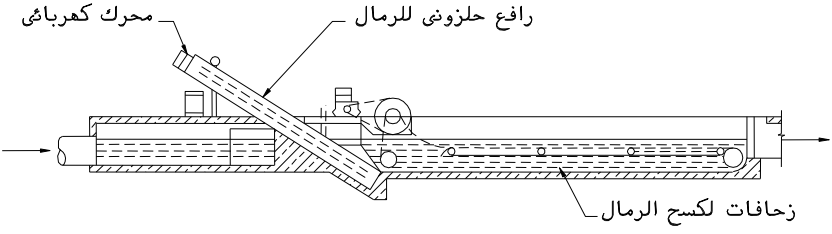
تفريغ الأحواض من الرواسب، والتخلص منها :

يتم ميكانيكيا كما هو مبين بشكل (٣-٣) أو يدويا بحيث يكون قاع الحوض مناسب لذلك وفى بعض الحالات يتم غسيل المواد المترسبة من المواد العضوية التى ترسب معها، وذلك قبل التخلص من الرمال حيث أن المواد العضوية التى ترسب معها تزيد من مشاكل التخلص منها، وتستخدم أحيانا مياه المجارى بعد المعالجة فى غسيل الرمال.

ويمكن التخلص من المواد المترسبة فى هذه الأحواض بدفنها فى الأرض، أو استخدامها فى ردم الأماكن المنخفضة وتعتمد طريقة التخلص منها على نسبة المواد العضوية بها.

أحواض حجز الرمال المهواة :

تسير المياه فى أحواض حجز الرمال المهواة لولبيا كمحصلة لحركتين؛ الأولى أفقيا من مدخل الحوض وفى اتجاه المخرج، والثانية دائريا بفعل الهواء المضغوط. وتتأثر قوة حركة المياه فى الحوض بمعدل وضغط الهواء، ويؤثر هذا بدوره فى كفاءة حجز الرمال ونسبة المواد العضوية التى ترسب مع الرمال وتسبب مشكلة رئيسية فى عملية التخلص من الرمال. وفى الأحواض المهواة تكون السرعة الدورانية وليست السرعة الأفقية هى



شكل (٣-٣)
تجميع وتصريف الرمال ميكانيكيا

العامل الأساسى فى التحكم فى كفاءة حجز الرمال على أساس أنها تعطى حركة كافية لترسيب الرمال ومنع ترسيب المواد العضوية وذلك فى حدود التغير المتوقع فى التصرف التصميمى. ويمكن أن تتم عملية التهوية الابتدائية فى أحواض حجز الرمال المهواة بحيث تزيد مدة بقاء المياه إلى فترة التهوية المطلوبة.

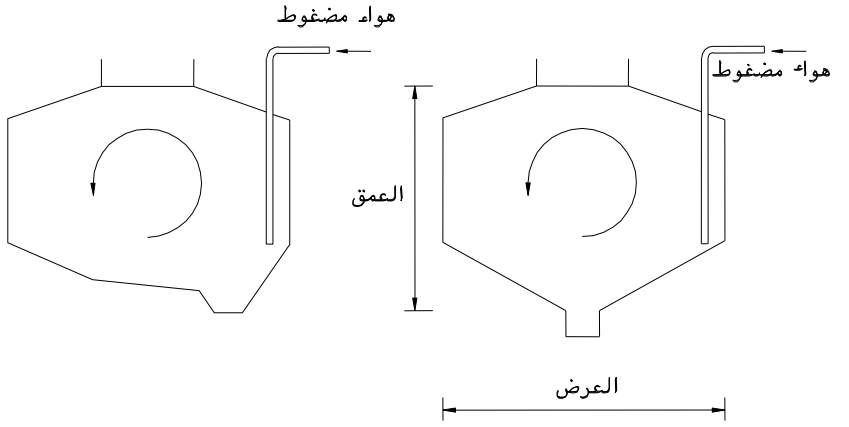
ويجب اختيار الشكل الهندسى الملائم لأحواض حجز الرمال بحيث تعطى أكبر كفاءة ممكنة بما فى ذلك مواقع المدخل والمخرج.

وتتميز هذه الأحواض بالآتى:

ا. تساعد عملية الحركة العرضية والأفقية فى غسيل حبيبات الرمال من المواد العضوية فتقل نسبتها فى الرمال المترسبة بدرجة كبيرة.

ب. تساعد عملية التهوية فى إزالة آثار التحلل اللاهوائى المحتمل حدوثه فى شبكة الصرف الصحى.

ج. لا تتغير السرعة بدرجة كبيرة مع تغير معدلات الصرف، وتبعا لذلك لا تتأثر



شكل (٣-٤)
احواض حجز الرمال المهواه

كفاءة الأحواض بهذا التغير.

د. تكون السرعة فى الحوض بالإضافة لعملية التقليب والحركة كافية ومناسبة لترسيب الرمال، وعدم ترسيب المواد العضوية.

ويبين شكل (٣-٤) قطاعين فى الأحواض المهواة.

أسس التصميم :

١. عرض الحوض = (١-١,٤) من العمق.
٢. لا يقل الطول عن ضعف عرض الحوض.
٣. السرعة الأفقية = (١-٤٠) سم/ثانية.
٤. السرعة العرضية تكون فى حدود ٢٥ سم/ثانية.
٥. مدة بقاء المياه فى الحوض = (٢-٣) دقيقة فى حالة التصرف المتوسط وتساوى (١-٢) دقيقة للتصرفات القصوى.
٦. معدل الهواء المضغوط = (٥-١٥) متر مكعب فى الساعة لكل متر من طول الحوض، بحيث يدخل الهواء فوق قناة تجميع الرمال بحوالى (٦٠-١٠٠) سم.
٧. يمكن إنشاؤها مكعبة الشكل تقريبا بحيث يساعد الهواء المضغوط فى توفير الحركة اللازمة لترسيب الرمال، وتعويم المواد العضوية ومنع ترسيبها.

أحواض حجز الشحوم والزيت :

تستخدم فى بعض الأحيان حينما تحتوى المخلفات السائلة على نسبة مؤثرة من الشحوم والزيوت تأتى عادة من المطاعم والمنازل ومحطات خدمة السيارات والمصانع، والمفروض أن يلتزم كل مصنع أو مؤسسة أو مطعم تحتوى متخلفاته على زيوت

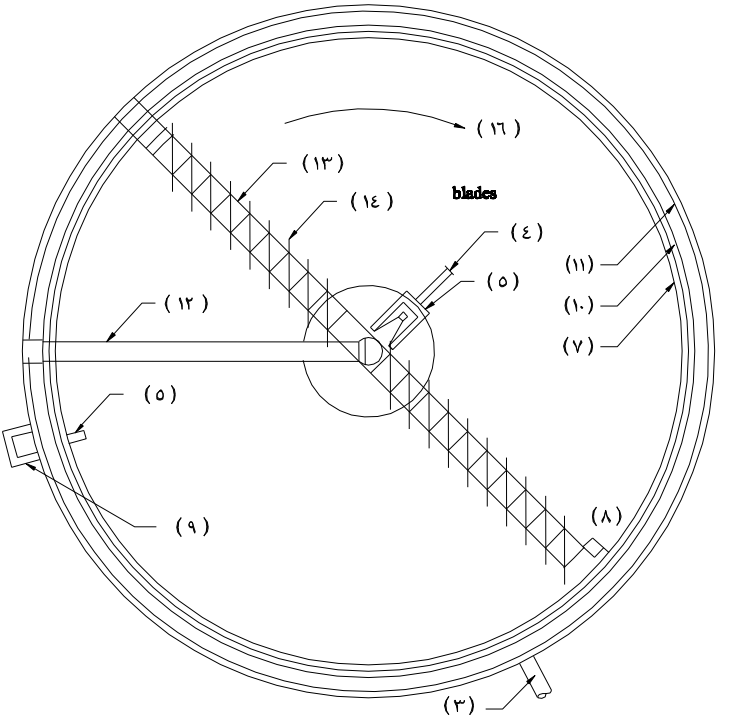
وشحوم، بحجزها قبل تصريف متخلفاته فى شبكة المجارى العمومية، ولذلك فاستخدام أحواض حجز الزيوت والشحوم نادر فى محطة معالجة المجارى، ولكنه ضرورى فى حالة وجود هذه المواد بكمية كبيرة تؤثر على وحدات المعالجة الأخرى. وتعتمد طريقة تصميمها على تركيز ونوعيات الشحوم والزيوت.

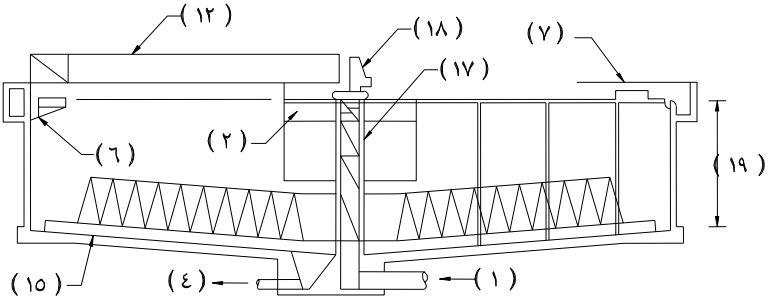
أحواض تهوية مبدئية :

تستخدم أحيانا لتخفيف حالات التعفن التى توجد فى بعض مياه المجارى عند وصولها إلى محطة المعالجة نتيجة لمسارات خطوط التصريف الطويلة والتى تحتاج مياه المجارى فيها إلى وقت طويل يحدث خلاله تحلل لا هوائى للمواد العضوية. وتساعد التهوية المبدئية فى تعويم الزيوت والشحوم فيسهل حجزها. وتكون مدة بقاء المياه فى هذه الأحواض ٣٠-٦٠ دقيقة، ويكون معدل التهوية (٠,٧٠ - ١,١٠) متر مكعب هواء لكل متر مكعب من مياه المجارى.

أحواض الترسيب الابتدائى :

الغرض من هذه المرحلة تحسين خواص المخلفات السائلة وتهيئتها لمرحلة المعالجة البيولوجية، ويتم فى أحواض الترسيب الابتدائى ترسيب المواد الرسوبية سواء كانت عضوية أو غير عضوية ونتيجة لذلك يصل حجز الأكسجين الحيوى المستهلك إلى حوالى ٤٠ ٪، وكذلك يصل حجز المواد العالقة إلى ٥٥ ٪ من التركيزات الموجودة فى مياه المجارى قبل معالجتها، ويمكن أن تزيد أو تقل هذه النسب فى حدود صغيرة تبعا لأسس التصميم وخواص المخلفات وجدية تشغيل هذه الوحدات.



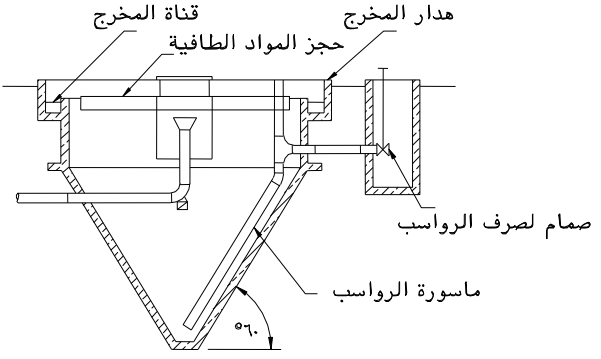


حوض ترسيب ابتدائى

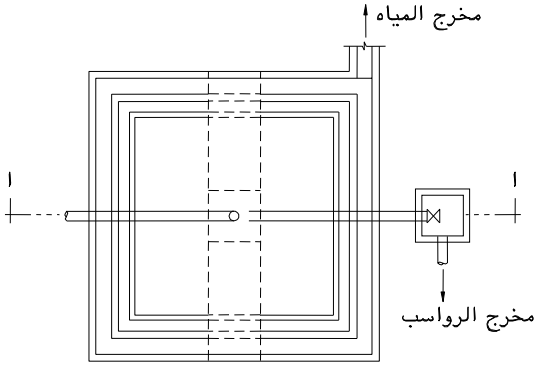
شكل (٣-٥-١)

أحواض ترسيب ابتدائية

١ - مدخل المياه للحوض
٢ - حيز المدخل
٣ - مخرج المياه من الحوض
٤ - ماسورة تصريف الرواسب
٥ - حيز استقبال الرواسب
٦ - استقبال المواد الطافية
٧ - حاجز المواد الطافية
٨ - دافع المواد الطافية
٩ - بيارة للمواد الطافية
١٠ - هدار المخرج
١١ - قناة مخرج المياه
١٢ - ممشى بحاجزين فى الجوانب
١٣ - الازرع الحاملة للزحافات
١٤ - الواح الزحافات
١٥ - النهاية السفلية للزحافات
١٦ - اتجاه دوران الزحافات
١٧ - قفص مركزى يتصل بهيكل الزحافات
١٨ - محرك للزحافات
١٩ - عمق المياه عند جوانب الحوض



قطاع راسى (ا - ا)



حوض ترسيب راسى

شكل (٣-٥- ب)
أحواض ترسيب ابتدائية

وتوجد أنواع مختلفة لأحواض الترسيب شبيهة بتلك المستخدمة فى أعمال تنقية المياه. فالأنواع المستطيلة والمربعة والدائرية مستخدمة، ويتوقف اختيار كل نوع حسب طريقة المعالجة والمساحة المتوفرة لإقامة المنشآت، والمعدات التى يمكن الحصول عليها ويسهل تشغيلها وصيانتها، ويبين شكل (٣-٥) نماذج مختلفة لأحواض الترسيب الابتدائى.

تفريغ الحوض من الرواسب :

يجب أن يتم التفريغ على فترات متقاربة حتى لا تتعفن المواد العضوية المترسبة، وينتج من ذلك غازات خفيفة بطبيعتها تصعد لسطح حوض الترسيب حاملة معها بعض من المواد المترسبة مما يقلل من كفاءة عملية الترسيب، ولذلك يجب تفريغ الحوض من الرواسب مرتين فى اليوم على الأقل.

أسس التصميم :

١. معدل التحميل السطحى يتراوح بين (١٥-٣٥) متر مكعب / متر مربع / يوم بمتوسط ٢٥ متر مكعب / متر مربع / يوم.
٢. مدة بقاء الماء فى الأحواض حوالى ساعتين.
٣. العمق يفضل ألا يقل عن ٣ متر.
٤. فى الأحواض المستطيلة لا يزيد نسبة الطول للعرض عن ٥، ولا يزيد الطول عن ٤٠ متر.
٥. السرعة الأفقية لا تتعدى ٣٠ سم/دقيقة.
٦. لا تقل ميول قاع الحوض عن ٨ ٪ للحوض الدائرى والمربع، وتكون (١-٢) ٪ للمستطيل.
٧. سرعة زحافات كسح الرواسب من القاع لا تزيد عن ٣٠ سم/دقيقة.

٨. معدل خروج المياه على هدار المخرج يتراوح بين (١٥٠-٢٣٠) متر مكعب للمتر من طول الهدار فى اليوم.
٩. يكون حيز تجميع الرواسب بحيث يكفى لتجميع الرواسب لمدة ١٢ ساعة.
١٠. الأحواض التى يكون التصرف فيها رأسى يفضل أن تكون مربعة الشكل لسهولة إنشائها، وتكون الجوانب بميل لا يقل عن ٤٥ درجة ويفضل ٦٠ درجة وفى هذه الأحواض يجب ألا تزيد السرعة الرأسية عن ١,٢٥ متر/الساعة للأحواض قبل المرشحات، ولا تزيد السرعة عن ١,٨ متر/ساعة للأحواض قبل وحدات الحمأة المنشطة.

مثال (٣-٣) :

تصرف تصميمى مساويا ٦٥٠٠٠ م^3/يوم يمر فى خمسة أحواض ترسيب ابتدائى دائرية قطر الحوض ٢٦ متر، وعمق المياه فيه ٣ متر، احسب معدل التحميل السطحى، ومدة بقاء المياه فى الحوض، ومعدل خروج المياه على هدار المخرج إذا كان الهدار بكامل محيط الحوض.

الحل :

المساحة السطحية للأحواض = ٥ × ٣,١٤ × ١٣ × ١٣ = ٢٦٥٥ م^2

حجم الأحواض = ٧٩٦٥ م^3

معدل التحميل السطحى = التصرف ÷ المساحة السطحية

= ٦٥٠٠٠ ÷ ٢٦٥٥

= ٢٤,٥ م^3/م^2/يوم

مدة بقاء المياه فى الحوض = الحجم ÷ التصرف

= (٧٩٦٥م^3 ÷ ٦٥٠٠٠م^3/يوم) × ٢٤ ساعة = ٢,٩٤ ساعة.

محيط الحوض الواحد = ٣,١٤ × ٢٦ = ٨١,٦٨ متر

تصرف الحوض = ٦٥٠٠٠ ÷ ٥ = ١٣٠٠٠ م^{٣}/يوم

∴معدل خروج المياه على الهدار = ١٣٠٠٠ ÷ ٨١,٦٨ = ١٥٩ م^{٣}/م/يوم

مثال (٣–٤) :

لتصرف ٦٠,٠٠٠ ستون ألف متر مكعب فى اليوم صمم أحواض الترسيب الابتدائى فى الحالات الآتية:

ا. أحواض مستطيلة.

ب. أحواض دائرية ذات تصرف قطرى.

ثم احسب كمية الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه الخارجة من الأحواض بعد الترسيب واحسب أيضا حجم المواد المترسبة فى اليوم، وذلك إذا كان تركيز المواد العالقة والأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى عند دخولها أحواض الترسيب تساوى (٥٠٠) و (٣٥٠) مجم/لتر على التوالى.

الحل :

أ. أحواض ترسيب مستطيلة:

المساحة السطحية = التصرف ÷ معدل التحميل السطحى

= ٦٠٠٠٠ ÷ ٢٨ = ٢١٤٣ متر مربع

وبفرض الطول ٣٢ متر والعرض ٨ متر

∴ مساحة الحوض الواحد = ٢٥٦ متر مربع

∴ عدد الأحواض = ٨,٣٧

وباختيار ٨ أحواض يكون مساحة الحوض = ٢١٤٣ ÷ ٨ = ٢٦٨ متر مربع.

∴ بفرض أن طول الحوض يساوى أربع أمثال العرض،

∴ الطول = ٣٢,٧ متر، العرض = ٨,٢ متر

ويمكن فرض العمق المتوسط حوالى ٣ متر، أو يتم حسب حجم الأحواض على أساس مدة بقاء مناسبة، ثم يتم حساب العمق بقسمة الحجم على المساحة.

لحساب طول هدار المخرج :

التصرف لكل حوض = ٧٥٠٠ متر مكعب،يوم.

معدل خروج المياه على هدار المخرج = ٢٣٠ متر مكعب / متر / يوم.

∴ طول الهدار = ٣٢,٦ متر

ب. أحواض ترسيب دائرية :

المساحة السطحية = ٢١٤٣ متر مربع كما سبق

وبفرض قطر الحوض ٣٠ متر تكون مساحة الحوض ٧٠٦,٥ متر مربع ويكون عدد الأحواض = ٣ أحواض.

ويفضل فى الأحواض الدائرية أن يكون العمق أكبر من ٣ متر ويمكن فرضه ٤,٥ متر.

لحساب طول هدار المخرج:

التصرف لكل حوض = ٢٠٠٠٠ متر مكعب/يوم

∴ طول الهدار = ٢٠٠٠٠ ÷ ٢٣٠ = ٨٧ متر.

محيط الحوض = ٩٤,٢ متر.

∴ يكفى محيط الحوض كهدار للمخرج.

الأكسجين الحيوى المستهلك :

بفرض أن عملية الترسيب حجزت ٤٠ ٪ من الأكسجين الحيوى المستهلك

∴ تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه الخارجة من أحواض الترسيب

= ٦٠ ٪ × ٣٥٠ = ٢١٠ مجم / لتر (جم / متر مكعب).

∴ كمية الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه الخارجة من أحواض الترسيب

= ٢١٠ (جم / متر مكعب) × ٦٠٠٠٠ = ١٢٦٠٠ كجم / يوم = ١٢,٦ طن/يوم.

الرواسب :

وزن المواد العالقة المترسبة فى أحواض الترسيب بفرض أن نسبة المترسب ٥٥ ٪ = ٠,٥٥ × (٥٠٠ جم/متر مكعب) × ٦٠٠٠٠ = ١٦,٥٠٠ كجم = ١٦,٥ طن مواد صلبة / يوم

وعلى أساس أن الرواسب تكون حوالى ٩٥ ٪ من مكوناتها مياه وتمثل المواد الصلبة ٥ ٪ فقط.

∴ وزن الرواسب = (١٠٠ ÷ ٥) × ١٦,٥ = ٣٣٠ طن/يوم

وحيث أن كثافة الرواسب قريبة جدا من واحد صحيح لأن معظم مكوناتها مياه،

∴ يمكن اعتبار حجم الرواسب المترسبة فى أحواض الترسيب تساوى ٣٣٠ متر مكعب / يوم

أحواض إمهوف Imhoff Tanks :

وهى أحواض ترسيب معدلة تشمل جزء علوى من الحوض للترسيب وجزء سفلى لتخزين الرواسب كما هو موضح بشكل (٣-٦) وتوجد بين الجزئين فتحة محدودة تمنع احتمالات خروج الرواسب مع المياه وفى الجزء السفلى تعطى فرصة للرواسب للتحلل خلال فترة تخزينها.

ويمكن اعتباره حوض ترسيب مزدوج مستطيل الشكل يختلف عن الحوض العادى فى الإضافات الإنشائية التى تسمح بحجم كافى أسفل حيز الترسيب لتخزين وتحلل المواد العضوية، ونتيجة لذلك تضاف بعض أسس التصميم التى تلائم الغرض من هذه الأحواض.

ويتميز هذا النوع من الأحواض بتحليل المواد العضوية المترسبة – ولذلك يستخدم فى التجمعات السكنية الصغيرة التى لا يتوفر فيها المهارة الفنية فى التشغيل. ولكن لهذه الأحواض بعض العيوب منها عمق الحوض وما يتبع ذلك من تكاليف إنشائية بالإضافة إلى نتائج التحلل اللاهوائى وظهور المواد الطافية على جوانب الحوض.

أسس التصميم لأحواض إمهوف :

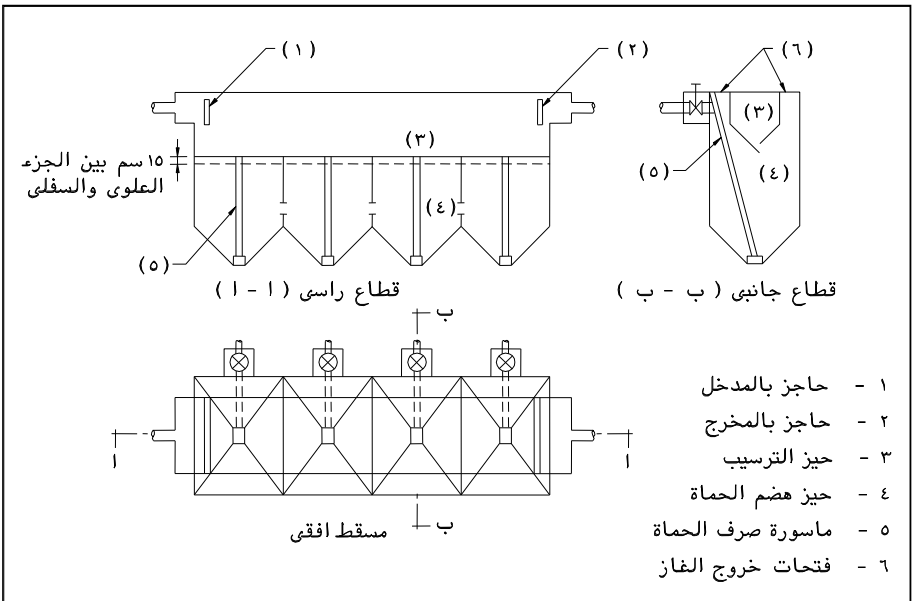
١. تستخدم الأسس المتبعة فى تصميم أحواض الترسيب العادية، وذلك بالنسبة للجزء العلوى من الحوض المستخدم للترسيب. ويزيد على ذلك التحكم فى طول الحوض بحيث لا يزيد عن ٣٠ متر لضمان توزيع الرواسب على طول الحوض. ويتراوح عمق الجزء العلوى بين (٢,٥-٤) متر ليصل العمق الكلى للحوض إلى ١٢ متر.

٢. حجم الجزء السفلى من الحوض يصمم على أساس (٣٥-٤٠) لتر / شخص.

٣. عرض الحوض العلوى الخاص بالترسيب يساوى (٧٠-٧٥) ٪ من العرض الكلى للحوض السفلى.

٤. ميول جوانب حوض الترسيب يكون ١,٢٥ رأسى إلى واحد أفقى.

٥. عرض الفتحات بين الحوضين العلوى والسفلى (١٥-٢٠)سم.



شكل (٣-٦)

احواض امهوف للترسيب وهضم الحماة

٦. توجد فتحات طولية على جانبى حوض الترسيب للمواد الطافية وتصريف الغازات الناتجة من التحلل.

٧. يكون القاع على شكل أهرامات مقلوبة ناقصة كما هو موضح بشكل (٣-٦) بميول ١ : ١ لسهولة تجميع وتصريف الرواسب.

٨. يترسب بالأحواض (٦٠-٦٥) ٪ من المواد العالقة، وحوالى ٤٠ ٪ من الأكسجين الحيوى المستهلك.

٩. يكون تصريف الرواسب بصفة دورية كل مدة تتراوح بين (٤-٦) أسابيع حسب درجة الحرارة، وعند تصريف الرواسب يتم سحب الجزء السفلى الأكثر تثبيتا. ويترك نسبة من الرواسب كخميرة بها بكتريا لا هوائية لما يترسب بعد ذلك.

ويكون تصريف الحمأة من القاع بمواسير قطر حوالى ٢٠سم تخرج من الحوض فى منسوب ينخفض عن سطح المياه مسافة حوالى ١٥٠سم.

١٠. يمكن تجميع الغازات الناتجة من عملية تحليل المواد العضوية بالقاع، بتغطية الفتحات الجانبية الطولية وتوجيه الغازات إلى حيث يمكن تجميعها لاستخدامها فى الأغراض المختلفة.

١١. حجم الغاز الناتج من عملية تحلل الحمأة الابتدائية يكون (١٤-٣٧) لتر/شخص/يوم، بمتوسط ٢٥ لتر / شخص / يوم.

مثال (٣-٥) :

صمم أحواض إمهوف لمعالجة المجارى من مدينة بها ٣٦٠٠٠ نسمة، على أساس معدل تصريف ١٦٠ لتر / شخص / يوم.

الحل :

معدل التصريف = ٣٦٠٠٠ × ١٦٠ = ٥٧٦٠ متر مكعب / يوم

= ٢٤٠ متر مكعب / ساعة

بفرض مدة بقاء الماء فى حوض الترسيب ٢,٥ ساعة

∴ حجم الجزء العلوى الخاص بالترسيب = ٢,٥ × ٢٤٠ = ٦٠٠ متر مكعب

وبفرض حوضين، يكون حجم الحوض = ٣٠٠ متر مكعب

وبفرض عرض الحوض ٥,٤ متر

وبفرض العمق المتوسط (يشمل الجزء المايل) = ٢,٧ متر

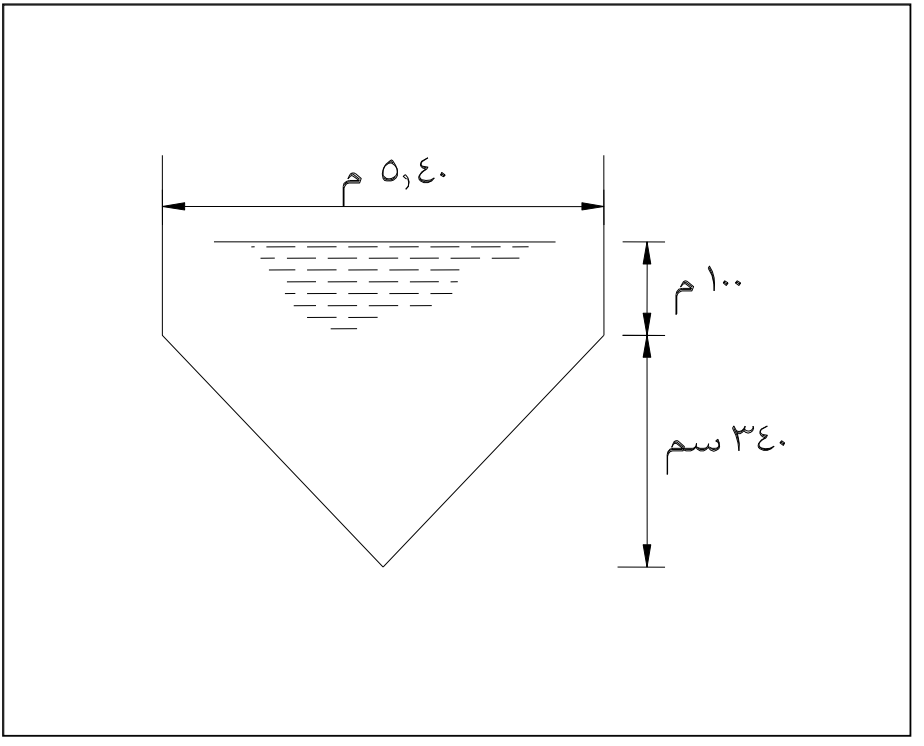
وعلى أساس أن عمق الجزء المثلث يساوى نصف ارتفاع المثلث، أى تساوى ١,٧ متر

فيكون ارتفاع الجزء الرأسى من جوانب الحوض = ١ متر

طول الحوض = ٣٠٠ ÷ (٥,٤ × ٢,٧) = ٢٠,٦ متر

∴ يستخدم حوضين طول الحوض ٢٠,٦ متر، وعرضه ٥,٤ متر.

المساحة السطحية لحوض الترسيب الواحد = ٢٠,٦ × ٥,٤ = ١١١,٢٤ متر مربع



التصرف للحوض الواحد = ٥٧٦٠ ÷ ٢ = ٢٨٨٠ متر مكعب / يوم

معدل التحميل السطحى = ٢٨٨٠ ÷ ١١١,٢٤ = ٢٥,٩ متر مكعب / متر مربع / يوم.

والسرعة الأفقية = ٢٠,٦ ÷ ٢,٥ = ٨,٢٤ متر / ساعة

= ٠,١٤ متر / دقيقة

ويكون عمق حوض الترسيب بما فى ذلك جزء الحائط الممتد فوق منسوب المياه

= ٠,٥٠ + ١ + ٣,٤ = ٤,٩ متر

ولتصميم الجزء السفلى من الحوض، يترك ٥٠سم تحت قاع حيز الترسيب، ثم يقسم قاع الحوض السفلى إلى أربعة أجزاء مثلا حوائطها بميل ١ : ١، ويكون حسب شكل (٣-٦):

طول كل جزء = ٢٠,٦ ÷ ٤ = ٥,١٥ متر

العرض الكلى للحوض على أساس أن عرض حيز الترسيب ٧٠ ٪ من العرض الكلى

= ٥,٤ ÷ ٠,٧٠ = ٧,٧ متر، يطرح منها سمك الخرسانة من الجهتين

وتساوى ٢ × ٠,١٥ = ٠,٣٠ متر

الفراغ من كل ناحية = ١ متر

ويتم حساب الجزء السفلى من الحوض على أساس ٤٠ لتر / شخص / يوم

∴ الحجم = ٣٦٠٠٠ × ٤٠ ÷ ١٠٠٠ = ١٤٤٠ متر مكعب

∴ الحجم للحوض الواحد – ٧٢٠ متر مكعب.

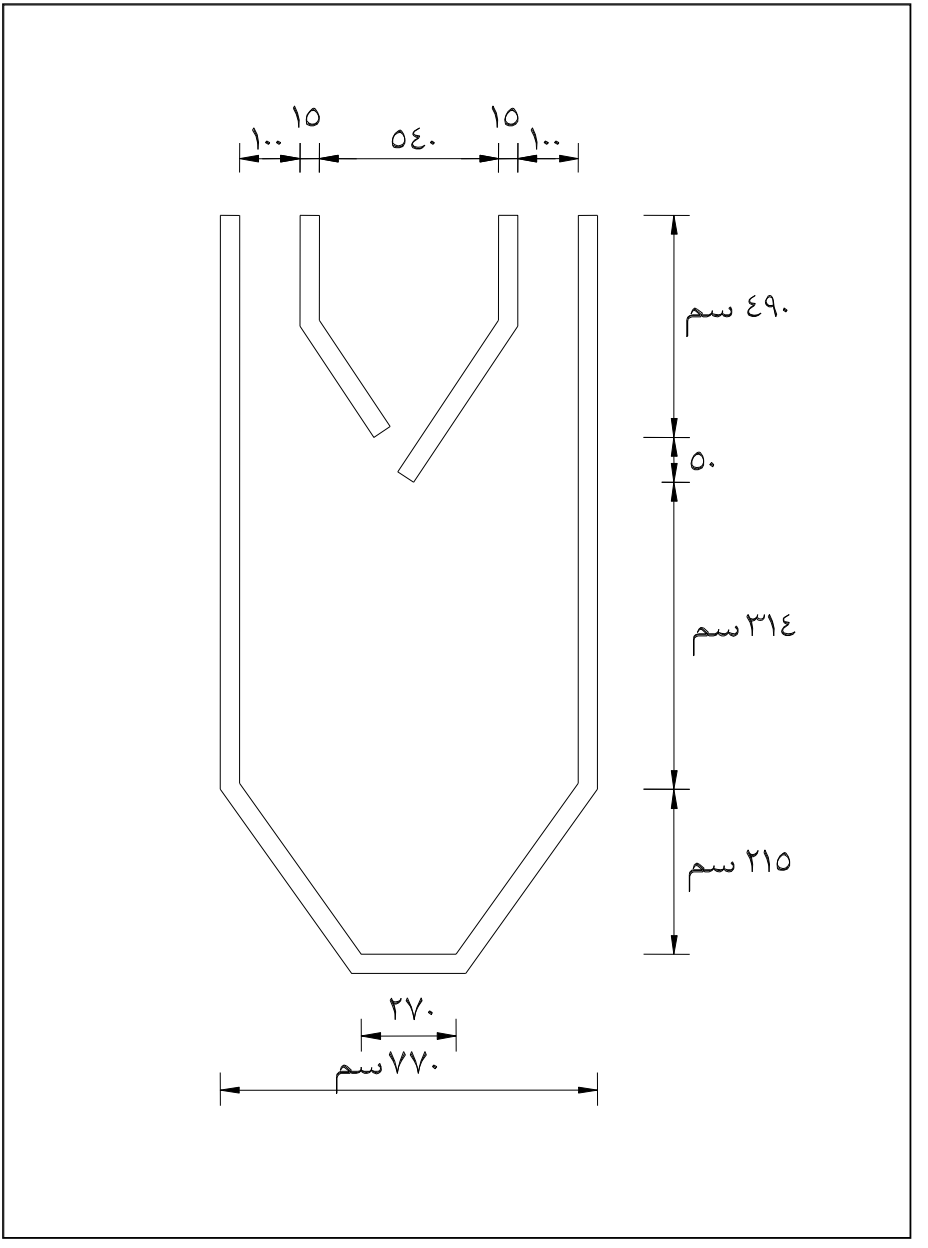
وعلى أساس أن كل حوض مقسم بالقاع إلى أربعة أجزاء على شكل هرم ناقص كما هو مبين بالشكل، وبفرض ارتفاع الهرم الناقص = ٢,٥ متر وميول جوانبه ١ : ١ تكون أبعاده فى القاع ٢,٧ × ٠,٤٠ متر، وأبعاده من بداية الحائط الرأسى ٧,٧ × ٥,٤ متر.

حجم كل هرم ناقص = ١\٣ (ح١ + ح٢ + ح١ح٢)

ح١ = مساحة القاعدة العلوية

= ٧,٧ × ٥,٤ = ٤١,٥٨ متر مربع

ح٢ = مساحة القاعدة السفلية



= ٢,٧ × ٠,٤٠ = ١,٠٨ متر مربع

الحجم = ٤١,٥٨ + ١,٠٨ + ٦,٧٠ = ٤٩,٣٦ متر مكعب

الحيز المطلوب توفيره للرواسب فى كل حوض = ٧٢٠ متر مكعب.

والحوض مقسم إلى أربعة أجزاء

∴ حيز كل جزء = ١٨٠ متر مكعب

∴ حجم الجزء الهرمى = ٤٩,٣٦ متر مكعب

∴ حجم الجزء ذو الحوائط الرأسية = ١٣٠,٦٤ متر مكعب

∴ ارتفاع الجزء الرأسى من هذا الحيز = ١٣٠,٦٤ ÷ (٧,٧ × ٥,٤) = ٣,١٤ متر.

∴ العمق الكلى للحوض السفلى = ٠,٥٠ + ٣,١٤ + ٢,٥ = ٦,١٤ متر

والعمق الكلى للحوض العلوى والسفلى = ٦,١٤ + ٤,٩٠ = ١١,٠٤ متر

الباب الرابع

المعالجة البيولوجية

الكائنات الحية الدقيقة :

يهتم المهندس الصحى أو البيئى بدراسة الكائنات الحية الدقيقة التى تتواجد عادة فى المياه والمخلفات السائلة والهواء وأحيانا فى التربة، ويكون لها تأثير على الصحة العامة، وكذلك لها دور فى تحلل المواد العضوية وعمليات المعالجة البيولوجية – ورغم الدور الرئيسى الذى تقوم به الكائنات الحية الدقيقة فى معالجة المخلفات السائلة فإن نسبة ضئيلة من هذه الكائنات تسبب أمراضا وبائية وأخرى متوطنة وخطيرة خاصة التى يكون بعض الأشخاص مصابون بها وتصل ميكروباتها أو بويضاتها للناس – وتقوم الهيئات المعنية بالحفاظ على الصحة العامة فى كافة الدول بدراسة التحكم فى انتشار هذه الأمراض أو إن إمكن القضاء على مسبباتها – وبدأ الاهتمام فى العقود الأخيرة بالمواد السامة والمركبات الكيماوية الضارة فى المخلفات الصناعية التى تسبب أمراضا خطيرة أو مستعصية.

البكتريا :

وتعتبر أهم هذه الكائنات بالنسبة لمجال الهندسة الصحية وفى نفس الوقت لها دور أساسى فى دورة الحياة الطبيعية وفى التنقية الذاتية الجزئية للأنهار والبحيرات وتحلل المواد العضوية فى المخلفات السائلة والصلبة فى حالة توفير البيئة اللازمة لها – والبكتريا كائن حى دقيق وحيد الخلية تتكاثر بالانقسام الشطرى – وتوجد فى التربة والماء والمخلفات السائلة والهواء – كما توجد على سطح النباتات والحيوانات وأمعاء الإنسان – وتوجد البكتريا بأشكال أهمها الكروية والمستطيلة والسبحية والاسطوانية

والحلزونية – ويمكن أن توجد البكتريا كمجموعة زوجية أو عنقودية أو على شكل سلسلة. وحجم البكتريا يكون عادة (٠,٠٠٠٥ – ٠,٠٠٥) مم فى الطول وحوالى (٠,٠٠٠٣ – ٠,٠٠١٥) مم فى القطر أو العرض. وتكون البكتريا الكروية بقطر ٠,٠٠٠١. وتكون البكتريا غالبا فى حركة بمساعدة الهدب الخارجية للخلية أما الخلايا التى ليس لها هذه الزائد الخارجية فتكون غالبا غير متحركة ذاتيا – ويزيد من فاعلية البكتريا فى عمليات معالجة المخلفات السائلة وجودها بأعداد كبيرة وصغر حجمها، مما يجعل المساحة السطحية للخلايا البكتيرية أكبر ما يمكن حيث تزيد من عملية الأكسدة للمواد العضوية القابلة للتأكسد – وفى الظروف البيئية الملائمة تنقسم كل خلية إلى خليتين كل حوالى عشرون دقيقة فى حين تحتاج أوليات البروتوزوا إلى حوالى عشرة ساعات فى عملية تكاثرها.

نمو البكتريا :

البكتريا عالم غريب – منه ما ينمو فى درجة حرارة تحت الصفر – ومنه ما ينمو فى درجات حرارة مرتفعة تصل إلى ٩٩ درجة مئوية – وبعضها ينمو ويتكاثر فى وجود أكسجين ذائب فى المياه ومنها ما لا ينشط إطلاقا فى وجود هذا الأكسجين الذائب فى المياه.

وتنقسم البكتريا إلى مجموعتين رئيسيتين بالنسبة لحاجتها للطاقة اللازمة لحياتها وتكاثرها وحاجاتها إلى مصادر الكربون:

١. المجموعة الأولى Heterotrophic وتتطلب فى غذائها العضوى مواد أو مركبات عضوية معقدة من الكربون والنتروجين.
٢. المجموعة الثانية Autotrophic وتحتاج لثانى أكسيد الكربون كمصدر الكربون اللازم لها وتحصل على الطاقة اللازمة لها من أشعة الشمس أو من أكسدة المواد الغير عضوية.

وبالإضافة إلى الكربون كعنصر أساسى لاحتياجات البكتريا فإنها تحتاج الكبريت والنتروجين والفسفور وتركيزات ضئيلة من المعادن مثل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد. وتختلف فصائل البكتريا فى كيفية الحصول على هذه المواد اللازمة لها – وتوجد فصائل من البكتريا تحتاج إلى مواد معينة لتتغذى عليها فى حين يمكن لأنواع أخرى من البكتريا أن تتغذى على مواد متنوعة.

وتؤثر درجة الحرارة والأس الايدروجينى والغازات الذائبة فى المياه على نمو البكتريا وتكاثرها – وتستخدم البكتريا المتقلبة Facultative ثانى أكسيد الكربون كمصدر للطاقة ولكنها يمكن أن تنمو باستخدام المركبات العضوية كمصدر للطاقة.

الفيروسات :

لا تحتوى الفيروسات على إنزيمات داخلية، فهى طفيلة إجبارية تصيب أنسجة الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا، كما تصيب أنسجة النبات والحيوان والطيور وتصيب الإنسان وتسبب له أمراضا مثل الجدرى، والتهابات الكبد المختلفة، والأنفلونزا بنوعياتها المتجددة، والتهاب النخاع السنجابى.

والفيروس لا يعتبر كائن حى قابل للتكاثر أو النشاط إلا داخل أنسجة من يحمل هذا الفيروس حيث يعيش لمدة طويلة ويمكن القضاء عليه بتغيير تركيبه الجزيئى.

الطحالب :

باستثناء الطحالب الخضراء المائلة للون الأزرق فإنها عموما ذات نواة وتحيط النواة بغشاء رقيق وللطحالب جدار سميك نسبيا لحجمها وتشمل الطحالب نوعيات متعددة منها ما هو وحيد الخلية وصغيرة جدا إلى الأحجام الكبيرة التى تطفو على سطح المسطحات المائية والبحار ومتعددة الأشكال. وعموما عالم الطحالب غريب فى تجمعاته وفصائله الكثيرة وكلها تعتمد على التمثيل

الضوئى، ورغم أهميتها فى سلسلة الغذاء للأحياء المائية، فإنها تسبب مشاكل خطيرة فى تشغيل عمليات تنقية المياه خاصة فى المرشحات ومآخذ المياه – كما أن وجودها بكثرة يؤثر على استخدامات المياه الترفيهية.

ويوجد من الطحالب حوالى أربعة مجموعات لها أهمية خاصة فى مجالات أعمال المياه والمخلفات السائلة فهى:

- كلوروفيتا Chlorophyta.
- كريسوفيتا Chrysophyta.
- إيوجلينوفيتا Euglenophyta.
- سيانوفيتا Cyanophyta.

والنوعان الأول والثانى يعتمدان على البيئة النظيفة نوعا مثل مياه الأنهار والبحيرات – أما الثالث والرابع فتوجد فى المياه السطحية والمياه الملوثة.

الفطريات :

تتكون من خلية واحدة أو أكثر وهى من الأوليات التى لا تقوم بالتمثيل الضوئى – وتستطيع أن تقوم بنشاطها فى الوسط الحامضى الخفيف – وتساعد على المعالجة البيولوجية فى بعض المخلفات الصناعية وتحلل المواد العضوية الصلبة.

وتنقسم إلى ثلاثة أقسام:

- خيطية وهو النوع السائد فى العفن.
- خميرية وهى ليست خيطية.
- عيش الغراب وحجمه أكبر.

والفطريات عموما رمامة وتتغذى على المواد العضوية المتحللة فى وسط يحتوى على أكسجين ذائب وفى استطاعتها أن تتغذى على مواد عضوية معقدة ومتنوعة وتنشط

أيضا فى الوسط الحامضى، ما عدا الخميرية فهى تنشط وتتكاثر فى الحالات الهوائية واللاهوائية.

البروتوزوا :

غالبية أنواعها متحركة بواسطة زوائد طولية أو أهداب تشبه الأرجل وما هى بأرجل مثل:

- الأميبا Amoebaِ ِِِ – و Entamoeba وتسبب الدوسنتاريا الأميبية.
- الإيوجلينا والجارديا Giardia – و Euglena.
- البروتوزوا الرغوية ومنها ما يسبب الملاريا Plasmodium عن طريق نوع من الناموس يسمى أنوفيليس.

الروتيفر : Rotifer

كائن حيوانى دقيق متعدد الخلايا يوجد أحيانا فى المراحل النهائية من عمليات المعالجة البيولوجية، حيث تتغذى على العوالق العضوية والطحالب والبكتريا.

القشريات :

حيوانات متعددة الخلايا بجسم أو قشرة صلبة حجمها صغير وتتغذى عليها الأسماك – ووجودها يدل على أن المياه التى تعيش فيها ليست ملوثة بدرجة كبيرة.

المعالجة البيولوجية :

تعتمد هذه المرحلة من المعالجة على الكائنات الحية الدقيقة فى أكسدة وتجميع نسبة كبيرة من المواد العضوية الذائبة والمعلقة الصغيرة بمياه الصرف الصحى بعد مرحلة المعالجة الابتدائية. والواقع أن حجز المواد العالقة قد يصل لأكثر من ٥٠ ٪ فى عملية

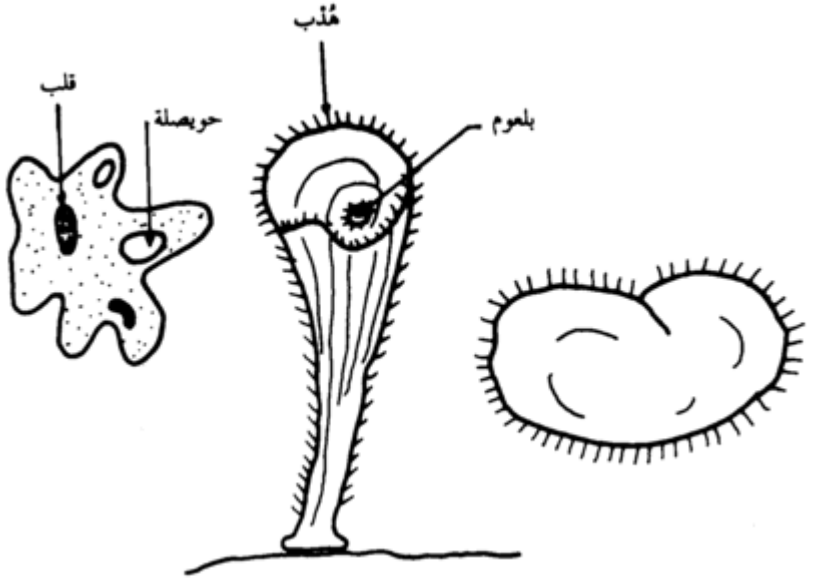
الترسيب الابتدائى، إلا أن حجز الأكسجين الحيوى المستهلك لا يتعدى ٤٠ ٪، وهذا مقياس لما يمكن أن تحجزه عملية الترسيب الابتدائى من المواد العضوية الكربونية، ولا يمكن اعتباره مقياس لحجز المواد العضوية كلها، وعلى ذلك فكفاءة مرحلة المعالجة الابتدائية فى حجز المواد العضوية قد لا يتعدى (٢٠-٢٥) ٪ من كمية المواد العضوية الفعلية، والمعالجة الابتدائية لا تتعدى مرحلة تحسين لخواص المخلفات السائلة وحجز المواد الطافية والمواد الرسوبية منها، عدا ذلك فالمواد الذائبة والمعلقة الصغيرة التى لا ترسب بسهولة تبقى فى المياه ليتم حجز نسبة كبيرة منها فى المعالجة الثانوية.

وتتواجد الكائنات الحية الدقيقة بصورة طبيعية فى مياه المجارى، ووجود المواد العضوية كغذاء لهذه الكائنات يجعلها فى حالة نشاط وتكاثر مستمر. وتكون البكتريا هى أول هذه الكائنات استخداماً للمواد العضوية، ويليها الأوليات التى تتغذى على البكتريا وبعض العناصر الأخرى، ويستمر هذا النشاط فى عمليتى الحمأة المنشطة والمرشحات البيولوجية طالما كان بمياه المجارى فى وحدات المعالجة أكسجين ذائب ومواد عضوية تكفى لنشاط ونمو الكائنات الحية الدقيقة.

ويحتاج المهندس الصحى لمعلومات عامة عن البكتريا والفيروسات، والطحالب، والأوليات، والقشريات، والأسماك، حيث تمثل البكتريا والأوليات عاملاً رئيسياً فى المعالجة الثانوية للمخلفات السائلة. كما أن البكتريا والفيروسات والأوليات تتسبب فى كثير من الأمراض الناتجة من استعمال المياه الملوثة. والبكتريا كائنات حية وحيدة الخلية أشكالها كروية أو مستقيمة أو سبحية، وتتواجد منفردة أو فى مجموعات مختلفة الأشكال. وتتكاثر البكتريا بالانقسام الشطرى للخلية، بمعنى أن كل خلية تنشطر إلى خليتين جديدتين تكبر كل واحدة منهما وتنشطر أيضا إلى خليتين فى فترة تتراوح بين ١٥-٣٠ دقيقة فى البيئة التى تتوافر فيها احتياجات البكتريا من الأكسجين والعناصر الغذائية.

وبالنسبة للأوليات (البروتوزوا) فإنها تنشط فقط فى وجود أكسجين ذائب فى المياه، وتتغذى على البكتريا والمواد الناتجة من نشاطها، وتوجد فى البيئة الأكثر ثباتاً والتى يوجد فيها أكسجين ذائب فى المياه، وتقوم الأوليات بعمل توازن فى وجود الكائنات الحية الدقيقة. وتوجد الأوليات بأشكال متنوعة، منها ما هو مبين بالشكل. وتوجد الأوليات عموماً فى عمليات الحمأة المنشطة، والمرشحات البيولوجية وبحيرات الأكسدة، والأوليات حيوانات مائية وحيدة الخلية تتكاثر بالانقسام الشطرى.

أما الفطريات فهى متعددة الخلايا، وغالبيتها تنشط وتتكاثر فى وجود أكسجين ذائب



فى المياه، ولكن تنشط بعض فصائلها فى غياب الأكسجين. ويمكن أن تسود وتكون فاعليتها أكبر من البكتريا فى المخلفات السائلة التى يقل فيها تركيز النتروجين، أو التى تكون مائلة للحموضة. وعموما تؤثر الفطريات أحيانا فى كفاءة عملية الترسيب نتيجة لأشكالها الخيطية. وتوجد أحيانا (الروتيفر) أو الدوارات، وهى حيوان مجهرى متعدد الخلية وأصغرها، ويتغذى على الخلايا البكترية، وخلايا البروتوزوا الصغيرة، وتساعد فى زيادة كفاءة المعالجة، ولكنها تحتاج إلى تركيز عالى من الأكسجين الذائب فى المخلفات السائلة.

العوامل التى تؤثر فى نمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة :

من أهم هذه العوالم:

- درجة الحرارة.
- الأكسجين الذائب فى المياه.
- الأس الأيدروجينى.
- تركيز العناصر التى تتغذى عليها هذه الكائنات.
- وجود مواد سامة لها تأثير على نشاط الكائنات الدقيقة.
- كثافة أشعة الشمس والضوء بالنسبة للأحياء المائية التى تقوم بعملية التخليق الضوئى، وذلك فى عملية بحيرات الأكسدة.

ولكى تنمو وتتكاثر الكائنات الحية الدقيقة تحتاج إلى عناصر معينة فى المواد التى تستخدمها كغذاء، أو فى البيئة المائية. وتختلف العناصر المطلوبة لنوعية معينة من الكائنات عن الكائنات الأخرى، كما أن خصائص المسطحات المائية تكون مناسبة لنوعيات من الكائنات الحية، ولا تكون ملائمة للنوعيات الأخرى. مثال على ذلك البكتريا الممرضة التى تنشط وتتكاثر فى الأجسام البشرية، ولا يستمر نشاطها ونموها فى المسطحات المائية إلا لفترات قصيرة.

ويمكن لنوع معين من الكائنات الحية الدقيقة أن يستخدم جزء من مركب عضوى معقد تاركاً ما تبقى لنوعية أخرى من الكائنات لاستخدامه، أو تركه فى المياه لأنواع من الكائنات تستطيع التغذية عليه. وتستمر هذه العملية فى صورة سلسلة، فكل نوع يتغذى على ما هو مناسب له، وقد يأخذ ما نتج من فصيلة ما، ويعطى ما نتج منه لفصيلة أخرى، وهذا معناه أن كل فصيلة لها دور خاص بها فى بيئة تتوفر فيها العوامل الضرورية لنشاط ونمو الكائنات الحية الدقيقة.

كما أن البيئة الملائمة لنوعية من الكائنات الحية ليست هى العناصر الغذائية فقط، ولكن العوامل البيئية الأخرى لها تأثير مباشر أيضاَ، فوجود كائنات حية أخرى مفترسة بالنسبة لفصائل معينة، يكون له أثره فى تكاثر هذه الفصائل، كما أن الكائنات الحية المفترسة قد تكون نفسها ضحية وصيد ثمين لكائنات أخرى وهكذا. وعلى ذلك فإن النظام البيئى الموجود فى البحيرات والأنهار أمر غاية فى التعقيد إذا ما حاولنا وضع فهم محدد للنشاط البيولوجى له.

وتحتاج الكائنات الحية لاستمرار حياتها أو تكاثرها عادة إلى مصدر للطاقة، والكربون. وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة إلى نوعين:

الأول: وهو ما يطلق عليه Autotrophic وتعتمد على حاجتها للطاقة اللازمة لها إلى أحد المصادر الآتية:

- الضوء وثانى أكسيد الكربون.
- اختزال الأكسجين من المركبات الغير عضوية وثانى أكسيد الكربون.

الثانى: ويطلق عليه Heterotrophic، وتعتمد فى حاجتها للطاقة إلى اختزال الأكسجين من المركبات العضوية، بالإضافة إلى الكربون العضوى.

وتعتمد المعالجة البيولوجية عموما على النوع الثانى، حيث يوجد الكربون العضوى فى المخلفات السائلة والخطرة، بحيث تجد البكتريا والأوليات وكائنات أخرى البيئة الملائمة لنموها.

وتعتبر عملية تحليل المواد العضوية بواسطة البكتريا عملية مركبة وقد تحتاج إلى خطوات من فصائل البكتريا حتى يتم امتصاصها وهضمها.

وهناك فصائل من البكتريا لا يمكنها تحليل كل العناصر، وتستطيع تحليل عنصر واحد فقط. ولذلك فإن عملية أكسدة أو تحليل المواد العضوية تتم بواسطة فصائل قد تصل لأكثر من ثلاثين فصيلة فى عمليات الحمأة المنشطة والمرشحات البيولوجية.

والمواد العضوية المركبة صناعيا، تكون قابلة للتحلل بيولوجيا، ولذلك يمكن معالجة المخلفات التى تحتوى على هذه المركبات بطرق المعالجة البيولوجية المستخدمة فى معالجة مياه الصرف الآدمى. ولكن درجة قابلية المواد العضوية الصناعية للأكسدة أو التحلل تعتمد على تكوينها الجزيئى. ومع وجود فصائل متنوعة من الكائنات الحية الدقيقة تتم عملية التحلل على أكثر من مرحلة، فيمكن أن تعمل بعض الفصائل على ناتج التحلل أو الأكسدة من مرحلة أخرى. وعليه تكون هناك كائنات حية لها نشاط يساعد نشاط البكتريا التى تقوم بمراحل الأكسدة الأولى، ويكون ذلك فى منظومة تكاملية فى المعالجة البيولوجية.

مكونات الخلايا البكتيرية :

تتكون الخلايا البكتيرية من (٧٥-٨٠) ٪ ماء، + (٢٠-٢٥) ٪ مواد صلبة والمواد الصلبة تتكون من ٩٠ ٪ مواد عضوية، ١٠ ٪ مواد غير عضوية. والرمز الكيماوى للمواد العضوية بالخلية عموما هو ($C_5H_7O_2N$) وتتكون المواد الغير عضوية بالخلية من عناصر عديدة تشمل؛ الكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والفسفور والصوديوم والماغنسيوم والحديد ومواد أخرى.

وعلى سبيل المثال تتكون خلايا البكتريا القولونية E. coli من:

- ٥٠ ٪ كربون
- ١٤ ٪ نتروجين
- ٢٠ ٪ أكسجين
- ٨ ٪ هيدروجين
- ٣ ٪ فسفور
- ١ ٪ كبريت

٤ ٪ عناصر أخرى

ويتفق نسبة كبيرة من الباحثين على أن النسبة الأكبر من الكربون التى تكّون خلايا البكتريا القولونية تعلل نجاح المعالجة البيولوجية فى إزالة المواد الكربونية من المخلفات السائلة، ولكن فى وجود تركيزات كافية من النتروجين والفسفور خاصة فى طريقة الحمأة المنشطة. وبالرغم من أن حوالى ٩٥ ٪ من الخلايا البكتيرية تتكون من العناصر الستة السابقة التى سبق الإشارة إليها، إلا أن النمو الأمثل للبكتريا يحتاج إلى وجود تركيزات ولو ضئيلة من العناصر الأخرى مثل البوتاسيوم، والماغنسيوم، والكالسيوم، والحديد، والنيكل وغيرها.

ولنمو البكتريا تحتاج إلى عناصر عديدة بالإضافة إلى الكربون ولذلك فإن تحليل ومعرفة العناصر التى تحتاجها البكتريا يمكن أن يفيد فى عملية التشغيل، خاصة فى المخلفات الصناعية الكيماوية والخطرة التى تؤثر مكوناتها على نشاط الكائنات الحية الدقيقة التى تحتاج إلى عناصر الكبريت والحديد والماغنسيوم والكالسيوم وغيرها. والنسبة الأفضل بين العناصر الرئيسية للكربون والنتروجين والفسفور هى (C: N: P = 20 : 5 : 1).

كما أن كفاءة العملية البيولوجية تكون أكبر عندما يكون نسبة الأكسجين الحيوى المستهلك إلى النتروجين إلى الفسفور = ١٠٠ : ٥ : ١.

كفاءة عمليات المعالجة البيولوجية والكيماوية :

أولا: طرق المعالجة البيولوجية :

العناصر	النسبة المئوية للإزالة فى طرق المعالجة		
	الحمأة المنشطة	المرشحات البيولوجية	بحيرات الأكسدة
الأكسجين الحيوى المستهلك	٩٥-٨٥	٩٠-٨٠	٨٥-٧٥
النتروجين	٣٥-٢٠	٢٠-١٥	٥٠-٤٠
الفسفور	٣٠-٢٠	٢٠-١٠	٦٠-٢٠

بكتريا القولون	٩٠-٦٠	٩٠-٦٠	٩٩,٩-٦٠

ثانيا: يمكن إزالة نسبة كبيرة من النتروجين بطرق بيولوجية تصل لأكثر من ٨٠ ٪ ولكنها مكلفة – وعادة تقارن بالتأثير البيئى لأنها تكون ضرورية فى كثير من الأحيان.
ثالثا: يمكن إزالة نسبة كبيرة من الفسفور تصل إلى ٩٥ ٪ بطرق كيماوية تستخدم فيها:

- كلوريد الحديدوز.
- إيدروكسيد الكالسيوم.
- كلوريد الحديديك.
- الجير.

العوامل المؤثرة فى كفاءة المعالجة البيولوجية :

تؤثر عوامل هندسية متعددة على سير عملية المعالجة والحصول على الكفاءة المطلوبة، وتشمل هذه العوامل؛ التصميم الهندسى لوحدات المعالجة، وخصائص المخلفات السائلة ومدى إمكانية التغير فيها؛ والمواد والعناصر الموجودة بها القابلة للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، والأكسجين الذائب فى وحدات المعالجة، ودرجة الحرارة، والأس الأيدروجينى. ويفضل ألا يقل الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية عن ٢ مجم/لتر.

درجة الحرارة :

ينعدم نشاط البكتريا فى درجات الحرارة أقل من خمس درجات مئوية تقريبا ويبدأ تزايد نشاط البكتريا بارتفاع درجة الحرارة فيتضاعف هذا النشاط إلى الضعف لكل ١٠ درجات ارتفاع فى درجة الحرارة، حتى تصل إلى ٤٥ درجة مئوية تقريبا، يبدأ بعدها نشاط البكتريا فى الانخفاض بصورة كبيرة.

الأس الايدروجينى: PH :

يكون نشاط البكتريا أفضل عندما يكون بين (٦-٨)، وتبدأ البكتريا فى الموت عندما يكون الأس الايدروجينى أقل من (٥)، أو أكبر من (٩).

الأملاح الذائبة :

تؤثر الأملاح الذائبة الكلية على نشاط البكتريا إذا زادت عن ٤٠ جم/لتر، ويجب ألا يتغير تركيزها بصورة فجائية بل تدريجيا فى حدود الضعف خلال فترة لا تقل عن خمسة أيام.

ويكون التصميم لوحدات المعالجة عادة بافتراض حالة ثبات من التصرف والحمل العضوى، ولكن تكون محطات المعالجة معرضة دائما للتغير فى أحمالها الهيدروليكية والعضوية ومكونات المخلفات السائلة من العناصر الأخرى وما يمكن أن يصل لعملية المعالجة من عناصر سامة أيضا.

الأكسدة الهوائية: Aerobic Oxidation

وفيها تستخدم البكتريا الهوائية الأكسجين الذائب فى المياه لأكسدة المواد العضوية، وتحويلها إلى مواد غير عضوية وذلك لسد حاجتها من الطاقة اللازمة لحياتها وتكاثرها. وتحتوى مياه المجارى المنزلية على العناصر اللازمة كغذاء للبكتريا، أما المخلفات الصناعية فتعتمد محتوياتها على نوعية الصناعة والمواد المستخدمة فيها.

نقص الأكسجين فى المسطحات المائية :

يصاحب نشاط الكائنات الحية الدقيقة فى المسطحات المائية نقصا فى الأكسجين الذائب، ويكون نقص الأكسجين فى مراحل متعاقبة متصلة هى: نقص مباشر وعاجل، ثم نقص نتيجة أكسدة المواد الكربونية؛ وبعد ذلك نقص نتيجة أكسدة

المواد النتروجينية، ويبين الجدول (٤-١) مدى ذوبانية الأكسجين فى المياه العذبة عند الضغط الجوى فى درجات الحرارة المختلفة، حيث يتغير تركيز الأكسجين الذائب فى المياه مع تغير درجة الحرارة.

- **جدول (٤-١)**

ذوبانية الأكسجين فى المياه العذبة عند الضغط الجوى

درجة الحرارة درجة مئوية	ذوبانية الأكسجين مجم/لتر	درجة الحرارة درجة مئوية	ذوبانية الأكسجين مجم/لتر
صفر	١٤,٦	٢٦	٨,٢
١	١٤,٢	٢٧	٨,١
٢	١٣,٨	٢٨	٧,٩
٣	١٣,٥	٢٩	٧,٨
٤	١٣,١	٣٠	٧,٦
٥	١٢,٨	٣١	٧,٥
٦	١٢,٥	٣٢	٧,٤
٧	١٢,٢	٣٣	٧,٣
٨	١١,٩	٣٤	٧,٢
٩	١١,٦	٣٥	٧,١
١٠	١١,٣	٣٦	٧,٠
١١	١١,١	٣٧	٦,٩
١٢	١٠,٨	٣٨	٦,٨
١٣	١٠,٦	٣٩	٦,٧
١٤	١٠,٤	٤٠	٦,٦
١٥	١٠,٢	٤١	٦,٥
١٦	١٠,٠	٤٢	٦,٤
١٧	٩,٧	٤٣	٦,٣
١٨	٩,٥	٤٤	٦,٢
١٩	٩,٤	٤٥	٦,١
٢٠	٩,٢	٤٦	٦,٠
٢١	٩,٠	٤٧	٥,٩

٢٢	٨,٨	٤٨	٥,٨
٢٣	٨,٧	٤٩	٥,٧
٢٤	٨,٥	٥٠	٥,٦
٢٥	٨,٤		

الأكسدة اللاهوائية: Aneaerobic Oxidation

وفيها تستخدم البكتريا اللاهوائية الأكسجين الموجود فى بعض المركبات، لتقوم بعملية أكسدة المواد العضوية، وذلك فى حالة عدم وجود أكسجين ذائب فى المياه. ومعدلات الأكسدة التى تقوم بها البكتريا الهوائية أسرع من أكسدة البكتريا اللاهوائية ولكنها تحتاج إلى أكسجين ذائب فى المياه. وعادة يبدأ التحلل اللاهوائى لمياه المجارى بعد بقائها فى شبكات الصرف الصحى حوالى ٤ ساعات، وعلى هذا الأساس وفى المدن الكبيرة التى تخدمها شبكات صرف صحى بها أطوال كبيرة من الخطوط، تصل مياه الصرف الصحى إلى محطات المعالجة فى صورة متعفنة، وقد تحتاج إلى عملية تهوية ابتدائية قبل عمليات المعالجة.

تحديد درجة المعالجة :

تعتمد درجة المعالجة على الخواص المطلوبة فى المخلفات السائلة بعد معالجتها، ويعتمد ذلك على طريقة التخلص من هذه المياه أو إعادة استخدامها فى الرى، والتأثير البيئى لها فى كل هذه الحالات.

قياس درجة المعالجة :

تتم بعمل اختبارات طبيعية وكيمائية وبيولوجية لمياه المجارى قبل معالجتها، ثم عمل هذه الاختبارات بعد كل مرحلة لمعرفة التغير فى خواصها أو التحسن فى خواصها خلال كل مرحلة، ومن نتيجة هذه الاختبارات يمكن متابعة أعمال المعالجة.

الاختبارات التى تجرى على المخلفات السائلة :

ا. إختبارات طبيعية، وتشمل:

- درجة الحرارة.
- اللون.
- العكارة.

ب. إختبارات كيميائية وتشمل:

- المواد العالقة.
- المواد الصلبة الذائبة.
- المواد الصلبة الكلية (ذائبة + عالقة).
- تركيز النتروجين.
- الزيوت والدهون والشحوم.
- الأكجسين الذائب.
- الأكجسين الحيوى المستهلك BOD.
- الأكسجين الكيمائى المستهلك COD.
- الأس الإيدروجينى PH.
- تركيز الكلوريدات.
- الملوثات السامة التى تؤثر فى عمليات المعالجة، فضلا عن آثارها الفتاكة على البيئة المائية. ويزيد من مشاكل التحكم فى هذه المواد العوامل الآتية:
  ١. تنوُّع المواد السامة وكثرتها.
  ٢. صعوبة الكشف عن الملوثات السامة وتحديدها.
  ٣. عدم توافر الخواص الكيمائية لمركبات كثيرة من المواد السامة.
  ٤. صعوبة التنبؤ بنتيجة المؤثرات المحتملة لخليط من المواد السامة.

ولتداخل هذه العوامل يكون من الأفضل قياس التركيز السام الكلى بدلا من قياس تركيز كل مادة سامة على حدة.

ج. إختبارات بكتريولوجية وتشمل :

العد الكلى البكتيرى، وعدد بكتريا القولون وعدد أنواع معينة خاصة بظروف وبائية فى حالة حدوثها. ونظرا للأعداد الكبيرة من البكتريا الموجودة فى مياه المجارى؛ فإن العد البكتيرى يكون مفيدا فى الحالات التى تستخدم فيها المياه المعالجة فى الرى حتى يمكن تحديد المحاصيل التى يمكن زراعتها. وفى حالة صرف مياه المجارى فى المسطحات المائية يكون العد البكتيرى مفيدا فى تحديد خواص المسطحات المائية بعد التخلص من المجارى فيها.

ويوجد حوالى مليار خلية فى اللتر فى مياه المجارى المنزلية الخام وحوالى (١٠ مليون إلى مليار) فى اللتر فى المياه الملوثة وفى المياه السطحية كالأنهار والبحيرات العذبة النظيفة عشرة آلاف فى اللتر فى المتوسط.

بكتريا القولون Coliforms :

بكتريا القولون Coliforms تعيش فى الأمعاء وتحديد عددها فى المياه يُظهر مدى التلوث بمخلفات بشرية حديثة، وهذا الاختبار لا يحدد عدد البكتريا الممرضة ولكن يحدد فقط عدد بكتريا القولون التى يحتمل أن تصاحب وجود البكتريا الممرضة، كما أنه يعطى إنطباعا أو احتمالا للإصابة بالأمراض التى تعيش جراثيمها فى المياه، وعد بكتريا القولون يستخدم كقياس للتلوث بمياه المجارى، أما العد الكلى فيستخدم فى محطات تنقية المياه للحكم على درجة التنقية.

وتوجد أصلا فى مياه المجارى وليست بيئة المياه الطبيعية مناسبه لها – وتعيش أصلا فى الأمعاء والطبقة العلوية من التربة – ويصل عددها لحوالى:

- واحد مليون خلية فى كل لتر فى مياه المجارى الخام.
- (١٠,٠٠٠ – ١,٠٠٠,٠٠٠) خلية فى كل لتر فى المياه الملوثة.
- (صفر – ١٠٠٠) خلية فى المياه العذبة النظيفة.

مؤشرات وجود الكائنات الحية فى المياه :

المياه عموما سواء المستخدمة فى الشرب أو فى الأنشطة الترفيهية أو فى حمامات السباحة — تنقل العدوى أو الإصابة بالجراثيم — وفى تحليلات المياه الروتينية يصعب اكتشاف البكتريا الممرضة لأنها تحتاج إلى تحليلات معقدة ومكلفة، والتجارب الروتينية تعتمد على التأكد من وجود بكتريا القولون بنوعياتها المتعددة بأعداد كبيرة — وفى حالة عدم وجودها يمكن اعتبار المياه خالية من البكتريا الممرضة — وعلى مدى سنوات طويلة يستخدم العد الكلى لبكتريا القولون كمؤشر على أساس أنه يشمل البكتريا الهوائية والمتقلبة واللاهوائية بأشكالها المتعددة سواء بطرق العد البكتيرى أو بتجارب الغازات التى تتكون فى أنابيب الاختبار عند درجة حرارة ٣٥ درجة مئوية لمدة يومين، وفى مياه الشرب التى لا يوجد بها عادة أى نوع من بكتريا القولون يكون العد الكلى هو مؤشر لوجود هذا النوع، وبالنسبة للتأكد من عدم وجود بكتريا القولون يجرى الاختبار عند درجو حرارة ٤٥ درجة مئوية.

وتوجد الكائنات الحية الدقيقة خاصة البكتريا والفيروسات فى الهواء نتيجة للأنشطة البشرية من المصانع ووسائل النقل البرية والجوية والمصادر الطبيعية مثل حرائق الغابات والغازات والغبار المتصاعد من البراكين، ورذاذ المياه من المحيطات والأتربة التى تحملها الرياح من الأراضى المكشوفة.

البكتريا الدالة على نوعية المياه وجودتها :

تمثل البكتريا الممرضة نسبة صغيرة جدا لتصل إلى واحد فى المليون من العد الكل البكتيرى. ويصل عدد الفيروسات إلى مائتى فيروس فى كل مليون من الخلايا البكتيرية.

وتموت البكتريا الممرضة بمعدل أكبر من الأنواع الأخرى عندما تكون خارج أمعاء الحيوان أو الإنسان ويساعد تعرض هذه البكتريا لعمليات المعالجة وبقائها فترة من الوقت فى المسطحات المائية إلى خفض عددها بنسبة كبيرة. وكما سبق تنتشر بعض الأمراض عن طريق المياه فى حالة تلوثها بمخلفات بشرية يحمل أصحابها هذه الأمراض، والوسائل الناقلة

لهذه الأمراض تشمل أنواعا من البكتريا والفيروسات والأوليات والديدان الطفيلية. والعوامل الأساسية فى انتشار هذه الأمراض هو تلوث المياه والأطعمة وعدم وجود وعى صحى عند العامة من الناس، وانتشار الذباب والحشرات الأخرى. ومن الأمراض الشائعة التى تنتقل بهذه الطريقة؛ الكوليرا، والدوسنتاريا، والتيفود والباراتيفود، والإسهال المزمن الذى يكون فى بعض الأحيان أخطر من الكوليرا، وغير ذلك كثير من الأمراض التى تحصد أرواح الملايين خاصة من مواطنى الدول الفقيرة.

الأكسجين الحيوى المستهلك: Biochemical Oxygen Demand (BOD)

يعتبر الأكسجين الحيوى المستهلك من أهم المقاييس التى تصمم على أساسها جميع محطات معالجة المخلفات السائلة، وهى مؤشر دقيق لكفاءة عمليات المعالجة البيولوجية. ويجزأ هذا الاختبار إلى جزئين:

ا. الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد الكربونية (CBOD).

ب. الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد النتروجينية (NOD).

وقد بدأ استخدام هذا الاختبار حوالى عام ١٨٧٠ مع بداية استخدام نظرية أكسدة المواد العضوية كمقياس للمواد العضوية. ويرى الكثير من الباحثين أن الأكسجين المستهلك الكربونى CBOD يتم خلال (١٠-١٢) يوم من بداية التجربة، وبعد ذلك يبدأ أكسدة المواد النتروجينية، ولهذا الاختبار أهمية كبيرة فى مدى تأثير صرف المخلفات السائلة على حياة الأسماك والكائنات الأخرى فى المسطحات المائية.

والأكسجين الحيوى المستهلك هو أكثر وأهم الاختبارات دلالة على تركيز المواد العضوية بمياه المجارى والمخلفات الصناعية السائلة. ويستخدم هذا الاختبار لقياس الحمل العضوى الداخل لمحطات المعالجة، ومعرفة كفاءة مراحل المعالجة فى خفض هذا الحمل، وقم تم نشر كيفية إجراء هذا الاختبار فى الطبعة الثالثة من كتاب Standard Methods لاختبارات

المياه والمجارى التى صدرت عام ١٩١٧ – وتفاصيل إجراء التجربة، عند درجة حرارة ثابتة هى ٢٠ درجة مئوية، ولمدة خمسة أيام.

ويفيد هذا الاختبار فى تحديد الأحمال العضوية لتصرف المخلفات السائلة الخام ويعتبر من العوامل المطلوبة فى تصميم عمليات المعالجة البيولوجية. ويساعد فى معرفة الملوثات العضوية عند التخلص من مياه الصرف فى المسطحات المائية بعد المعالجة للتأكد من مراعاة القوانين الخاصة بحماية البيئة .. ويعطى هذا الاختبار فكرة عامة عن كفاءة تشغيل عمليات المعالجة، وتعديل طرق التشغيل لتحسين كفائتها.

ويمكن قياس المواد العضوية فى المياه أو المخلفات السائلة بقياس الكربون العضوى الكلى (TOC) – ولكن هذا لا يُحدد ما إذا كان الكربون قابل للتحلل بواسطة الكتريا أم لا؟ ولذلك يتم إجراء تجربة BOD لمعرفة المواد العضوية القابلة للتأكسد أو التحلل.

تعريف :

الأكسجين الحيوى المستهلك؛ هو كمية الأكسجين الذى تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة فى الأكسدة الهوائية للمواد العضوية فى عينة مخففة من مياه المجارى محفوظة عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية لمدة خمسة أيام.

ويستخدم فى تخفيف المخلفات السائلة، مياه مقطرة تحتوى على عناصر تحتاجها البكتريا فى نشاطها مثل؛ محلول الفوسفات، وكبريتات الماغنسيوم، وكلوريد الكالسيوم، وكلوريد الحديديك؛ وتتشبع المياه المقطرة بالأكسجين الذائب بتهويتها لمدة مناسبة.

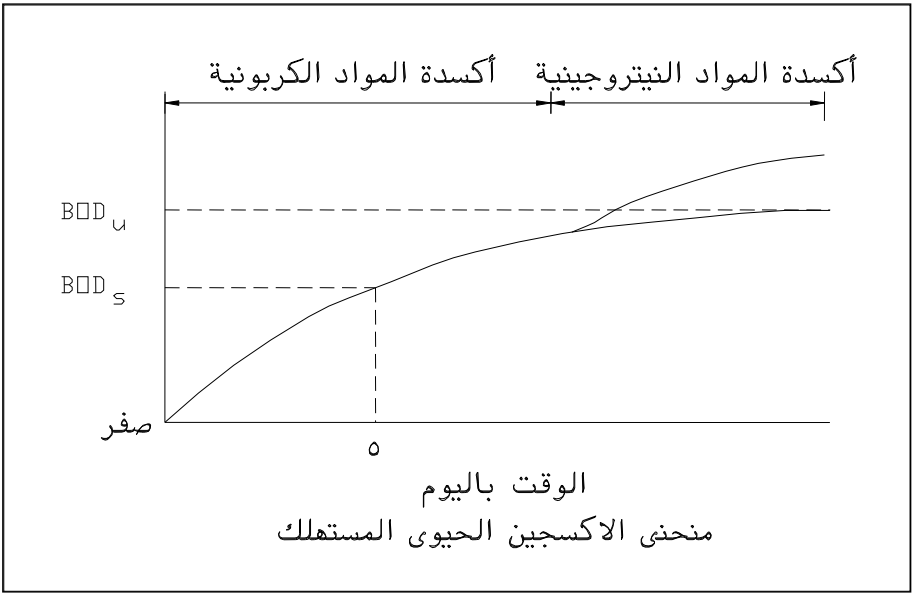
BOD Bottle

وفى حالة المخلفات السائلة التى لا تحتوى على تركيز كافى من الكائنات الحية الدقيقة، يضاف كمية من هذه الكائنات إلى مياه التخفيف. ولإجراء التجربة يتم تخفيف عينة مياه المجارى عدة تخفيفات تناسب تركيز المواد العضوية لهذه المخلفات، ويتم تحضير الزجاجات الخاصة بهذه التجربة بحيث تملأ ثلاثة زجاجات من كل تخفيف، وذلك بوضع كمية محددة من مياه المجارى فى قارورة سعتها واحد لتر، ثم

يضاف لها مياه التخفيف حتى يصير حجم الخليط واحد لتر، ويتم رج القارورة رجًا جيدا، ثم تملأ ثلاث من زجاجات القياس الخاصة بهذه التجربة وسعتها حوالى ٣٠٠ سم^{٣}.

ويتم تحديد نسبة مياه المجارى فى الخليط المخفف على أساس تركيز المواد العضوية فيها، وعلى سبيل المثال تكون نسبة مياه المجارى فى التخفيف ١ ٪ إذا كان الأكسجين الحيوى المستهلك (٢٠٠-٦٠٠) جزء فى المليون، وتكون النسبة ٢ ٪ إذا كان الأكسجين الحيوى المستهلك (١٠٠-٣٥٠) جزء فى المليون وهكذا.

ويفضل عمل ثلاث تخفيفات مختلفة على الأقل لكل عينة ويراعى أن تكون الزجاجات الخاصة بالقياس محكمة تماما بعد وضع العينات المخففة بها، ولا يسمح إطلاقا بوجود فقاعات هواء فى هذه الزجاجات حتى لا يؤثر ذلك فى قيمة الأكسجين المستهلك. وتبدأ عملية القياس فى التجربة بقياس الأكسجين الذائب فى إحدى الثلاث زجاجات، وتوضع الزجاجتين الباقيتين فى حضان درجة حرارته ٢٠ درجة مئوية لمدة خمسة أيام من بدء التجربة. وفى نهاية هذه المدة، يتم قياس



منحنى الاكسجين الحيوى المستهلك

الأكسجين الذائب فى الزجاجتين، ويكون الفرق بين الأكسجين الذائب فى العينة المخففة فى بداية التجربة وبين متوسط الأكسجين الذائب فى الزجاجتين التى تم حفظهما فى الحضان لمدة خمسة أيام، هذا الفرق يمثل الأكسجين المستهلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة خلال هذه المدة.

ويبدأ التفاعل بنشاط البكتريا الهوائية التى تؤكسد المواد العضوية بالاستعانة بالأكسجين الذائب فى المياه، ومن نواتج هذا التفاعل، ثانى أكسيد الكربون وأعداد كبيرة من الخلايا البكتيرية. وبعد ذلك تبدأ مرحلة تفاعلات أخرى تقوم بها الأوليات بالتهام الخلايا البكتيرية واستهلاك الأكسجين الذائب فى المياه.

وتستمر التفاعلات الميكروبيولوجية فى اختبارات الأكسجين الحيوى المستهلك إذا استمرت التجربة لأكثر من خمسة أيام. ويبين الشكل قيمة الأكسجين الحيوى المستهلك بالنسبة للوقت ومعدلات استهلاك المواد العضوية الكربونية والنتروجينية، وواضح من الشكل أن معدل نشاط الكائنات الحية الدقيقة يتناقص مع تناقص المواد العضوية، ويصل الأكسجين الحيوى المستهلك فى مدة خمسة أيام حوالى ٦٨ ٪ من القيمة القصوى بالنسبة للمواد العضوية الكربونية.

الاستهلاك المباشر العاجل للأكسجين الذائب :

يحدث ذلك بتفاعلات سريعة بين أنواع معينة من الكيماويات والأكسجين الذائب فى المياه. ويعتمد قيمة النقص فى الأكسجين على كمية ونوعية المواد الكيماوية، وعلى كمية الأكسجين اللازمة للتفاعل مع المواد الكيماوية. وهذا التفاعل كيمائى بحت وليس له دخل بالنشاط البيولوجى، ومعظم الكيماويات التى تتفاعل مع الأكسجين الذائب هى مركبات غير عضوية.

أكسدة المواد الكربونية :

تنشط البكتريا الهوائية فى أكسدة المواد العضوية الكربونية فى وجود الأكسجين الذائب فى المياه وينتج من هذا التفاعل ثانى أكسيد الكربون ومياه. واستهلاك الأكسجين بواسطة البكتريا خلال خمسة أيام هو ما يرمز له بالأكسجين الحيوى المستهلك وتعتمد قيمته على عوامل كثيرة تشمل كميات المواد العضوية الكربونية، ونوعية وأعداد البكتريا فى المياه، ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة، ووجود النتروجين والفوسفور والعناصر الأخرى.

أكسدة المواد النتروجينية :

فى ظروف بيئية مناسبة تتحول غالبية المواد العضوية النتروجينية إلى أمونيا ثم إلى نتريت ثم إلى نترات وذلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وقد يكون نشاط البكتريا فى أكسدة المواد النتروجينية، بطيئا ويبدأ عادة بعد أكسدة المواد الكربونية، ورغم أن أكسدة المواد النتروجينية لا تدخل ضمن الأكسجين الحيوى المستهلك فى مدة خمسة أيام، إلا أن الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد النتروجينية فى مياه المجارى يصل إلى ٢٠٠ مجم فى اللتر وهذه القيمة تقارب الأكسجين الحيوى المستهلك نتيجة أكسدة المواد الكربونية فى مدة خمسة أيام.

تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه الصرف الصحى :

يمكن حساب تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك بمعرفة:

ا. معدل مياه الصرف الصحى للشخص فى اليوم.

ب. معدل الأكسجين الحيوى المستهلك للشخص فى اليوم. وبالنسبة لمعدل مياه الصرف الصحى فيمكن تحديدها بمعرفة معدل استهلاك المياه وعلاقته بمعدل

الصرف الصحى. أما معدلات الأكسجين الحيوى المستهلك فيمكن فرضها كالآتى:

١- ٥٤ جم / شخص / يوم فى المبانى السكنية وما يشابهها.

٢- ٧٧ جم / شخص / يوم فى شبكات الصرف المشتركة.

٣- ٧٣ جم / شخص / يوم فى المبانى السكنية التى تستخدم فيها كسارات للقمامة فى أحواض المطابخ.

٤- ٢٧ جم / شخص / يوم فى المبانى الإدارية والمنشآت العامة التى لا تعمل طول اليوم مثل المصانع والمدارس.

٥- فى المطاعم يمكن فرض الأكسجين الحيوى المستهلك كالآتى:

- ٥٠ جم / عامل / يوم.
- ٢٠ جم / زبون / يوم.
- ١٥ جم / وجبة طعام.

الأكسجين الحيوى المستهلك للمخلفات الصناعية :

تحتاج المخلفات الصناعية التى تحتوى على مواد عضوية قابلة للتحلل إلى عناية خاصة عند إجراء هذه التجربة، لأن بعضها يحتاج إلى عملية معادلة، كما أنها تحتاج إلى إضافة كميات من الكائنات الحية الدقيقة من مياه المجارى، كما أن نسبة التخفيف يجب أن تكون كافية للتحكم فى تأثير المواد السامة التى يحتمل وجودها فى المخلفات الصناعية. ويراعى أن تكون العينات المأخوذة لإجراء التجارب عليها، ممثلة للمخلفات لأن العمليات الصناعية تختلف مع اختلاف طريقة التصنيع والمواد الكيمائية التى تدخل فى الصناعة، ومراحل العمليات المختلفة، واستمرارية العمل على مدار اليوم الكامل. وفى حالة وجود مواد سامة بالمخلفات الصناعية، تحتاج إلى

معالجة معينة قبل إجراء التجربة، وفى حالة تداخل المواد السامة فى نتائج التجربة، تستبدل بتجربة الأكسجين الكيمائى المستهلك.

وفى حالة إجراء تجارب الأكسجين الحيوى المستهلك على المخلفات الصناعية تحتاج غالبية هذه المخلفات إلى إضافة كميات مناسبة من الكائنات الحية الدقيقة من البكتريا والأوليات تناسب تحلل المكونات العضوية لهذه المخلفات. ويمكن الحصول على الكائنات الحية الدقيقة من كمية من مياه المجارى المنزلية تترك فى إناء مكشوف لمدة حوالى يوم كامل فى درجة حرارة الغرفة، ويؤخذ كمية من المياه من السطح العلوى من الإناء.

ويمكن تحضير الكائنات الحية الدقيقة من خلال نموذج معملى لوحدة حمأة منشطة يتم تغذيتها بخليط من مياه المجارى والمخلفات الصناعية. وتضاف مياه المجارى التى تحتوى على الكائنات الحية الدقيقة إلى عينات التجارب بحيث يكون الأكسجين الحيوى المستهلك الناتج من هذه الإضافة مساويا (٥-١٠) ٪ من الأكسجين الحيوى المستهلك للعينة النهائية. وفى نهاية التجربة يمكن عمل تصحيح للزيادة الناتجة من إضافة كمية مياه المجارى التى تحتوى على الكائنات الحية الدقيقة. وعند إجراء التجارب على مخلفات صناعية بها تركيز كبير من المواد العضوية، يمكن عمل مجموعة تخفيفات متوالية حتى يمكن قياس عينات التجارب.

الأكسجين الكيمائى المستهلك:

: Chemical Oxygen Demand (C.O.D)

يعتبر مقياس للمواد العضوية بمياه المجارى التى يمكن أكسدتها، ويتم عمل الاختبار لقياس الأكسجين الكيمائى المستهلك باستخدام مادة مؤكسدة مثل كرومات أو برمنجنات البوتاسيوم، بحيث يوضع خليط معروف الحجم من كل من مياه المجارى والمادة المؤكسدة ليتم تسخينه مدة كافية تتأكسد فيه المواد القابلة للتأكسد فى وجود حامض الكبريتيك.

ويتميز هذا الاختبار بأنه مقياس لجميع المواد القابلة للتأكسد سواء الممكن أكسدتها بالبكتريا، أو الذى يصعب أكسدتها بها، ويمكن إجراء هذا الاختبار فى حوالى ثلاث ساعات.

العلاقة بين (BOD)، :(COD)

لا توجد نسبة ثابتة بين الأكسجين الحيوى المستهلك والأكسجين الكيمائى المستهلك، ويكون الأكسجين الكيمائى عادة أكبر من الأكسجين الحيوى المستهلك لأن الأكسدة الكيمائية تحلل المواد العضوية التى لا تستطيع الكائنات الحية الدقيقة أكسدتها، علاوة على أن الأكسجين الحيوى المستهلك يعبر عن الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد العضوية خلال خمسة أيام، هذا بالإضافة إلى التغير فى مكونات مياه المجارى والمخلفات السائلة الأخرى من يوم لآخر.

مدى الاعتماد على تجارب الأكسجين الحيوى المستهلك $(BOD)_5$:

لا زالت هذه التجربة تمثل ما يحدث بيولوجيا على مدى خمسة أيام للمواد العضوية فى المسطحات المائية – إلا أنها لا تعطى إفادة كاملة فى عمليات المعالجة البيولوجية التى لا تزيد عن ساعات معدودة، بالإضافة إلى عوامل كثيرة لها تأثيرا مباشرا على التجربة، فالمركبات العضوية تتكون من الكربون – والايدروجين والأكسجين مع النتروجين أحيانا – وعناصر أخرى مثل الكبريت والفوسفور والحديد قد تتواجد.

والمواد العضوية فى المجارى عادة تتكون من:

- (٤٠–٦٠) ٪ مواد بروتينية.
- (٢٥–٥٠) ٪ كربوهيدرات.
- ١٠ ٪ دهون وزيوت.

- اليوريا وهى المواد الأساسية فى البول وهى سريعة التحلل ولا توجد غالبا إلا فى مياه المجارى الطازجة. ويتكون النتروجين أساس من اليوريا والبروتينات، أما الكربوهيدرات فتشمل المواد السكرية والنشوية والألياف الخشبية وتحتوى الكربوهيدرات على الكربون والايدروجين والأكسجين.

وكمثال لتجربة معملية؛ كان الـ BOD للمجارى ٦٠ مجم/لتر، بعد يوم واحد، وكان بعد ٥ أيام ٢٠٠ مجم/لتر، وبعد مضى ٢٠ يوم كان ٣٠٠ مجم/لتر. وهذا معناه أن التجربة المعملية التى تجرى بصورة روتينية يومية فى محطات المعالجة لقياس الـ BOD لا تعطى مقياسا دقيقا لمدى تركيز المواد العضوية، ولكن كما ذكرنا أنها تستخدم حتى الآن لمعرفة الأنشطة البيولوجية التى تحدث عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية لمدة خمسة أيام. والتثبيت أو الأكسدة البيولوجية هى عملية بطيئة – ومن الناحية النظرية تستمر إلى ما لا نهاية – وخلال ٢٠ يوما يصل نسبة أكسدة المواد العضوية الكربونية إلى حوالى (٩٥-٩٩) فى المائة – وخلال خمسة أيام يتم أكسدة حوالى (٦٠-٧٠) فى المائة – وهو الرقم الذى يمثله الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5) عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية. ويؤخذ فى الاعتبار بالنسبة لخصائص مياه المجارى المنزلية فى عيناتها التى يتم تجميعها لتحليلها، أو فى عمليات المعالجة، أن مياه المجارى بعد خروجها من الأجهزة الصحية لأعمدة الصرف، ثم للشبكة العمومية يكون بها تركيز عالى من الأكسجين الذائب، ويختفى هذا الأكسجين فى مدة (٢-٦) ساعات تقريبا.

عيوب اختبار الأكسجين الحيوى المستهلك BOD5 :

- يجب وجود تركيز كافى من البكتريا حيث أن نسبة تخفيف عينات المجارى لا توفر هذا المطلب بصورة تساعد فى الحصول على نتائج صحيحة.

- يجب التخلص من المواد السامة قبل صرف المخلفات الصناعية فى المجارى لتأثير هذه المواد على نشاط البكتريا المؤكسدة للمواد العضوية.
- يجب التحكم فى تأثير البكتريا المؤكسدة للنتروجين.
- التجربة تعطى نتائج لقياس أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بواسطة البكتريا أما المواد التى يصعب على البكتريا تحليلها فلا تدخل ضمن القياس – يضاف إلى ذلك أنه بعد أكسدة المواد الذائبة فإن القياسات لا تعطى صورة محددة صحيحة.
- المدة الطويلة التى تحتاجها التجربة خاصة أن فترة الأيام الخمس لا تكفى حتى لأكسدة المواد الذائبة، ولا تؤكسد جميع العناصر العضوية بالمياه.
- الاحتياج إلى عدد كبير من زجاجات الاختبار.
- الأخطاء المحتملة فى طريقة أخذ العينات، وكذلك فى عمل التخفيفات.
- عدم التأكد من ثبات خصائص المخلفات السائلة أثناء حفظ العينة، ولذلك يعتبر اختبار الأكسجين الكيماوى المستهلك أكثر دقة.
- عدم التأكد من بدأ نشاط البكتريا من بداية التجربة مباشرة.

عينات مياه الصرف الصحى :

أصدرت جمعية المهندسين المصرية منذ ما يقرب من خمسين عاما – مواصفات قياسية لطريقة أخذ عينة من مياه المجارى بهدف توحيد طريقة أخذ هذه العينات لعمل التحاليل المطلوبة. وشملت المواصفات:

١. لا يقل حجم العينة عن ٢ لتر – والعينات نوعان:

ا. مفردة: تؤخذ مرة واحدة فى وقت معين.

ب. مركبة: تتكون من عدة عينات تؤخذ تباعا كل ساعة على مدار ساعات التشغيل، وبنسبة التصرف الوارد فى هذه الساعة، ويجوز تقصير أو إطالة الفترة ما بين أخذ العينات الجزئية.

٢. يكون الوعاء الذى تؤخذ فيه العينة من مادة غير مسامية، لا تتفاعل مع مكونات مياه المجارى وأن يكون للوعاء سدادة محكمة – ويكون الوعاء نظيفا ويتم غسله بمادة العينة مرارا قبل الملء.

٣. يجب حفظ العينة فى صناديق تبريد فى الفترة من لحظة أخذها حتى وصولها لمعمل التحليل وذلك لأن عينات المجارى تتغير خصائصها لوجود البكتريا بأعداد كبيرة.

٤. تكون العينات ممثلة بقدر الإمكان لطبيعة المياه وتؤخذ من نقطة مختارة تناسب ذلك. ويملأ إناء العينة تماما ولا يسمح بوجود فقاعات هوائية.

٥. يملأ المسئول عن أخذ العينة بيانات تحدد:

- العينة ومكانها.
- التاريخ شاملا اليوم والساعة.
- درجة حرارة المياه ودرجة حرارة الجو.
- نوع العينة وهل مفردة أو مركبة.
- الفترة بين العينة الجزئية.
- أى بيانات تفيد التحليل مثل وصف العينة.
- إسم ووظيفة الفنى الذى قام بأخذ العينة.

مثال (٤–١) :

احسب الأكسجين الحيوى المستهلك لعينة من مياه المجارى إذا أعطيت البيانات الآتية:

- سعة زجاجة الاختبار = ٣٠٠ سم^{٣}

- حجم مياه المجارى التى وضعت فى زجاجة الاختبار = ٣ سم^{٣}
- الأكسجين الذائب فى بداية التجربة = ٨,٥٠ جزء فى المليون
- الأكسجين الذائب بعد خمسة أيام = ٤,٥ جزء فى المليون

الحل :

الأكسجين المستهلك فى زجاجة الاختبار = ٨,٥ – ٤,٥ = ٤ جزء فى المليون
وعلى أساس أن هذا الأكسجين قد استهلك فى زجاجة سعتها ٣٠٠ سم٣ من مياه المجارى؛
∴ الأكسجين الحيوى المستهلك = ٤ × (٣٠٠ ÷ ٣) = ٤٠٠ جزء فى المليون.

مثال (٤–٢) :

لتحديد الأكسجين الحيوى المستهلك فى عينة من مياه المجارى المنزلية، أجرى الاختبار على ثلاث تخفيفات نسبة مياه المجارى فيها ٢ ٪، ٤ ٪، ٦ ٪. وملئت ثلاث زجاجات اختبار من كل تخفيف سعة كل منها ٣٠٠ سم٣، وتم قياس الأكسجين الذائب فى زجاجة من كل تخفيف عند بدء التجربة وقياس الأكسجين الذائب فى الزجاجتين الباقيتين بعد خمسة أيام.
والجدول الآتى يبين كيفية تحديد الأكسجين المستهلك لهذه العينة، على أساس أنه تم قياس الأكسجين الذائب فى بداية التجربة فى الزجاجات رقم ١، ٤، ٧.

رقم الزجاجة	النسبة المئوية لمياه المجارى	الأكسجين الذائب من بداية التجربة مجم/لتر	الأكسجين الذائب بعد خمسة أيام مجم / لتر	الأكسجين المستهلك خلال التجربة مجم/لتر	الأكسجين الحيوى المستهلك جزء فى المليون
١	٢	٨,٨٠	–	–	–

٢	٢	٨,٨٠	٦,٨٠	٢,٠٠	١٠٠,٠
٣	٢	٨,٨٠	٦,٨٥	١,٩٥	٩٧,٥
٤	٤	٨,٨٠	–	–	–
٥	٤	٨,٨٠	٤,٩٠	٣,٩٠	٩٧,٥
٦	٤	٨,٨٠	٥,٢٠	٣,٦٠	٩٠,٠
٧	٦	٨,٨٠	–	–	–
٨	٦	٨,٨٠	٢,٩٥	٥,٨٥	٩٧,٥
٩	٦	٨,٨٠	٣,١٠	٥,٧٠	٩٥,٠

∴ متوسط الأكسجين الحيوى المستهلك = ٩٦,٢٥ جزء فى المليون (مجم / لتر).

عينات مياه المجارى المركبة :

نظرا لتغير مكونات ومعدلات مياه المجارى على مدار اليوم الكامل، فإن العينة التى تؤخذ فى لحظة معينة لا تمثل مياه المجارى. ويمكن اعتبارها عينة تمثل مكونات مياه المجارى لحظة أخذ العينة فقط.

والعينة الممثلة لمياه المجارى تمثيلا فعليا، هى العينة المركبة التى تؤخذ على مدار اليوم الكامل كل ساعة أو ساعتين وبنسبة تعتمد على معدل التصرف عند أخذ كل عينة.

ويوضح المثال الآتى كيفية حساب حجم هذه العينات.

مثال (٤–٣) :

عينة مركبة تم جمعها كل ساعة على مدار يوم كامل عند مدخل محطة معالجة. والجدول الآتى يبين معدل التصرف لمحطة المعالجة كل ساعة. احسب الحجم المطلوب جمعه كل ساعة من العينة، إذا كان حجم العينة المطلوب = ١٠ لتر.

الوقت	معدل التصرف لتر / ثانية	الوقت	معدل التصرف لتر / ثانية	الوقت	معدل التصرف لتر / ثانية
منتصف الليل	٢٨٨	٨	٢٩٦	١٦	٤٧٠
١	٢٧٦	٩	٣٧٢	١٧	٤٤٤

٢	٢٦٢	١٠	٤٥٠	١٨	٤٣٦
٣	٢٣٨	١١	٤٩٦	١٩	٤٠٦
٤	٢١٤	١٢	٥٣٢	٢٠	٣٧٨
٥	٢٠٢	١٣	٥٧٠	٢١	٣٥٦
٦	١٩٤	١٤	٥١٢	٢٢	٣٣٤
٧	٢٤٢	١٥	٤٨٠	٢٣	٣١٠

الحل :

مقدار حجم العينة المطلوبة فى ساعة معينة =

الحجم الكلى للعينة المطلوبة \ (متوسط معدل التصرف × عدد العينات)

الحجم الكلى للعينة = ١٠ لتر

عدد العينات = ٢٤ عينة

متوسط معدل التصرف = مجموع معدل التصرف ÷ عدد التصرفات ويتم حسابه من الجدول السابق ويساوى ٣٦٤,٩ لتر / ثانية.

∴ مقدار حجم العينة فى ساعة معينة = ١٠٠٠٠ سم^{٣} \ (٣٦٤,٩ لتر/ثانية × ٢٤)

= ١,١٤٢ سم^{٣} لكل لتر / ثانية.

والجدول الآتى يوضح كيفية حساب مقدار حجم العينة المطلوب أخذها كل ساعة.

ساعات اليوم	**التصرف لتر/ثانية**	**مقدار حجم العينة المأخوذة كل ساعة سم^{٣}**	**ساعات اليوم**	**التصرف لتر/ثانية**	**مقدار حجم العينة المأخوذة كل ساعة سم^{٣}**
٢٤	٢٨٨	٣٢٩	١٢	٥٣٢	٦٠٧
١	٢٧٦	٣١٥	١٣	٥٧٠	٦٥١
٢	٢٦٢	٢٩٩	١٤	٥١٢	٥٨٥
٣	٢٣٨	٢٧٢	١٥	٤٨٠	٥٤٨
٤	٢١٤	٢٤٤	١٦	٤٧٠	٥٣٧

٥	٢٠٢	٢٣١	١٧	٤٤٤	٥٠٧
٦	١٩٤	٢٢٢	١٨	٤٣٦	٤٩٨
٧	٢٤٢	٢٧٦	١٩	٤٠٦	٤٦٣
٨	٢٩٦	٣٣٨	٢٠	٣٧٨	٤٣٢
٩	٣٧٢	٤٢٥	٢١	٣٥٦	٤٠٦
١٠	٤٥٠	٥١٤	٢٢	٣٣٤	٣٨١
١١	٤٩٦	٥٦٦	٢٣	٣١٠	٣٥٤

∴ مجموع حجم العينة المركبة = ١٠٠٠٠ سم^{٣} = ١٠ لتر

مثال (٤–٤) :

احسب متوسط تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك، والمواد العالقة فى المخلفات السائلة التى تم تجميعها حسب البيانات المدونة بالجدول الآتى:

نوع المخلفات	التصرف م^{٣}/يوم	الأكسجين الحيوى المستهلك مجم/لتر (جم/م^{٣})	المواد العالقة مجم/لتر (جم/م^{٣})
مياه مجارى منزلية	٦٠٠٠	٢٤٠	٣٥٠
مخلفات صناعية	٢٠٠	٤٥٠	٥٥٠
مخلفات صناعية	٦٥	٣٢٠٠	٢٥٠٠
مخلفات صناعية	١٢٠٠	٤٣٠	١٠٠

الحل :

مجموع تصرف المخلفات السائلة = ٧٤٦٥ م٣/يوم

وزن الأكسجين الحيوى المستهلك =

٦٠٠٠م^{٣}/يـــوم × ٢٤٠جـــم/م^{٣} + ٢٠٠ × ٤٥٠ + ٦٥ × ٣٢٠٠ + ١٢٠٠ × ٤٣٠ = ٢٢٥٤٠٠٠ جم / يوم

تركيز الأكسجين الحيوى المتسهلك = ٢٢٥٤٠٠٠جم/يوم ÷ ٧٤٦٥م٣/يوم = ٣٠٢جم/م٣ = ٣٠٢ مجم / لتر

وزن المواد العالقة = ٦٠٠٠م٣/يوم × ٣٥٠جم/م٣ + ٢٠٠ × ٥٥٠ + ٦٥ × ٢٥٠٠ + ١٢٠٠ × ١٠٠ = ٢٤٩٢٥٠٠ جم/يوم

تركيز المواد العالقة = ٢٤٩٢٥٠٠ جم/يوم ÷ ٧٤٦٥م٣/يوم = ٣٣٤جم/م٣ = ٣٣٤ مجم/لتر

التنقية الذاتية للأنهار :

تتعرض الأنهار والبحيرات للتلوث بسبب تصريف المخلفات السائلة بها بطريقة غير قانونية أو إنسانية، فهى الوسيلة الأرخص رغم وجود قوانين تمنع صب المخلفات بدون معالجة، وتحليل مياه النهر عند نقطة معينة، يعطى صورة واضحة لخصائص المياه، ومعرفة تركيز الأكسجين الذائب فى مياه النهر يعطى تصور سريع ومبدئى لنوعية المياه، فإذا كان تركيز الأكسجين أقل من نصف تركيز درجة التشبع كان ذلك دلالة على تلوث المياه بدرجة كبيرة، حيث يجب ألا تقل درجة تركيز الأكسجين الذائب عن ٧٥ ٪ من تركيز درجة التشبع.

وفى حالات تصريف المخلفات السائلة فى النهر، يراعى ألا يقل تركيز الأكسجين فى المياه فى المنطقة القريبة من المصبات عن ٤ جزء فى المليون. ويبين شكل (٤-١) منحنى الارتخاء، وهو محصلة المنحنى رقم (١) الذى يمثل النقص فى الأكسجين الذائب لمياه النهر نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية بعد صب مياه المجارى، والمنحنى رقم (٣) ويبين تعويض النقص فى الأكسجين من الجو نتيجة لتعرض سطح المياه للهواء وسريان المياه وحركتها التى تساعد على خلط الأكسجين الذى اكتسبته الطبقة السطحية من الجو بالطبقات الأخرى من المياه. وفى حالة زيادة كميات المخلفات السائلة أو زيادة المواد العضوية بها يمكن أن يتغير منحنى الارتخاء فيصل أحيانا

ليتجاوز خط الصفر كما يوضح ذلك المنحنى رقم (٢). ومعنى ذلك أن المنطقة أ ب يختفى منها الأكسجين الذائب، وبالتالى تختفى منها صور الحياة المائية.

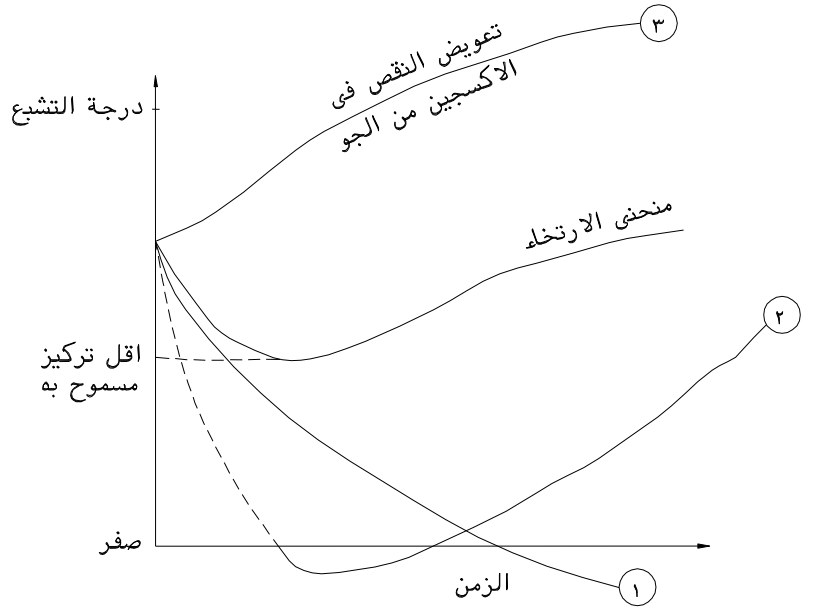
وللتحكم فى خواص مياه النهر، يجب أولا التحكم فى درجة معالجة المخلفات السائلة بحيث لا يؤثر تصريف هذه المخلفات على استعمالات المياه المختلفة. والعلاقة بين خواص المياه فى النهر وخواص مياه المجارى المنصرفة فيه، يمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية:

$$B.Q + b.q = B^{x} (Q + q)$$

حيث:

B = الأكسجين الحيوى المستهلك لمياه النهر.

b = الأكسجين الحيوى المستهلك لمياه المجارى عند تصريفها فى النهر.



شكل (٤-١)
منحنى الارتخاء
النقص فى الاكسجين نتيجة نشاط البكتيريا

B^x = الأكسجين الحيوى المستهلك لمياه النهر والمجارى معا بعد صبها مباشرة وخلطها مع مياه النهر.

Q = تصرف النهر.

q = تصرف مياه المجارى.

مثال (٤–٥) :

مياه خارجة من محطة معالجة مجارى تصرفها ٢٠ ٪ من تصرف النهر المنصرفة فيه. والأكسجين الحيوى لمياه النهر ١٠ جزء فى المليون. احسب تركيز الأكسجين المستهلك لمياه المجارى المعالجة، بحيث يكون الأكسجين الحيوى المستهلك لمياه النهر بعد الصب ١٥ جزء فى المليون.

الحل :

$B.Q + b.q = B^x (Q + q)$

$q = 0.20\ Q,$

$B = 10\ mg/L$ (p. p. m.)

$B^x = 15\ mg/L$

وبالتعويض فى المعادلة:

$\therefore\ 10\ Q + b\ (0.20\ Q) = 15\ (Q + 0.20\ Q)$

$\therefore\ 10 + 0.20\ b = 18$

$\therefore\ b = 40\ mg/L$

∴ تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب فى مياه المجارى بعد معالجتها وقبل صبها فى النهر، يجب ألا يزيد عن ٤٠ جزء فى المليون.

التصرفات التصميمية لعمليات المعالجة :

تتغير معدلات التصرف بصورة يومية وموسمية وتبعا لذلك تتغير الأحمال الهيدروليكية والعضوية والمواد العالقة، ويجب أن يؤخذ هذا فى الاعتبار عند تصميم وحدات المعالجة، لأن هذه الوحدات تصمم عادة لاستيعاب حمل معين، وقد يؤثر تغير التصرفات على كفاءة هذه الوحدات إن لم يؤخذ فى الاعتبار.

وليست هناك قواعد محددة وثابتة لنسبة التغير فى التصرف، ولكن الباحثون يحاولون استنتاج بعض العلاقات التى تربط العوامل المختلفة من واقع دراسات كاملة لعدد كبير من محطات المعالجة القائمة فعلا، أو من واقع معادلات افتراضية موضوعة على أساس دراسات نظرية. ومع استخدام أى طريقة يراعى اختلاف معدلات التغير من منطقة لأخرى ومن دولة لأخرى. والطرق الآتية يمكن استخدامها فى حالة عدم وجود أى معلومات محلية فعلية عن معدل تغير هذه التصرفات، مع الأخذ فى الاعتبار أن هذه الطرق خاصة بمياه المجارى المنزلية، ويراعى تأثير التصرفات الناتجة عن بعض المصانع.

الطريقة الأولى :

تصمم وحدات المعالجة على أساس التصرف الأقصى $Q_{max.}$ إستنتاجا من المعادلة الآتية:

$$Q_{max.} = (5 \div P^{1/6})\, Q_{av.}$$

حيث P = التعداد بالألف.

ويمكن حساب أدنى تصرف من العلاقة الآتية:

$$Q_{min.} = 0.2\, P^{1/6}\, Q_{av.}$$

الطريقة الثانية :

حدد بعض الباحثين التصرف التصميمى بأنه (متوسط التصرف السنوى خلال ساعات محددة فى اليوم يزيد التصرف خلالها واعتبار هذه الفترة، ٤ ساعات، أو ٨ أو ١٢ أو ١٦ ساعة)، ويكون هذا التصرف هو التصرف الأقصى الذى يستخدم فى تصميم وحدات المعالجة.

وتتغير معدلات التصرف من (٢٠-٤٠٠) ٪ من التصرف اليومى المتوسط، للمناطق التى يقل تعدادها عن ١٠٠٠ شخص، وتتغير من (٥٠-٣٠٠) ٪ لتعداد بين (١٠٠٠-١٠٠٠٠) شخص، ويكون التغير فى حدود ٢٠٠ ٪ للتعداد الذى يصل إلى ١٠٠٠٠٠.

وفى الدراسات التى تقوم بها وكالة حماية البيئة الأمريكية، نجد أن القصور فى تصميم محطات المعالجة يكون ناتجا من الاعتماد على التصرف المتوسط الهيدروليكى والعضوى وكذلك المواد العالقة، بدون أى اعتبار للتصرف الأقصى من الناحية الهيدروليكية والعضوية.

الطريقة الثالثة :

فى دراسة عملية على عدد كبير من محطات المعالجة يتراوح تصرفها بين ٤ لتر/ثانية إلى ٤,٤ م^{٣}/ثانية، يوضح الجدول الآتى خلاصة هذه الدراسة، على الأسس الآتية:

- الأكسجين الحيوى المستهلك للفرد = ٦٠ جم/يوم.
- متوسط معدل التصرف على مدار العام = ١٩٠ لتر/شخص/يوم.
- تركيز المواد العالقة = ٣٦٠ مجم/لتر.
- التعداد حوالى ٢ مليون نسمة لتصرف متوسط ٤,٤ م^{٣}/ث.

•

• **جدول (٤-٢)**

معدلات التصرف لعمليات المعالجة

متوسط معدل التصرف السنوى	نسبة التصرف التصميمى إلى متوسط التصرف السنوى	المتوسط السنوى للحمل العضوى (كجم أكسجين حيوى مستهلك فى	نسبة الحمل العضوى التصميمى إلى متوسط الحمل	المتوسط السنوى للمواد العالقة (كجم/يوم)	نسبة التركيز التصميمى للمواد العالقة إلى المتوسط

م٣/ثانية		اليوم)	العضوى السنوى		السنوى
٠,٠٠٤	١,٣٤	١٢٠	١,٤٩	١٢٠	١,٥٨
٠,٠٠٨	١,٣٣	٢٤٠	١,٤٥	٢٤٠	١,٥٤
٠,٠١٢	١,٣٣	٣٦٠	١,٤٣	٣٦٠	١,٥١
٠,٠١٦	١,٣٢	٤٨٠	١,٤٢	٤٨٠	١,٤٩
٠,٠٢٠	١,٣٢	٦٠٠	١,٤١	٦٠٠	١,٤٨
٠,٠٣٠	١,٣١	٩٠٠	١,٣٩	٩٠٠	١,٤٦
٠,٠٤٠	١,٣٠	١٢٠٠	١,٣٨	١٢٠٠	١,٤٤
٠,٠٥٠	١,٣٠	١٥٠٠	١,٣٧	١٥٠٠	١,٤٣
٠,١٠٠	١,٢٩	١٨٠٠	١,٣٦	١٨٠٠	١,٤٢
٠,٢٠٠	١,٢٨	٢٤٠٠	١,٣٥	٢٤٠٠	١,٤٠
٠,٥٠٠	١,٢٦	٣٠٠٠	١,٣٣	٣٠٠٠	١,٣٩
١,٠٠٠	١,٢٥	٤٥٠٠	١,٣٢	٤٥٠٠	١,٣٧
١,٥٠٠	١,٢٤	٦٠٠٠	١,٣٠	٦٠٠٠	١,٣٦
٢,٠٠٠	١,٢٤	٩٠٠٠	١,٢٩	٩٠٠٠	١,٣٣
٢,٥٠٠	١,٢٤	١٥٠٠٠	١,٢٦	١٥٠٠٠	١,٣١
٣,٠٠٠	١,٢٣	٢١٠٠٠	١,٢٥	٢١٠٠٠	١,٢٩
٣,٥٠٠	١,٢٣	٣٠٠٠٠	١,٢٤	٣٠٠٠٠	١,٢٧
٤,٠٠٠	١,٢٣	٤٥٠٠٠	١,٢٢	٤٥٠٠٠	١,٢٥
٤,٤٠٠	١,٢٣	٦٠٠٠٠	١,٢١	٦٠٠٠٠	١,٢٤

الباب الخامس

عمليات المعالجة البيولوجية

سبق الإشارة إلى مرحلة المعالجة الثانوية ودور الكائنات الحية الدقيقة فى إتمام هذه العملية جزئيا أو كليا، ولذلك تسمى بالمعالجة البيولوجية – واستخدمت منذ أوائل القرن العشرين طرق معروفة منها المرشحات البيولوجية بأنواعها المختلفة – والحمأة المنشطة والتطوير والتعديلات التى أدخلت عليها ولا زال الكثير قيد البحث تمشيا مع تشديد مستويات المعالجة المطلوبة نظراً للزيادة المستمرة فى كميات المخلفات السائلة والملوثات الكيماوية والخطرة التى تصل لشبكات الصرف الصحى.

والتفاعلات البيولوجية تتم هوائيا أو لا هوائيا – وتقوم بها كائنات حية تعتمد فى الأكسدة الهوائية على وجود أكسجين ذائب فى المياه كما هو الحال فى عمليات المرشحات البيولوجية والحمأة المنشطة وفى الأكسدة اللاهوائية تعتمد البكتريا على الأكسجين الموجود أصلا فى المركبات الغير عضوية ولا تتم هذه العملية إلا فى حالة عدم وجود أكسجين ذائب فى المياه.

ويمكن استخدام طرق المعالجة البيولوجية سواء لمعالجة المخلفات المنزلية وهى ما يطلق عليها مياه المجارى، أو فى معاجلة المخلفات الصناعية التى يكون ضمن مكوناتها مركبات كيميائية خطرة، أو مواد عضوية قابلة للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، حيث ينتج من عملية التحلل تغيير فى التكوين الجزيئى للمركبات العضوية، وتحويلها جزئيا، إما إلى مركبات وليدة غير عضوية، أو تحويل كامل للجزيئات العضوية إلى ثانى أكسيد الكربون، وماء، وبقايا غير عضوية.

والعوامل المؤثرة على المعالجة البيولوجية للمخلفات الخطرة هى العناصر التى تحتاجها الكائنات الحية الدقيقة فى نشاطها الحيوى وتكاثرها، وهذا يحتاج وجود عناصر غذائية

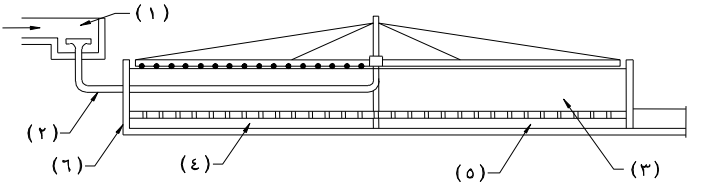
قابلة للتحلل بواسطة هذه الكائنات. ومن ناحية أخرى يعوق نشاط البكتريا وجود عناصر سامة لهذه الكائنات فى المخلفات السائلة.

المرشحات البيولوجية: (... Biological Trickling Filters)

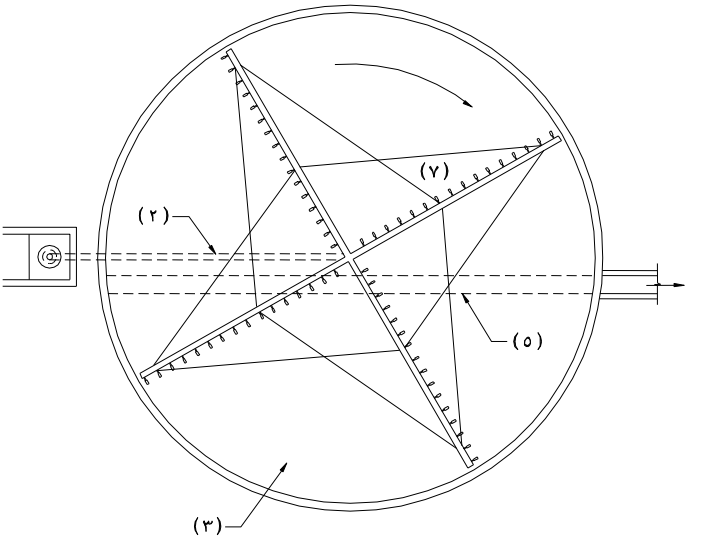
تتكون هذه الوحدات من أحواض تنشأ عادة من الخرسانة المسلحة أو مبانى الطوب، وتكون دائرية أو مربعة أو مستطيلة حسب كمية المخلفات السائلة ومساحات الأرض المتوفرة ونوعية المعدات الميكانيكية التى يمكن الحصول عليها. وتملأ هذه الأحواض بالزلط أو كسر الطوب أو الحجارة بأحجام مناسبة وبعمق محدد (شكل ٥-١). وقد بدأ استخدام هذه الطريقة فى عمليات المعالجة فى عام ١٩١٠.

تشغيل المرشح :

تعتمد طريقة التشغيل على نوع المرشح، فبالنسبة للمرشحات المستطيلة، يتم توزيع مياه المجارى على سطح المرشح بواسطة رشاشات مثبتة على سطح المرشح، أما فى النوع الدائرشكل (٥-١) فيتم توزيع المياه بواسطة مواسير مثقبة تدور بسرعة محددة وأثناء



قطاع راسى

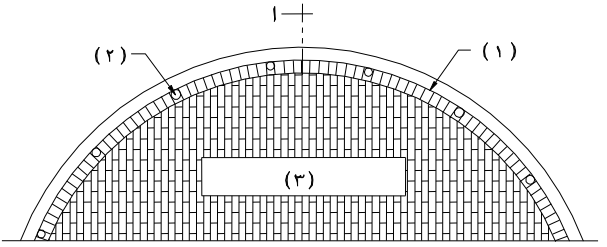


مسقط افقى

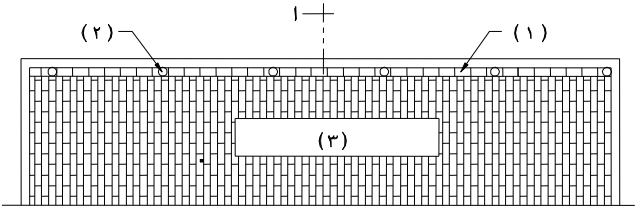
المرشحات البيولوجية

(٥ - ١ - ١)

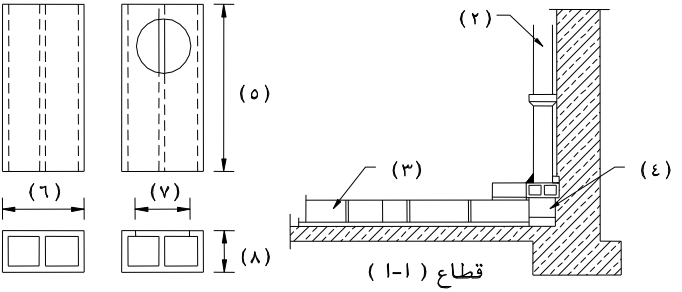
١ - غرفة امداد المرشح بالمياه
٢ - ماسورة تغذية المرشح
٣ - زلط او كسر حجارة او مواد اخرى
٤ - قوالب مفرغة لتجميع المياه من القاع
٥ - قناة التجميع
٦ - فراغات التهوية
٧ - الاذرع الموزعة للمياه على السطح



مسقط افقى لمرشح دائرى



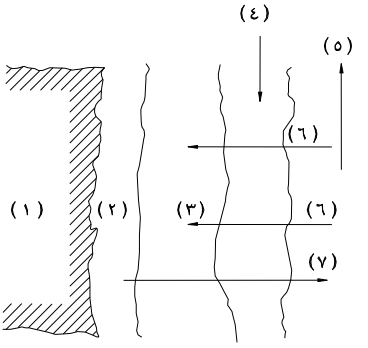
مسقط افقى لمرشح مربع



قطاع (ا-ا)

طريقة تهوية المرشحات
(٥ - ١ - ٢)

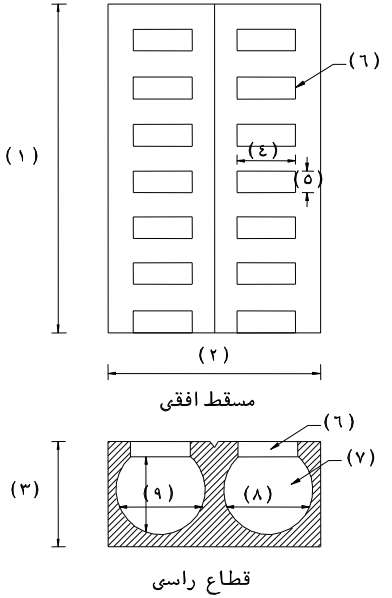
١ - طوب مفرغ خاص بالتهوية
٢ - مواسير راسية قطر ١٠ سم على مسافات (٢,٥ - ٣) متر
٣ - طوب مفرغ يوضع بقاع المرشح
٤ - فراغ للتهوية بطول محيط المرشح
٥ - طول طوبة التهوية = ٤٠ سم
٦ - عرض طوبة التهوية = ٢٠ سم
٧ - قطر القتحة التى توضع فيها مواسير التهوية الراسية = ١٢,٥ سم
٨ - ارتفاع طوبة التهوية = ١٠ سم
٩ - طوب مفرغ يستخدم فى فراغ التهوية
١٠ - طوب مفرغ تركب عليه مواسير التهوية الراسية



الانشطة التى تحدث فى المرشحات البيولوجية

(٥ - ١ - ٣)

١ - مادة حشو المرشح
٢ - طبقة بيولوجية لاهوائية
٣ - طبقة بيولوجية هوائية
٣ - طبقة بيولوجية هوائية
٤ - قطرات مياه المجارى المتساقطة فى المرشح
٥ - الهواء المتجه لاعلى
٦ - اكسجين ذائب فى المياه للطبقة البيولوجية الهوائية
٧ - ثانى اكسيد كربون من الطبقة اللاهوائية



١ - طول الطوبة = ٤٠ سم
٢ - عرض الطوبة = ٢٥سم
٣ - سمك الطوبة = ١٢,٥ سم
٤ - طول الفتحة = ٧,٥سم
٥ - عرض الفتحة = ٢,٥ سم
٦ - تجويف باعلى الفتحة
٧ - فراغ طولى
٨ - عرض الفراغ = ١٠ سم
٩ - ارتفاع الفراغ = ٨,٨سم

قوالب مفرغة لقاع المرشح

(٥ - ١ - ٤)

دورانها تندفع المياه من الثقوب وتسقط على سطح المرشح وتتخلل فجوات الزلط أو الحجارة فتتكون على أسطح هذه المواد طبقة شبه هلامية بها أعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية، وتحتوى هذه الطبقات البيولوجية المتكونة بالمرشح على البكتريا والأوليات والفطريات والكائنات الأخرى.

ويتركز النشاط الحيوى على هذه الطبقة التى تتكون على سطح الزلط مثلاً. وباستمرار مرور مياه المجارى على هذه الأسطح يزداد سمك الطبقة البيولوجية ويكون الجزء الداخلى منها بعيداً عن نشاط البكتريا الهوائية كما هو مبين بالشكل وتكون الطبقة الملاصقة لسطح الزلط عرضة لنشاط البكتريا اللاهوائية وما ينتج عنه من غازات مثل ثانى أكسيد الكربون تساعد مع المياه المتساقطة على غسيل الطبقات البيولوجية من أسطح الزلط، ويساعد على ذلك بعض الكائنات الحية الدقيقة التى تضعف من تماسك الطبقات البيولوجية فتخرج مع المياه إلى أحواض الترسيب الثانوية وتكتسب مياه المجارى الأكسجين أثناء رشها على سطح المرشح بالإضافة إلى أن نشاط الكائنات الحية داخل المرشح ترفع درجة الحرارة بداخله فيخف كثافة الهواء فيأخذ مساراً من أسفل لأعلى ويحل محله هواء جديد وتستمر هذه العملية مع تشغيل المرشح وأثناء صعود الهواء لأعلى ونزول مياه المجارى لأسفل يحدث تلامس مستمر بين مياه المجارى والهواء مما يكسب هذه المياه نسبة من أكسجين الهواء. وفى بعض الأحيان يستخدم الهواء المضغوط للمساعدة فى تهوية المرشح عندما يزيد عمقه ويحتاج لمزيد من التهوية. وفى الأجواء الحارة والدافئة يكون الفرق ضئيلاً جداً بين درجة حرارة الجو، ودرجة الحرارة داخل المرشح وخاصة فى الصيف، ونتيجة لذلك تكون حركة الهواء داخل المرشح معدومة تقريباً، وفى هذه الحالة يحتاج المرشح إلى طرق أخرى للتهوية.

وأثناء التشغيل العادى للمرشحات يمكن اعتبار أن الأكسجين الذى ينتقل من الهواء لمياه المجارى المتساقطة لا يزيد عن الأكسجين المستهلك بواسطة الطبقة البيولوجية المتكونة على سطح الزلط، والعكس صحيح أيضاً، أى لا يمكن أن يزيد الأكسجين

المستهلك بواسطة البكتريا فى الطبقة المتكونة على أسطح الزلط عن الأكسجين الذى تأخذه مياه المجارى من الهواء الملامس لها فى فجوات الزلط.

وبتقدير أقصى معدل لانتقال الأكسجين من الهواء لمياه المجارى المتساقطة، يمكن تحديد أقصى معدل لاستهلاك الأكسجين بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وهذا يحدد أقصى تركيز للأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى BOD التى يمكن رشها على المرشحات، ولهذا تعتمد نسبة المياه المعادة من أحواض الترسيب أو مخارج المرشحات إلى مدخل المرشحات، تعتمد على تركيز الـ BOD فى مياه المجارى الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائى. ولهذا السبب أيضا ترش مياه المجارى على سطح المرشحات بصورة متقطعة. كما أن الكائنات الحية فى المياه المتساقطة خلال المرشح تستهلك أيضا بعض الأكسجين الذائب فى مياه المجارى.

ويتم تشغيل المرشح بمعدل بطىء أو سريع حسب الطريقة المناسبة، ويؤثر فى كلا الحالتين خواص مياه المجارى والمواد المستخدمة فى المرشح. ويتحكم فى اختيار المادة المناسبة عوامل كثيرة أهمها المساحة السطحية والفجوات بينها حيث أن المساحة السطحية تتكون عليها طبقة البكتريا الفعالة فى عملية الأكسدة، والفجوات تساعد على عملية تهوية مياه المجارى. وتشغيل المرشح يتأثر بصورة مباشرة مع المساحة السطحية لمواد المرشح إذا افترضنا عدم سدد الفجوات بين هذه المواد. ويمكن اختيار أحجام المواد التقليدية كالزلط وكسر الطوب بحيث تتراوح بين (٤-١٢) سم، توضع المواد الكبيرة بالقاع تعلوها المواد الصغيرة. وعموما فالاتجاه السائد حالياً هو استبدال المواد التقليدية التى تستخدم فى المرشحات بمواد خفيفة الوزن ومساحتها السطحية كبيرة، مثل البلاستيك ومشتقاته، واستخدام هذه المواد يسمح بزيادة معدلات المرشح زيادة كبيرة تغطى زيادة التكاليف الناتجة من استعمال هذه المواد بتوفير مساحات الأرض وخفض وزن المواد التقليدية كالزلط وإنشاء مرشحات بعمق أكبر بدون أى مشاكل إنشائية. وتوجد أشكال كثيرة من

هذه المواد منها الألواح المتعرجة والإسطوانية وأشكال أخرى تعطى أكبر مساحة ولا تعوق التهوية، وتساعد على تكوين القشرة البيولوجية على سطحها. ويمكن وضع ألواح بلاستيك رأسية بارتفاع يصل ١٢ متر وبمعدلات هيدروليكية كبيرة جداً.

ويتم تجميع المياه من قاع المرشح بمساعدة ميول سطح أرضية القاع فى اتجاه قناة تجميع طولية فى منتصف المرشح، وفى بعض المرشحات تستخدم قناة تجميع بمحيط الحوض بين حائطين خارجيين، لاستقبال المياه من الطوب المفرغ بالقاع، وهذه القناة الدائرية تكون أفضل فى عملية التهوية المطلوبة للمرشح.

أسس التصميم للمرشحات التقليدية البطيئة (باستخدام الزلط أو كسر الحجارة):

١. معدل الحمل العضوى (٦٠-١٨٠) جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مكعب من حجم المرشح فى اليوم فى حالة التصرف المتوسط.
٢. الحمل الهيدروليكى = ٢٥٠-٥٠٠ لتر / متر مكعب من حجم المرشح / يوم.
٣. الحمل الهيدروليكى = ٢,٠٠ - ٤,٥٠ متر مكعب / متر مربع من مساحة المرشح / يوم.
٤. عمق المرشح (١,٥٠-٢,٤٠) متر.
٥. يكون قطاع قنوات تجميع المياه بقاع المرشح كافى للمياه والتهوية ويكون نصف القاع فارغ عند أقصى تصرف.
٦. الفراغ بين الراسم السفلى لأذرع التوزيع وسطح المرشح تكون ١٥-٢٠سم.
٧. يكون ميل قاع المرشح (٣-٥) فى الألف فى اتجاه قناع التجميع الرئيسية.
٨. السرعة فى قناة التجميع الرئيسية تكون حوالى ٩٠سم/ثانية.
٩. كفاءة المرشحات يمكن حسابها من المعادلة الآتية:

ك = ١٠٠ ÷ {١ + ٠,٤٤ (ع$^{١/٢}$)}

حيث ك = كفاءة المرشح + حوض الترسيب الذى يليه.

ع = وزن الأكسجين الحيوى المستهلك بالكيلو جرام لكل متر مكعب من مياه المجارى التى تدخل المرشح فى اليوم.

مثال (٥–١) :

لتصرف قدره (٦٠٠٠) متر مكعب فى اليوم، صمم المرشحات البيولوجية العادية إذا كان تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى عند دخولها المرشحات ١٤٠ مجم / لتر (جم / متر مكعب).

الحل :

وزن الأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى عند دخولها المرشحات

= ٦٠٠٠ × ١٤٠ = ٨٤٠٠٠٠ جم / يوم

وبفرض الحمل العضوى ١٢٠ جرام أكسجين حيوى مستهلك / متر مكعب من حجم المرشح / يوم.

∴ حجم المرشحات = ٨٤٠,٠٠٠ ÷ ١٢٠ = ٧٠٠٠ متر مكعب.

وبفرض الحمل الهيدروليكى = ٢,٠٠ متر مكعب / متر مربع / يوم

∴ مساحات المرشحات = ٦٠٠٠ ÷ ٢ = ٣٠٠٠ متر مربع

ويكون عمق المرشح = ٢,٣٣ متر.

ويمكن إما فرض قطر معين للمرشح واستنتاج العدد، أو كمحاولة فرض العدد واستنتاج القطر ويعتمد ذلك على مدى الخبرة فى أعمال التصميم، فمثلاً إذا فرضنا عدد المرشحات يساوى ٣ فإن مساحة المرشح الواحد = ١٠٠٠ متر مربع.

ويكون قطر المرشح فى هذه الحالة = ٣٥,٧ متر

كفاءة المرشح = ١٠٠ ÷ {١ + ٠,٤٤ (ع$^{١/٢}$)}

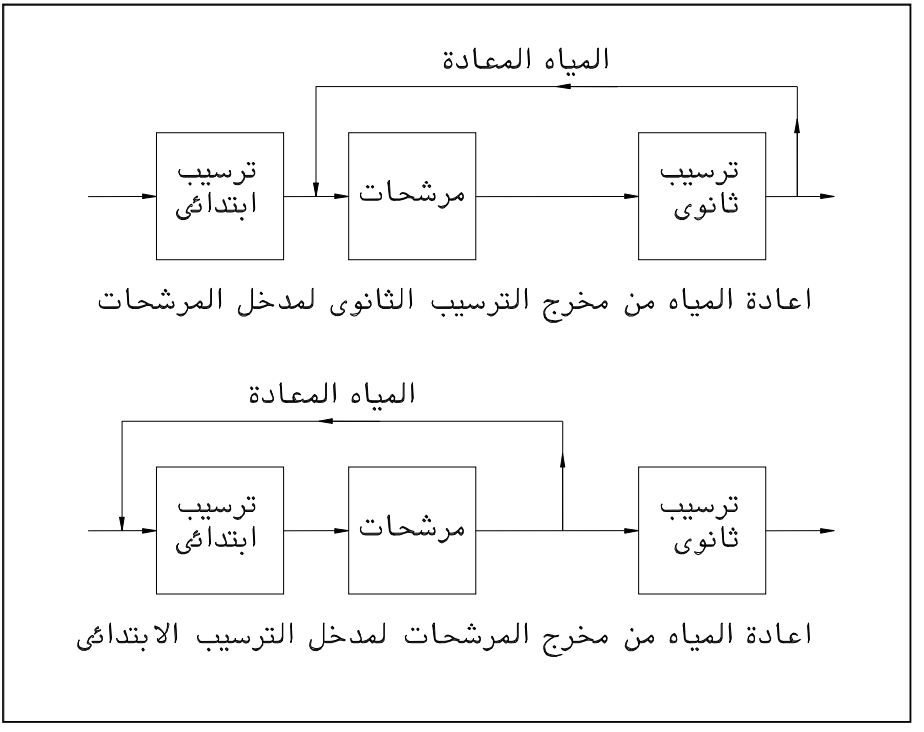
ع = ٨٤٠ ÷ ٦٠٠٠ = ٠,١٤٠ كجم أكسجين حيوى / متر مكعب / يوم.

∴ كفاءة المرشح = ١٠٠ ÷ {١ + ٠,٤٤ (٠,٣٧)} = ٨٥,٨ ٪

وهذه الكفاءة تعبر عن كفاءة المرشحات + أحواض الترسيب التى تلى المرشحات.

مرشحات ذو معدل عالى High Rate Trickling Filter:

تختلف المرشحات البيولوجية ذات المعدل العالى عن المرشحات العادية فى معدلات الأحمال العضوية والهيدروليكية وطريقة التشغيل، حيث يصل الحمل الهيدروليكى لأكثر من عشر أضعاف، والحمل العضوى لحوالى خمس أضعاف أحمال المرشحات العادية. ولتشغيل المرشحات بصورة عملية يتم إعادة نسبة كبيرة من المياه الخارجة من المرشحات أو أحواض الترسيب النهائى إلى مدخل أحواض الترسيب الابتدائى أو المرشحات. وتعتبر إعادة هذه المياه عامل أساسى فى تشغيل المرشحات، ويمكن إعادة



هذه المياه بطرق كثيرة تعتمد على خواص مياه المجارى ودرجة المعالجة المطلوبة، وتكوين المرشح، ومن هذه الطرق ما هو مبين بالرسم التخطيطى. وأحياناً تكون المرشحات البيولوجية مرحلتين بدلاً من مرحلة واحدة، وذلك فى الحالات التى تكون المخلفات السائلة بها نسبة عالية من المواد العضوية، وتكون درجة المعالجة المطلوبة عالية نسبياً.

أسس التصميم :

تختلف عن المرشحات العادية فى الآتى:

١. معدل الحمل العضوى فى حالة استخدام المواد التقليدية كالزلط وكسر الحجارة تتراوح بين (٤٠٠-١١٠٠) جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مكعب من حجم المرشح فى اليوم. ويمكن أن يزيد هذا المعدل بنسبة كبيرة فى حالة استخدام مواد لها مساحات سطحية أكبر والفجوات بينها مناسبة للمعدلات العالية.

٢. معدل الحمل الهيدروليكى يتراوح بين (١٠-٣٥) متر مكعب لكل متر مربع من مساحة المرشحات فى اليوم.

٣. عمق المرشح يتراوح بين (١,٢-١,٨) متر.

٤. كفاءة المرشح يمكن استنتاجها من المعادلات الآتية:

- ك = ١٠٠ ÷ {١ + ٠,٤٤ (ع$^{١/٢}$)}

(١)

حيث:

- ع = و ÷ ح. م

(٢)

- و = وزن الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه التى تدخل المرشحات بالكيلو جرام فى اليوم.
- ح = حجم المرشحات بالمتر المكعب.
- م = معامل المياه المعادة.
- = (هـ + ١) ÷ (١ + ٠,١٠ هـ)^{٢} (٣)

حيث:

- هـ = نسبة المياه المعادة بالنسبة لتصرف محطة المعالجة وتعتمد قيمتها على تركيز المواد العضوية بمياه المجارى.

٥. تحسب نسبة المياه المعادة عند استخدام الحمل الهيدروليكى ولكن تستبعد عند استخدام الحمل العضوى.

مثال (٥–٢) :

لتصرف قدره ٦٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم صمم المرشحات ذات المعدل العالى إذا كان:

- أ. الأكسجين الحيوى المتسهلك فى مياه المجارى الخام = ٢٧٠ مجم/لتر.
- ب. نسبة ترسيب المواد العضوية فى أحواض الترسيب الابتدائى ٤٠٪.
- ج. نسبة المياه المعادة من مخرج أحواض الترسيب النهائى للمرشحات تساوى ١,٥ من تصرف المجارى الخام.
- د. تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب فى المياه بعد معالجتها ٣٠مجم/لتر.

الحل :

وزن الأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى

= ٦٠,٠٠٠ × ٢٧٠ = ١٦٢٠٠ كجم/يوم

الأكسجين الحيوى المستهلك المترسب فى أحواض الترسيب الابتدائى ٤٠ ٪

∴ الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه التى تدخل المرشحات

= ٠,٦٠ × ١٦٢٠٠ = ٩٧٢٠ كجم/يوم.

الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب فى المياه بعد المعالجة = ٣٠ مجم / لتر.

= ٦٠,٠٠٠ × ٣٠ = ١٨٠٠ كجم / يوم.

الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب حجزه فى المرشحات وأحواض الترسيب النهائى = ٩٧٢٠ – ١٨٠٠ = ٧٩٢٠ كجم / يوم.

∴ كفاءة المرشحات والترسيب النهائى

= (٧٩٢٠ ÷ ٩٧٢٠) × ١٠٠ = ٨١,٥ ٪

وبالتعويض فى المعادلة (١) بعد استنتاج قيمة (و)، (ن) من المعادلة (٢)، (٣)

∴ م (معامل المياه المعادة) = (١,٥ + ١) ÷ (١ + ١,١٥)^{٢} = ١,٩

و = ٩٧٢٠ كجم أكسجين حيوى مستهلك / يوم.

∴ بالتعويض فى المعادلة (١)

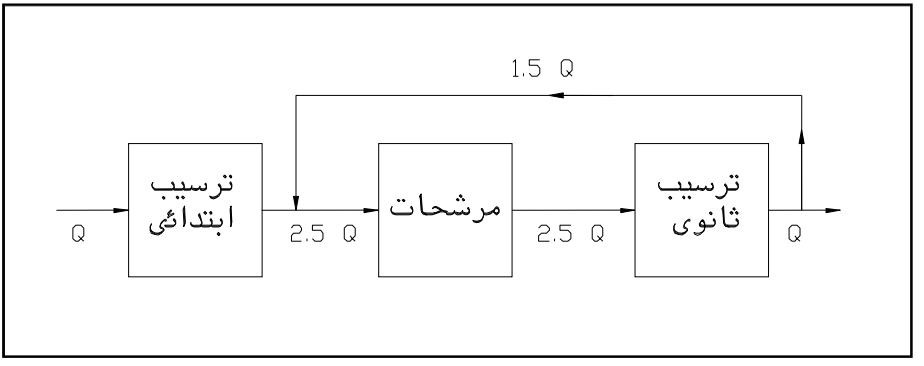
∴ ٨١,٥ = ١٠٠ ÷ {١ + ٠,٤٤ (ع$^{١/٢}$)}

∴ {١ + ٠,٤٤ (ع$^{١/٢}$)} = ١,٢٣

∴ ع = ٠,٢٧

وباستخدام معادلة (٢)

∴ ع = و ÷ ح٠ م



∴ ٠,٢٧ = ٩٧٢٠ ÷ ١,٩ (ح)

∴ ٠,٥٢ ح = ٩٧٢٠

∴ ح = ١٨٦٩٢ متر مكعب = حجم المرشحات.

الحمل الهيدروليكى يمكن فرضه ١٢ متر مكعب / متر مربع / يوم بحيث يشمل التصرف كمية المياه المعادة:

∴ التصرف = ٦٠٠٠٠ × ٢,٥

= ١٥٠,٠٠٠ متر مكعب / يوم.

∴ عمق المرشحات = ١,٥٠ متر،

وباستخدام مرشحات بقطر ٤٠ متر يكون مساحة كل مرشح ١٢٥٦ متر مربع

∴ عدد المرشحات = ١٠ مرشحات، ويكون القطر ٣٩,٩ متر.

أهمية الحمل الهيدروليكى والمياه المعادة للمرشحات :

١. يؤثر فى كفاءة توزيع المياه المتساقطة على أسطح الزلط أو مواد الحشو الأخرى، وبالتالى يؤثر على الطبقة البيولوجية الفعالة فى عملية المعالجة.

٢. يؤثر على درجة حركة المياه خلال المرشح وينعكس ذلك على حركة الهواء داخل فراغات المرشح وعلى معدل الاستفادة من أكسجين الهواء الجوى الذى يذوب فى المياه المتساقطة لإتمام عملية الأكسدة الهوائية.

٣. تعاد نسبة من المياه المعالجة بعد الترسيب النهائى إلى مدخل المرشحات مع المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائى. وتكون نسبة المياه المعادة عادة بين (٠,٥ – ١,٥٠) من تصرف مياه المجارى. إلا أن هذه النسبة قد تصل إلى عشرة أضعاف التصرف عند معالجة المخلفات الصناعية التى تحتوى على تركيز عالىمن المواد العضوية. وتساعد عملية إعادة المياه من مخرج عملية المعالجة بما فيها من عوالق صغيرة لمدخل

المرشحات على تجميع المواد العالقة وتحسين كفاءة عملية الترسيب الثانوى.

عيوب المرشحات البيولوجية ذات المعدل العالى :

١. التأثير البيئى الناتج من رذاذ المياه التى يتم رشها على سطح المرشح خاصة فى الأحوال المناخية التى تسود فيها الرياح السريعة وتصاعد الروائح الكريهة، التى تمثل منطقة جذب سياحى للذباب.
٢. زيادة كمية الحمأة نتيجة للأكسدة الجزئية، وصعوبة ترسيبها والتخلص منها.
٣. فى أبراج المرشحات البيولوجية وفى حالة زيادة تركيز المواد العضوية فى مياه المخلفات السائلة، ينتج منها روائح كريهة، ولا يجوز إنشائها بالقرب من مناطق سكنية. وفى حالة زيادة تركيز المواد السامة بصورة تدمر البكتريا، أو فى حالة توقف المرشحات لمدة حتى تجف تماما، تحتاج إلى مدة طويلة (١٠٠-١٥٠) يوم لتستعيد قدرتها على التشغيل العادى فى درجات حرارة (١٠-٣٠) درجة مئوية. ويمكن إعادة تشغيلها فى وقت أقصر بتدوير المخلفات السائلة من المخرج للمدخل بعملية تشغيل مناسبة.

الأبراج البيولوجية: Biological Towers

الأبراج البيولوجية تعتبر تطوير للمرشحات البيولوجية – وكأى طريقة من طرق معالجة المخلفات السائلة لها ممزاتها وعيوبها – ومميزاتها أن المساحة السطحية نسبة للحجم داخل الأبراج كبيرة عن مثيلاتها فى المرشحات البيولوجية التى تملأ بالزلط أو كسر الحجارة – كما أن المواد داخل الأبراج مصنوعة من البلاستك وخفيفة الوزن، ويساعد ذلك على إنشائها بارتفاع كبير يصل أحيانا لأكثر من ٦ متر، وبين المواد داخل البرج فراغات كافية تساعد على عملية التهوية وتكوين

الطبقة البيولوجية ونموها على سطح هذه المواد – وتكون هذه المواد عادة منتظمة الأشكال مما يساعد على توزيع المياه على سطحها بصورة متجانسة وتتميز أيضا بإمكانية معالجة مخلفات ذات تركيزات عالية نسبيا من المواد العضوية. وتكون المساحة السطحية للمواد المستخدمة (٩٠ – ٢٤٠) م^{٢}/م^{٣} – وتصل الفراغات بين أسطح هذه المواد إلى ٩٥ ٪ – وتوجد أنواع كثيرة من المواد المستخدمة داخل هذه الأبراج مختلفة الأشكال والأبعاد، وتوضع بطريقة تساعد على استخدام أسطح هذه المواد بكفاءة، وأهم عيوب الأبراج البيولوجية الطاقة الكبيرة المستخدمة وصيانة وتشغيل المعدات الميكانيكية والكهربية وعدم الحصول على كفاءة عالية فى المعالجة.

أسس التصميم :

١. الحمل العضوى حوالى ٨٠٠ جم BOD / م^{٣} / يوم.

٢. الحمل الهيدروليكى حوالى ٦٠ م^{٣} / م^{٢} / يوم.

وتتغير هذه المعدلات تبعا للتغير فى تركيز المواد العضوية، ودرجة الحرارة، وعمق البرج ومعدلات إعادة المياه من مخرج أو أسفل البرج إلى السطح العلوى – وفى بعض عمليات المعالجة بهذه الطريقة يمكن استخدام مرحلة حمأة منشطة بعد الأبراج البيولوجية وتكون أحواض التهوية بتركيزات للمواد العالقة تتناسب مع الحمل العضوى الذى يدخل للأحواض من الأبراج. وبالنسبة لكفاءة الأبراج البيولوجية فليست هناك معادلة محددة نظرا لاختلاف المساحة السطحية لنوعيات كثيرة من المواد البلاستيكية المستخدمة كوسط داخل المرشح – كما أن الأشكال الهندسية لهذه المواد تؤثر على مدة بقاء المياه والتى تؤثر بدورها فى نسبة إعادة المياه إلى مدخل المرشح وعلى الأبعاد الداخلية. وتعتمد إزالة المواد

العضوية عادة على معادلات نظرية يصعب الاعتماد عليها لأنها مفروضة على أساس الأكسجين الحيوى المستهلك لمياه المجارى المرشحة.
وكفاءة هذه الطريقة (٦٥ – ٨٥) ٪ فى خفض الأكسجين الحيوى المستهلك – وهذا لا يصل بدرجة المعالجة إلى مستوة المعالجة الثانوية – بالإضافة إلى أنها تستهلك قدر كبير من الطاقة، وهذان العاملان لا يشجعان على استخدامها فى الدول الفقيرة.

عملية الحمأة المنشطة : Activated Sludge Process

بدأت بعض التجارب المعملية على تهوية مياه المجارى مع بداية القرن العشرين واستمرت على هذا المستوى حتى بدأت تأخذ طابع الإشهار فى عام ١٩١٣ حيث قام (Jons and Attwood) بتسجيل براءات الاختراع الآتية:

١. إختراع إنجليزى رقم ١٩٩١٥ بتاريخ ١١ أكتوبر عام ١٩١٣,
٢. إختراع إنجليزى رقم ٢٢٩٥٢ بتاريخ ١١ أكتوبر عام ١٩١٣,
٣. إختراع إنجليزى رقم ٧٢٩ بتاريخ ١٠ يناير عام ١٩١٤,
٤. إختراع إنجليزى رقم ١٩٩١٦ بتاريخ ١١ أبريل عام ١٩١٤.

وتناولت هذه الاختراعات طرق التهوية، فقط ما عدا الاختراع الثالث برقم ٧٢٩ الذى شمل جوهر عملية الحمأة المنشطة، وهو الحمأة المعادة من أحواض الترسيب الثانوى إلى أحواض التهوية.
وفى إنجلترا أنشئت فى هذا التاريخ أول عملية استخدمت الحمأة المنشطة، وفيما يلى ملخص تاريخى لهذه العمليات منذ بداية استخدام هذه الطريقة فى إنجلترا:

١. فى عام ١٩١٤ أنشئت فى سالفورد عمليتين؛ الأولى بتصرف ٣٠٣ متر مكعب فى اليوم، والثانية بتصرف ٤٥ متر مكعب فى اليوم.
٢. فى عام ١٩١٥ أنشئت فى دافيهولم عملية بتصرف ٣٧٨ متر مكعب فى اليوم.
٣. فى عام ١٩١٦ أنشئت فى ورسستر عملية بتصرف ٧٥٧٠ متر مكعب فى اليوم.

٤. فى عام ١٩١٦ أنشئت فى شيفلد عملية بتصرف ٣٠٢٨ متر مكعب فى اليوم.
٥. فى عام ١٩١٧ أنشئت فى وثنجتون عملية بتصرف ٩٤٦ متر مكعب فى اليوم.
٦. فى عام ١٩١٧ أنشئت فى ستامفورد عملية بتصرف ٣٧٨ متر مكعب فى اليوم.
٧. فى عام ١٩٢٠ أنشئت فى ثنستال عملية بتصرف ٣١٠٤ متر مكعب فى اليوم.
٨. فى عام ١٩٢٠ أنشئت فى شيلفد عملية بتصرف ١٣٤٠ متر مكعب فى اليوم.
٩. فى عام ١٩٢١ أنشئت فى دافيهولم عملية بتصرف ٢٥٠٩ متر مكعب فى اليوم.
١٠. فى عام ١٩٢١ أنشئت فى بورى عملية بتصرف ١٣٦٣ متر مكعب فى اليوم.

أما فى الولايات المتحدة فقد بدأ استخدام هذه الطريقة فى وقت متقارب حسب التسلسل الآتى:

١. فى عام ١٩١٦ أنشئت فى سان ماركوس بولاية تكساس عملية بتصرف ٤٥٤ متر مكعب فى اليوم.
٢. فى عام ١٩١٦ أنشئت فى ملووكى بولاية وسكنسن عملية بتصرف ٧٥٧٠ متر مكعب فى اليوم.
٣. فى عام ١٩١٦ أنشئت فى كليفلند بولاية أهيو عملية بتصرف ٣٧٨٥ متر مكعب فى اليوم.
٤. فى عام ١٩١٧ أنشئت فى هستون بولاية تكساس عملية بتصرف ٢٠٨١٧ متر مكعب فى اليوم.
٥. فى عام ١٩١٨ أنشئت فى هستون بولاية تكساس عملية بتصرف ١٨٩٢٥ متر مكعب فى اليوم.
٦. فى عام ١٩٢٢ أنشئت فى دزبلنز بولاية إلينوى عملية بتصرف ٢٠٨١٧ متر مكعب فى اليوم.

٧. فى عام ١٩٢٢ أنشئت فى كالوميت بولاية إنديانا عملية بتصرف ٥٦٧٧ متر مكعب فى اليوم.
٨. فى عام ١٩٢٥ أنشئت فى ملووكى بولاية وسكنسن عملية بتصرف ١٧٠٣٢٥ متر مكعب فى اليوم.
٩. فى عام ١٩٢٥ أنشئت فى إنديانا بولس بولاية إنديانا عملية بتصرف ١٨٩٢٥٠ متر مكعب فى اليوم.
١٠. فى عام ١٩٢٧ أنشئت فى شيكاجو بولاية إلينوى عملية بتصرف ٦٦٢٣٧٥ متر مكعب فى اليوم.

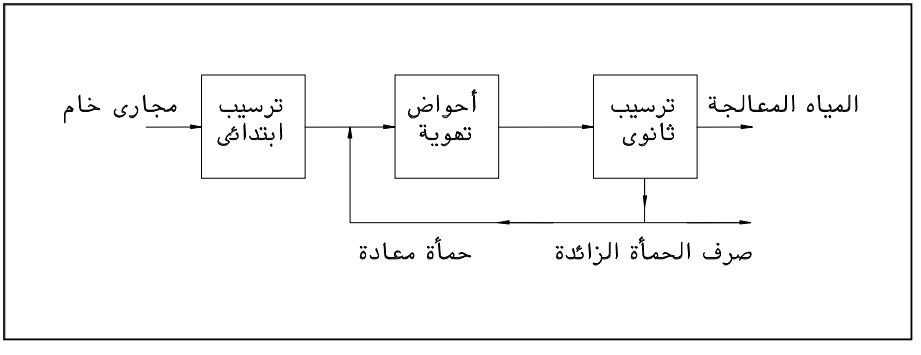
نظام التشغيل :تعتمد هذه العملية على تنشيط الكائنات الحية الدقيقة بمياه المجارى والعوالق الرسوبية، التى ترسب فى أحواض الترسيب النهائى، ويعاد نسبة من هذه الرواسب إلى أحواض التهوية. وفى هذه الأحواض تجد الكائنات الحية الدقيقة البيئة الملائمة بما فيها من مواد عضوية وأكسجين ذائب فى المياه وتقليب مستمر يساعد على تهوية المياه وتنشيط البكتريا، وكائنات دقيقة أخرى ويفضل فى هذه الطريقة أن يتم تهوية الرواسب مدة كافية قبل دخولها لأحواض التهوية الرئيسية حيث يكون بهذه الرواسب نسبة كبيرة من البكتريا، وتهوية هذا المخلوط يعطى فرصة للبكتريا الهوائية لتنشط وتتكاثر ويزيد عددها وقدرتها، فتقوم بعملها بعد ذلك فى أحواض التهوية الرئيسية وتؤكسد وتعمل على تجميع المواد العضوية وبعض الملوثات الأخرى، ولذلك يزيد تريكز المواد العالقة فى أحواض التهوية

بدرجة كبيرة، ويتركز نشاط البكتريا أساساً على أكسدة المواد الذائبة لسهولة امتصاصها وهضمها بواسطة إنزيمات داخلية وخارجية تفرزها البكتريا.

وفى المناطق الحارة يفضل ألا تبقى الحمأة فى أحواض الترسيب الثانوية أكثر من ساعتين، ويفضل أن تكون عملية إعادة الحمأة وصرف الزائد منها بصفة مستمرة.

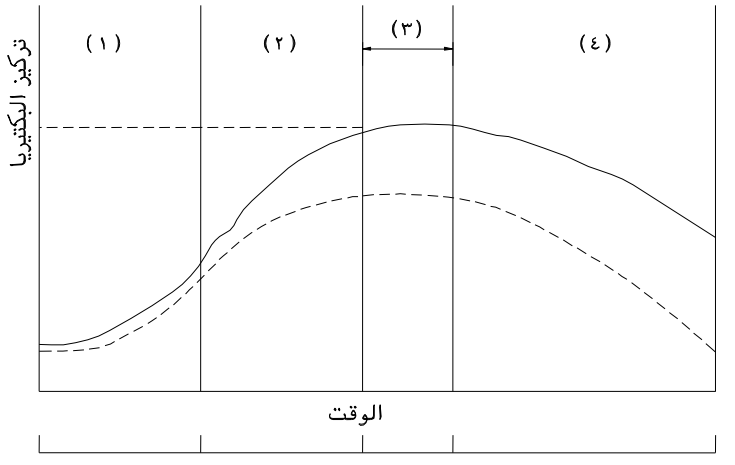
وفى عملية الحمأة المنشطة يساعد نشاط الأوليات فى التخلص من الخلايا البكتيرية الميتة ونواتجها، حيث تحتاج خلية البروتوزوا إلى عدة آلاف من الخلايا البكتيرية فى تكاثرها لمرة واحدة وهذا يساعد الخلايا البكتيرية الجديدة على زيادة نشاطها فى أكسدة المواد العضوية، ويُحسِّن من الخواص الرسوبية للمواد العالقة فى أحواض الترسيب الثانوية.

والمحافظة على أعداد أو تركيزات كافية من البكتريا فى عمليات المعالجة الهوائية؛ هو عامل أساسى فى كفاءة المعالجة، فإذا تم عمل تهوية مستمرة لمياه المجارى فقط، فإنها قد تحتاج لمدة تصل لعدة أيام لنحصل على كفاءة لا تزيد عن ٧٥ ٪ فى إزالة المواد العضوية، مع أن أكسدة وتجميع المواد العضوية لا يحتاج إلا لعدة ساعات إذا كان بمياه المجارى التركيز الكافى من الخلايا البكتيرية والأكسجين الذائب. ويمكن توفير هذه الظروف فى أحواض التهوية بإعادة كمية من الحمأة



المترسبة فـأحواض الترسيب الثانويـة إلى أحـواض التهويـة، حيـث تحتـوى هـذه الرواسب على أعداد كبيرة من البكتريا الهوائية تقوم بعملية أكسدة وتجميع المواد العضوية فى أحواض التهوية بصورة تساعد على ترسيب هذه المواد فى أحواض الترسيب الثانوية.

ويبين شكل (٥-٢) خصائص النمو للبكتريا عموماً حينما يوضع تركيز صغير من البكتريا فى سائل به مواد عضوية، فتبدأ البكتريا بتناقص فى عددها حتى تتأقلم على الوسط الجديد وبعد وقت قصير تبدأ فى التكاثر بطريقة الإنشطار التى تزيد من الخلايا البكتيرية بمعدل متزايد يعتمد على تركيز العناصر الغذائية فى المياه. فالجزء رقم (١) فى المنحنى يكون معدل النمو متزايد وسريع لتوافر العناصر الغذائية فى المياه. وعندما يقل تركيز المواد العضوية بالنسبة لعدد البكتريا المتزايد؛ يبدأ معدل النمو فى الإنخفاض فى المرحلة رقم (٢) ليصل إلى تركيز ثابت فى المرحلة رقم (٣)، والتى تكون فيها



شكل (٥-٢)
نمو البكتيريا

١ - معدل نمو متزايد
٢ - معدل نمو متناقص
٣ - معدل نمو شبه ثابت
٤ - تناقص الخلايا البكتيرية

العناصر الغذائية غير كافية، ويظل عدد الخلايا البكتيرية الحية شبه ثابت تقريباً. وفى المرحلة رقم (٤) يقل تركيز كل من الخلايا البكتيرية الحية والميتة. ويحدد ما تبقى فى المياه من العناصر الغذائية، بما فيها من الخلايا البكتيرية الميتة؛ يحدد تركيز البكتريا الحية ومعدل تناقصها.

وعملية الحمأة المنشطة أكثر كفاءة من المرشحات البيولوجية ولكنها تحتاج إلى مهارة فى التشغيل بواسطة الفنيين على إختلاف مستوياتهم، ولذلك فمتابعة تشغيل هذه الطريقة له أهمية خاصة مهما كانت وحداتها مصممة ومنفذة بدرجة فنية عالية، ومن أهم العوامل التى يجب أن يتابعها قسم التشغيل بمحطة المعالجة:

١. التغير فى معدلات تصرفات مياه المجارى التى تدخل محطة المعالجة.
٢. التغير فى تركيزات المواد العضوية ومكونات مياه المجارى الأخرى.
٣. تركيز المواد العالقة بأحواض التهوية ونسبة المواد المتطايرة بها.
٤. نسبة الرواسب المعادة وتركيز المواد العالقة بها.
٥. تركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية.
٦. كفاءة التقليب فى أحواض التهوية.

والعامل الأخير له أهمية أساسية لعدة أسباب:

ا. يساعد على إمداد مياه المجارى فى أحواض التهوية بالأكسجين الذائب ويساعد على خلط هذا الأكسجين فى محتويات الأحواض.

ب. يساعد التقليب على استمرار التلامس بين الكائنات الحية الدقيقة، وكل من الأكسجين الذائب والمواد العضوية، ويجعل مكونات الحوض متجانسة.

ج. يمنع المواد العالقة من الترسيب فى قاع الحوض ويجعل مكونات الحوض فى صورة تقليب مستمر.

وتعتبر هذه الطريقة من الناحية البيولوجية، فعالة ونشطة لأن الكائنات الحية الدقيقة سواء بمفردها أو فى المواد العالقة تظل فى حالة حركة، وتقليب ويساعد ذلك على

تجديد مكونات المياه حولها، وبالتالى يتوفر الأكسجين الذائب والمواد العضوية لخلايا البكتريا بصفة مستمرة. وتتم عملية التقليب والتهوية، باستخدام الهواء المضغوط أو بأى طريقة ميكانيكية تؤدى نفس الغرض.

وتتعرض العملية لأحمال عضوية مفاجئة، أو مواد سامة أو مؤثرة على نشاط البكتيا – وحتى فى ظروف التشغيل العادية تتغير الأحمال الهيدروليكية والعضوية بنسبة كبيرة على مدار اليوم الكامل، وتستخدم أحواض موازنة فى محطات المعالجة المطلوب تشغيلها بطريقة تعطى كفاءة عالية شبه مستمرة.

وخلال عملية المعالجة لا يحدث أكسدة كاملة للمواد العضوية التى تشمل مركبات الكربون، والهيدروجين، والأكسجين. وتحتوى المخلفات السائلة المعالجة عادة على نسبة من هذه المواد المؤكسدة جزئيا كما أن المواد النتروجينية العضوية مثل البروتينات، والأمينات، واليوريا، تتحلل إلى أمونيا ذائبة، تتأكسد إلى نتريت ثم نترات، بواسطة فصائل بكتيرية خاصة بذلك ويحتاج جرام الأمونيا لكى يتحول إلى نترات إلى حوالى ٤,٣ جم من الأكسجين، وتستغرق وقتا، يجعل بعض الباحثين يرى أنه رغم أكسدة المواد الكربونية فى عمليات الحمأة المنشطة الممتدة، إلا أن تركيز الأمونيا يظل كما هو تقريبا بعد المعالجة.

ويوضح شكل (٥-٣) الطرق الشائعة فى عملية التهوية، إما بالهواء المضغوط باستخدام ناشرات هواء أو موزعات هواء، أو بالطرق الميكانيكية ومن أفضلها طريقة سمبلكس، وتعتمد هذه الطريقة على شفط المياه خلال ماسورة رأسية ورشها على السطح وخلال عملية رش المياه وتقليبها فى الحوض تتم عملية إمداد المياه بالأكسجين الذائب وتهيئة البيئة المناسبة للكائنات الحية الدقيقة لتقوم بعملها. ولا تختلف أسس التصميم فى هذه الحالة عن طريقة التهوية بالهواء المضغوط إلا فى مقاييس الأحواض التى يوضحها الجدول بالاستعانة بشكل (٥-٣-٢).

مقاييس أحواض سمبلكس

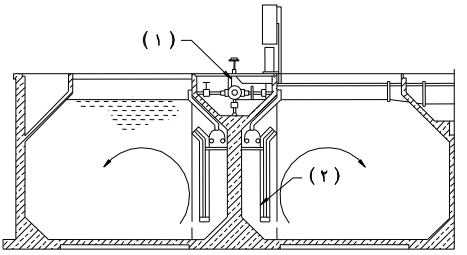
حجم الوحدة (متر مكعب)	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠
العمق الكلى (ع) متر	٢,٨٠	٣,٦٢٥	٣,٩٥	٤,٣٥
إرتفاع الجزء المخروطى المائل (غ)	٠,٢٥	٠,٣٧٥	٠,٧٥	١,٠٠
عرض الحوض (س) متر	٦,٠٠	٧,٥٠٠	٩,٠٠	١٠,٠٠
عرض القاع (سَ) متر	٥,٠٠	٦,٠٠٠	٦,٠٠	٦,٠٠

ويتضح من الجدول أن العمق الكلى يصل لحوالى ٤ متر عندما يزيد حجم الوحدة من هذه الأحواض، وتدل بعض الدراسات التى أجريت على هذه الطريقة على أن العمق يمكن أن يقل إلى ٢ متر وتعطى كفاءة مساوية أو اكبر إلا أنه فى حالة عدم وجود مساحة كافية من الأرض يمكن أن يزيد العمق إلى ٩ متر مع ضمان كفاءة التهوية والتقليب.

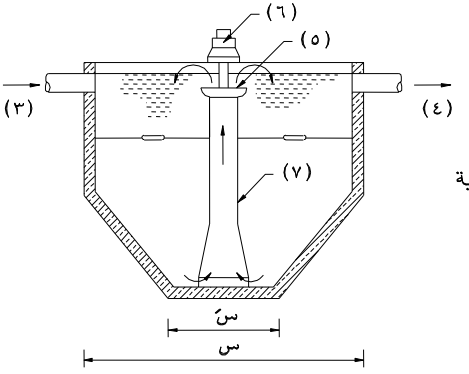
وفى هذه الطريقة ترتفع الماسورة التى تشفط مياه المجارى لسطح الحوض حوالى ٢٠ سم عن سطح المياه. ويمكن تشغيل كل حوض على حده بموتور، أو تشغيل مجموعة من الأحواض بموتور واحد عن طريق عمود مشترك لمراوح هذه الأحواض.

ويبين شكل (٥-٣-٣)، أنبوب يدور بسرعة، وبنهايته العلوية فتحات لسحب الهواء لأسفل الحوض، ويحرك هذا الأنبوب موتور توجد منه قدرات واسعة المجال (١-٧٠) كيوات ساعة. وتستخدم فى أحواض بعمق حتى ٤,٥ متر – وتتميز بإمكانية تغيير موقعها واتجاهها لأى منطقة بالحوض أو البحيرات المهواة.

- يوجد من هذا النوع سعات مختلفة (١ — ١٠٠) حصان.
- تناسب أحواض بعمق حتى ٤,٥٠ متر.
- يمكن تغيير موقعها واتجاهها لأى منطقة بالحوض أو البحيرة.

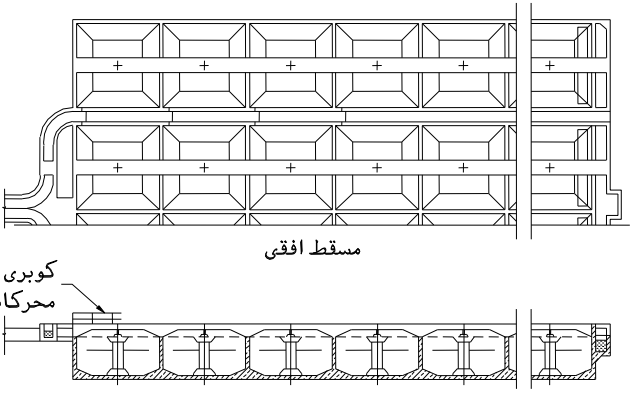


قطاع فى احواض تهوية بالهواء المضغوط
شكل (٥-٣-١)



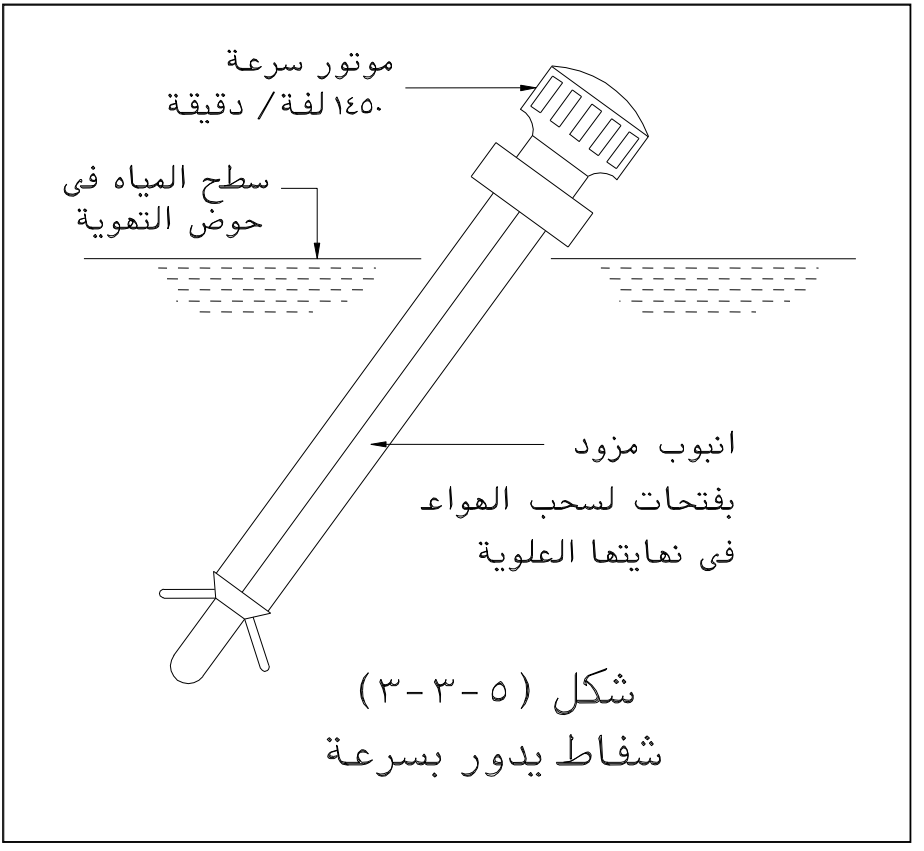
١ - ماسورة للهوا المضغوط الرئيسية
٢ - موزعات للهوا فى الاحواض
٣ - المدخل
٤ - المخرج
٥ - مروحة مخروطية
٦ - عامود او محرك التشغيل
٧ - ماسورة السحب

قطاع فى حوض تهوية بطريقة سمبلكس
شكل (٥-٣-٢)



قطاع (١-١)
احواض تهوية بطريقة سمبلكس

احواض التهوية
شكل (٥-٣)



شكل (٥-٣-٣)
شفاط يدور بسرعة

عملية التهوية والمزج :

تعتمد عملية امتصاص المياه للأكسجين الذائب من الهواء المضغوط على العوامل الآتية:

١. المساحة السطحية لفقاعات الهواء الخارجة من فتحات التهوية.

٢. تركيز الأكسجين الذائب فى المياه المحيطة بفقاعات الهواء.

٣. فترة التلامس بين فقاعات الهواء والمياه.

وتعتمد المساحة السطحية لفقاعات الهواء على الثقوب التى يخرج منها الهواء، ولكن فى حالة الثقوب الكبيرة فإن الفقاعات التى تخرج منها يمكن أن تنشطر إلى فقاعات أصغر أثناء حركتها لأعلى واحتكاكها بالمياه فيزيد ذلك من مساحتها السطحية

الكلية، ولكن معدل أو طبيعة انشطار فقاعات الهواء الكبيرة وكذلك درجة التقليب هى التى تحدد مدى الاستفادة من عملية التهوية.

أهمية النتروجين والفوسفور فى عملية الحمأة المنشطة العادية :

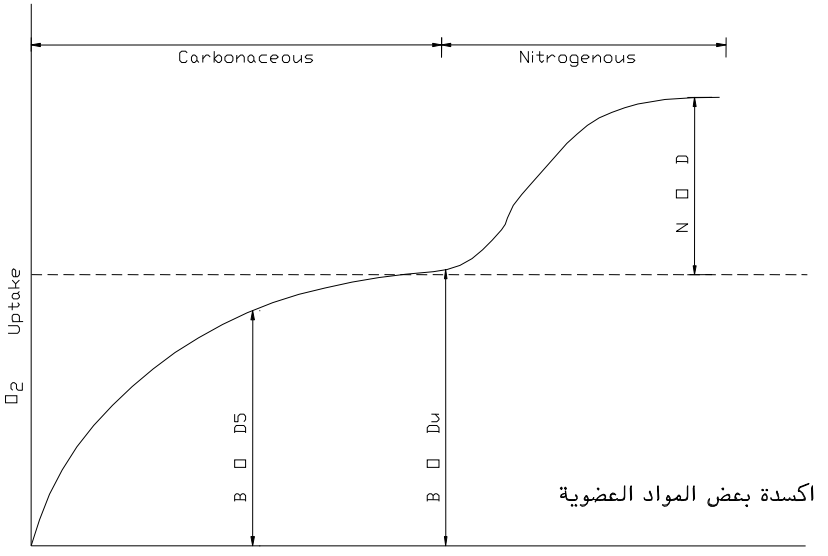
تحتاج عمليات المعالجة البيولوجية إلى وجود عناصر مثل النتروجين والفوسفور فى المخلفات السائلة، وهذه العناصر موجودة أصلا فى مياه المجارى المنزلية بتركيزات كافية، إلا أن مخلفات صناعية كثيرة لا تحتوى على هذه المواد.

ويفضل لتشغيل هذه الطريقة بكفاءة ألا تقل نسبة النتروجين والفوسفور إلى الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب إزالته عن ١ : ٢٠ بالنسبة للنتروجين، و ١ : ١٠٠ بالنسبة للفوسفور.

الأكسجين المطلوب لتثبيت النتروجين: Nitrification :

تبدأ أكسدة المواد النتروجينية عادة بعد أكسدة المواد الكربونية كما يبين شكل (٥-٤) وبمعدل أبطأ. وتحتاج أكسدة المواد النتروجينية إلى أكسجين ذائب مما يضيف حملاً إضافياً إلى عملية التنقية أو المسطحات المائية التى تصرف فيها المياه المعالجة ويجب الأخذ فى الاعتبار بهذه الحقيقة عند تصميم عمليات المعالجة.

وإذا اعتبرنا أن تصرف كل شخص من النتروجين بمياه المجارى يتراوح بين ٦جم إلى ١٢ جم فى اليوم، فإن الاحتياج من الأكسجين لتثبيتها يتراوح بين (٢٦ إلى ٥٢) جم فى اليوم، وهذه قيمة لا يمكن إغفالها إذا قورنت بنصيب الفرد من الأكسجين الحيوى المستهلك والذى يتراوح بين ٥٠ إلى ٧٠ جم فى اليوم، وأخذها فى الاعتبار ضرورى فى حالة حدوث أكسدة للمواد النتروجينية فى عملية المعالجة.



شكل (٥-٤)
الاكسجين المستهلك فى اكسدة المواد الكربونية والنيتروجينية

العوامل التى تساعد على تثبيت النتروجين :

١. يفضل أن يكون الأس الإيدروجينى PH (٧,٦-٨).
٢. لا يقل الأكسجين الذائب فى المياه عن ٢ مجم / لتر لإتمام العملية.
٣. يجب أن تكون المواد الكربونية قد تم تثبيتها، أو بمعنى آخر تكون المخلفات السائلة قد مرت بمرحلة المعالجة البيولوجية التقليدية.
٤. تكون مدة بقاء المياه فى وحدات المعالجة البيولوجية أكبر من معدل نمو البكتريا التى تقوم بعملية أكسدة النتروجين حتى لا تخرج تركيزات كبيرة من هذه البكتريا فى المياه المعالجة.

وتشير الأبحاث فى هذا المجال إلى أن تثبيت المواد النتروجينية يتم فى الظروف الآتية:

ا. عندما يكون مدة دوام الحمأة SRT بين (٣٩-٤٨) ساعة عند درجة حرارة (١٤-١٧) درجة مئوية.

ب. عندما يكون مدة دوام الحمأة SRT ١٢٠ ساعة عند درجة حرارة (٩-١١) درجة مئوية.

وعلى أساس أن مدة دوام الحمأة فى عمليات التهوية التقليدية تساوى من يومين إلى عشرة أيام، فإن عملية تثبيت النتروجين يمكن أن تتم فيها، طالما أن درجة الحرارة لا تقل بدرجة كبيرة تؤثر على النشاط البيولوجى وبالتالى لا تستكمل أكسدة المواد الكربونية التى يجب أكسدتها قبل البدء فى أكسدة المواد النتروجينية.

ولذلك يرى بعض الباحثين أن عملية تثبيت النتروجين قد تحدث صيفاً ولا تتم شتاء. ولكن عموماً لا تصمم عمليات الحمأة المنشطة التقليدية لتثبيت المواد النتروجينية. وتحتوى المياه المعالجة بين ١٥، ٢٠ مجم / لتر نتروجين أمونيا كما تحتوى على (٥-١٠) مجم / لتر نتروجين عضوى قد يكون منها نسبة تم أكسدتها حسب درجة الحرارة وظروف التشغيل الأخرى.

ومن جهة أخرى يتم تثبيت المواد النتروجينية فى عملية التهوية المطولة بدون تأثير درجة الحرارة حيث أن مدة بقاء المياه فى الأحواض كبيرة، فيساعد ذلك على عملية الأكسدة.

كما أن وجود مرحلة فى عملية المعالجة بدون أكسجين ذائب لمدة تصميمية محددة يمكن عن طريقها التخلص من مركبات النتروجين الذى تم أكسدته فى مراحل سابقة – وتسمى هذه المرحلة Anoxic، وكانت ولا زالت موجودة فى بعض الطرق مثل قنوات الأكسدة، والبحيرات المهواة وغيرها بتعديل طريقة التشغيل حسب المستوى المطلوب للمعالجة والتركيز المسموح به لمركبات النتروجين فى المياه المعالجة. وفى هذه المرحلة (Anoxic) لا يوجد أكسجين ذائب فى المياه فى هذه المرحلة – وتستخدم البكتريا الأكسجين من مركب النترات فيخفِّض من تركيزها فى المياه المعالجة بحوالى ٥٠ ٪ أو أكثر فى التهوية المطولة.

ومن مزايا إضافة هذه المرحلة:

ا. خفض تركيز النترات nitrate فى مياه الصرف الصحى المعالجة مما يقلل تأثيرها على المسطحات المائية خاصة أن الاتجاه فى معايير تركيزها فى المياه المعالجة أن تكون فى حدود (٥-١٠) مجم/لتر.

ب. المياه الخارجة من مرحلة الـ Anoxic بتركيز منخفض من النترات يقلل من عملية الـ Denitrification فى أحواض الترسيب الثانوية، وبالتالى يكون ترسيب المواد العالقة أكفأ.

ج. توفير نسبة من الطاقة المطلوبة لمعدات عملية المعالجة.

د. إمكانية عمل التهوية والترسيب فى حوض واحد للتصرفات الصغيرة.

تأثير درجة الحرارة فى المعالجة البيولوجية :

يتضاعف النشاط البيولوجى كلما ارتفعت درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية فى حدود معينة ولكن فى حالة التهوية المطولة والتى تكون فيها نسبة المواد العضوية الداخلة للأحواض إلى كمية الكائنات الحية الدقيقة، حينما تكون هذه النسبة صغيرة يكون تأثير درجة الحرارة أقل، لصغر كمية الغذاء المطلوب للكائنات الحية الدقيقة.

وفى درجات الحرارة العالية ومع زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة، يزيد استهلاكها من الأكسجين الذائب، وتقل نوعاً كمية الحمأة المطلوب التخلص منها.

أسباب ضعف رسوبية العوالق فى عملية الترسيب الثانوى :

ا. عملية الـ Denitrification التى تحدث عادة فى درجات حرارة أعلى من ٢٠ درجة مئوية.

ب. التركيز المنخفض من المواد العالقة.
ج. عدم إعادة حمأة من الترسيب الثانوى لأحواض التهوية بنسبة كافية.
د. زيادة تركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية عن ٤ مجم/لتر.
هـ. زيادة الدليل الحجمى للحمأة (SVI) عن ١٥٠ ووجود ظاهرة انتفاش المواد العالقة والتى تعرف بخاصية Sludge Bulking – والدليل الحجمى للحمأة Sludge Volume Index (SVI) هو قياس ومؤشر للخواص الرسوبية للحمأة المنشطة، ودلالة على كفاءة عملية المعالجة الكلية، على أساس أن المواد العالقة التى لا ترسب فى أحواض الترسيب النهائى تخرج مع المياه المعالجة.

ويعرف S. V. I. : أنه الحجم (سم٣) الذى يحتوى على ١ جم من الحمأة الجافة بعد ترسيبها لمدة ٣٠ دقيقة.

وعندما يكون SVI أقل من ٥٠ تكون الخواص الرسوبية للحمأة ممتازة.

وعندما يكون SVI أقل من ١٠٠ تكون الخواص الرسوبية للحمأة جيدة.

وعندما يكون SVI بين (١٠٠-١٥٠) تكون الخواص الرسوبية للحمأة مقبولة.

وعندما يكون SVI أكبر من ١٥٠ تكون الخواص الرسوبية للحمأة رديئة وفى هذه الحالة تخرج نسبة كبيرة من المواد العالقة فى المياه المعالجة مما يقلل من كفاءة عملية المعالجة من ناحية ويؤثر فى كمية الرواسب المعادة من أحواض الترسيب النهائى لأحواض التهوية من ناحية أخرى.

ظاهرة الرغاء (رغوة) – (زبد) Foaming :

تظهر على سطح أحواض التهوية والترسيب نتيجة لتأثير المنظفات الصناعية والأحماض الدهنية ومواد كيماوية مركبة.

إنتفاش المواد العالقة Sludge Bulking :

تعتبر هذه الظاهرة من المشاكل الرئيسية التى تؤثر فى تشغيل عمليات الحمأة المنشطة، لأنها تزيد من حجم الحمأة وتضعف كفاءة ترسيبها فى وحدات الترسيب الثانوية، مما يزيد من المواد العالقة فى المياه المعالجة. وتبدأ هذه الظاهرة فى عمليات المعالجة فى الحالات الآتية:

١. عندما يزيد المقياس الدليلى للحمأة SVI عن ١٥٠ سم^{٣}/جم.
٢. تقل الكفاءة الرسوبية للحمأة، وتضعف درجة تكثيفها.
٣. إحتواء الحمأة على أكثر من ٣٠ نوعا من البكتريا الخيطية المختلفة التى توجد عادة فى هذه الظروف.

وافترض الباحثون أسباب عديدة لهذه الظاهرة أهمها:

١. عدم وجود أكسجين ذائب فى المياه بتركيز كافى لاحتياج البكتريا.
٢. وصول مياه المجارى لمحطة المعالجة فى حالة متعفنة.
٣. وجود كربوهيدرات بتركيزات عالية فى المخلفات السائلة.
٤. عدم وجود مركبات النتروجين أو الفسفور أو كليهما بتركيز يكفى لاحتياج الكائنات الحية الدقيقة.
٥. انخفاض الأس الايدروجينى PH، أو انخفاض نسبة F\M.
٦. زيادة عمر الحمأة.
٧. زيادة نسبة المخلفات الصناعية فى المخلفات السائلة.
٨. عدم مراعاة أسس التصميم الهندسية لأحواض التهوية.

ويقوم العديد من الباحثين منذ عشرات السنين بدراسة هذه الظاهرة لوجودها فى ما يقرب من نصف محطات المعالجة حتى فى الدول المتقدمة، ورغم كثرة دراسة هذه الظاهرة إلا أن العلماء لم يصلوا لأسباب محددة لحدوثها أو لوجود طرق محددة للتحكم فيها، والدراسات مستمرة لمعرفة المزيد عن هذه الظاهرة وطرق معالجتها.

أسس تصميم أحواض التهوية :

١. مدة بقاء المياه فى الحوض = ٦-١٢ ساعة حسب درجة الحرارة ومكونات مياه المجارى وتحسب الرواسب المعادة ضمن التصرف.

٢. الحمل العضوى لا يزيد عن ٥٦٠ جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مكعب من حجم الأحواض فى اليوم.

٣. يمكن فرض الحمل العضوى على أساس (٠,٤٠-٠,٧٠) كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك (BOD) لكل كيلو جرام (مواد عالقة طيارة (MLVSS) فى مياه أحواض التهوية، وذلك فى المناطق ذات الأجواء المعتدلة، ويمكن زيادة هذا الحمل العضوى إلى ٠,٧٠ -٠,٩٠) فى المناطق الدافئة والحارة.

٤. على أساس أنه فى حالة الحمأة المنشطة العادية تكون المواد العالقة الطيارة MLVSS مساوية لحوالى (٧٠-٨٠) ٪ من المواد العالقة MLSS فى أحواض التهوية يمكن فرض الحمل العضوى بالنسبة للمواد العالقة على النحو التالى:

ا. فى المناطق المعتدلة يكون الحمل العضوى (٠,٣٠-٠,٥٠) كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك BOD لكل كيلو جرام من المواد العالقة MLSS فى مياه أحواض التهوية.

ب. فى المناطق الدافئة والحارة يرتفع هذا الحمل إلى (٠,٥٠-٠,٧٠) kg BOD /kg MLSS

٥. عمق الحوض يتراوح بين ٣-٤,٥ متر.

٦. عرض الحوض ٤,٥-٦ متر.

٧. طول الحوض الواحد يتراوح بين ٣٠ و ١٢٠ متر.

٨. نسبة الرواسب المعادة من الترسيب النهائى لأحواض التهوية تكون ٢٠-٣٥ ٪ من التصرف المتوسط للوحدات، ويكون تركيز الحمأة المعادة = (١٠ ٦ ÷ S. V. I).

٩. تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية يكون ١٥٠٠-٢٥٠٠ مجم / لتر.

١٠. معدل الهواء المضغوط اللازم للتهوية تكون (٢-١١) متر مكعب هواء لكل متر مكعب من مياه المجارى، ويمكن حسابه على أساس ٩٥م٣ هواء لكل كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك داخل لحوض التهوية.

١١. فى طريقة التهوية الميكانيكية والتهوية بالهواء المضغوط يجب أن تعطى أى طريقة لحوض التهوية على الأقل ١ كيلو جرام أكسجين ذائب لكل كيلو جرام BOD يدخل الحوض.

١٢. الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية يفضل أن يكون (١-٢) مجم / لتر حتى يمكن الاستفادة من أكبر نسبة من أكسجين الهواء المضغوط.

١٣. عمر الحمأة: Sludge Age : هو متوسط الوقت الذى تبقى فيه المواد الصلبة فى مراحل عملية المعالجة – ويعرف أيضاً بأنه مساوى للوزن الكلى للمواد العالقة فى مراحل المعالجة مقسوما على وزن المواد العالقة التى تصرف يومياً، ويكون (٢-١٠) يوم.

لبيان وتوضيح الحمل العضوى (F\M)، فقد سبق الإشارة إليه على أنه وزن الأكسجين الحيوى المستهلك الداخل لأحواض التهوية مقسوما على المواد العالقة الطيارة فى هذه الأحواض، وتمثل المواد الطيارة كمية الكائنات الحية الدقيقة التى تقوم بعملية تثبيت المواد العضوية بمياه المجارى.

وكمثال لعملية معالجة بالحمأة المنشطة، ولتصرف ٦٠٠٠٠ م^3/يوم – كانت المواد العالقة MLSS فى أحواض التهوية ٢٠٠٠ مجم/لتر (جم/م^3) – وكانت سعة أحواض التهوية ٢٠٠٠٠ م^3 – وتركيز الأكسجين الحيوى المستهلك فى المجارى الخام ٢٧٠مجم/لتر (جم/م^3) – إحسب معدل الحمل العضوى F\M.

الحل :

بفرض حجز ٣٠ ٪ من الأكسجين الحيوى المستهلك فى عملية الترسيب الابتدائى.

∴ الأكسجين الحيوى المستهلك الداخل إلى أحواض التهوية =

٠,٧٠ × ٦٠٠٠٠ × ٢٧٠ = ١١٣٤٠٠٠٠ جم/يوم = ١١٣٤٠ كجم/يوم

المواد العالقة MLSS فى أحواض التهوية = ٢٠٠٠ × ٢٠٠٠٠

= ٤٠٠٠٠٠٠٠ جرام = ٤٠٠٠٠ كجم

وبفرض نسبة المواد العالقة الطيارة إلى المواد العالقة ٧٠ ٪

∴ وزن MLVSS = ٠,٧٠ × ٤٠٠٠٠ = ٢٨٠٠٠ كجم

∴ F\M = ١١٣٤٠ ÷ ٢٨٠٠٠ = ٠,٤٠٥ كجم^{٢} أكسجين حيوى مستهلك لكل كجم مواد عالقة طيارة فى اليوم.

١٤. يمكن حساب نسبة الحمأة المعادة من المعادلة الآتية:

النسبة المئوية للحمأة المعادة = ١٠٠\ (١٠٠ ÷ SVI × ع) –١

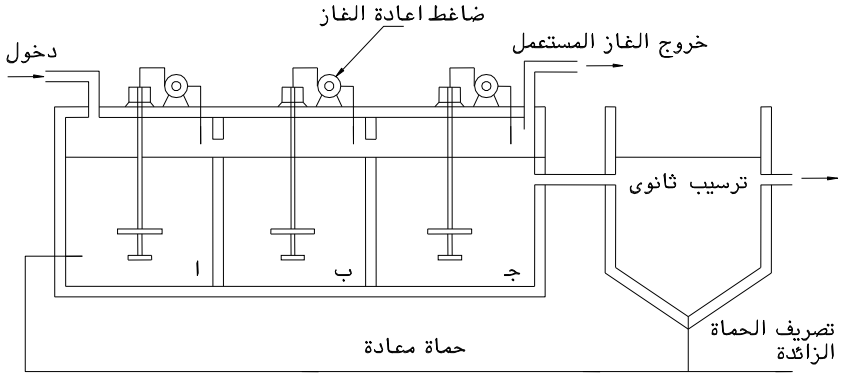
حيث: SVI هو الدليل الحجمى للحمأة وبفرضه ١٠٠

ع = النسبة المئوية للمواد الصلبة فى المواد العالقة بأحواض التهوية وبفرضها ٢٠٠٠مجم / لتر = ٢جم/لتر = ٠,٢ ٪

∴ نسبة الحمأة المعادة = ٢٥٪.

إستخدام الأكسجين النقى فى التهوية: يستخدم فى أحواض متتالية بحيث يتم إعادة الأكسجين الذى لا تمتصه المياه إلى الأحواض مرة أخرى. ويكون حجم أحواض التهوية فى هذه الحالة أقل من حجمها فى حالة التهوية بالهواء المضغوط، إلا أن المقارنة الاقتصادية يجب أن تأخذ فى الاعتبار تكاليف استخدام الأكسجين النقى.

ويستخدم غاز الأكسجين المسيَّل فى أحواض مغلقة تدخل فيها المجارى المرسبة إبتدائياً (شكل ٥-٥). ويتم إدخال الأكسجين والحمأة المعادة فى الجزء الأول (أ) من الحوض، ويكون الأكسجين بضغط صغير حيث تعتمد درجة التقليب على معدات ميكانيكية سطحية تكفى لإعطاء الحركة اللازمة فى حوض التهوية ويبين شكل (٥-٥) قطاع فى أحواض التهوية وتنقسم عادة إلى ثلاثة أجزاء بكل منها معدات تقليب ميكانيكية. ويكون إمداد الأكسجين لأحواض التهوية بطريقة أوتوماتيكية تعتمد على الضغط فى هذه الأحواض، فكلما أُستهلك الأكسجين الذائب فى المياه تذوب كمية



شكل (٥-٥)
استخدام الاكسجين فى عملية الحماة المنشطة

من غاز الأكسجين فيقل الضغط فى أحواض التهوية إلى حد معين يبدأ معه ضاغط الغاز فى المعمل أوتوماتيكيا لتعويض أحواض التهوية بالأكسجين الذى استهلك. ويكون استهلاك الأكسجين أكبر فى الجزء الأول من الحوض (أ) ثم يقل فى الجزء (ب)، ثم يقل أكثر فى الجزء الأخير (ج) الذى تخرج منه الغازات فى نهاية عملية التهوية حيث تحتوى عادة على حوالى ٥٠ ٪ أكسجين، ويكون معدل خروج هذه الغازات حوالى (١٠-٢٠) ٪ من معدل دخول غاز الأكسجين فى بداية حوض التهوية.

وتحتاج معدات التهوية إلى طاقة تقدر بحوالى (١٦-٢٨) وات لكل متر مكعب.

وتتميز طريقة استخدام الأكسجين فى الحمأة المنشطة بالآتى:

ا. إمكانية زيادة الحمل العضوى مع المحافظة على معدلات ترسيب عالية فى أحواض الترسيب النهائى.

ب. انخفاض كميات الحمأة الزائدة نتيجة لزيادة أكسدة المواد العضوية.

ج. إمكانية زيادة الحمل الهيدروليكى وتشغيل هذه الطريقة فى حالة التصرفات المتغيرة وبالتالى استخدام أحواض تهوية أصغر.

د. زيادة تركيز الكائنات الحية الدقيقة التى تقوم بعملية الأكسدة.

هـ. يصل تركيز المواد العالقة فى الأحواض بين (٣٠٠٠، ٥٠٠٠) مجم / لتر.

و. يصل الحمل العضوى إلى (١,٦-٤) كجم أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مكعب من حجم الأحواض فى اليوم.

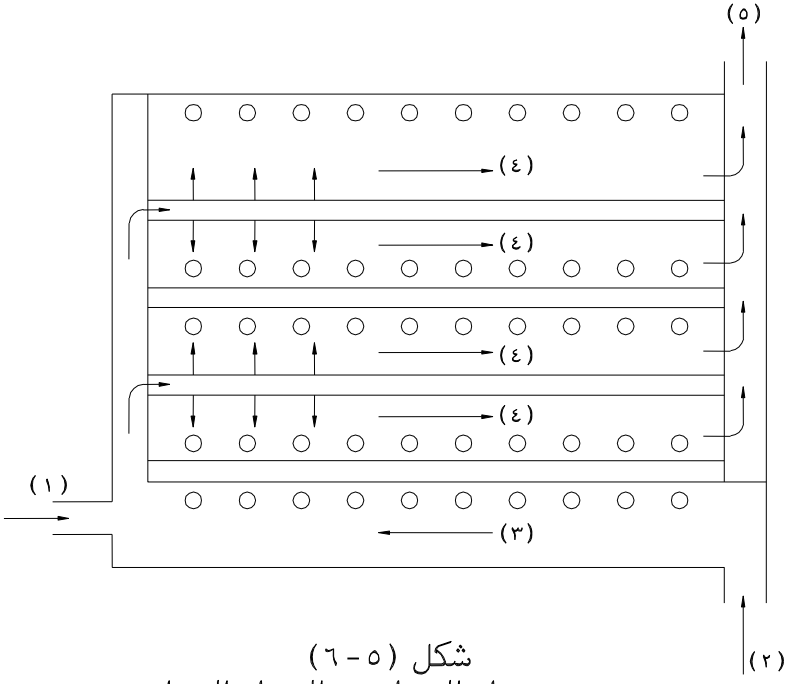
طريقة التشغيل المعدلة :

١. تناقص تدريجى لمعدلات التهوية :

فى طرق التهوية التقليدية يكون معدل التهوية ثابتاً فى جميع الأحواض، فى حين يكون معدل استهلاك الأكسجين الذائب أكبر فى بداية دخول مياه المجارى لزيادة نشاط البكتريا الهوائية بسبب دخول المواد العضوية التى لم تتعرض للأكسدة بعد. ويتناقص معدل استهلاك الأكسجين بصفة مستمرة مع مسار مياه المجارى لاستمرار عملية الأكسدة وتناقص المواد العضوية. ولذلك يقترح هذا التعديل زيادة معدلات التهوية فى منطقة المدخل سواء بزيادة ناشرات الهواء فى حالة الهواء المضغوط، أو بزيادة وحدات التهوية فى حالة التهوية الميكانيكية، وفى الحالتين يتناقص معدل التهوية حسب المعدلات الفعلية لاستهلاك البكتريا للأكسجين الذائب فى طول مسار مياه المجارى من مداخل أحواض التهوية إلى مخارجها.

٢. التهوية التدريجية :

يبين شكل (٥-٦) طريقة لتوزيع مياه المجارى على مداخل أحواض التهوية وعلى مسافة حوالى ثلث طول الحوض ويزيد من فعالية هذه الطريقة خلط الحمأة المعادة مع مياه المجارى قبل توزيعها على أحواض التهوية، فتشمل عملية التوزيع كلا من مياه المجارى والحمأة المعادة. ويبقى معدل التهوية ثابتاً فى طول أحواض التهوية. وفى بعض طرق التشغيل يتم توزيع مياه المجارى على طول أحواض التهوية، فى حين



شكل (٥-٦)
توزيع مياه المجارى والحماة المعادة

١ - مياه المجارى من احواض الترسيب الابتدائى
٢ - حماة معادة من احواض الترسيب الثانوى
٣ - تهوية وتنشيط الحماة المعادة
٤ - احواض التهوية
٥ - مخرج مياه المجارى لاحواض الترسيب الثانوى

تدخل الحمأة المعادة على مداخل الأحواض فقط، وذلك حتى يكون استهلاك الأكسجين الذائب فى المياه شبه متجانس.

وتكون أسس التصميم لهذه الطريقة كالتالى:

مدة بقاء المياه فى أحواض التهوية = ٥-٧ ساعات.

تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية = ٢٠٠٠-٣٥٠٠ مجم / لتر.

الحمل العضوى = (٦٤٠-٩٦٠) جرام BOD / م^{٣} من حجم أحواض التهوية.

الحمل العضوى بالنسبة للمواد العالقة = (٢٠٠-٤٠٠) جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل كيلو جرام مواد عالقة فى أحواض التهوية (MLSS).

كفاءة المعالجة = (٨٥-٩٥)٪.

٣. الإمتصاص السريع: Contact Stabilization :

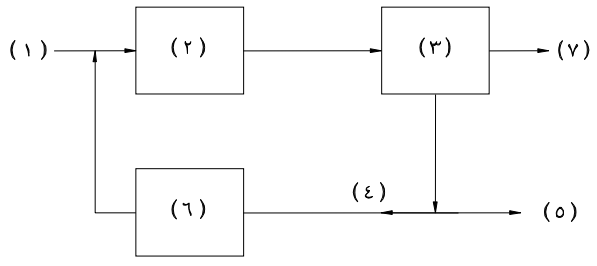
فى هذه الطريقة يتم امتصاص المواد العضوية وتجميعها من المخلفات السائلة بواسطة الحمأة المنشطة التى يتم تهويتها لفترة معينة بعد سحبها من أحواض الترسيب الثانوية، وتكون مدة بقاء المياه فى أحواض التهوية صغيرة نسبياً، يتم فيها امتصاص وتجميع للمواد العضوية ويساعد على ذلك تهوية الحمأة المعادة وتنشيط ما بها من بكتريا قبل دخولها لأحواض التهوية. ومن عيوب هذه الطريقة أن كفاءة أكسدة المواد العضوية الذائبة أقل بكثير من مثيلاتها فى الطرق التقليدية.

وزيادة على ذلك فإن الدراسات المعملية والحقلية أظهرت سرعة التفاعلات والأنشطة التى تتم فى أحواض التهوية، طالما توفرت تركيزات مناسبة من الكائنات الحية الدقيقة والأكسجين الذائب والمواد العضوية بالإضافة إلى التقليب الكافى لإتمام الأنشطة اللازمة، وهذا يشجع استخدام هذه الطريقة التى تتمشى مع نتائج هذه الدراسات، حيث تتميز هذه الطريقة بمدة بقاء صغيرة فى أحواض التهوية يتم فيها عملية تجميع المواد الذائبة والعالقة الدقيقة فى حبيبات كبيرة نوعا ترسب بسهولة فى أحواض الترسيب النهائى.

ويفضل فى بعض الأحيان تشغيل المعالجة بإضافة أحواض تهوية تقليدية بعد أحواض الامتصاص السريع ليتم فيها تثبيت نسبة من المواد العضوية التى أمكن تجميعها وترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى، خاصة أن هذه المواد تحتوى على تركيزات كبيرة جدا من الكائنات الحية الدقيقة.

وأسس تصميم هذه الطريقة كالتالى :

- مدة بقاء المياه فى أحواض التهوية = (٣٠—١٢٠) دقيقة.



رسم تخطيطى لطريقة الامتصاص السريع

١ - مياه مجارى بعد الترسيب الابتدائى
٢ - أحواض التهوية
٣ - أحواض الترسيب الثانوى
٢ - حمأة معادة
٥ - حمأة زائدة
٦ - تنشيط الحمأة المعادة
٧ - المياه المعالجة

- مدة بقاء الحمأة فى أحواض التنشيط = ٣-٦ ساعة.
- تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية = ١٠٠٠-٣٠٠٠ مجم / لتر.
- تركيز المواد العالقة فى أحواض التنشيط = ٤-١٠ جم / لتر.
- الحمل العضوى = (٩٦٠-١٢٠٠) جرام BOD / م^{٣} من حجم أحواض التهوية = (٢٠٠-٦٠٠) جم أكسجين حيوى مستهلك لكل كيلو جرام مواد عالقة فى أحواض التهوية (MLSS).
- كفاءة المعالجة = (٨٠-٩٠)٪.

٤. المزج الكلى فى أحواض التهوية :

تشبه طريقة التهوية العادية فى عملية المعالجة وتتابع مراحلها، ولكنها تختلف عنها فى توزيع مياه المجارى والحمأة المعادة على الطول الكلى للحوض، بدلاً من دخولها فى بداية الحوض فقط فى حالة التهوية العادية.

وفى طريقة المزج الكلى يكون تركيز المواد العالقة أكبر منه فى الطريقة العادية، ولذلك يمكن أن تستوعب التغيرات فى الأحمال العضوية والهيدروليكية أو الزيادة الفجائية فيها. وأسس التصميم لهذه الطريقة كالتالى:

- مدة بقاء المياه فى أحواض التهوية = ٤-٨ ساعات.
- تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية = ٣٠٠٠-٦٠٠٠ مجم / لتر.
- الحمل العضوى = (٨٠٠-١٩٠٠) جرام BOD / م^{٣} من حجم أحواض التهوية.
- الحمل العضوى بالنسبة للمواد العالقة = ٢٠٠-٦٠٠ جم أكسجين حيوى مستهلك لكل كيلو جرام مواد عالقة فى أحواض التهوية (MLSS).
- كفاءة المعالجة = (٨٥-٩٥)٪.

الترسيب الثانوى: Secondary Sedimentation :

وحدات الترسيب الثانوى جزء لا يتجزأ من عملية المعالجة البيولوجية فى أى صورة من صورها. فبالنسبة للمرشحات البيولوجية يتم فى أحواض الترسيب الثانوية حجز المواد الرسوبية التى تم تجميعها وأكسدتها داخل المرشحات، وأحواض الترسيب هى التى تحسن من خواص المياه فى نهاية مراحل المعالجة. وفى عملية الحمأة المنشطة يكون لأحواض الترسيب الثانوية وظيفة أخرى علاوة على تحسن خواص المياه، ألا وهى إمداد أحواض التهوية بالحمأة المعادة التى تحتوى على أعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة التى تقوم بأكسدة وتجميع المواد العالقة فى أحواض التهوية.

وفى عمليات الحمأة المنشطة يكون الحمل على أحواض الترسيب الثانوية غير عادى، حيث تخرج المياه من أحواض التهوية وبها تركيز يصل لأكثر من ٢٠٠٠ مجم / لتر من المواد العالقة التى يجب ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى لسببين:

ا. ترويق المياه من المواد العالقة لتخرج مياه المجارى بعد ذلك وقد تخلصت من أكبر نسبة ممكنة من العكارة والمواد العضوية بها.

ب. ترسيب المواد العالقة لإعادة نسبة منها كحمأة معادة حيث أنها أساس هذه العملية لاحتوائها على الكائنات الحية الدقيقة التى تقوم بعملية الأكسدة والتجميع للمواد العضوية فى أحواض التهوية.

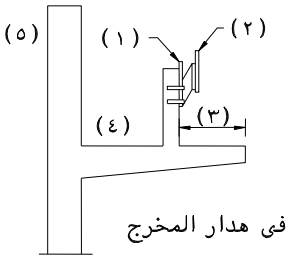
ويجب أن يراعى فى تصميم وتشغيل أحواض الترسيب النهائى أن تعاد نسبة الرواسب المطلوب إعادتها بأسرع ما يمكن إلى أحواض التهوية قبل أن تتأثر الكائنات الحية الدقيقة من عدم وجود البيئة الملائمة لنشاطها فى قاع أحواض الترسيب، حيث أن المكان المناسب لهذه الكائنات هو أحواض التهوية ويفضل أن يكون إعادة نسبة الرواسب المطلوبة مستمر بدون أى تخزين فى أحواض الترسيب النهائى ويجب أن يراعى ذلك فى التصميم الهندسى للأحواض بحيث تكون إعادة الحمأة إلى أحواض التهوية بأسرع ما يمكن. وفى نفس الوقت يراعى فى تصميم أحواض الترسيب أن تكون كفاءته أكبر ما

يمكن لأن زيادة المواد العالقة فى المياه الخارجة من أحواض الترسيب الثانوية يصاحبه زيادة فى الأكسجين الحيوى المستهلك.

ومن العوامل التى تؤثر على كفاءة أحواض الترسيب نظام المدخل والمخرج، وهذا ما يجب أن يراعيه مهندس التصميم، فنظام المدخل يجب ألا يؤثر فى الرواسب بقاع الحوض، وهدار المخرج يجب أن يكون طوله كافياً، ووضعه مناسباً، وبالنسبة للحوض المربع أو الدائرى يكون هدار المخرج بطول محيط الحوض، وينشأ حاجز دائرى يبعد ٦٠ سم من الهدار كما هو مبين بالشكل ويساعد هذا الشكل فى تغيير مسار المياه عند المخرج بطريقة تقلل من خروج المواد العالقة مع المياه، ويمكن الاعتماد على هدار خارجى واحد عند محيط الحوض بالنظام المبين بالشكل وعدم استخدام هدارات داخلية لتأثيرها السلبى فى بعض الأحيان على كفاءة أحواض الترسيب الثانوى، حتى وإن كان محيط الحوض غير كافى لطول الهدار، إلا أنه فى الأحواض الدائرية ذات الأقطار الكبيرة يمكن عمل هدارين دائريين على أبعاد مناسبة تعتمد على قطر الحوض.

أسس تصميم أحواض الترسيب الثانوية :

يراعى فى تصميم هذه الأحواض سهولة وسرعة تجميع المواد المترسبة بالقاع، وتكون



قطاع فى هدار المخرج

١ - لوح الهدار
٢ - حاجز المواد الطافية
٣ - بلاطة دائرية ممتدة حوالى ٦١ سم
٢ - قناة تجميع المياه بعد الترسيب
٥ - الحائط الخارجى للحوض

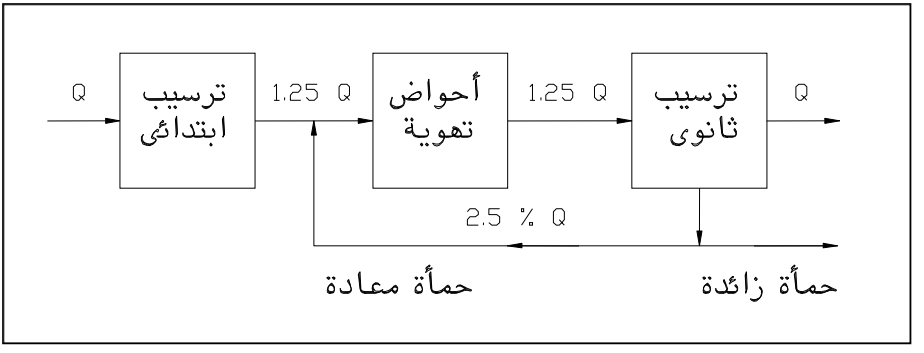
هذه الأحواض غالباً دائرية أو مربعة، يميل قاعها بدرجة مناسبة لتجميع الرواسب. ويتبع فى تصميمها الأسس الخاصة بأحواض الترسيب الإبتدائى ما عدا العوامل الآتية:

١. التحميل السطحى لا يزيد عن ٣٢ متر مكعب / متر مربع / يوم.
٢. معدل خروج المياه على هدار المخرج لا يزيد عن ١٢٠ متر مكعب / متر / يوم.
٣. السرعة الرأسية تتراوح بين (٣-٤) سم / دقيقة.
٤. يفضل ألا تقل مدة بقاء المياه فى الأحواض عن ٣ ساعات.
٥. يفضل ألا يزيد SVI عن ١٠٠ حتى لا يؤثر ذلك على كفاءة الترسيب.
٦. لا يقل عمق الحوض عن ٥ متر.

مثال (٥-٣) :

صمم أحواض التهوية بالهواء المضغوط لتصرف قدره ٣٠٠٠٠ ثلاثون ألف متر مكعب فى اليوم، بفرض الأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى الخام ٣٠٠ مجم / لتر (جم / متر مكعب) وأن نسبة ٣٥ ٪ منها يتم ترسيبه فى أحواض الترسيب الابتدائى. ثم صمم أحواض الترسيب النهائى التى تلى أحواض التهوية، بفرض أن المواد الصلبة فى الحمأة المترسبة تساوى ٢٠٠ مجم / لتر، نسبة لتصرف المجارى.

الحل :



بفرض الحمأة المعادة ٢٥ ٪ من التصرف

= ٣٠٠٠٠ × ٠,٢٥ = ٧٥٠٠ متر مكعب / يوم

تصرف المياه التى تدخل أحواض التهوية = ٣٧٥٠٠ متر مكعب / يوم

وبفرض مدة بقاء المياه فى الأحواض = ٨ ساعات

∴ حجم أحواض التهوية = ٣٧٥٠٠ (٨ ÷ ٢٤) = ١٢٥٠٠ متر مكعب

ولمراجعة الحمل العضوى:

الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه التى تدخل أحواض التهوية =

= ٣٠٠٠٠ × ٣٠٠ × ٠,٦٥

= ٥٨٥٠ كجم أكسجين حيوى مستهلك / يوم

∴ الحمل العضوى = ٥٨٥٠ ÷ ١٢٥٠٠ = ٠,٤٦٨ كجم أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مكعب من حجم أحواض التهوية وهى أقل من ٠,٥٦٠ فتكون مناسبة لأنها فى حدود أسس التصميم.

وبفرض عرض الحوض ٥ متر، وعمقه ٤ متر

∴ طول الأحواض = ١٢٥٠٠ ÷ (٤ × ٥) = ٦٢٥ متر

وباختيار ٨ أحواض تهوية يكون طول كل حوض = ٧٨ متر وبفرض أن أحواض تهوية الرواسب المعادة تمثل ١١ ٪ من حجم أحواض التهوية الرئيسية.

∴ يمكن إضافة حوض بنفس الأبعاد (٧٨ × ٥ × ٤) متر

ليتم فيه تهوية الرواسب المعادة قبل خلطها مع مياه المجارى التى تخرج من أحواض الترسيب الابتدائى.

كمية الهواء المستخدمة = ٨متر مكعب هواء لكل متر مكعب مجارى

= ٨ × ٣٠٠٠٠ = ٢٤٠٠٠٠ متر مكعب / يوم

= ٢,٧٧ متر مكعب / ثانية

وبفرض سرعة الهواء فى المواسير = ١٠ متر / ثانية.

∴ قطر الماسورة الرئيسية من ضاغطات الهواء لأحواض التهوية

= ٠,٥٩٥ متر = ٦٠٠ مم.

أحواض الترسيب النهائى :

التصرف = ٣٧٥٠٠ متر مكعب / يوم

التحميل السطحى = ٣٢ متر مكعب / متر مربع / يومن

∴ مساحة الأحواض = ١١٧٢ متر مربع

بفرض ٣ أحواض

∴ مساحة كل حوض = ٣٩١ متر مربع

∴ قطر الحوض = ٢٢,٣ متر، والعمق يمكن فرضه ٤ متر.

لمراجعة معدل خروج المياه على هدار المخرج:

تصرف الحوض الواحد = ١٢٥٠٠٠ متر مكعب / يوم.

ومعدل خروج المياه على الهدار لا يزيد عن ١٢٠ متر مكعب / متر / يوم

∴ طول الهدار يجب ألا يقل عن (١٢٥٠٠÷ ١٢٠) = ١٠٤ متر

محيط الحوض = ٧٠ متر، وحيث أنه لا يكفى فيضاف هدارات داخلية تتصل بالهدار الخارجى لتفى بالطول المطلوب.

وزن المواد الصلبة فى رواسب الأحواض

= ٣٧٥٠٠ × ٠,٢٠٠ = ٧٥٠٠ كجم / يوم

حيث أن هذه الرواسب تمثل ٢ ٪ من وزن الحمأة (بفرض ٩٨ ٪ مياه)

∴ وزن الحمأة = ٧٥٠٠ ÷ ٠,٠٢

= ٣٧٥٠٠٠ كجم / يوم

= ٣٧٥ طن / يوم

حجم الحمأة = ٣٧٥ متر مكعب فى اليوم، بفرض الكثافة تساوى ١ تقريباً.

مثال (٥–٤) :

للتصرف المذكور فى مثال (٥–٣)، صمم أحواض سمبلكس اللازمة للتهوية.

الحل :

باتباع أسس التصميم فى المثال السابق، يكون حجم أحواض التهوية = ١٢٥٠٠ متر مكعب.

وباختيار حجم الوحدة ٤٠٠ متر مكعب، وباستخدام الجدول الخاص بمقاييس أحواض سمبلكس:

∴ عدد الوحدات = ٣١,٢٥ = ٣٢ وحدة.

وباقى خطوات الحل كما وردت بالمثال السابق.

مثال (٥–٥) :

فى عملية معالجة بالحمأة المنشطة، كان دخول الهواء المضغوط ٧٥ متر مكعب لكل كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل كيلو جرام أكسجين يذوب فى حوض التهوية. والمطلوب حساب كفاءة نقل الأكسجين من الهواء المضغوط لمياه الحوض، إذا كان المتر المكعب من الهواء يحتوى على ٢٧٩ جرام من الأكسجين عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.

الحل :

وزن الأكسجين فى الهواء المضغوط لكل كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك

= ٣م٧٥ × ٢٧٩ جرام / م٣

= ٢٠٩٢٥ جرام

= ٢٠,٩٢٥ كيلو جرام.

الأكسجين الذى يذوب فى مياه حوض التهوية = ١ كيلو جرام لكل كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك.

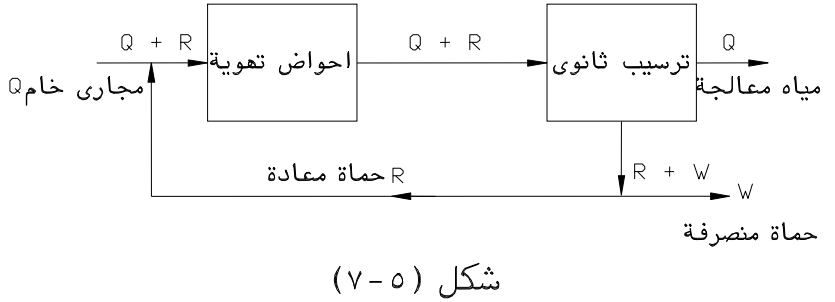
∴ كفاءة نقل الأكسجين من الهواء المضغوط لمياه الحوض

= ١ ÷ ٢٠,٩٢٥ = ٠,٠٤٧٨ = ٤,٧٨ ٪

التهوية المطولة: Extended Aeration :

هى أحد طرق الحمأة المنشطة التى تستخدم لمعالجة التصرفات الصغيرة، وهى طريقة سهلة ومرنة فى تشغيلها ويمكن الاستغناء فيها عن مرحلة الترسيب الابتدائى ومعالجة مياه المجارى بعد عملية حجز المواد الطافية والرمال إن أمكن، ومن مزايا هذه الطريقة تثبيت المواد العضوية والاستغناء عن معالجة الرواسب قبل تجفيفها أو إستعمالها.

ويبين شكل (٥-٧) رسم تخطيطى لطريقة المعالجة بالتهوية المطولة، فتدخل مياه المجارى الخام لأحواض التهوية حيث تنشط البكتريا الهوائية فى أكسدة المواد العضوية، ويساعد على ذلك عملية التهوية التى تعطى الأكسجين الذائب للمياه، وتسبب خلط وحركة مستمرة فى الحوض تزيد من فعالية العملية، وتخرج المياه من أحواض التهوية لأحواض الترسيب حيث ترسب المواد العالقة وما بها من الكائنات الحية الدقيقة، ثم يعاد نسبة كبيرة من هذه الرواسب إلى أحواض التهوية للحفاظ على التركيز المناسب من المواد



شكل (٥-٧)

رسم تخطيطى لعملية التهوية المطولة

العالقة وما تحمله من البكتريا التى تقوم بعملية الأكسدة.

ويلزم للحفاظ على تركيز ثابت من المواد العالقة فى أحواض التهوية أن يتم تصريف نسبة من المواد المترسبة فى أحواض الترسيب بدون مشاكل الرائحة حيث تكون هذه الحمأة مؤكسدة لدرجة كبيرة لبقائها فى أحواض التهوية مدة طويلة.

ويمكن التخلص من الحمأة الزائدة من هذه العملية بأحد الطرق الآتية:

١. تجفيف الحمأة الزائدة على أحواض تجفيف ثم استخدامها كسماد وتصرف الحمأة الزائدة كنسبة من الحمأة المترسبة فى أحواض الترسيب، أو كنسبة من التصرف من مياه أحواض التهوية.

٢. التشغيل بدون صرف أى حمأة بإعادة جميع الرواسب من أحواض الترسيب إلى مدخل أحواض التهوية، على أساس افترضه بعض الباحثون وهو أن الكائنات الحية الدقيقة تتغذى على جزء من مكونات الخلايا القابل للتحلل، ولكن تبقى نسبة من ٢٠ ٪ إلى ٢٥ ٪ من مكونات الخلايا البكتيرية غير قابلة للتحلل، بالإضافة إلى المواد الغير عضوية الموجود أصلاً فى مياه المجارى، كل هذه المواد التى لم تتأكسد، تتراكم فى أحواض التهوية ويزيد تبعاً لذلك وبالتدريج تركيز المواد العالقة حتى تصل لدرجة تؤثر على كفاءة أحواض الترسيب ويزيد تركيز المواد العالقة فى المياه الخارجة من أحواض الترسيب، ورغم زيادة هذه المواد العالقة فى المياه المعالجة إلا أن هذه المواد تكون مؤكسدة لدرجة كبيرة.

٣. إذابة الحمأة الزائدة كيميائيا وإدخالها لأحواض التهوية ليتم أكسدتها مع مياه المجارى، ويمكن عمل الإذابة إما بصورة مستمرة أو متقطعة حسب سعة محطة المعالجة، ولكن هذه الطريقة تزيد عبئاً فنياً على التشغيل.

وعموما يمكن تحديد طريقة التخلص من الحمأة الزائدة استناداً إلى مجالات استعمال المياه المعالجة وفى حالة استعمالها فى الرى أو استصلاح الأراضى لا يتأثر ذلك بزيادة المواد العالقة فى المياه المعالجة.

الأنشطة البيولوجية فى التهوية المطولة :

يتم التخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل فى هذه الطريقة على مرحلتين:

ا. أكسدة جزء يعادل ثلث المواد العضوية الداخلة لأحواض التهوية لسد الطاقة التى تحتاجها الكائنات الحية الدقيقة لتحويل هذه المواد العضوية إلى خلايا بكتيرية جديدة، فى حين يستخدم الثلثين الباقيين من المواد العضوية فى نشاط وتكاثر الخلايا البكتيرية الجديدة.

ب. فى المرحلة الثانية تتأكسد الخلايا البكتيرية التى تموت تلقائياً إلى ثانى أكسيد الكربون وماء وبقايا عضوية من هذه الخلايا، وهذه المرحلة تصل بكمية المواد العضوية فى مياه المجارى إلى أقل ما يمكن.

وتعتمد درجة الأكسدة على تركيز المواد العضوية فى المياه وعلى مدة بقاء البكتريا فى البيئة الملائمة لهذه العملية. فإذا كان تركيز المواد العضوية أكبر من قدرة البكتريا على عملية الأكسدة فإن حالة النشاط البيولوجى تستمر ويتزايد عددها باستمرار {المرحلة الأولى والثانية فى شكل (٥-٢)}. وعلى العكس إذا كانت المواد العضوية أقل من إحتياج البكتريا فإن الخلايا البكتيرية ستقل {المرحلة الرابعة من شكل (٥-٢)} إلى أن تتوافق مع تركيز المواد العضوية الداخلة لأحواض التهوية.

وفى طريقة الحمأة المنشطة التقليدية تكون كمية الحمأة الناتجة كبيرة جداً إذا قيست بالحمأة الناتجة من التهوية المطولة والتى تكون أقل بكثير من أى طريقة أخرى. ولكى تكون كمية الحمأة الناتجة من هذه الطريقة أقل ما يمكن يجب أن تكون البكتريا

باستمرار فى حالة تناقص {المرحلة الرابعة من شكل (٥-٢)} ومعنى هذا أن تكون نسبة المواد العضوية إلى الخلايا البكتيرية أقل ما يمكن.

وفى هذه الطريقة يكون تركيز المواد العالقة أكبر منه فى حالة الحمأة المنشطة التقليدية بما يزيد عن ثلاثة أضعاف، وهذا التركيز مع الحمل العضوى الصغير ينتج عنه أن عمر الحمأة أو مدة بقائها فى عملية المعالجة تكون كبيرة، وهذا فى حد ذاته يمكن أن يزيد من معدلها الرسوبى فى أحواض الترسيب، ويزيد من درجة تثبيت الحمأة. كذلك فإن القدرة الإدمصاصية لهذا التركيز الكبير من المواد العالقة فى أحواض التهوية تكون كبيرة وقادرة على إستيعاب الأحمال العضوية الكبيرة التى تدخل أحواض التهوية بمعدلات غير متوقعة.

ولكون الحمأة الناتجة من هذه الطريقة على درجة كبيرة من الأكسدة فإنه ليس من الضرورى استخدام الوسائل المعقدة لتثبيت هذه الحمأة إلا أن المكوِّن غير العضوى وأيضاً المواد العضوية الغير قابلة للتحلل بواسطة البكتريا، كل هذا يزيد من كمية الحمأة، خاصة أنه ليس هناك أحواض حجز للرمال أو أحواض ترسيب إبتدئى وهاتين المرحلتين يترسب فيهما نسبة من المواد الرسوبية العضوية وغير العضوية.

طرق التهوية :

فى المناطق الباردة يفضل استخدام الهواء المضغوط حيث أن التهوية الميكانيكية وما يصاحبها من رش المياه فى الجو البارد تخفض من درجة حرارة مياه المجارى وعلى العكس فإن الهواء المضغوط تكون درجة حرارته أعلى نسبيا من درجة حرارة الجو.

أسس التصميم :

١. تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية ٢٥٠٠-٨٠٠٠ مجم / لتر.
٢. معدل التحميل السطحى لأحواض الترسيب النهائى التى تتبع أحواض التهوية لا يزيد عن ٢٢ متر مكعب / متر مربع / يوم، ومدة بقاء المياه فى أحواض الترسيب لا تقل عن ٣ ساعات.
٣. معدل إمداد الهواء لأحواض التهوية يكون (٧٥-١١٠) متر مكعب هواء لكل متر مكعب من مياه المجارى، ويمكن أن يصل هذا المعدل إلى ١٢٥م^{٣} هواء / kg. BOD، بحيث تحقق التهوية معدل ٥٠٠ جم أكسجين / م^{٣} / يوم.
٤. مدة بقاء المياه فى الحوض (٢٤-٣٦) ساعة.
٥. كمية الرواسب المعادة تصل لحوالى ١٠٠ ٪ من تصرف محطة المعالجة.
٦. عمر الحمأة فى عملية التهوية المطولة يساوى (١٥-٤٠) يوم.
٧. الحمل العضوى:

ا. يمكن فرض الحمل العضوى على أساس ٢٠٠ جم BOD لكل متر مكعب من حجم حوض التهوية فى اليوم.

ب. يمكن أيضاً فرض الحمل العضوى على أساس نسبة المواد العضوية فى مياه المجارى إلى الكائنات الحية الدقيقة فى أحواض التهوية (Food To Microorganism Ratio) ويرمز لها بالرمز F/M.

وحينما يكون الحمل العضوى كبيرا، تكون مدة دوام الحمأة (Sludge Age) فى الأحواض صغيرة، وتحتوى الرواسب فى هذه الحالة على تركيز كبير من المواد العضوية، تحتاج معه إلى عملية تثبيت قبل التجفيف وهذه الحالة تحدث فى حالة الحمأة المنشطة العادية. أما فى حالة استخدام الحمأة المنشطة بالتهوية المطولة فإن النسبة تكون صغيرة وبالتالى تكون مدة دوام الحمأة (Sludge Age) فى الأحواض كبيرة مما يساعد على تثبيت المواد العضوية فى العوالق التى ترسب فى

أحواض الترسيب حيث يمكن تجفيفها مباشرة دون الحاجة إلى عملية التثبيت أو الأكسدة.

ويمكن التعبير عن F / M بوزن الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD)، بالنسبة للمواد العالقة الطيارة فى أحواض التهوية،

(Mixed Liquor Volatile Suspended Solids,) (MLVSS)، أو بالنسبة للمواد العالقة فى أحواض التهوية: (Mixed Liquor Suspended Solids) (MLSS) وتستخدم الأسس الآتية فى طريقة التهوية المطولة:

أولاً: Food To Microorganism Ratio as

kg of BOD / day / kg of MLVSS.

مقدراً بالكيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل كيلو جرام مواد عالقة طيارة فى مياه أحواض التهوية فى اليوم ويساوى (٠,١٠-٠,٢٠) فى المناطق المعتدلة، ويساوى (٠,٢٠-٠,٣٠) فى المناطق الدافئة والحارة.

ثانياً : Food To Microorganism Ratio as

kg of BOD / day / kg of MLSS

مقدراً بالكيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل كيلو جرام مواد عالقة فى مياه أحواض التهوية فى اليوم. ويساوى (٠,٠٥-٠,١٠) فى المناطق المعتدلة، ويساوى (٠,١٠-٠,١٥) فى المناطق الدافئة والحارة.

والقيم السابقة للحمل العضوى على أساس أن:

MLVSS = (50-60) % of MLSS

ويفضل ألا تقل نسبة النتروجين إلى الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب إزالته عن ١ : ١٢٠، ولا تقل نسبة الفوسفور إلى الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب إزالته عن ١ : ٦٠٠ وذلك عند تشغيل طريقة الحمأة المنشطة بالتهوية المطولة.

معدل استهلاك الأكسجين فى طريقة التهوية المطولة :

يحدث فى هذه الطريقة تثبيت شبه كامل للمواد النتروجينية، ويكون معدل استهلاك الأكسجين بين (١,٢٠-١,٨٠) جم أكسجين لكل جرام من الأكسجين الحيوى المستهلك يتم إزالته. وبالنسبة لسعة أحواض التهوية يكون المعدل بين ١٥، ٢٥ مجم أكسجين لكل لتر من حجم الحوض فى الساعة.

مثال (٥-٦) :

صمم أحواض التهوية المطولة وأحواض الترسيب التى تليها وذلك لتصرف تصميمى ٣٠٠م٣/يوم، على أساس أن نسبة الحمأة المعادة = ١٠٠ ٪ من التصرف.

الحل :

مدة بقاء الماء فى الحوض = ٢٤ ساعة = ١ يوم

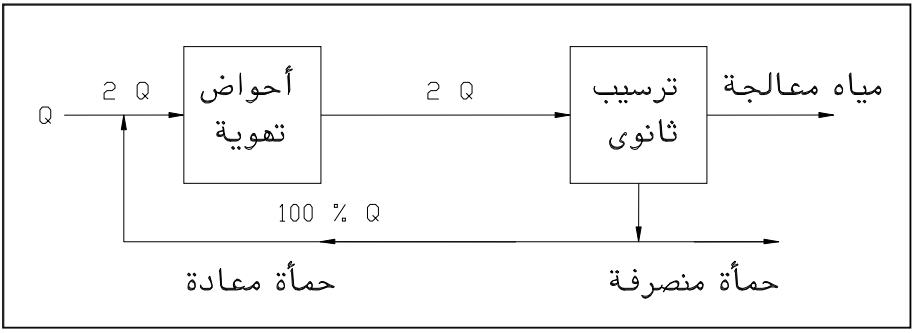
التصرف بما فيه الرواسب المعادة = ٦٠٠ متر مكعب / يوم

∴ حجم أحواض التهوية = ٦٠٠ × ١ = ٦٠٠ متر مكعب.

بفرض حوضين عمق ٣ متر، ٤ متر

∴ طول كل حوض = ٢٥ متر

معدل إمداد الهواء = ٩٠ متر مكعب هواء لكل متر مكعب من مياه المجارى.



= ٥٤٠٠٠ متر مكعب / يوم = ٠,٦٢٥ متر مكعب / ثانية.

وبفرض السرعة فى مواسير الهواء = ١٠ متر / ثانية

∴ قطر ماسورة الهواء الرئيسية من ضاغطات الهواء = ٢٨ سم ويمكن فرضها ٣٠سم.

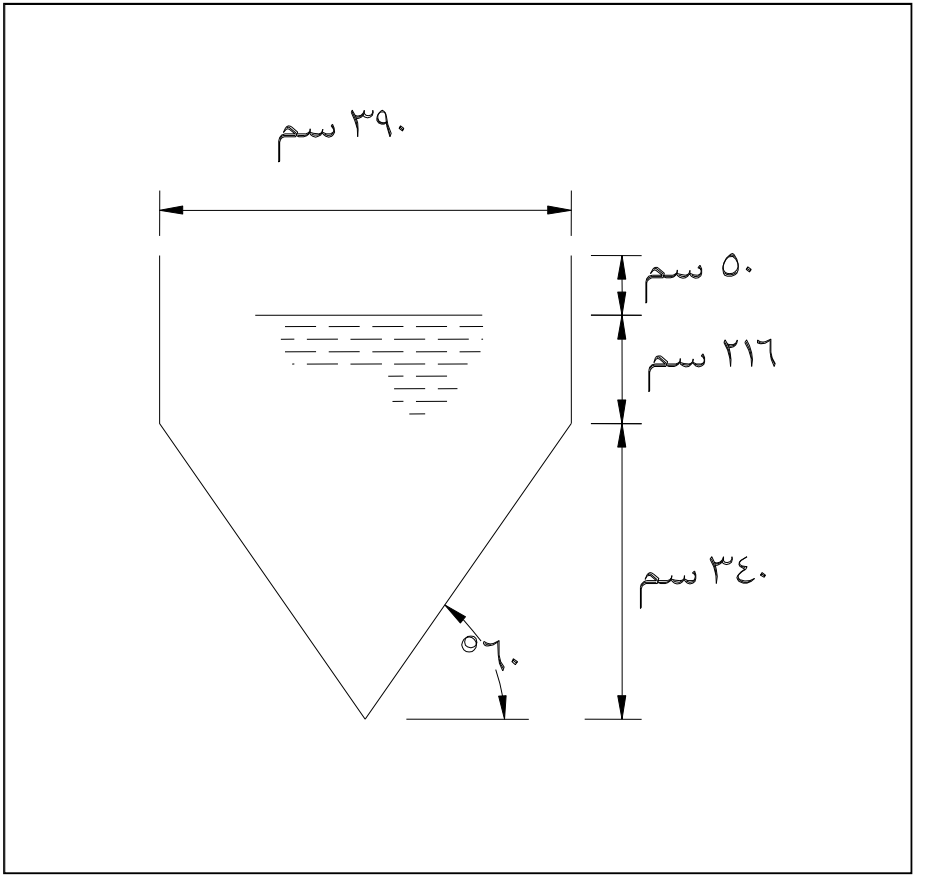
الترسيب النهائى :

التصرف = ٦٠٠ متر مكعب / يوم

معدل التحميل السطحى = ٢٠ متر مكعب / متر مربع / يوم

∴ المساحة السطحية = ٣٠ متر مربع

وبفرض حوضين، يكون المساحة السطحية لكل حوض = ١٥ متر مربع



ويفضل أن يكون مربع ٣,٩ × ٣,٩ متر
مدة بقاء الماء فى الحوض = ٤ ساعات.
∴ حجم أحواض الترسيب = (٤ ÷ ٢٤) × ٦٠٠ = ١٠٠ متر مكعب
ويكون حجم كل حوض = ٥٠ متر مكعب.
وإذا كان الحوض مربع فى الجزء العلوى وهرم مقلوب قاعدته مربعة وميل جوانبه ٦٠ درجة مع الأفقى تكون أبعاده كالمبينة بالشكل.

التحكم فى صرف الحمأة :

من أهم أسس التصميم اختيار الطريقة التى يمكن تشغيلها بسهولة وبساطة لأن المعالجة بالتهوية المطولة تستخدم فى التجمعات السكنية الصغيرة والقرى حيث يجب استخدام طرق معالجة لا تحتاج إلى مهارة فنية، وأبسط هذه الطرق المحافظة على تركيز شبه ثابت للمواد العالقة فى أحواض التهوية، وتصريف الزائد من الحمأة وهذه الطريقة تعطى كفاءة عالية فى المعالجة بشرط عدم تغيير تركيز المواد العضوية بدرجة كبيرة.
ويمكن المحافظة على كفاءة المعالجة بالمحافظة على نسبة ثابتة بين الأكسجين الحيوى المستهلك لمياه المجارى الداخلة لأحواض التهوية، وتركيز المواد العالقة فى هذه الأحواض سواء للمواد العالقة الكلية أو المواد العالقة الطيارة، ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى تحليلات معملية يومية.
وتستخدم طريقة أخرى بالمحافظة على عمر ثابت للحمأة فى عملية المعالجة، وذلك بتصريف نسبة من المواد العالقة يوميا حسب عمر الحمأة المطلوب فى عملية المعالجة. وعلى سبيل المثال إذا افترضنا أن أسس التصميم والتشغيل حددت عمر الحمأة بثلاثين يوماً، وبمعنى آخر يجب تصريف ٣,٣٣ ٪ من المواد الصلبة فى أحواض التهوية والترسيب يومياً، وهذه الطريقة لا تحتاج أكثر من قياس تركيز المواد العالقة فى عملية المعالجة.

التحكم فى تصريف الحمأة بطريقة هيدروليكية :

وهذه الطريقة تعتمد على معدل التصرف لمياه المجارى، ومعدل الحمأة المعادة. ولتطبيق هذه الطريقة نفترض المثال العددى الآتى مع الاستعانة بشكل (٥-٧):

مثال (٥-٧) :

قرية سياحية عدد سكانها = ١٠٠٠ نسمة؛

- معدل استهلاك المياه = ١٥٠ لتر / شخص / يوم.
- الأكسجين الحيوى المستهلك = ٥٥ جم / شخص / يوم.
- المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة بالتهوية المطولة.
- الحمل العضوى ٢٠٠ جم أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مكعب من حجم أحواض التهوية فى اليوم.
- حجم أحواض التهوية = ٢٧٥ متر مكعب.
- معدل التصرف المتوسط اليومى Qav = ١٥٠ متر مكعب فى اليوم.
- مدة بقاء المياه فى أحواض الترسيب النهائى = ٥ ساعات.
- حجم أحواض الترسيب (على أساس 2Q) = ٦٣ متر مكعب.

وعلى أساس أن المواد العالقة الكلية فى عملية المعالجة أو فى أحواض التهوية والترسيب تساوى M، يمكن فرض الحمأة المنصرفة W كنسبة مئوية منها وتساوى (١٠٠ ÷ عمر الحمأة) كنسبة مئوية من M. وهذه النسبة صحيحة إذا سارت الحمأة دورة واحدة يومياً خلال أحواض التهوية والترسيب ولتنظيم الحمأة المنصرفة بمعدل مستمر يجب قسمة النسبة المئوية السابقة على عدد المرات التى يسيرها التصرف يومياً فى عملية المعالجة. فمن شكل (٥-٧) إذا فرضنا:

- Q = التصرف.
- R = الحمأة المعادة.

- A = حجم أحواض التهوية.
- S = حجم أحواض الترسيب.

يكون عدد المرات التى تمر فيها المواد العالقة فى عملية المعالجة فى اليوم تساوى

$$(A + S) \div (Q + R)$$

ويكون معدل التصريف المستمر للحمأة الزائدة

$$W = 100 (A + S) \div \text{Sludg age } (Q + R)$$

$$= 100 \setminus \text{sludg age} \times (A + S) \setminus (Q + R)$$

وعلى أساس أن A، S ثابتة، وأن عمر الحمأة يكون ثابتاً فى ظروف تشغيل محددة، لذلك يعتمد معدل تصريف الحمأة الزائدة على (Q + R) أو (R + W).

ويمكن رسم علاقة أو عمل جداول يمكن الإستعانة بها فى تشغيل هذه الطريقة واستنتاج معدلات تصريف الحمأة الزائدة، وعلى سبيل المثال إذا افترضنا المعلومات التى وردت فى المثال السابق يمكن عمل الجدول الآتى:

معدلات تصريف الحمأة الزائدة (الحمأة المعادة = Q)

Q متر مكعب فى اليوم	Q+R متر مكعب فى اليوم	W % نسبة مئوية من (R + W) لعمر الحمأة الآتى بالأيام					
		١٤	٢٠	٢٦	٣٢	٣٨	٤٦	٥٠
٥٠	١٠٠	٢٤,٢٠	١٦,٩٠	١٣,٠٠	١٠,٥٥	٨,٩٠	٧,٦٨	٦,٧٦
٩٠	١٨٠	١٣,٤٠	٩,٤٠	٧,٢٠	٥,٨٦	٤,٩٥	٤,٢٥	٣,٧٥
١٢٠	٢٤٠	١٠,١٠	٧,٠٠	٥,٤٠	٤,٤٠	٣,٧٠	٣,٢٠	٢,٨١
١٥٠	٣٠٠	٨,٠٥	٥,٦٠	٤,٣٣	٣,٥٢	٢,٩٧	٢,٥٥	٢,٢٥
١٨٠	٣٦٠	٦,٧٠	٤,٧٠	٣,٦٠	٢,٩٣	٢,٤٧	٢,١٣	١,٨٨
٢١٠	٤٢٠	٥,٧٥	٤,٠٢	٣,٠٨	٢,٥١	٢,١١	١,٨٣	١,٦١
٢٤٠	٤٨٠	٥,٠٣	٣,٥٠	٢,٧١	٢,٢٠	١,٨٦	١,٦٠	١,٤١
٢٧٠	٥٤٠	٤,٤٥	٣,١٣	٢,٤١	١,٩٥	١,٦٥	١,٤٢	١,٢٥
٣٠٠	٦٠٠	٤,٠٣	٢,٨١	٢,١٧	١,٧٦	١,٤٨	١,٢٨	١,١٢

ويمكن الإستعانة بالجدول السابق كمثال بحيث يمكن عمل مجموعة جداول متكاملة أكثر تفصيلاً تحتوى على جميع معدلات التصرف التى يحتمل وصولها لمحطة المعالجة، ثم يمكن لمهندس التشغيل إختيار عمر الحمأة المناسب من واقع خبرة التشغيل خاصة بعد فترة تشغيل لعدة أسابيع يمكن بعدها تحديد عمر الحمأة ونسبة الحمأة المعادة، وتكون الجداول شاملة لهذه المتغيرات ولنسب مختلفة من الحمأة المعادة.

فمثلاً من الجدول، وللمثال السابق إذا اعتبرنا أن عمر الحمأة ٣٢ يوماً، فبالنسبة للتصرف المتوسط ١٥٠ متر مكعب فى اليوم، ونسبة حمأة معادة ١٠٠ ٪ من التصرف يكون تصريف الحمأة الزائدة بنسبة ٣,٥٢ ٪ من (R + W) وتساوى حوالى ٥,٤٧ متر مكعب فى اليوم تصرف على أحواض التجفيف أو بالطريقة التى تلائم ظروف المنطقة.

وبهذه الطريقة يمكن تنظيم تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية على أساس أن أى زيادة فى تركيز المواد العضوية فى مياه المجارى يزيد من تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية، ويزيد مع ذلك تركيز المواد العالقة فى الحمأة الزائدة المنصرفة فى نفس المعدل الذى سبق تحديده. وعلى العكس إذا نقصت المواد العضوية فى مياه المجارى يقل تبعاً لذلك تركيز المواد العالقة فى أحواض التهوية، ويقل معه تركيز المواد العالقة فى الحمأة المنصرفة الزائدة.

ورغم أن هذه الطريقة فى التحكم فى التشغيل هى طريقة هيدروليكية إلا أنها تنظم تركيزات المواد العالقة فى أحواض التهوية وتنظم أيضاً معدلات تصريف الحمأة الزائدة، وهذه العوامل هى جوهر التشغيل لهذه الطريقة التى تمتاز ببساطتها وكفاءتها فى معالجة مياه المجارى ونسبة كبيرة من المخلفات الصناعية.

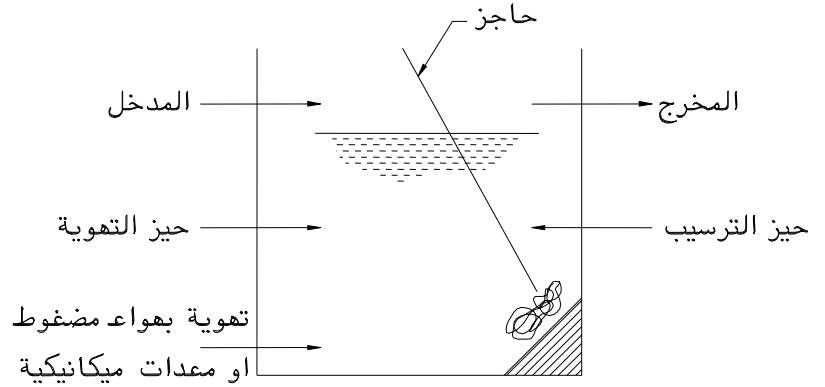
كمية الرواسب الناتجة من المعالجة :

تقل كمية الرواسب كلما زادت مدة دوام الرواسب فى الأحواض أو بمعنى آخر زيادة عمر الحمأة وكلما زادت درجة الحرارة. وعلى ذلك فكمية الرواسب فى حالة التهوية المطولة أقل بكثير منها فى حالة الحمأة المنشطة بالطريقة التقليدية، كما هو واضح من الجدول الآتى:

طريقة المعالجة	المواد الصلبة الناتجة خلال عملية المعالجة – جرام لكل جرام BOD تم إزالته	الرواسب المنصرفة جم / شخص / يوم (وزن جاف)
الحمأة المنشطة العادية	٠,٥٥ – ٠,٦٥	٨٤ – ٨٩
التهوية المطولة	٠,١٢ – ٠,١٦	٣٠ – ٤٠

نموذج تخطيطى لإحدى طرق التهوية المطولة :

يبين شكل (٥-٨) نموذج تخطيطى لعملية تهوية مطولة يتكون من حوض واحد يتم



قطاع تخطيطى لعملية تهوية مطولة
شكل (٥-٨)

فيه عمليات التهوية والترسيب النهائى بوضع حاجز مناسب بميل مناسب يفصل حيز التهوية عن الترسيب، وهذا النظام يتميز بمرونة تشغيله بما يتناسب مع كفاءة المعالجة وإزالة أكبر نسبة من النتروجين والفسفور.

عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية :
Anaerobic Biological Wastewater Treatment

المخلفات السائلة مشكلة كبيرة فى نقلها أو فى معالجتها – وذلك لتلوثها الكيماوى والبكتريولجى – وتعانى الدول النامية أو الفقيرة من نتائج تلوث المسطحات المائية، ومصادر مياه الشرب، والتربة والمحاصيل الغذائية والفواكه، وحتى الهواء. – وتحتاج طرق المعالجة عموما إلى اعتمادات مالية ضخمة لا تستطيع الدول الفقيرة توفيرها، وعادة تعانى دولا كثيرة من دوامة المعونات الأجنبية، سواء كانت منحا أو قروضا ميسرة، وشروطها المغرضة أحيانا من ضرورة قيام بيوت الخبرة للدول المانحة وشركاتها بأعمال التخطيط العام – والتصميم – وتوريد المعدات – وخلافه. ولا يكون أمام الدول المعدمة من سبيل إلا الاستسلام – ولا مانع أن يشارك خبراء من الدول الفقيرة فى هذا المخطط للمنفعة المادية فقط.

وصورة العالم اليوم وأحداثه الجنونية تعلن صراحة أن الدول الكبيرة والغنية لا تريد مساعدة الدول الفقيرة، بل العكس – تريد أن تبتلعها وتدوسها بأقدامها.

من هنا كان التفكير فى ضرورة الاعتماد على الامكانيات المحلية فى عمليات المعالجة للمخلفات السائلة – واستخدام الطرق الاقتصادية منها – وأوصت لجنة السياسات لمعالجة مياه الصرف الصحى بالهيئة القومية لمياه الشرب والصرف الصحى بالقاهرة عام ١٩٩٠ باعتبار الأولويات فى عمليات المعالجة حسب الطرق الآتية:

١. بحيرات الأكسدة.

٢. قنوات الأكسدة والبحيرات المهواة.

٣. الطرق البيولوجية الأخرى مثل الحمأة المنشطة والمرشحات البيولوجية.

وعلى إمتداد المدن والقرى والحدود المصرية كلها نجد أن هناك كثير من المدن والقرى والحدود المصرية كلها نجد أن هناك كثير من المدن والقرى خاصة خارج حدود الدلتا، سواء فى صعيد مصر أو فى الصحراء الغربية والشرقية، وهذه المناطق يمكن استخدام بحيرات الأكسدة فيها – وفى المناطق التى لا توجد بها مساحات من الأراضى الصحراوية والقاحلة، نعود إلى طرق المعالجة البيولوجية والتى تكون الأفضلية فيها حتى الآن للمعالجة الهوائية.

ولأن النظرة الواقعية والقومية للدول النامية تتجه إلى عدم الاعتماد على المعدات الأجنبية لأسباب اقتصادية ووطنية وغيرها – فإن الاعتماد على الطرق البسيطة التى يمكن إنشائها وتجهيزها وتزويدها بمعدات وأدوات محلية هى أفضل الطرق.

وفى أواخر القرن العشرين، بدأت حتى الدول الغنية فى أوروبا وغيرها فى تشغيل طرق معالجة بيولوجية لا هوائية، لا تحتاج إلى المعدات الميكانيكية المعقدة المستخدمة فى المعالجة الهوائية – وتم تشغيل عدد كبير من عمليات المعالجة سواء لمياه الصرف الصحى المنزلية، أو للمخلفات الصناعية السائلة ذات التركيز العالى من المواد العضوية وغيرها. وتكون الحمأة الناتجة من طرق المعالجة اللاهوائية أقل حجما وأكثر تحللا.

ولضمان استمرارية كمية مناسبة من الكائنات الحية الدقيقة فى الأحواض وزيادة تركيزها يمكن فصل العوالق من المياه المعالجة وإعادتها لمدخل الأحواض – وفى حالات كثيرة توضع حواجز أو مواد وسيطة ذات مساحة سطحية كبيرة تتكون عليها البكتريا وتبقى ضمن الكائنات اللاهوائية النشطة داخل الأحواض – وفى الأحواض التى تسير فيها المياه رأسيا لأعلى تعتمد العملية على طبقة من العوالق داخل الحوض يصل سمكها لحوالى ٢ متر تتم فيها التفاعلات اللاهوائية وتساعد على حجز المواد العالقة من المياه التى تمر من خلال هذه الطبقة.

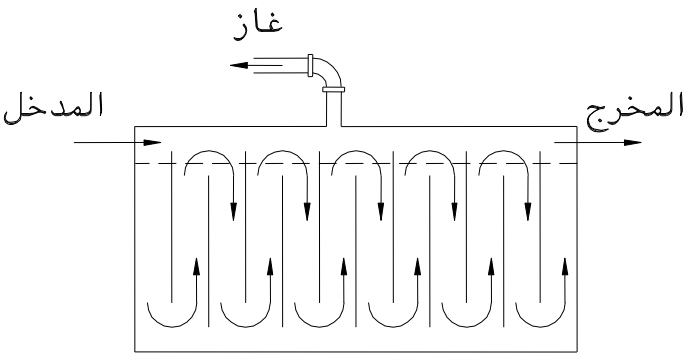
ويرى بعض الباحثين أن زيادة مدة بقاء المياه فى الأحواض لفترات طويلة قد يكون مفيدا فى تحلل المواد العضوية بالحمأة.

طرق مستخدمة فى المعالجة اللاهوائية :

أحواض معالجة لاهوائية بداخلها حواجز متوازية:

Anaerobic Baffled Reactors

تكون هذه الأحواض مستطيلة، وبداخلها حواجز متوازية لتوجيه المياه إما رأسيا لأعلى وأسفل، أو أفقيا بتغيير اتجاهها عند نهاية الحواجز. ويبين شكل (٥-٩) أحد هذه الوحدات – ويسمح تصميمها بسريان المياه ببطء لتسمح للنشاط اللاهوائى البيولوجى أن يتم بصورة طبيعية تبعا لاشتراطات وأسس التصميم. وقد بدأت



شكل (٥ - ٩)

حوض ذات حواجز تمر فيه المياه
لاعلى وأسفل - أو تسير أفقيا

الدراسات المعملية والحقلية لتطوير هذه العملية فى الربع الأخير من القرن العشرين نظرا لتعدد مزاياها عن طرق المعالجة الهوائية، وهذا لا يعنى أنها تعطى نفس كفاءة المعالجة، إلا عند استخدام مراحل متتابعة منها، أو يمكن استخدامها كمرحلة قبل المعالجة الهوائية فى حالة المخلفات الصناعية التى تحتوى على تركيزات عالية جدا من المواد العضوية القابلة للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

ويمكن تشغيل عمليات المعالجة اللاهوائية فى مجال واسع من تركيزات الأحماض الطيارة بدأً من التركيزات المنخفضة وحتى ٥٠٠٠ مجم / لتر فى حالة المحافظة على قيمة الأس الايدروجينى فى الحدود التشغيلية المطلوبة، وذلك بطرق آلية، وباستخدام مواد متوفرة مثل الجير، وكربونات الصوديوم، وبيكربونات الصوديوم، وإيدروكسيد الصوديوم. ويجب التحكم فى تأثير الأمونيا والكبريتات، لتأثيرها على عملية المعالجة اللاهوائية.

وبالإضافة إلى بساطة هذه الطريقة فى الإنشاء والتشغيل، فإنه يمكن عمل إضافات لألواح رقيقة أو مواد وسيطة بأشكال هندسية مختلفة تزيد من المساحة السطحية التى تتكون عليها الطبقات البيولوجية. وفى تصميم هذه الأحواض يراعى ألا يقل عددها على التوالى عن حوضين — ويزيد عدد الأحواض حسب خصائص المخلفات السائلة ودرجة الحرارة.

وعادة لا تكون السرعة بين الحواجز كبيرة حتى لا تتسبب فى خروج تركيز عالى من المواد العالقة فتقل بذلك مدة بقاء المواد العالقة فى وحدة المعالجة.

وتقل كفاءة خفض المواد العضوية فى حالة إعادة نسبة أكبر من ٢٠ ٪ من المياه المعالجة لمدخل حوض التحلل اللاهوائى، إلا أنها تزيد فى حالة مراعاة ظروف مكونات المخلفات السائلة حيث يمكن أن تساعد النسبة المعادة من المياه فى زيادة نشاط البكتريا المنتجة لغاز الميثان بنسبة كبيرة بالإضافة إلى التحكم فى درجة الحموضة فى مناطق مداخل الأحواض — كما أن إعادة المياه المعالجة لمداخل الأحواض تخفض من تركيز المواد الضارة المؤثرة فى الأنشطة البيولوجية.

وعلى العكس قد يسبب إعادة المياه بمعدلات كبيرة من المخرج إلى المدخل زيادة حركة المياه ويؤثر سلبيا على العوامل البيئية للطبقات البيولوجية – ولا زال تضارب العوامل السلبية والإيجابية لإعادة المياه من المخرج للمدخل محل دراسة حتى الآن، وفى أثناء تشغيل عمليات المعالجة يجب دراسة كل حالة على حدة لمعرفة مدى الاحتياج لإعادة المياه أم لا، وذلك بدراسة العوامل الآتية:

- عملية المعالجة بمراحلها المختلفة.
- خصائص المخلفات السائلة.
- درجة الكفاءة المطلوبة.
- المواد الوسيطة التى توضع داخل وحدات المعالجة اللاهوائية.
- تركيزات المواد السامة للبكتريا المحتمل وجودها فى المخلفات السائلة.

مميزات إعادة المياه من المخرج للمدخل :

- تلامس أكثر بين الكائنات الحية الدقيقة والمواد القابلة للتأكسد.
- لا تتأثر كثيرا بالتغير فى درجا الحرارة.
- رفع قيمة PH فى مناطق المدخل.
- خفض تأثير المواد السامة التى تؤثر على نشاط البكتريا.
- إمكانية معالجة المخلفات السائلة التى تحتوى على تركيزات متوسطة وعالية من المواد العضوية والشوائب الأخرى، وبأحمال متغيرة.
- تحمُّل العملية للأحمال الفجائية الهيدروليكية والعضوية.

عيوب عملية الإعادة :

- تسبب عملية الإعادة بنسب كثيرة، زيادة حركة المياه وتؤثر على العوالق والطبقات البيولوجية.
- تزيد من المناطق الغير فاعلة بوحدات المعالجة.

- تساعد على هروب مواد عالقة من المخرج النهائى.
- تقل الكفاءة الكلية للعملية.

تهيئة عملية المعالجة للتشغيل :

فى عمليات المعالجة البيولوجية يكون الهدف فى مرحلة بداية التشغيل هو تهيئة وحدة المعالجة لتحتوى على التركيز الكافى من الكائنات الحية الدقيقة فى صورة متحركة أو ثابتة حسب التجهيزات الهندسية بداخل حوض المعالجة. ويكون الحمل العضوى فى حدود (٥٠٠-٢٠٠٠) مجم / لتر مع مراعاة التحكم فى درجة الأس الايدروجينى — وتشير البحوث الأخيرة إلى أن أفضل طريقة لبداية التشغيل هو مدة بقاء المياه فى الأحواض حوالى ثلاثة شهور، حتى يتم الحصول على درجة ثابتة لعملية المعالجة، بعدها يتم خفض مدة بقاء المياه تدريجيا بحرص مع مراعاة جميع العوامل المؤثرة فى كفاءة ونجاح تشغيل المعالجة.

أحواض مجهزة بمواد خفيفة الوزن

ذات مساحة سطحية كبيرة نسبيا Fixed Film Units

ومن هذه الأحواض أنواع تسير فيها المياه إما رأسيا أو أفقيا. وبالنسبة للنوع الأول يكون الحوض عادة دائرى وبه مواد خفيفة الوزن صغيرة السمك بأشكال متعددة — العامل الأساسى فيها أن تكون مساحتها السطحية كبيرة وتعطى فرصة لتكوين طبقة بيولوجية على أسطح هذه المواد —كما تساعد أشكالها على تجانس مرور المياه على الطبقات البيولوجية حتى تتم عملية التحلل اللاهوائى بالمعدل التصميمى.

وفى الأحواض التى تسير فيها المياه أفقيا يمكن تقسيم الحوض إلى أجزاء يفصلها حواجز رأسية وتوضع مواد الحشو داخل هذه الأجزاء — وتكون هذه المواد بأشكال كثيرة منها:

- ألواح متعرجة رأسية متوازية.

- ألواح متعامدة مائلة أو رأسية لضمان مرور المياه على جميع الأسطح.
- أنابيب قصيرة دائرية قطرها (٢-١٥) سم – وطولها يساوى قطرها تقريبا، ويكون بها فتحات فى جدارها بأشكال هندسية مختلفة وغير متماثلة، وتوضع بالحوض بطريقة غير منتظمة.

وفى الأحواض ذات الحواجز يمكن تصميمها وتشغيلها، بحيث تسير المياه رأسيا لأعلى ثم لأسفل ثم لأعلى وهكذا ورغم أن هذا النوع أفضل فى التشغيل إلا أن الفاقد فى الضغط أكبر منه فى حالة سريان المياه أفقيا ..

ويترك حيز لتجميع المواد العالقة فى الأحواض التى تسير فيها المياه رأسيا، ويمكن الاسترشاد بأسس التصميم الآتية: إذا أمكن التحكم فى درجة الحرارة:

- إرتفاع الحوض = ٣-١٠ متر.
- درجة الحرارة = ٣٠-٣٥ درجة مئوية.
- يجب التحكم فى الأس الأيدروجينى PH ليكون (٦,٥-٧,٥) لضمان ثبات عملية التحلل اللاهوائى.
- الأكسجين الكيماوى المستهلك فى المخلفات السائلة = (٢-٢٠) جم / لتر.
- الحمل العضوى = (١,٢-١٢) كجم أكسجين كيماوى مستهلك / م^{٣} / يوم.
- معدل إعادة المياه يمكن أن يصل إلى عشرات مرات من التصرف الداخل.
- مدة بقاء المياه فى الحوض = (١٥-٨٠) ساعة.
- كفاءة خفض المواد العضوية = (٦٠-٩٠)٪.

وفى الأحواض التى تسير فيها المياه رأسيا لأسفل تكون احتمالات السدد أقل، كما أن الغازات الناتجة من التفاعلات اللاهوائية تساعد على وجود خلط مع المياه المتجهة لأسفل وتظل المواد الصلبة عالقة – وفى حالة معالجة المخلفات التى تحتوى على

تركيزات عضوية كبيرة، يلزم إعادة نسبة مناسبة من المياه الخارجة من العملية إلى مدخل أحواض المعالجة اللاهوائية.

ويبين شكل (٥-١٠) قطاع توضيحى لمرشح لاهوائى تسير فيه المياه لأعلى.

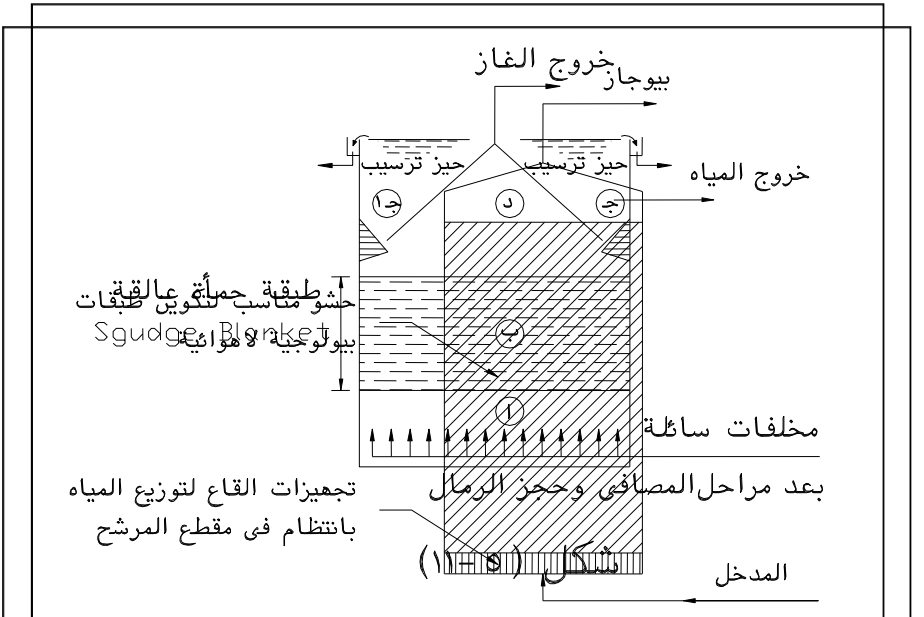
أحواض تسير فيها المياه لأعلى خلال طبقة من المواد العالقة:

Upflow Anaerobic Sludge Blanket

يبين شكل (٥-١١) رسم تخطيطى لهذه الطريقة، ويتكون الحوض من:

أ. جزء سفلى تدخل إليه المياه من جهة أو من جهتين بحيث يتم توزيعها فى قطاع الحوض بصورة متجانسبة ومتساوية.

ب. طبقة عالقة من الحمأة (Sludge Blanket) يتراوح ارتفاعها بين (٢٠٠-٢٤٠)



شكل (٥-١١)

طريقة لاهوائية تتجه فيها المياه لاعلى خلال طبقة حمأة

شكل (٥-١٠)

مرشح لاهوائى رأسى (اتجاه المياه لاعلى)

يمكن تعديل الجزء العلوى الخاص بالترسيب واستبداله بألواح مائلة

سم، ويكون تركيز العوالق فيها حوالى ١٠٠ جم / لتر.

ج. أجزاء علوية للترسيب يصل طولها لحوالى ١٢ متر، وعمق المياه فيها يصل لحوالى (٢٠٠-٢٥٠) سم – ومعدل التحميل السطحى فى حدود (٢٠-٣٠) م^{٣} / م^{٢} / يوم.

د. جزء فى أعلى الحوض بشكل هندسى يساعد فى توجيه البيوجاز لأعلى نقطة فى الحوض وخروجه لتجميعه والاستفادة منه.

ويراعى فى هذا النوع من الأحواض ما يلى:

- لا تزيد السرعة عن ٥٠ سم فى الساعة للتصرف المتوسط.
- لا يزيد تركيز الأمونيا عن ١٠٠٠ مجم / لتر.
- لا تزيد الأحماض الدهنية المتطايرة عن ١٠٠٠ مجم / لتر.
- لا تزيد الكبريتات الذائبة عن ٥٠ مجم / لتر.
- يكون الفاقد فى الضغط خلال سريان المياه لأعلى (٢-٣ متر).
- مدة بقاء المياه فى الأحواض = (٨-١٢) ساعة.
- الحمل العضوى = (١-٢,٥٠) كجم أكسجين كيماوى مستهلك / م^{٣} / يوم ويصل هذا الحمل لعشرة أضعاف فى معالجة المخلفات الصناعية.
- البيوجاز الناتج (٧٠ ٪ ميثان) فى حدود ٢٠٠ لتر لكل كيلو جرام أكسجين كيماوى تم إزالته.
- يعطى المتر المكعب من البيوجاز طاقة تقدر بحوالى ١,٣ كيلوات ساعة.
- تحتاج هذه الطريقة إلى فترة تحضير حوالى (٧٠-٩٠) يوم حتى تصل لدرجة التشغيل التصميمى – وفى حالة إضافة حمأة من أحواض لاهوائية تقل هذه المدة.

- زمن بقاء المواد الصلبة (عمر تواجدها) فى الحوض = (٣٠-٧٠) يوم، وتساوى الحمأة الكلية فى الحوض بالكيلو جرام مقسوما على الحمأة المنصرفة بالكيلو جرام / يوم.
- فى حالة الحاجة إلى المعالجة الإضافية يمكن استخدام طرق الاستنبات المائى أو المعالجة الكيماوية أو أى طريقة بيولوجية مناسبة.
- لا تحتاج هذه الطريقة إلى إعادة المواد العالقة من مرحلة الترسيب التالية أومن الحمأة المترسبة بالقاع، حيث أن الغازات الناتجة من التفاعل اللاهوائى لرواسب حوض التحلل، تحمل معها لأعلى عوالق بها تركيزات كبيرة من البكتريا فيتم حجزها فى طبقة الرواسب العليا التى تعتمد عليها طريقة المعالجة.
- يمكن تطوير هذه الطريقة بوضع ألواح بلاستك أو مواد خفيفة ذات مساحة سطحية داخلية وخارجية كبيرة، وذلك فى جزء إضافى أعلى طبقة المواد العالقة، ويعتبر هذا الجزء كمرحلة إضافية للمعالجة.

وتحتاج هذه الطريقة إلى مهارة فنية فى التشغيل أكثر من طرق المعالجة اللاهوائية الأخرى، كما أن المخلفات التى تحتوى على تركيز أكبر من ٢٥٠٠ مجم / لتر مواد عالقة لا يفضل معالجتها بهذه الطريقة. وتكون عملية بداية التشغيل أصعب من الطرق الأخرى.

المعالجة المتقدمة :

تحتاج المخلفات السائلة المعالجة ثانويا إلى مراحل أخرى من المعالجة لتحسين خصائصها الميكروبيولوجية والكيماوية والطبيعية، بهدف إعادة استعمالها بطريقة آمنة، أو التخلص منها بحيث لا تؤثر سلبيا على الصحة العامة والبيئة

بما فى ذلك المسطحات المائية بجميع أنواعها. وتستخدم مراحل وطرق متعددة لهذا الغرض منها الترسيب الكيماوى، يليه مرشحات رملية لا يزيد معدل ترشيحها عن ٢٤٠ م^{٣} / م^{٢} / يوم – يليها عملية تعقيم – وتستخدم أيضا عمليات المرشحات الكربونية، كما تستخدم طرق بيولوجية كثيرة تؤدى نفس الغرض.

وكما يشمل المرجع فى باب لاحق أن إعادة استعمال مياه الصرف الصحى أصبح هدفا استراتيجيا لما فيه من مرونة فى استعمال هذه المياه بعد المعالجة الابتدائية أو الثانوية أو المعالجة المتقدمة، وتبعا للنباتات والأشجار والمحاصيل التى تروى بها المياه؛ فإنه حتى فى حالة التخلص منها، فإن هناك معايير دولية ومحلية لمكونات المياه التى سيتم تصريفها، حتى بدأ الاتجاه الإنسانى العلمى المتحضر يتجه إلى تحريم أو منع إلقاء أية مياه صرف فى المسطحات المائية إلا إذا كانت المياه المعالجة التى سيتم التخلص منها لا تقل فى جودتها عن المسطح المائى التى سيتم التخلص فيه.

تستخدم طرق كثيرة طبيعية وكيماوية وبيولوجية لتحسين مياه الصرف الصحى المعالجة ثانويا، بهدف خفض تركيز المغذيات التى تتسبب فى تخصيب المسطحات المائية التى تصرف فيها المخلفات السائلة المعالجة.

وتستخدم طرق بيولوجية لإزالة النتروجين والفسفور لإمكانية تشغيلها بتكاليف منخفضة.فالبكتريا يمكنها تحليل النتروجين العضوى من بروتين وبول إلى أمونيا – ثم باستمرار عملية الأكسدة البيولوجية تتحول الأمونيا إلى نتريت ثم إلى نترات – ويعقب ذلك خطوة تالية تعتمد على تحويل النترات إلى غاز النتروجينن للتخلص منه – وتتم هذه التفاعلات فى عدم وجود أكسجين ذائب فى المياه – Anoxic – وتقوم بهذه العملية فصائل معينة من البكتريا التى يمكنها ان تنشط فى هذه الظروف وتحول النترات إلى نتريت – ويلى ذلك تحويل النتريت إلى أكسيد النتريك (nitric Acid)

وأكسيد نترى (nitrous Oxide) – وغاز النتروجين. وهذه المركبات الثلاثة غازية تصعد إلى الجو.

وتتم هذه العملية بكفاءة فى حالة انعدام أكسجين ذائب حيث أن وجود الأكسجين يوقف هذه العملية – وأثناء عملية تحويل مركبات النتروجين إلى الصورة الغازية ترتفع قيمة الأس الايدروجينى وتزداد قلوية المياه – ولذلك يؤخذ فى الاعتبار أن تكون الـ PH فى حدود (٧–٨) حتى يتم التفاعل الكيماوى لإزالة النتروجين بمعدل عادى.

وهذا يفسر أن هذه العملية تحتاج إلى وجود مصدر من الكربون لتكوين الخلايا البكتيرية – وأحيانا يضاف الكربون لمساعدة إتمام هذه العملية. وفى بعض عمليات إزالة النتروجين يمكن الاعتماد على المواد الكربونية فى مياه المجارى نفسها أو من مكونات الخلايا البكتيرية الميتة. وفى معالجة بعض المخلفات السائلة التى لا تحتوى على مواد كربونية يمكن إضافة مواد كيميائية بها نسبة عالية من الكربون – ويمكن الاستفادة من بعض المخلفات الصناعية التى تحتوى على تركيزات عالية من الكربون وتكون خالية من المركبات العضوية الأخرى.

معالجة المخلفات السائلة من بعض الصناعات والأنشطة الزراعية :

يتم تصريف المخلفات السائلة الناتجة من صناعات اللحوم فى شبكات الصرف العمومية فى المدن الكبيرة فى حالة المعالجة فى الموقع حتى تطابق المخلفات السائلة قانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ والقرارات الوزارية المعدلة والصادر فى أعوام ١٩٨٩، ٢٠٠٠، والخاصة بتصريف المخلفات الصناعية فى شبكات المجارى العامة – أما بالنسبة للمصانع والمجازر خارج المدن فيتم عمل المعالجة التى تناسب كل من خصائص المخلفات السائلة وطرق التخلص من هذه المخلفات أو إعادة استعمالها والاستفادة من مكوناتها.

وتتكون المخلفات السائلة من المجازر:

١. الدم.
٢. روث وبول الحيوانات المذبوحة.
٣. مكونات المعدة من الطعام الذى لم يهضم.
٤. غسيل الذبائح والأرضيات والأحواض والقنوات.
٥. مياه الصرف الصحى من البوفيهات والمراحيض والمباول والأحواض.
٦. المياه المتسربة من بقايا الذبائح.
٧. فى ملحقات بعض المجازر التى يتم فيها تصنيع وتعبئة اللحوم ينتج منها مخلفات فى عمليات الطبخ والتجهيز.

ويمثل الدم فى المجازر الكبيرة نسبة كبيرة من الحمل العضوى ويمكن عمل معالجة مناسبة بعد فصله عن المخلفات السائلة الأخرى.

وبالنسبة لمجازر الدواجن والمواشى يفضل دراسة خصائص المخلفات السائلة والصلبة من جميع أقسام المجزر وعمليات التجهيز والتعبئة إن وجدت، وذلك لتحديد الطريقة الأمثل لعمليات المعالجة. والتخلص والاستفادة من هذه المخلفات وحماية البيئة من

التلوث الناتج من تصريفها، خاصة أن الملوثات تختلف فى قسم الذبح مثلا عن قسم التجهيز، وتشمل نسبة من الدهون والمواد العالقة وغيرها – وتحتاج عمليات المعالجة إلى خزان موازنة لاستقبال المخلفات السائلة فى بداية عملية المعالجة – وتستخدم طرق المعالجة الطبيعية والكيماوية والبيولوجية الهوائية واللاهوائية المستخدمة فى معالجة المخلفات السائلة الآدمية – ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة على ظروف المنطقة وطريقة التخلص.

مخلفات الصناعات الغذائية :

تشمل المخلفات الناتجة من الصناعات الغذائية مخلفات الخضروات والفاكهة واللحوم والدهون والمواد المستخدمة فى صناعتها – وهذا النوع من المخلفات يكون قابل للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة –كما أن غسيل بعض الخضروات مثل البطاطس والجزر والبنجر، وبنجر السكر يزيد من المواد العالقة فى المخلفات السائلة – وعموما تكون عملية الغسيل موسمية وتتم أحيانا فى الموقع قبل نقل هذه الخضروات للمصانع.

وفى حالة غسيل الخضروات بالمياه الساخنة يكون من الأفضل عمل خزان موازنة بحجم يناسب ظروف التشغيل فى بداية مراحل المعالجة للتحكم فى درجات الحرارة والتغير فى معدلات المياه الخارجة من عمليات الغسيل التى تتم بصور متقطعة.

وعند دراسة مخلفات الصناعات التى تحتوى على كميات من السكر والفاكهة، يؤخذ فى الاعتبار زيادة الأكسجين الحيوى المستهلك فى المخلفات السائلة.

خصائص استرشادية لمخلفات بعض الصناعات الغذائية :

١. تعليب الأناناس:

BOD = (٢٠٠٠ – ٣٣٠٠) مجم / لتر.

٢. تعليب الخوخ :

BOD = (٢٦٠٠ – ٤٠٠٠) مجم / لتر.

COD = (٣٣٠٠ – ٤٢٠٠) مجم / لتر.

٣. تصنيع الموالح والحمضيات :

BOD = (٦٠ – ٤٠٠) مجم / لتر.

٤. تصنيع الطماطم :

BOD = (١٤٠٠ – ٢٠٠٠) مجم / لتر.

٥. تعليب الأسماك :

BOD = (٥٠٠ – ٤٠٠٠) مجم / لتر.

SS = (٥٠٠ – ٥٠٠٠) مجم / لتر.

TS = (١٠٠٠ – ٢٠,٠٠٠) مجم / لتر.

٦. تصنيع النشا :

BOD = (١٦١٠ – ٢٢١٠) مجم / لتر.

٧. بالنسبة للمخلفات التى تحتوى على تركيزات عالية جدا من الأملاح يجب دراسة كل حالة حسب خصائصها والطرق المناسبة للتخلص منها سواء باستخلاص هذه الأملاح والاستفادة منها أو إعادة استعمالها أو بأى طريقة كيماوية، مع دراسة نوعية هذه الأملاح وهل بها نسبة كبريتات قد تؤثر على شبكة الصرف الصحى وأيضا على عمليات المعالجة البيولوجية.

وبالنسبة للمخلفات الصلبة الناتجة من هذه الصناعات، فبعضها يمكن استعماله فى الأغراض المناسبة لخصائصه، والبعض الآخر يتم التخلص منه بطريقة لا تؤثر على سلامة البيئة.

مخلفات صناعة الألبان :

BOD فى المخلفات السائلة الناتجة من انتاج الزبد والجبن يكون (١٥٠٠ – ٣٠٠٠) مجم / لتر.

ويجب دراسة معدلات وخصائص المخلفات السائلة من كل مرحلة أو قسم من عملية التصنيع بالنسبة للبن ومنتجاته لتحديد الطرق المناسبة للمعالجة، وتحديد إمكانية فصل كل نوع من المخلفات ومعالجته على حدة، أو خلط كل أنواع المخلفات ومعالجتها بطريقة تناسب خصائصها الطبيعية والكيماوية. وتستخدم الطرق الطبيعية والترسيب الطبيعى أو الترسيب الكيماوى قبل مرحلة المعالجة البيولوجية بالطرق المستخدمة فى معالجة مياه المجارى المنزلية.

مخلفات المزارع :

بالنسبة للأعلاف التى تحتوى على نسبة من المياه مثل البرسيم والأعلاف الخضراء، ينتج من عملية تخزينها مخلفات سائلة بها تركيز كبير جدا من الحمل العضوى يصل بالنسبة للأكسجين الحيوى المستهلك إلى ٤٠ جرام فى اللتر، مما يصعب معه قياس هذه التركيزات، كما أن صرف هذه المخلفات فى شبكة الصرف الصحى تمثل مشكلة فى عمليات المعالجة للزيادة الفجائية فى الحمل العضوى، كما أن التخلص من هذه المخلفات فى الأنهار والبحيرات يضر بالثروة السمكية والأحياء المائية.

وتحتوى هذه المخلفات على تركيزات عالية من المواد التسميدية مثل الفسفور والنتروجين والبوتاسيوم ولكن يجب تخفيفها قبل استعمالها فى تسميد التربة.

مخلفات الماشية :

يصل روث وبول الماشية يوميا لحوالى ١٠٪ من وزنها. وفى حالة ترك الماشية حرة فى المراعى فإن مخلفاتها ترجع للتربة وفى المزارع الكبيرة التى تعيش فيها الماشية فى حظائر

خاصة بها، يجب مراعاة الاشتراطات الهندسية التى تضمن تجميع المخلفات والاستفادة منها بطرق إقتصادية مفيدة ولا تسبب أضرارا بالبيئة.

وبالنسبة لماشية انتاج الألبان تكون نسبة المياه فى خليط البول والروث حوالى (٨٥ – ٩٠) ٪ مياه مما يساعد على تصريفه بسهولة خلال قنوات الصرف وتجميعه لتخزينه لمدة كافية لتحليله لاهوائيا أو معالجته والاستفادة منه بالطرق المناسبة.

الملوثات الناتجة من حظائر الحيوانات والطيور

أنواع الطيور والماشية	الوزن الجاف جم/يوم للملوثات الناتجة من الماشية والطيور				
	مواد صلبة	BOD	نتروجين كلى	أمونيا	فسفور P_2O_5
دجاج كبير	٣٢	٧	١,٥	٠,٧	١,٢
ماشية إنتاج الألبان	٤٣٠٠	٧٠٠	١٩٥	١٠٠	٥٥
ماشية التسمين	٢٨٦٠	٤٧٠	١٤٠	٥٠	٥٠
البط	٧٣	١٤	٣٦	--	٥
النعام	٣٤٠	١٨٠	٢٣٠	٩	١١

مخلفات المدابغ :

تحتاج صناعة الجلود إلى كميات كبيرة من المياه، وتشمل العملية الصناعية عدة مراحل متتابعة، أولها نقع الجلود والتى ينتج منها مخلفات سائلة عالية الملوحة وبها مواد عالقة وأجزاء من الجلود التى تظهر على سطح المياه. ويضاف فى المرحلة التالية جير يصل تركيزه إلى ٨ ٪ فى المياه، بالإضافة إلى ٢ ٪ تركيز من محلول كبريتيد الصوديوم، وتحوى المخلفات السائلة الناتجة عن هذه المرحلة تركيزات عالية من البروتينات وتركيزات منخفضة من الأمونيا الذائبة – ويلى ذلك مرحلة يضاف بها إنزيمات كيماوية وتحتوى المخلفات السائلة الناتجة منها على نسبة من هذه الانزيمات، والكالسيوم وأملاح الأمنيوم مع نسبة صغيرة من البروتينات وفى المرحلة التالية يتم وضع الجلود فى حامض كبريتيك مخفف وتركيز (٥–٨) ٪ من الملح.

وتمثل المخلفات السائلة الناتجة عن صناعة جلود الأحذية نسبة (١٥-٣٠) ٪ من المخلفات الكلية ولكن يكون لونها غامق نتيجة إضافة بعض المركبات الكيماوية الحامضية التى تمتص الأكسجين سريعا من المياه.

كما أن بعض صناعات الجلد الرقيق ينتج منها مخلفات تحتوى على تركيزات عالية من كبريتات الكروم وأملاح كبريتات الصوديوم وكلوريد الصوديوم وتحتوى أيضا على أصباغ ومواد دهنية.

وتمثل مياه غسيل الجلود بعد كل مرحلة من مراحل التصنيع كمية كبيرة من المخلفات السائلة تصل إلى أكثر من ٧٥ ٪، ولكن تختلف خصائص مياه غسيل كل مرحلة عن الأخرى حسب الشوائب الكائنة على الجلد. ولذلك تختلف خصائص مخلفات المدابغ من يوم لآخر حسب عملية التصنيع، وأنواع الجلود المصنعة، ومستويات ونوعيات الإنتاج.

وتحتوى مخلفات المدابغ السائلة على تركيزات كبيرة من المواد العالقة التى توجد أصلا فى الجلود مثل الشعر وأجزاء من اللحوم والدهون وتفاعلها مع كميات الجير التى تضاف فى مراحل المعالجة يكوِّن طبقة سميكة من المواد الطافية تسبب مشاكل داخل وحدات الرفع والمعدات الميكانيكية إذا لم يتم حجزها فى بداية عملية المعالجة. ويجب تحديد طريقة مناسبة لحجز المواد الطافية، نظرا لمكونات هذه الشوائب وكذلك التخلص منها.

وتشير بعض الدراسات إلى أفضلية فصل مخلفات مراحل التصنيع التى تحتوى على تركيزات عالية من الشوائب ويمكن استخلاص المواد التى توجد فى هذه المخلفات مثال على ذلك استرجاع الكروم من قسم الدباغة بالطرق الكيماوية والميكانيكية المناسبة – بالإضافة إلى أن المخلفات السائلة بعد هذه العملية يمكن إعادة استعمالها فى عملية التصنيع.

ويتم التخلص من كبريتات الصوديوم بعدة طرق منها إضافة كبريتات الحديدوز مع التهوية والحفاظ على PH حوالى ٨,٥ حيث يحدث عملية ترويب لترسيب العوالق – وتحتاج هذه الطريقة إلى خبرة فنية كبيرة لضمان تشغيلها بطريقة اقتصادية وكفاءة عالية – كما تستخدم طرق كيماوية أخرى تعتمد على خصائص المخلفات والكفاءة المطلوبة فى المعالجة والامكانيات المتاحة.

مخلفات صناعة النسيج :

المخلفات السائلة من صناعات النسيج تختلف كثيرا فى خصائصها أو معدلاتها، وأيضا فى درجة حرارتها والأس الايدروجينى – ويفضل عادة خلط المخلفات من مراحل التصنيع المختلفة حيث أن بعضها حامضى والبعض قلوى، وذلك لعمل موازنة فى خصائص المخلفات.

وتستخدم طرق المعالجة المألوفة مثل الترسيب والمعالجة الكيماوية والبيولوجية – ويجب الأخذ فى الاعتبار أن معدلات المخلفات السائلة قد تكون ثابتة فى بعض المراحل – وتكون موقوتة فى أقسالم أخرى، وتحتوى مخلفات القطن والكتان على مواد عضوية، فى حين نجد بالصوف نسبة من الشحوم والرمال والأتربة التى يجب التخلص منها قبل بداية عمليات التصنيع. وتختلف نسبة العوالق فى القطن والصوف وهى مكونات ليست من الألياف ويتم التخلص منها فى مراحل معالجة تمهيدية قبل مراحل الصناعة، ولا توجد هذه الشوائب بالألياف الصناعية.

الدراسات الابتدائية المطلوبة :

يتم بصورة استكشافية فى مصانع النسيج تحديد مصادر المخلفات التى تحتوى على تركيزات عالية من المواد العضوية، والأحماض، والقلويات، وتحديد الكميات والأوقات التى يتم فيها صرف هذه المخلفات، وكذلك التغير فى الحمل العضوى ودرجة الحرارة والأس الايدروجينى على مدار اليوم خاصة فى عمليات التبييض

والصباغة، حيث يحدد ذلك حجم أحواض الموازنة والمعادلة فى حالة الحاجة إليها – وتكون مخلفات صناعة النسيج فى الغالب قلوية وتحتاج إلى إضافة أحماض لمعادلتها – ويمكن معرفة الكمية المطلوبة من الأحماض من واقع عملية التشغيل بحساب المستهلك فى الصناعة من المواد القلوية والحامضية على مدى فترة لا تقل عن ستة شهور.

مخلفات صناعة الورق :

المياه من أهم متطلبات صناعة الورق، فيحتاج طن الورق المنتج إلى ما يزيد عن ٧٥ متر مكعب فى حالة استعمال لب الورق من الأشجار الخشبية والذى يمثل حوالى ٥٠ ٪ من الأشجار – وعموما تتجه الطرق الحديثة فى التشغيل غلى إعادة استخدام المياه الناتجة من المراحل النهائية فى التصنيع بإعادتها لمراحل التصنيع الأولى مع التأكد من عدم تراكم الأملاح والمواد الصلبة – وبالنسبة للمياه التى تحتوى على تركيزات عالية من الألياف، يمكن استخدام هذه الألياف فى صناعة أنواع أقل جودة من الورق مثل الكرتون.

وعموما يستخدم الترسيب بكفاءة فى إزالة المواد العالقة من المخلفات السائلة – كما تستخدم عمليات المعالجة البيولوجية فى أكسدة وحجز المواد العضوية بالترسيب الثانوى كما يحدث فى معالجة مياه المجارى المنزلية – وبالنسبة للسائل الأسود الذى يصل تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك فيه لأكثر من سبعة آلاف جزء فى المليون فيمكن معالجته بيولوجيا بعد تخفيفه وإضافة بعض العناصر المغذية له ولكن مشكلة التخلص من اللون لا زالت تلاقى صعوبة فى حلها لأنها حتى الآن تنحصر فى طرق كيماوية مكلفة.

إزالة الأصباغ :

يمكن إزالة الأصباغ ونسبة كبيرة من الملوثات من المخلفات الصناعية التى تحتوى على أصباغ، باستخدام كلوريد الماغنسيوم كمروب – بتركيز فى حدود ٤ مجم / لتر – بحيث يكون الأس الايدروجينى فى حدود (١٠,٥-١١) – وذلك للصبغات التى تتفاعل مع كلوريد الماغنسيوم مكونة عوالق رسوبية يمكن حجزها فى أحواض ترسيب فى وقت أقل من ترسيب العوالق التى تتكون عند استخدام المروبات الأخرى – كما أن خلال هذه العملية تصل نسبة حجز الصبغة إلى أكثر من ٩٧ ٪ - وحجز الأكسجين الكيماوى المستهلك إلى أكثر من ٨٨ ٪ - وحجز المواد العالقة إلى ٩٥ ٪.

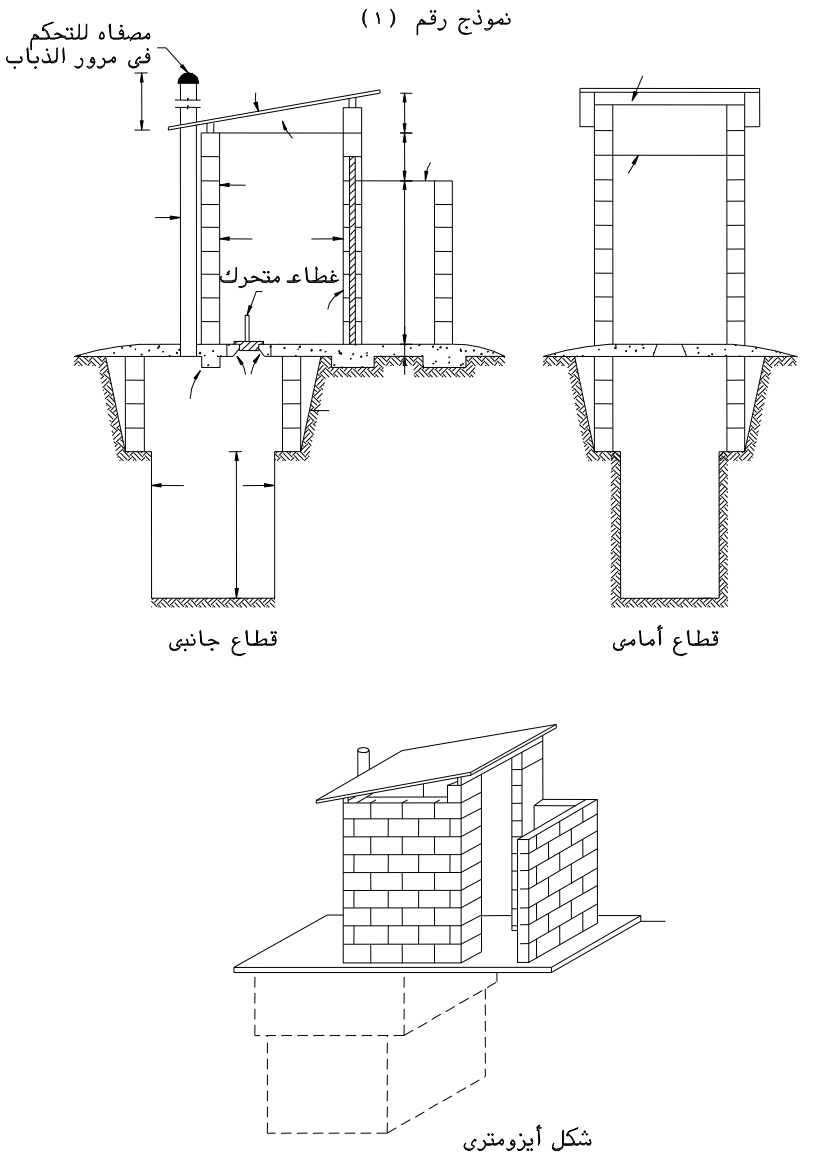
الباب السادس

التخلص من مياه الصرف الصحى
فى المناطق المنعزلة

تستخدم طرق متعددة فى المناطق والمبانى المنعزلة يراعى فيها ظروف كل مبنى، والمنطقة، وطبيعتها، واستخدامات الأراضى المحيطة بالمبنى وعمليات إمداد المياه بالمنطقة ومعدلاتها. ومن الطرق البدائية المستخدمة من آلاف السنين ولا زالت تستخدم حتى الآن، المراحيض الذاتية المنفصلة التى تنشأ فى حدود المسكن أو فى أراض مجاورة تابعة له. ويبين شكل (٦-١) نماذج مختلفة لهذه المراحيض.
وتنشأ هذه المراحيض فى المناطق التى لا تخدمها شبكات توزيع مياه للشرب - لذلك يجب مراعاة الاشتراطات الصحية وقوانين حماية البيئة.

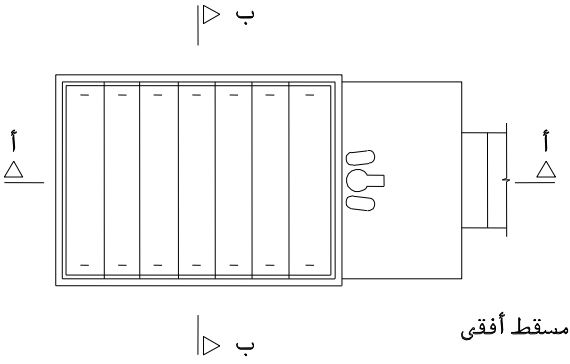
المعالجة الجزئية أو الممكنة قبل التخلص فى الموقع :

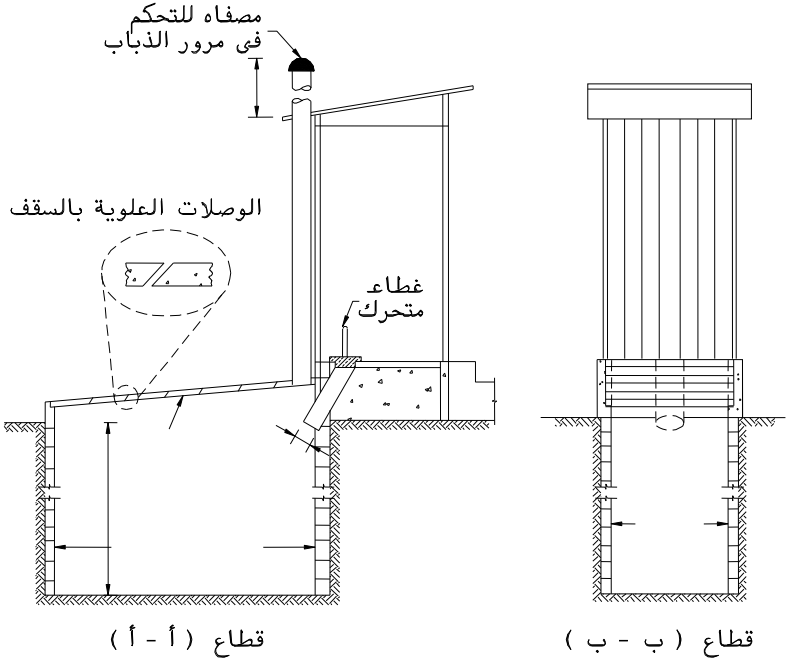
تستخدم عادة طرق بسيطة فى إنشائها وتشغيلها ولا تحتاج لمهارة فنية، وذلك لمعالجة مياه المجارى والتخلص منها للتجمعات السكنية الصغيرة، والتى تكون



شكل (٦-١-١)
نموذج لمرحاض مع بيارة صرف
به نظام تهوية طبيعية

نموذج رقم (٢)

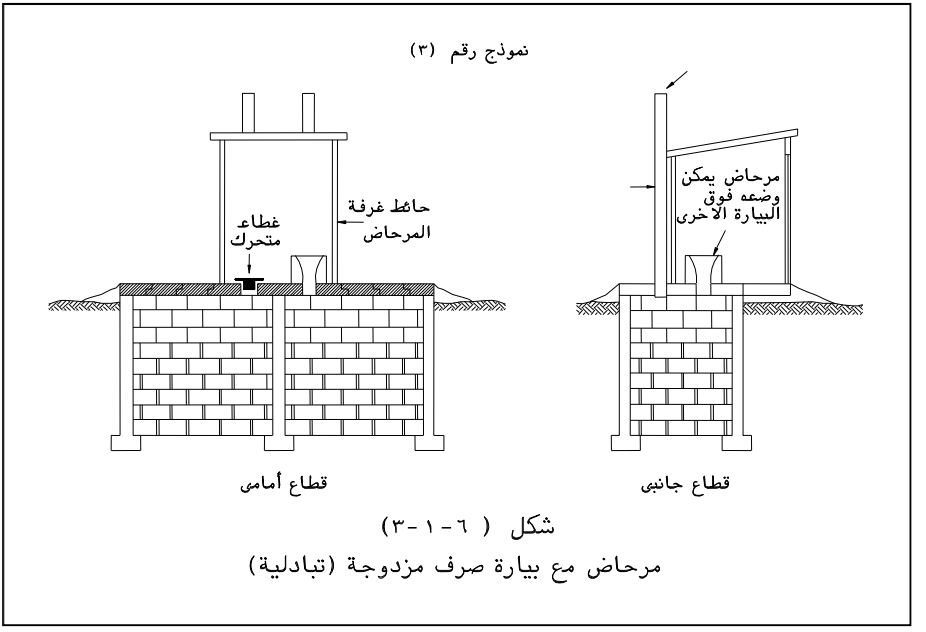




شكل (٦ - ١ - ٢)

مرحاض مع بيارة صرف

الابعاد الداخلية يتم تحديدها تبعا للتصميم



شكل (٦-١-٣)

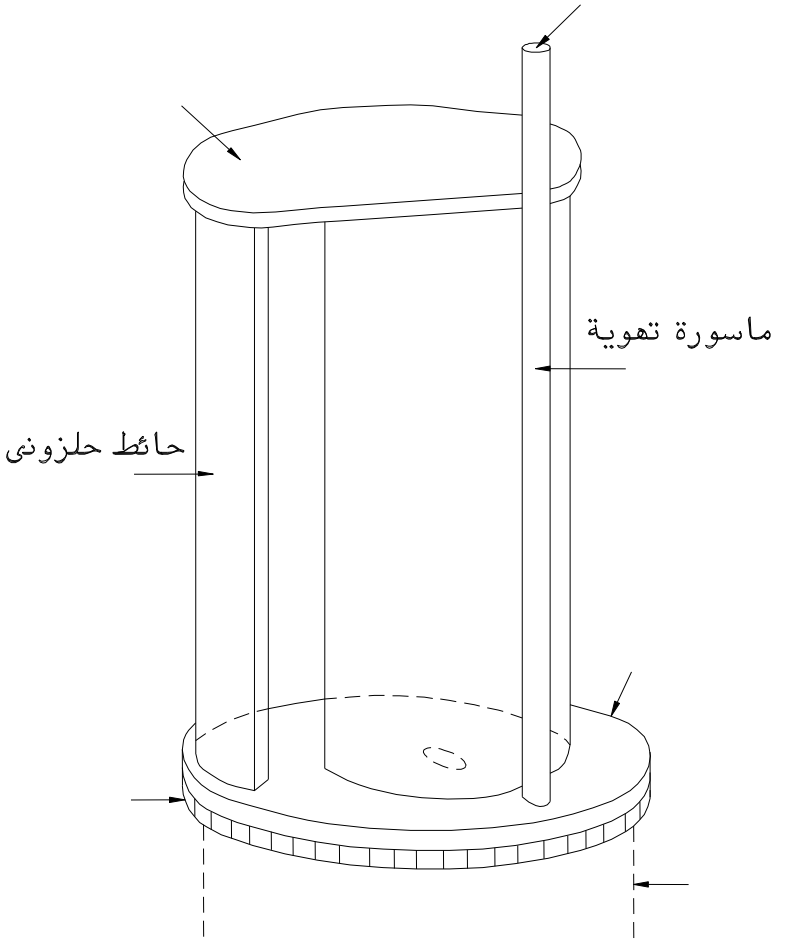
مرحاض مع بيارة صرف مزدوجة (تبادلية)

المبانى فيها متفرقة ويصعب عمل شبكات تجميع لمياه المجارى لمعالجتها بعد ذلك. وبالنسبة لمبنى واحد أو مجموعة مبانى متفرقة يمكن استخدام بعض الطرق المستخدمة من سنوات طويلة وتعتمد على معالجة مياه المجارى جزئياً ثم تصريف المياه خلال التربة أو استخدامها فى الرى، ويساعد على استخدام هذه الطرق أن كمية المياه المستعملة أساساً فى المناطق المنعزلة تكون معدلاتها صغيرة. ورغم أن الطرق المستخدمة فى هذه المناطق هى طرق بدائية وبسيطة، إلا أنها لا زالت تستخدم فى جميع بلاد العالم بنجاح لسهولة تشغيلها وصيانتها.

أحواض التحليل: Septic Tanks :

تنشأ هذه الأحواض عادة تحت سطح الأرض مباشرة من مبانى الطوب أو الخرسانة العادية أو المسلحة بهدف ترسيب أكبر نسبة من المواد العالقة، وتحلل المواد العضوية فى المواد المترسبة بواسطة البكتريا اللاهوائية.

نموذج رقم (٤)



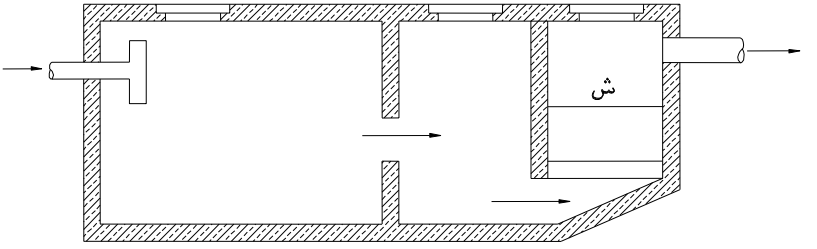
شكل (٦ - ١ - ٤)

مرحاض حلزونى

وتستخدم هذه الوحدات فى التجمعات السكنية المنعزلة فى جميع دول العالم على اختلاف مستوياتها، ويستخدم هذه الوحدات حوالى ٥٠ مليون أمريكى وأربعة ملايين كندى وتصمم هذه الأحواض على أسس مناسبة للغرض من إنشائها شكل (٦-٢) ويتم تصريف الرواسب من الحوض على فترات زمنية بعيدة قد تصل لسنة أو أكثر وتكون المواد العضوية بالرواسب قم تم تثبيتها وتحويلها لمواد غير عضوية خلال هذه المدة الطويلة. أما المياه الخارجة من أحواض التحليل فرغم أن المواد العالقة تقل بنسبة تصل إلى أكثر من ٦٠ ٪ إلا أن بها نسبة كبيرة من المواد العضوية الذائبة والمعلقة الدقيقة التى لم ترسب. ولذلك يجب مراعاة الحرص فى التخلص من هذه المياه لشدة تلوثها، ويجب أن تمر هذه المياه خلال مراحل معالجة بعد ذلك.

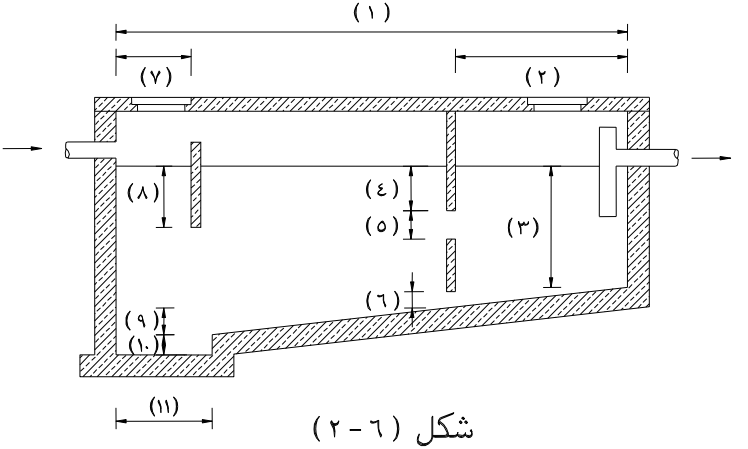
أسس التصميم :

١. مدة البقاء فى الحوض = ٢٤ – ٧٢ ساعة، ويشمل حجم الحوض فى هذه الحالة الحيز المشغول بواسطة الرواسب والمواد الطافية.
٢. نسبة الطول للعرض = (٢ – ٣) : ١,
٣. عمق المياه يتراوح بين ١-٢ متر.
٤. حيز الرواسب بالقاع لا يقل عن ٣٠سم وحيز المواد الطافية على سطح المياه يكون حوالى ١٠سم.
٥. لا يقل سعة حوض التحليل عن ٢,٧٠متر مكعب.
٦. يكون قاع ماسورة المدخل أعلى بمسافة لا تقل عن ٨٠مم من سطح المياه فى الخزان.
٧. يكون بداية ماسورة المخرج تحت سطح المياه فى الحوض بمسافة كافية حتى تكون أسفل منطقة المواد الطافية وأعلى من منطقة تراكم الرواسب.



ش = مرشح زلط

حوض تحليل ومرشح



شكل (٦-٢)

حوض تحليل

١ - طول الحوض = ١٥٠ - ٤٥٠ سم = (٢-٣) العرض

٢ - مسافة = ثلث الطول

٣ - العمق = ١٠٠ - ٢٠٠ سم

٤ - ٤٠ سم

٥ - ٢٥ سم

٦ - ٢٠ سم

٧ - ٣٠ سم

٨ - ٣٠ سم

٩ - ٥٠ سم

١٠ - ٣٠ سم

١١ - ٥٠ سم

مثال (٦–١) :

مزرعة بها ١٥٠ شخص – معدل استهلاك المياه المتوسط ١٢٠ لتر / شخص / يوم. المطلوب تصميم الأبعاد الرئيسية لحوض تحليل لخدمة العاملين بالمزرعة. علماً بأن معدل مياه الصرف الصحى تساوى معدل استهلاك المياه.

الحل :

معدل الصرف = ١٥٠ × ١٢٠ لتر / شخص / يوم = ١٨٠٠٠ لتر

= ١٨ متر مكعب فى اليوم.

بفرض مدة بقاء المياه فى الحوض = ٣٠ ساعة = ١,٢٥ يوم.

∴ حجم حوض التحليل = ١,٢٥ × ١٨ = ٢٢,٥ متر مكعب.

بفرض العمق الكلى (بما فى ذلك الرواسب والمواد الطافية) = ١,٨٠

∴ المساحة السطحية = ١٢,٥٠ متر مربع.

بفرض نسبة الطول للعرض = ٢ : ١.

∴ الطول = ٥,٠٠ متر. العرض = ٢,٥٠ متر.

تصريف المياه الخارجة من أحواض التحليل :

تحتوى المياه التى تخرج من الأحواض على نسبة كبيرة من المواد العضوية الذائبة والمعلقة الدقيقة ويمكن إتباع أحد الطرق الآتية فى تصريفها:

أولاً: إستخدامها فى الرى :

فى هذه الحالة يجب التحكم فى استعمالها لعدم تلوث المحاصيل الناتجة من المسطحات المزروعة بها، وكذلك المحافظة على الصحة العامة حيث تحتوى هذه المياه على أعداد كبيرة من

البكتريا، وتعتمد المساحات التى يمكن ريها بهذه المياه على درجة الحرارة وطبيعة التربة فى هذه المنطقة ونوعية المحاصيل، ومراعاة قوانين البيئة التى تحكم هذه العملية.

ثانياً: خنادق التصريف :

وتعتمد هذه الطريقة على درجة مسامية التربة ومنسوب المياه الجوفية كشرط أساسى لاستخدام هذه الطريقة، وفى حالة استخدامها توضع مواسير مفتوحة الوصلات أو مثقبة فى خنادق عرضها حوالى (٥٠-٦٠) سم وعمقها حوالى (٥٠-١٨٠) سم، على أساس أن مسامية التربة تؤثر تأثيراً كبيراً فى اختيار أو تحديد عمق الخنادق، فالتربة الغير مسامية تحتاج إلى حوالى ١٠٠ سم من الزلط أو كسر الحجارة تحت مواسير التصريف المثقبة.

وتساعد عملية التصريف فى التربة على تثبيت نسبة كبيرة من المواد العضوية خلال طبقة الزلط وخلال مسام التربة.

وتنشأ خنادق التصريف عادة بالأبعاد المبينة فى شكل (٦-٣). ويمكن تحديد مساحة الخنادق بأحد الطرق الآتية:

أولاً: تحديد تقريبى سريع على أساس ١٠ لتر لكل متر مربع من مساحة قاع وجوانب الخندق فى اليوم بفرض أن التربة متماسكة.

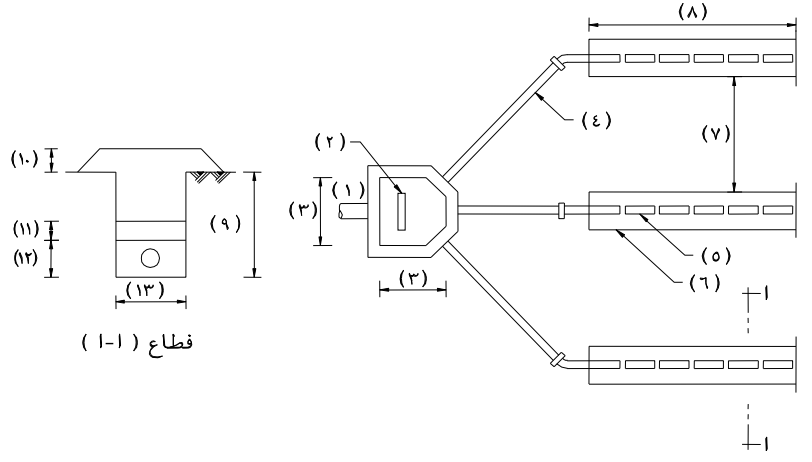
ثانياً: عمل اختبار تسريب بحفر عدة فتحات فى الأرض بقطر ١٥ سم وعمق ٥٠سم، وتملأ هذه الفتحات بالمياه، وتترك حوالى يوم لتتشبع التربة بالمياه، وفى اليوم التالى تملأ الفتحات بالمياه بعمق ٣٠سم، ويمكن اعتبار الأرض مناسبة لعملية تسريب المياه إذا انخفض عمق المياه فى هذه الفتحات ١,٥ سم فى مدة ساعة.

ثالثاً: يمكن بطريقة أكثر دقة عمل التجربة الآتية:

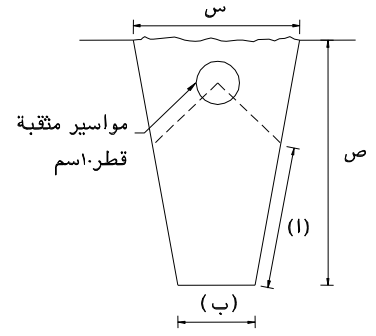
١. يتم فى الموقع المحدد لإنشاء الخنادق، عمل حفرة مربعة الشكل أبعادها ٣٠ × ٣٠ سم، وبعمق ٦٠سم.

٢. تملأ الحفرة بالمياه وتترك لمدة يوم كامل.

٣. بعد ذلك تملأ الحفرة بالمياه بارتفاع ٢٥ سم، ويحسب الوقت اللازم لهذه المياه



١ - من خزان التحليل
٢ - حاجز خرسانى او طوب بسمك ١٢ سم
٣ - مسافة تساوى ١٠٠ سم
٤ - مواسير ملحومة
٥ - مواسير بدون وصلات او مثقبة بقطر ١٠ سم
٦ - خندق التصريف
٧ - مسافة لاتقل عن ٢ متر
٨ - طول الخندق لايزيد عن ٣٠ متر
٩ - عمق الخندق = ٥٠ - ١٨٠ سم
١٠ - لايقل الغطاء الخرسانى عن ١٥ سم
١١ - زلط رفيع ١٥ سم
١٢ - ركام خشن ٢٥ سم
١٣ - عرض الخندق = ٥٠ - ١٠٠ سم



قطاع فى خندق تصريف

س = ٤٠ - ٨٠ سم
ص = ٦٠ - ١٠٠سم
مساحة التصريف للمتر الطولى =
(ا٢ + ب) × ١ متر مربع

شكل (٦-٣)
خنادق التصريف

لكى تتسرب من الحفرة.

٤. يتم حساب الوقت اللازم لتصريف ١ مم من المياه فى الثانية، وذلك بقسمة زمن التسرب على عمق المياه.

٥. بضرب الناتج من الخطوة السابقة فى عدد الأشخاص الذى يخدمهم حوض التحليل، ثم بضرب الناتج النهائى فى ٠,٥٠ نحصل على مساحة قاع الخندق المطلوب.

مثال (٦-٢) :

المطلوب تحديد أطوال الخنادق اللازمة لتصريف المياه الخارجة من حوض تحليل يخدم ١٥ شخص على أساس أن المياه التى وضعت فى الحفرة التى أبعادها (٣٠ × ٣٠) سم وعمقها ٦٠سم، هذه المياه وضعت بارتفاع ٢٥سم وتسربت من الحفرة خلال ١ ساعة.

الحل :

وقت تصريف المياه من الحفرة = ١ ساعة لتصريف مياه بارتفاع ٢٥ سم

= ٣٦٠٠ ثانية

= ١٤,٤ ثانية لكل ١ مم.

∴ مساحة الخنادق = ١٤,٤ × ١٥ × ٠,٥٠ = ١٠٨ متر مربع

فإذا كان عرض الخندق ٦٠سم

يكون طول الخنادق = ١٠٨ ÷ ٠,٦٠ = ١٨٠ متر

∴ تستخدم ٦ خنادق طول كل منها ٣٠ متر .

ترشيح المياه الخارجة من أحواض التحليل :

تنشأ من حوض التحليل شكل (٦-٢-٢) بحيث يحتوى المرشح على طبقة من الزلط أو كسر الطوب أو الحجارة بعمق من ٥٠-٨٠ سم حسب عمق حوض التحليل

ويصل الفاقد فى الضغط خلال المرشح لحوالى ١٥سم، ويمكن لهذا المرشح خفض الأكسجين الحيوى المستهلك بحوالى ٧٥ ٪ ويمكن تقدير حجم الزلط أو كسر الحجارة فى المرشح بحوالى متر مكعب لكل ٢٠ شخص، ويكون حجم حبيبات الطبقة العليا من الزلط من (٣-٦) مم بارتفاع (١٠-١٥)سم، وحجم الطبقة السفلى من الزلط من (١٢-١٨) مم بارتفاع (٤٠-٦٥) سم.

وتعمل هذه المرشحات مدة من ١-٢ سنة يتم بعدها تفريغ المرشح من الزلط أو الحجارة لغسلها جيداً بالمياه وإعادة هذه المواد للمرشح مرة أخرى. ويمكن فى هذه الحالة إجراء عملية كسح أو تفريغ حوض التحليل من الرواسب فى نفس الوقت الذى يتم فيه غسل محتويات المرشح. ويمكن إنشاء مرشحات رملية منفصلة بمعدل ترشيح يناسب نوعية المياه ويعطى كفاءة أكبر ولكنه يحتاج إلى مساحة كبيرة نوعاً.

بيارات وحفر الترسيب :

يبين شكل (٦-٤) بعض نماذج للبيارات والحفر المستخدمة فى تصريف المياه الخارجة من حوض التحليل، ويشترط لنجاح هذه الطريقة أن تكون التربة بدرجة مسامية مناسبة وفى نفس الوقت تستوعب معدلات المياه المطلوب تصريفها.

ويراعى فى تصميم وإنشاء هذه البيارات ما يأتى:

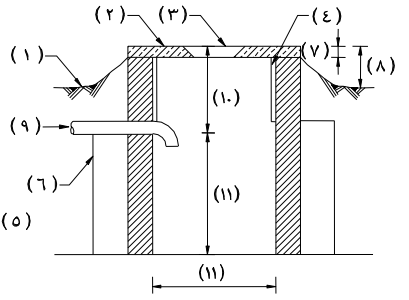
١. يفضل أن تكون سعة بيارات التصريف تحت منسوب ماسورة المدخل، لا تقل عن سعة حوض التحليل.

. يمكن استخدام بيارتين أو أكثر على التوازى، بحيث لا تقل المسافة بين كل بيارتين عن ثلاثة أضعاف القطر.

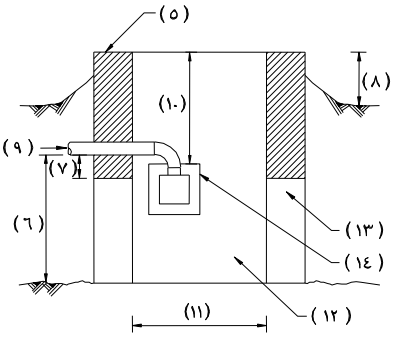
٣. تبعد بيارة التصريف عن الآبار ومصادر المياه الأخرى مسافة لا تقل عن ٥٠ متر.

٤. تبعد بيارة التصريف عن المبانى مسافة لا تقل عن ٦ متر.

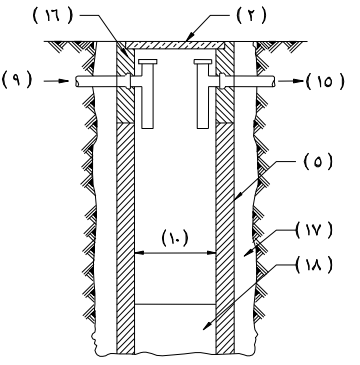
٥. تبعد بيارة التصريف عن حدود الجار مسافة لا تقل عن ٣ متر.



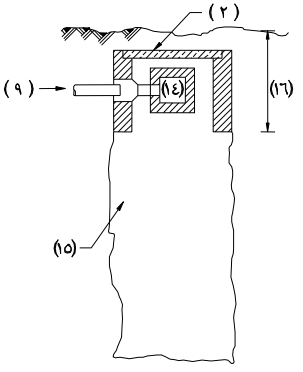
(ا) بيارة تصريف



(ب) بيارة تصريف مملؤة بالركام الخشن



(جـ) بئر تصريف



(د) بئر تصريف مملؤ بالزلط

شكل (٦-٤)
بيارات التصريف

١ - سطح الارض
٢ - غطاء خرسانى يمكن رفعه
٣ - فتحة فى الغطاء
٤ - بياض بمونة الاسمنت
٥ - مبانى بدون مونة
٦ - غلاف من الزلط بسمك ١٢ سم
٧ - مسافة حوالى ١٥ سم
٨ - مسافة حوالى ٥٠ سم
٩ - من حوض التحليل
١٠ - مسافة حوالى ١٠٠ سم
١١ - مسافة لاتقل عن ١٠٠سم
١٢ - زلط او ركام خشن
١٣ - زلط رفيع
١٤ - غرفة بمبانى الطوب ٢٠ × ٢٠ سم
١٥ - المخرج لبئر تصريف آخر
١٦ - مبانى طوب بمونة
١٧ - ١٥ سم زلط حول المبانى
١٨ - ٣٠ سم زلط بقاع البئر

العوامل التى يجب مراعاتها فى تصميم الخنادق والبيارات :

رغم أن تصريف المياه الخارجة من أحواض التحليل تحت سطح الأرض يحجز فى التربة (٧٥-٩٠) ٪ من الآتى:

- المواد الصلبة الكلية.
- الأكسجين الحيوى المستهلك.
- الأكسجين الكيمائى المستهلك.
- المواد العضوية الكربونية الذائبة.

رغم كل هذا فإن كفاءة خنادق وبيارات التصريف تقل بمعدل تدريجى حيث تتعرض مسام الجوانب والقاع للسدد بواسطة المواد العالقة الصغيرة، والكائنات الحية الدقيقة، ورغم ذلك فإن تصميم هذه الأعمال يفترض معدلات ثابتة للتسريب خلال التربة.

وعموماً فى تصميم الخنادق والبيارات يجب مراعاة العوامل الآتية:

١. كمية ونوعية المياه المطلوب التخلص منها.
٢. نفاذية التربة.
٣. أعلى منسوب للمياه الجوفية.
٤. بُعد أول طبقة صماء عن سطح الأرض.

بيارات التصريف المتصلة بالمراحيض مباشرة: Leaching Pit :

تستقبل هذه البيارات متخلفات المرحاض مباشرة، وتحدد سعتها على أساس ما يتراكم فيها من مواد صلبة فى حدود ٥٠ لتر لكل شخص فى العام، إذا كان قاع البيارة يقع فوق منسوب المياه الجوفية. وتزيد هذه القيمة بنسبة حوالى ٥٠ ٪ إذا كان منسوب المياه الجوفية أعلى من قاع البيارة.

ويراعى أن تنشأ بيارتين على الأقل لكل مرحاض أو مجموعة مراحيض بحيث تكفى كل بيارة لمدة حوالى ٣ سنوات. ويتم التشغيل على أساس تحويل الصرف لبيارة واحدة حتى

تمتلىء، ثم تستخدم البيارة الأخرى لمدة ثلاث سنوات أخرى تكون المواد العضوية فى البيارة الأولى قد تحولت إلى مواد غير عضوية وتكون الجراثيم الضارة فى الحمأة قد انتهت ويمكن فى هذه الحالة استخدام هذه المواد كسماد عضوى.

ويجب ألا يقل عمق البيارة من الراسم السفلى لماسورة المدخل وحتى القاع عن ١٢٠سم، ولا يقل قطر البيارة أو بعد جوانبها عن ١٠٠ سم. ويمكن أن تكون البيارة دائرية أو مربعة أو مستطيلة.

وتكون المسافة بين أى بيارتين أكبر من عمق البيارة. ويجب ألا تكون البيارة ملاصقة للمنشآت حتى لا تؤثر على سلامتها، ويعتمد ذلك على طبيعة المبنى ونوعية الأساسات.

وللتحكم فى تلوث مصادر مياه الشرب الجوفية يراعى الآتى:

١. فى حالة بعد قاع البيارة عن سطح المياه الجوفية مسافة أكبر من ٢ متر يمكن إنشاء البيارة على مسافة لا تقل عن ٣ متر من آبار مياه الشرب فى حالة التربة التى يكون القطر الفعال لحبيباتها أقل من ٠,٢٠ مم. ولكن إذا كانت حبيبات التربة ذات قطر فعال أكبر من ٠,٢٠ مم فإنه فى هذه الحالة يفضل وضع طبقة من الرمل الرفيع قطر حبيباته الفعال ٠,٢٠ مم حول البيارة بسمك ٥٠سم.

٢. إذا كان البعد بين قاع البيارة وسطح المياه الجوفية أقل من ٢ متر فى أى فترة من العام فإنه لنفس ظروف التربة فى البند السابق تكون المسافة بين البيارة وآبار مياه الشرب لا تقل عن ١٠ متر مع وضع طبقة الرمل الرفيع حول البيارة فى حالة التربة المسامية.

حفرة تشرُّب المياه بالارتشاح :

تنشأ تحت سطح الأرض لتصريف مياه الأمطار أو المياه الخارجة من أحواض التحليل فى أعمال التخلص من مياه المجارى للمبانى المنعزلة والتجمعات السكنية الصغيرة.

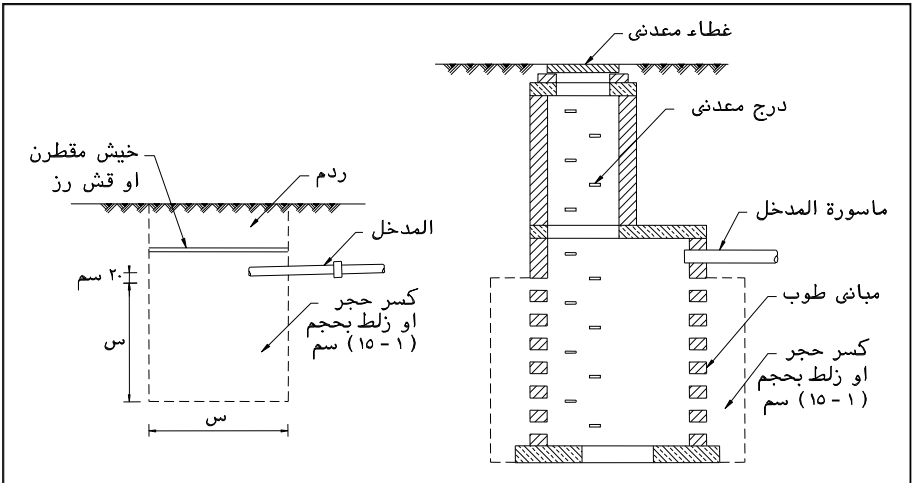
وتنشأ بيارة التشرب الكبيرة شكل (٦-٥-١) بحيث يكون بالجزء السفلى منها فتحات وتنشأ بدون قاع، ويوضع عادة حول الجزء السفلى منها وبقاعها طبقة من الزلط لمساعدة عملية الارتشاح.

وبالنسبة لحفرة التشرب الصغيرة شكل (٦-٥-٢) يمكن أن تملأ بالزلط أو كسر الحجارة. وتتميز هذه الحفر الصغيرة منها والكبيرة بقلة التكاليف الإنشائية.

ويراعى فى تصميمها وإنشائها أن يكون قاع الحفرة فوق منسوب المياه الجوفية، وأن تبعد الحفرة مسافة لا تقل عن ٣ متر من المبنى.

تجميع مياه الرشح :

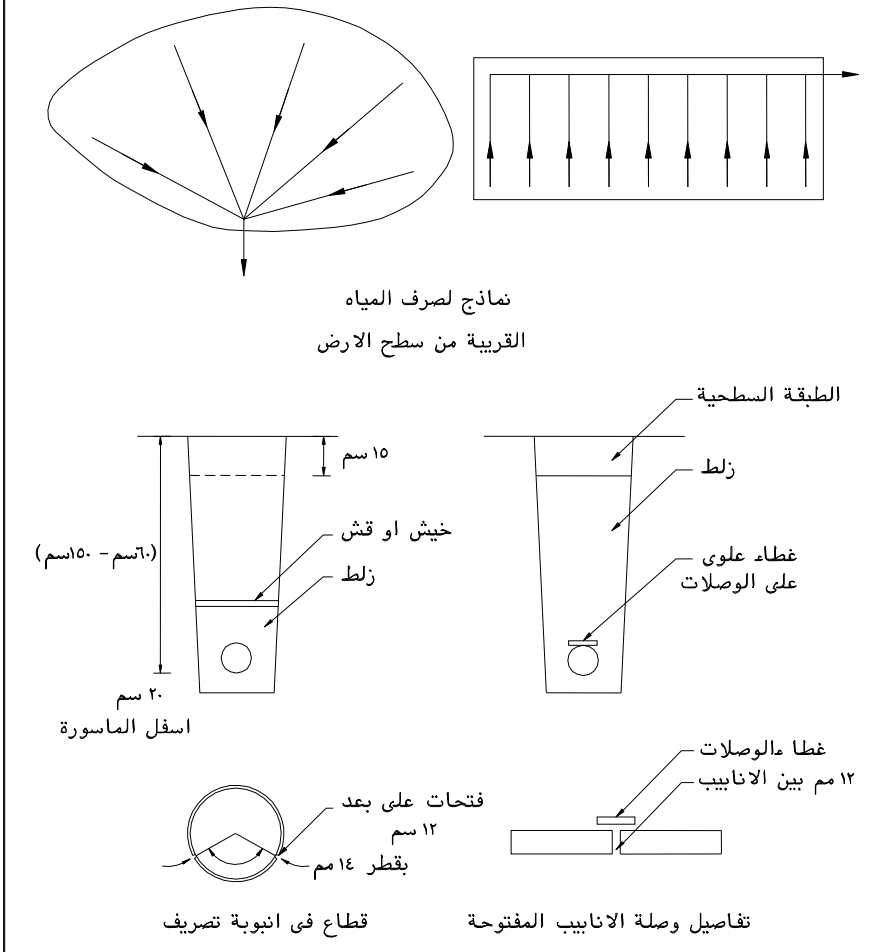
يؤثر ارتفاع منسوب المياه الجوفية فى سلامة المبانى والطرق والمنشآت الأخرى، تماماً كما يحدث فى ارتفاع منسوب المياه الجوفية فى الأراضى الزراعية وتأثير ذلك على نمو النبات وإنتاجية الأرض.



شكل (٦-٥)

حفرة تسريب

ويبين شكل (٦-٦-١) الطرق المستخدمة فى خفض منسوب المياه الجوفية والمحافظة عليه عند حد معين ويستخدم لهذا الغرض مواسير مسامية أو مثقبة أو مواسير فخار أو بلاستك أو خرسانية أو أسمنية بأقطار تتراوح بين ٣ بوصة، ٦ بوصة توضع بدون لحامات، ويبين شكل (٦-٦-٢) هذه الأنواع وكيفية تركيبها. وتتراوح المسافة بين خطوط التصريف الفرعية من عشرة أمتار للأراضى الطينية، إلى ٩٠ متر للأراضى الرملية.



شكل (٦-٦)

خنادق تجميع المياه الجوفية

وفى أعمال خفض مياه الرشح الكبيرة، يفضل دراسة طبيعة التربة وخواصها وميولها لتحديد النظام المناسب لعملية التحكم فى ارتفاع منسوب هذه المياه، ويفضل عمل تحليلات كاملة لمياه الرشح لتحديد المواسير المناسبة التى لا تتأثر بمكونات المياه، ولتحديد الطريقة المناسبة للتخلص من هذه المياه أو الإستفادة منها.

الرى والصرف تحت سطح الأرض Subsurface Wetlands :

تستخدم أحواض ركامية بعمق صغير تحت سطح الأرض، وتغطى وتوزع مياه الصرف الصحى فى بدايتها، ويتم تجميع المتبقى منها عند نهايتها للتخلص منها أو نقلها إلى أحواض أخرى بالرفع أو بالانحدار الطبيعى. ويتم زراعة سطح هذه الأحواض بنباتات مناسبة وفى هذه الحالة تكون الطبقة السطحية من ركام مناسب أو تربة مناسبة لزراعة النبات. وتعمل جذور النبات والركام على حجز وتثبيت المواد العضوية والكائنات الحية الدقيقة.

وهذه الطريقة من أبسط وأرخص طرق المعالجة فى المناطق المنعزلة لأنها توفر الطاقة والخبرة اللازمة لطرق المعالجة الأخرى. ويمكن أن تكون هذه الأحواض مستطيلة يصل الطول إلى أكثر من عشرة أمثال العرض لتعطى توزيعا أكثر للمياه خلال الركام، ولكن فى التصرفات الكبيرة يفضل أن تقل هذه النسبة وتنشأ الأحواض على شكل وحدات تكرارية متوازية بحيث لا يكون الطول كبير ويتداخل فى ميول قاع الأحواض وكذلك فى توزيع المياه خلال فجوات الركام.

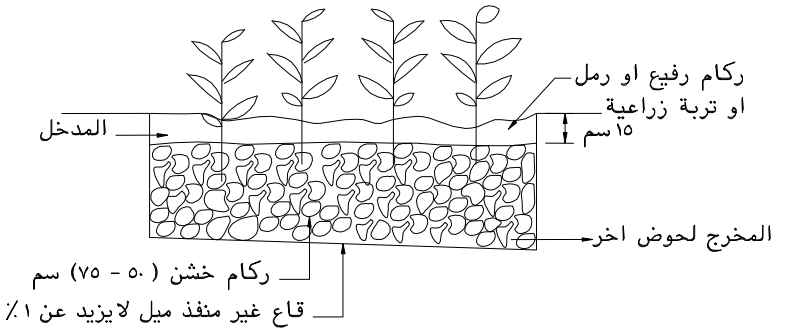
ويكون عمق الركام (٥٠- ١٠٠) سم – ويتم توزيع المياه بعرض الحوض فى الطبقة العلوية فى بداية الحوض بواسطة مواسير مثقبة. ويتم تجميع المياه فى نهاية الحوض من القاع على امتداد العرض بحيث يمكن تجميع هذه المياه ورفعها لمدخل الحوض ولأحواض أخرى إما لتحسين خصائص المياه أو للرى تحت سطح الأرض لنباتات أو أشجار تناسب ظروف المنطقة وتناسب طبيعة التدرج الحبيبى للأحواض الركامية.

ويفضل استخدام أحد أنواع خزانات التحليل أو نظم البحيرات قبل الأحواض الركامية، وتشير بعض المراجع إلى أن حجم الركام يفضل أن يكون (٥٠-١٠٠) مم – ويعتمد ذلك على الظروف المحلية وتوافر ركام بسعر مناسب. ويفضل ألا يزيد ميل الضغط الهيدروليكى لمسار المياه خلال الأحواض عن ١٠ ٪ . وتكون الطبقة السطحية التى توضع على الركام بعمق (١٥-١٨) سم وحجم حبيباتها (٢-٤) سم وهذه الطبقة تنمو فيها وتتشعب جذور النباتات وتشغل نسبة من فجوات الركام.

وفى تشغيل هذه الطريقة يجب عدم وضع أو مرور أحمال كبيرة الوزن على مسطح الأحواض. ورغم أن هذه الطريقة لا تحتاج لمتابعة فنية مستمرة، إلا أنه يجب مراعاة الآتى:

١. عملية إعادة المياه من مخرج الأحواض إلى بدايتها قد تكون ضرورية لتحسين خواص المياه المعالجة لإمكانية استخدامها فى رى محاصيل ذات قيمة غذائية أو اقتصادية.
٢. التحكم فى النباتات الطفيلية التى تنمو حتى لا تؤثر على حجم الفجوات بين الركام.
٣. يراعى فى تخطيط أحواض الركام إمكانية عدم تشغيل أى حوض لأعمال الصيانة الدورية مثل غسيل الركام أو استبداله.
٤. يفضل إدخال مياه تحت ضغط فى الاتجاه العكسى من المخرج إلى المدخل بصفة دورية كل عدة شهور لإزالة المواد المتراكمة فى فجوات الركام – ويمكن عمل ذلك عن طريق خرطوم مياه تحت ضغط.
٥. يجب المحافظة على عمق المياه فى الركام عند معدلات التصرف الصغيرة، وكذلك إمكانية تفريغ الأحواض تماما من المياه.

ويبين شكل (٦-٧) قطاع تخطيطى فى الصرف والرى تحت سطح الأرض.



شكل (٦-٧)
الصرف والرى تحت سطح الارض

الباب السابع

معالجة الحمأة والمخلفات الصلبة والتخلص منها

يعتبر الباحثون أن معالجة الحمأة والتخلص منها هى أكثر المشاكل تعقيداً فى السنوات الأخيرة فى محطات معالجة المخلفات السائلة، وتمثل التكاليف الإنشائية وتكاليف التشغيل والصيانة لعمليات معالجة الحمأة، تمثل نسبة كبيرة من التكاليف الكلية لأعمال المعالجة.

والحمأة هى تركيز للشوائب التى يتم فصلها خلال مراحل المعالجة فى أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى. ورغم أن الحمأة تصل معدلاتها لحوالى ١ ٪ فقط من تصرف المخلفات السائلة التى تمر خلال محطة المعالجة إلا أن ارتفاع تكاليف معالجتها يرجع إلى احتياجها لمساحة كبيرة من الأرض يتم تجهيزها بأعمال إنشائية لأحواض التجفيف وملحقاتها وفى بعض الأحيان تنشأ أحواض للتخمير قبل عملية التجفيف. وتتراوح نسبة المياه فى الحمأة بين (٩٤-٩٨)٪.

وفى أواخر السبعينات ومع زيادة كميات الحمأة فى محطات المعالجة وبالتالى زيادة مشاكل التخلص منها، بدأ البحث فى البدائل التى تساعد فى حل مشكلة الحمأة والتى بدأت تتفاقم حتى داخل الولايات المتحدة، والدليل على ذلك خطاب رئيس قسم هندسة نظم البيئة بكلية الهندسة جامعة كليمزون لوكيل معهد البحوث الطبية عام ١٩٨٣، والذى أوضح فيه أن (نقل الحمأة يتسبب فى مشاكل هندسية وبيئية صعبة فى المدن الرئيسية بالولايات المتحدة).

ومما يؤيد ضخامة مشكلة الحمأة ونقلها أن الباحثون البريطانيون قاموا بعمل دراسات مستفيضة لأفضل الطرق لتصميم مواسير نقل الحمأة وأوصوا بضرورة تخفيف الحمأة حتى تصل نسبة المواد الصلبة فيها لأقل من ٥ ٪ ليمكن جريانها فى المواسير بسرعة

حوالى ١,٥ متر / ثانية أو أكثر والتى تعطى دفق دوامى فى خط المواسير بحيث يكون الفاقد فى الضغط نتيجة الإحتكاك فى حدود ١٥٠ ٪ من الفاقد الناتج من سريان المياه فى نفس خط المواسير.

نقل الحمأة فى خطوط ضغط :

من الأفضل أن يكون تركيز المواد الصلبة فى الحمأة المنقولة بخطوط مواسير أقل من ٥ ٪ كما سبق.

وقد اقترح الباحثون نتيجة لدراساتهم طرق كثيرة لحساب الفاقد فى الضغط فى مواسير نقل الحمأة التى يكون الدفق فيها دوَّامى، ومن هذه الطرق:

(١) $ف = ك^{٢} . ف_{م}$

حيث :

ف = الفاقد فى الضغط فى مواسير نقل الحمأة.

ك = الوزن النوعى للحمأة.

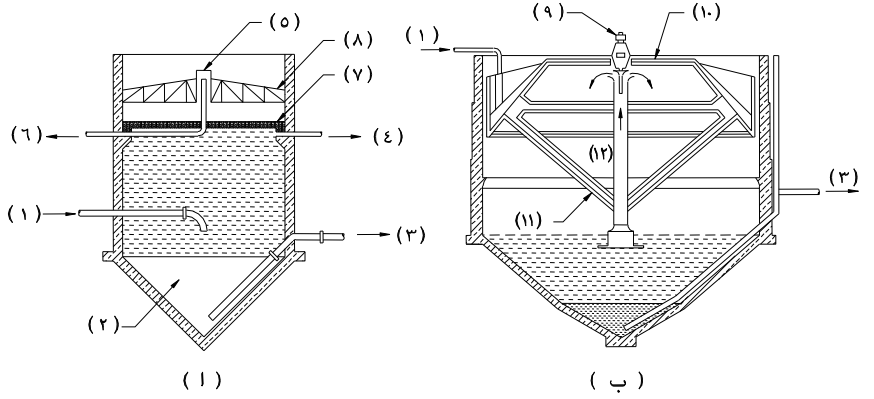
$ف_{م}$ = الفاقد فى الضغط الناتج من سرياه المياه فى نفس الماسورة.

(٢) استخدام معادلة هازن بعد تعديلها على أساس أن معامل الإحتكاك فى المعادلة يتغير مع تغير تركيز المواد الصلبة فى الحمأة كالآتى:

• **النسبة المئوية لتركيز المواد الصلبة فى الحمأة**	صفر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
• **النسبة المئوية لمعامل هازن بالنسبة إلى المعامل الخاص بالمياه النقية**	١٠٠	٩٠	٨٠	٧١	٦٣	٥٦	٥٠	٤٤	٤٠	٣٧	٣٤

التثبيت اللاهوائى للحمأة :تستخدم أحواض مقفلة تناسب النشاط الذى تقوم به البكتريا اللاهوائية فى تثبيت المواد العضوية مع اختفاء الأكسجين الذائب فى المياه، حيث تتحول بعض المواد العضوية إلى غاز الميثان وثانى أكسيد الكربون ومياه بالإضافة إلى كمية صغيرة جداً من الأمونيا وكبريتات الهيدروجين، وبسبب تثبيت المواد العضوية، وزيادة نسبة المواد الصلبة فى الحمأة بعد المعالجة يقلل حجم الرواسب بنسبة تصل إلى (٦٠-٧٥) ٪ حسب مكونات الحمأة، وكفاءة وحدات حجز الرمال والترسيب.والأحواض المستخدمة لهذا الغرض تكون مقفلة تماماً لتهيئة البيئة المناسبة للبكتريا اللاهوائية، وكذلك الإستفادة من الغازات الناتجة من نشاط البكتريا كمصدر للطاقة، وغاز الميثان كمادة قابلة للإشتعال يتم جمعه واستخدامه فى محطات المعالجة التى تستخدم هذه الطريقة، ويبين شكل (٧-١)، نوعين للأحواض المستخدمة، وتسمى أحواض تثبيت الحمأة وأحياناً يسمى الحوض الهاضم نسبة إلى ما تقوم به

البكتريا اللاهوائية فى هضم المواد العضوية وتحويلها إلى مواد مثبتة وغازات ومياه وتكون هذه الأحواض دائرية ذات حجم كبير يناسب المدة الطويلة التى تحتاجها طريقة التثبيت اللاهوائى للحمأة. وكما هو موضح بالشكل، يزود الحوض بمواسير لدخول الحمأة وخروجها بعد التثبيت وخروج المياه والغازات الناتجة من التحلل، ويساعد فى كفاءة هذه الأحواض تقليب محتوياته ببطىء بحيث لا تؤثر هذه العملية على نشاط البكتريا، وفى نفس الوقت تساعد على تجانس محتويات الحوض، وبدون خلط محتويات الحوض توجد طبقة من المواد الطافية على السطح نتيجة المواد التى تطفو مع الغازات الناتجة من التحلل والتى ترتفع من قاع الحوض باستمرار. وتترسب بالقاع غالبية المواد الغير عضوية وطول مدة بقاء الحمأة فى الحوض يمكن أن يزيد تماسك هذه الطبقات.



شكل (٧ - ١)
قطاعات فى احواض حضم الحماة

١ - مدخل الحماة
٢ - حيز الحماة المثبتة
٣ - مخرج الحماة المثبتة
٤ - مخرج المياه
٥ - تجميع الغازات
٦ - مخرج الغازات
٧ - مواد طافية
٨ - غطا متحرك غير منفذ
٩ - محرك
١٠ - عاكس للمياه
١١ - كمرة لتثبيت ماسورة سحب الرواسب
١٢ - ماسورة سحب الرواسب لاعلى

تشغيل هاضم الحمأة :

يكون تشغيل أحواض التحلل اللاهوائى للحمأة أمراً صعباً لأن البكتريا اللاهوائية التى تقوم بتحلل المواد العضوية لا تتواجد فى مياه المجارى الخام، بالإضافة إلى أن معدل نمو هذه البكتريا بطىء جداً ويحتاج إلى بيئة مناسبة لها. وعند بداية تشغيل الهاضم يتم تغذيته من وحدات تحت التشغيل فى محطة معالجة فى موقع قريب. ويكون الأس الإيدروجينى المناسب لعملية التحلل اللاهوائى (٦,٧٠-٧,٤٠).

وفى هاضمات الحمأة لاهوائيا، يتم تفريغ حوالى ٥ ٪ من مكونات الهاضم – ويتم تغذية الهاضم بالحمأة بمعدل ٥٠٠-١٥٠٠ جم مواد طيارة لكل م^{٣} من حجم الهاضم فى اليوم وذلك فى التشغيل فى درجات الحرارة العادية – وفى التشغيل فى درجات الحرارة المرتفعة يصل المعدل إلى ٤٨٠٠ جم.

وتتأثر هذه الطريقة لدرجة كبيرة بعدة عوامل من أهمها:

١. درجة حرارة مكونات الحوض.
٢. الخلط المستمر لمكونات الحوض مع بعضها ومع الحمأة التى تدخل الحوض.
٣. تنظيم معدلات دخول الحمأة للحوض.
٤. حجز الأتربة والرمال فى وحدات المعالجة التمهيدية لتأثير ذلك على تشغيل وكفاءة أحواض التخمير.

وفى بداية تشغيل الحوض للمرة الأولى يفضل تغذيته بكمية مناسبة من مكونات حوض تحت التشغيل لمدة شهور على الأقل حيث أن هذه الكمية تعمل كخميرة للحمأة المطلوب تثبيتها لما تحويه من كائنات حية دقيقة كافية ومناسبة، وهذه الكمية تصل لحوالى ٥٠ ٪ أو أكثر من سعة الحوض. ويمكن تشغيل أحواض التخمير بدون أى تغذية من أحواض أخرى ولكنها تحتاج إلى مدة طويلة تصل لحوالى ثلاثة شهور قبل أن تسير العملية فى صورتها العادية. ولضمان تشغيل هذه الأحواض بصورة مرضية يجب:

ا. التحكم فى تغير درجة حرارة الحمأة.
ب. خلط مكونات الحوض بطريقة تقلل من المواد الطافية والمترسبة.
ج. التحكم فى قيمة الأس الهيدروجينى بحيث تكون بين (٦,٧ – ٧,٤).
د. تنظيم دخول معدلات الحمأة للحوض.
هـ. تصريف الرمال المترسبة بالقاع، وتصريف المواد الطافية، حيث أن هذه المواد تشغل حيزاً من الحوض، ولذلك يكون حجز الرمال قبل مراحل الترسيب من العوامل المساعدة فى تحسين كفاءة تخمير الحمأة. وربما كان ترسيب الرمال بأحواض التخمير من أهم مشاكل التشغيل حيث أن هذه الرمال تتراكم مع الوقت وتكون طبقة صلبة بالقاع تحتاج إلى مجهود كبير فى تصريفها.

أسس تصميم أحواض التخمير :

تتغير أسس التصميم حسب درجة الحرارة التى يمكن المحافظة عليها داخل الحوض، ويمكن تشغيل الحوض بدون أى تحكم فى درجة الحرارة، أو يتم رفع درجة الحرارة والمحافظة عليها فى مدى محدد، ويوجد مجالين لدرجة الحرارة لهما تأثير على التصميم وهما:

ا. بين (٣٠-٤٠) درجة مئوية.
ب. بين (٤٨-٦٠) درجة مئوية.

والطريقة الأخيرة تحتاج إلى كمية حرارة كبيرة تؤثر على تشغيل الحوض، كما تؤثر خصائص ومكونات الحمأة على اختيار أسس التصميم المناسبة.

ويمكن فرض أسس التصميم على النحو التالى:

١. فى حالة التشغيل فى درجة الحرارة العادية يكون:

سعة الحوض = (١٠٠-١٧٠) لتر لكل شخص – لحمأة الترسيب الابتدائى.

= (٢٠٠-٢٥٠) لتر كل شخص – لحمأة الترسيب النهائى.

مدة بقاء الحمأة فى الحوض = (٧٠-٩٠) يوم.

٢. التشغيل فى درجة حرارة (٣٠-٤٠) درجة مئوية
وعادة تكون ٣٥ درجة مئوية:

سعة الحوض = (٤٠-١٠٠) لتر لكل شخص لحمأة الترسيب الابتدائى.

= (١٠٠-١٧٠) لتر لكل شخص لحمأة الترسيب النهائى.

مدة بقاء الحمأة فى الحوض = ٢٥-٣٠ يوم.

(٣) التشغيل فى درجة حرارة (٤٨-٦٠) درجة مئوية
وعادة تكون ٥٣ درجة مئوية:

سعة الحوض = ١٥ لتر لكل شخص لحمأة الترسيب الابتدائى.

مدة بقاء الحمأة فى الحوض = ١٠-١٥ يوم.

الغازات الناتجة من التحلل اللاهوائى :

ينتج من التحلل اللاهوائى للحمأة غازات قابلة للاشتعال والانفجار مثل الميثان وكبريتيد الهيدروجين – مع بعض الغازات الأخرى مثل النتروجين وثانى أكسيد الكربون.

واستخدام الحمأة فى التسميد واستصلاح الأراضى وزراعة الغابات هى الطرق التى تحوز قبولا من الوجهة البيئية والاقتصادية. ولكن يؤخذ فى الاعتبار فصل المواد الغير قابلة للتحلل مثل البلاستك ومركباته – وكذلك مراعاة تركيزات المعادن الثقيلة السامة

مثل الكادميوم والزنك والكروم والرصاص والنيكل والنحاس – والتى يجب مراعاة التركيزات المسموح بها عند استخدام الحمأة فى التسميد لسنوات طويلة كما سيجىء ذكر ذلك تفصيلا فى باب لاحق. كما أن هذه العناصر الثقيلة تؤثر سلبيا فى نشاط البكتريا اللاهوائية داخل هاضم الحمأة إذا زادت تركيزاتها عن حدود معينة تحددها أسس تصميم أحواض هضم الحمأة.

وينعكس تشغيل الهاضم على الغازات الناتجة من التحلل، ويمكن اعتبارها فى حدود ٢٥٠ لتر لكل كجم من المواد الصلبة الجافة فى الحمأة. والقيمة الحرارية للغاز الناتج من التحلل فى حدود ٢٥ كيلو جول / لتر فى حين أن هذه القيمة للغاز الطبيعى تزيد حوالى ٤٠ ٪ عن هذه القيمة.

التثبيت الهوائى للحمأة: Aerobic Sludge Digestion :

استخدمت هذه الطريقة فى السنوات الأخيرة، وعلى الأخص فى محطات المعالجة الصغيرة، وكان استخدامها فى البداية لتثبيت الحمأة المنصرفة من أحواض الترسيب النهائى فى المحطات التى تعمل بطريقة الحمأة المنشطة واستخدام هذه الطريقة فى محطات المعالجة الكبيرة غير اقتصادى، لأن الحمأة تحتاج إلى التهوية لعدة أيام ويحتاج ذلك إلى حجم كبير من أحواض التهوية ومعداتها، حيث أن تهوية الحمأة تتم بنفس طريقة الحمأة المنشطة، وتعمل بنفس نظريتها، فالبكتريا الهوائية تعمل على أكسدة المواد العضوية بمساعدة عملية التقليب والخلط فى الأحواض، ووجود أكسجين ذائب فى مياه الحوض.

وفى حالة استخدام هذه الطريقة لتثبيت الحمأة المنصرفة من أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى معاً، تحتاج إلى تهوية لمدة تتراوح بين ١٥، ٣٠ يوم لأكسدة ما بها من مواد عضوية، يمكن بعدها تجفيف الحمأة على أحواض التجفيف بدون رائحة.

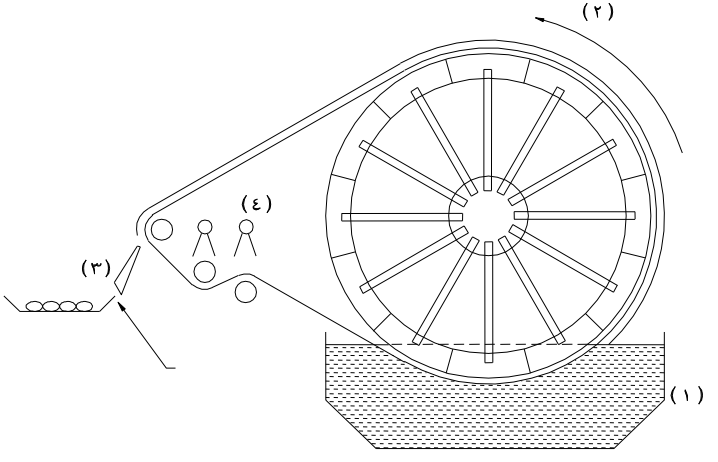
التخلص من الحمأة :

وهى المشكلة الرئيسية فى محطات المعالجة، حيث أن الحمأة تركيز للشوائب ونسبة المياه بها تصل إلى ٩٨ ٪ مما يزيد من صعوبة التخلص منها. ومن الخطوات المستخدمة فى التخلص من الحمأة والإستفادة منها زيادة تركيز المواد الصلبة بها بالطرق الطبيعية أو الميكانيكية، ومن هذه الطرق:

١. استخدام مرشحات ضاغطة للحمأة لتسريب نسبة كبيرة من مياه الحمأة، حتى تصل إلى حالة متماسكة ليمكن تعبئتها ونقلها إلى مكان إستخدامها.

٢. إستخدام مرشحات دائرية يتم تفريغ الهواء بداخلها (شكل ٧-٢) وتتكون من إسطوانة بقطر (١,٣-٣,٦) متر، وطول يصل لحوالى ٣,٦ متر.

وتغطى بنسيج مناسب، ويدور المرشح بسرعة (٥-٢٠) لفة فى الساعة حسب خواص الحمأة وأثناء الدوران يتم شفط طبقات من الحمأة على



شكل (٧ - ٢)
مرشح يعمل بالتفريغ الهوائى

١ - حوض الحماة
٢ - اتجاه دوران المرشح
٣ - ادوات كشط وتجميع الحماة المجففة
٤ - غسيل لنسيج المرشح

السطح بسبب تفريغ الضغط بداخل الإسطوانة، ويمكن تشغيل المرشح باستمرار أو بصورة متقطعة، بحيث تكون نسبة المياه فى الحمأة التى تم تركيزها على سطح الإسطوانة حوالى ٧٠-٨٠ ٪ حتى يمكن تجميعها ونقلها.

٣. حرق الحمأة فى أفران مناسبة وذلك بعد إحدى المراحل السابقة التى يتم فيها خفض نسبة المياه فى الحمأة إلى أقل من ٨٠ ٪، والحمأة بطبيعتها قابلة للإشتعال ويساعد ذلك على عملية الحرق ولكن هذه الطريقة مكلفة، وإذا كان حرق الحمأة يتطلب خفض نسبة المياه بها، فالأنسب هو استخدامها فى التسميد بدلاً من حرقها، فليست عملية حرق الحمأة من الطرق المستحبة، لأن مكونات الحمأة متغيرة سواء فى المواد المتطايرة أو نسبة المكون الصلب الجاف – كذلك فإن لعملية الحرق مشاكل اقتصادية وتشغيلية وبيئية كثيرة منها، تلوث الهواء بفعل الغبار الناتج من الحرق وبه غازات ضارة وأبخرة معادن ثقيلة سامة، وصعوبة ضمان نسبة مناسبة من المياه فى الحمأة وهذا فى حد ذاته يتداخل مع كفاءة عملية الحرق.

إستخدام الأسمنت فى تثبيت وتركيز المخلفات :

تتم هذه العملية بخلط الأسمنت مع المخلفات وإضافة المياه لإتمام عملية الخلط إذا احتاج الأمر لذلك – ويعمل الأسمنت على تصلب الخليط وتكون هذه العملية مناسبة بكفاءة أفضل فى المخلفات الغير عضوية، التى تحتوى على معادن ثقيلة، ولكن يجب دراسة المخلفات ومكوناتها ومدى تفاعلها مع الأسمنت ونتيجة التفاعل وذلك مع كل نوع من المخلفات.

وعلى الجانب الآخر فإن الملوثات العضوية تؤثر سلبيا على تفاعل الأسمنت مع المخلفات وتقلل من تثبيت وتركيز وتماسك ناتج المعالجة. ولزيادة كفاءة عملية التثبيت

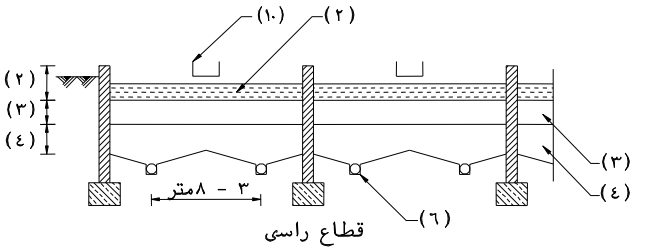
فى مثل هذه الحالات تضاف موادة مساعدة مثل نوعيات من الطين، وسيليكات الصوديوم القابلة للذوبان.

ويستخدم الجير أيضا بنجاح لتثبيت الملوثات الغير عضوية خاصة الحمأة الناتجة من المخلفات المعدنية، والحمأة الحامضية.

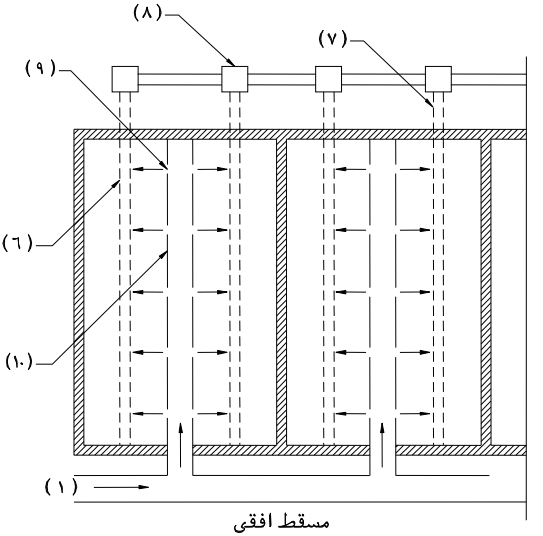
أحواض تجفيف الحمأة: Sludge Drying Beds :

تتكون من طبقات الرمل والزلط شكل (٧-٣) يتم توزيع الحمأة عليها بقنوات التوزيع المبينة. وتتم عملية التجفيف بتسريب نسبة من المياه خلال طبقات الرمل والزلط، ثم تجفيف طبقات الحمأة بتأثير درجة الحرارة وأشعة الشمس وتيارات الهواء، والعامل الرئيسى فى هذه العملية هو مدى كفاءة تسريب المياه من الحمأة لأنها تقلل نسبة المياه فى الحمأة فى وقت قصير بالنسبة لما تحتاجه عملية التجفيف من وقت طويل.

وتكون أحواض التجفيف عادة مكشوفة خاصة فى البلاد الحارة. وتختلف أسس التصميم من موقع لآخر حسب العوامل الآتية:

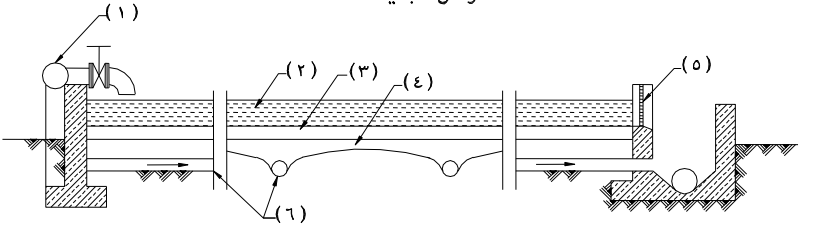


قطاع راسى



مسقط افقى

احواض تجفيف الحماة



شكل (٧ - ٣)

قطاع توضيحى فى احواض تجفيف الحماة

١ - الحماة من احواض الترسيب
٢ - الحماة
٣ - رمل (١٥ - ٣٠) سم
٤ - زلط (٢٠ - ٣٠) سم
٥ - هدار لموازنة سطح الحماة
٦ - خط مواسير مثقب قطر (١٠ - ١٥) سم وميل لايقل عن ٥ فى الالف
٧ - مواسير صرف ملحومة
٨ - غرف تفتيش
٩ - فتحات لدخول الحماة للاحواض
١٠ - قنوات توزيع الحماة على الاحواض

١. طرق المعالجة وكفاءتها وتأثيرها على خواص الحمأة.
٢. نسبة المياه فالحمأة.
٣. درجة الحرارة.
٤. نسبة الرطوبة فى الجو.

وهذه العوامل تحدد الأسس المناسبة للتصميم، وتحدد أيضا مدى مقارنة طريقة تجفيف الحمأة على الأحواض بالنسبة للطرق الأخرى السابقة، ففى البلاد الباردة ربما تكون الطرق الأخرى أفضل.

وتتراوح مساحة أحواض التجفيف بين (٠,١٠-٠,٢٠) متر مربع لكل شخص حسب نوعية الحمأة وخصائصها. ويمكن تجميع الحمأة من أحواض التجفيف عندما تصل نسبة المياه بها إلى ٦٠-٧٥ ٪، والوصول إلى هذه النسبة يتأثر بالعوامل السابقة بالإضافة إلى عمق طبقة الحمأة على أحواض التجفيف.

وعلى سبيل المثال فى بحث أجرى عام ١٩٧٥ على نموذج نصف حقلى، كان عمق الحمأة فى البداية ١٧,٥ سم ووصلت نسبة المياه فيها إلى ٦٥ ٪ بعد حوالى عشرة أيام على الأحواض وكانت نسبة المياه فى البداية ٩٤,٣٥ ٪، وتم ذلك فى شهور ابريل ومايو بالإسكندرية حيث كانت درجة الحرارة بين ١٦، ٢٦ درجة مئوية، ودرجة الرطوبة ٦٠-٧٥٪.

وتحتاج أحواض التجفيف إلى مساحات كبيرة من الأرض، فمثلاً إذا فرضنا محطة معالجة تصرفها ١٢٠,٠٠٠ مائة وعشرون ألف متر مكعب فى اليوم، وفرضنا أن الحمأة فى أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى حوالى ١ ٪ من تصرف مياه المجارى فيكون:

تصرف الحمأة = ١٢٠٠ متر مكعب فى اليوم، وبفرض عمق الحمأة على أحواض التجفيف = ١٧,٥ سم وأن الحمأة تحتاج إلى ١٠ أيام للتجفيف

∴ المساحة المطلوبة = (١٢٠٠ ÷ ٠,١٧٥) × ١٠ أيام

= ٦٨٥٧٠ متر مربع، وذلك على أساس تقسيم المساحة إلى عشرة أقسام يتم توزيع الحمأة على قسم واحد منهم كل يوم.

وإذا فرضنا أنه سيتم تجميع الحمأة المجففة من كل قسم من المساحة خلال يوم كامل، فيلزم إضافة مساحة تساوى ١٠ ٪ من المساحة الكلية، فتكون المساحة المطلوبة = ٧٥٤٢٧ متر مربع. ويضاف لهذه المساحة مساحة الحوائط والممرات الداخلية.

التخلص من مخلفات محطات تنقية المياه :

يتم ترسيب (٨٠-٩٥) ٪ من المواد العالقة فى أحواض الترسيب، ويتم حجز (٥-٢٠) ٪ الباقية فى المرشحات. وذلك فى محطات التنقية التى تستخدم الترسيب الكيماوى. وفى حالة ندرة مصادر المياه السطحية، يعاد استعمال مياه غسيل المرشحات مع المياه العكرة ويتم التخلص من رواسب أحواض الترسيب فقط. ويرى بعض الخبراء أنه حتى فى حالة وفرة مصادر المياه السطحية، فإنه لا داعى لتخفيف رواسب أحواض الترسيب بمياه غسيل المرشحات بعد أن تم حجزها وتركيزها فى أحواض الترسيب، وهذا قد يعطى إنطباعاً بأفضلية التخلص من كل نوع من هذه المخلفات على حدة.

وتتغير مكونات الرواسب ومياه غسيل المرشحات، تبعاً لمكونات المياه العكرة وتبعاً للمواد الكيمائية التى تستخدم فى مراحل التنقية. وتستخدم عموماً طرق مختلفة للتخلص من هذه المخلفات منها:

١. صرفها فى شبكات الصرف الصحى، فى حالة عدم تأثيرها على تشغيل الشبكة، وهذه الطريقة وإن كانت قد إستخدمت فى مدن كثيرة إلا أنه من الأفضل فصل هذه المخلفات عن مياه المجارى المنزلية.

٢. تخزين المخلفات فى بحيرات لتركيز المواد العالقة بالقاع ثم تصريف المياه من سطح البحيرات.

٣. استخدام أحواض تجفيف، فى حالة توفر مساحات الأرض اللازمة بطريقة مشابهة لتجفيف حمأة المجارى.
٤. تكثيف المواد العالقة فى أحواض خاصة بذلك.
٥. إسترجاع المواد الكيمائية المروبة.
٦. إستخدام المخلفات فى تحسين الخواص الرسوبية فى عملية معالجة مياه المجارى.

التخلص من المخلفات الصلبة :

يلمس عامة الناس المشاكل البيئية والصحية الناجمة عن سوء إدارة المخلفات الصلبة، ولو جزئيا. فلو عرف الناس إن إلقاء القمامة فى الشوارع لمجرد التخلص منها، أو وضعها مكشوفة، أو حتى دفنها فيما يسمى بالمدافن الصحية بطريقة عشوائية، لو عرفوا تأثير ذلك على الصحة العامة، أو أن هذا الضرر قد يصيبهم أنفسهم بطريق مباشر أو غير مباشر، فقد يفكروا على الأقل، ويتجاوبوا مع مشروعات إدارة المخلفات التى تقوم بها الدولة سواء كان قطاعا حكوميا أو مؤسسات خاصة وطنية.

وبصرف النظر عن المظهر البيئى الكئيب الذى ينتج عن تكاثر الذباب، والبعوض، والفئران والحشرات الأخرى، وما يمكن أن تسببه من أمراض، وإفساد بالسياحة والمظهر الحضارى، فإن الطبيعة الفطرية التى احتضنت البشر على مر العصور لا تستحق هذا التعدى السافر من الفكر الملوث والقلوب العمياء. إن القمامة بمجرد جمعها، يبدأ تكاثر البكتريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى بمكوناتها، بالإضافة إلى جذب سياحة الفئران والذباب والبعوض وغيرها.

وإذا كانت عملية دفن القمامة هى السبيل الوحيد فهناك اشتراطات بيئية تحكمها، وبالإضافة لكل ما سبق عن مشكلة القمامة، فإن خفض كمياتها، وتحسين مكوناتها قد يكون عاملا مشجعا فى التخلص وإعادة الاستعمال. مثال ذلك استبعاد المخلفات الخطرة، والسامة، والضارة من عملية جمع قمامة المدن والتخلص منها، على

أساس أن للمخلفات الخطرة طرق أكثر قيودا لتأثيرها المميت بالبيئة. ويوضع فى الاعتبار تطوير القوانين البيئية بهدف تشجيع المواد الأولية المستخدمة فى التصنيع والتى لا تنتج مخلفات ضارة أو كميات كبيرة، بما فى ذلك عمليات تغليف المنتجات التى تسبق طرحها فى الأسواق للمستهلك.

وتركز المحافل الدولية العلمية المهتمة بهذا الموضوع على تدوير المخلفات الصلبة وخفض ما يدفن منها إلى أقل نسبة، مع النظر إلى الحفاظ على الصحة العامة والبيئة فى المقام الأول، خاصة أنه بعد الستينات أضيفت للقمامة مصادر جديدة مثل البلاستك بمكوناته المختلفة، والمعلبات، والمنتجات العديدة التى ارتبطت بالمشروبات والأطعمة والأغراض المنزلية، وهذا بدوره جعل عملية تدوير المخلفات الصلبة مكلفة خاصة بالنسبة للمواد الصناعية والبلاستك والسبائك التى تحتوى على مواد ضارة بالبيئة والإنسان، وعلى ذلك نجد أن القمامة قد زادت فى كميتها وفى مشاكل التخلص منها أو تدويرها.

ومن الصعب توصيف مكونات القمامة وصفا دقيقا لاختلاف مصادرها، وتنوعها، والمستوى المعيشى والاجتماعى والثقافى للبلدان المختلفة، بل المدن نفسها فى أى بلد، وتتغير أيضا مع الوقت من عام لآخر.

ونظرا لكميات القمامة الكبيرة وخطورتها على البيئة كأحد أسباب التلوث وتأثيرها المباشر على الصحة العامة، فقد أصبحت من أولويات الأنشطة البيئية سواء بالنسبة لتجميعها ونقلها، أو فرزها والتخلص منها أو إعادة استعمالها، بالطرق الصحية الاقتصادية. وفى هذا الصدد استمر العلماء فى السنوات الأخيرة فى دراسات علمية تطبيقية فى:

- خفض كميات القمامة المطلوب دفنها أو التخلص منها بإعادة استعمال بعض المكونات، وتدوير كل ما يمكن منها.

- دفن النفايات، وهذه هى طريقة العاجز، لأنها تسبب تلوثا شديدا للبيئة، ونتائجها سيئة فى مجالات شتى.
- الحرق مع محاولة الاستفادة من الطاقة الحرارية ولو فى العملية ذاتها.

وفى إدارة المخلفات الصلبة يجب مراعاة الآتى:

- عمل تحليل كامل للمخلفات لمعرفة مكوناتها.
- تجميع ونقل المخلفات وتخزينها وتحضيرها لعملية المعالجة.
- التأكد من كفاءة المعالجة والتحكم فى البقايا الناتجة بعد المعالجة للتأكد من عدم تأثيرها على البيئة.
- ضرورة إشراك طوائف الشعب فى المنطقة ولو بصفة مراقبين لقبول الحلول المكلفة والمفيدة للبيئة فى مقابل المحافظة على الصحة العامة والأماكن السياحية.

مكونات القمامة :

تختلف مكونات القمامة من دولة لأخرى عموما، وفى نفس الدولة تختلف من مدينة لأخرى، وفى مصر تزيد نسبة مخلفات الأطعمة المختلفة والخضروات والفواكه فتصل أحيانا ٦٠ ٪ وهى أعلى بكثير عنها فى الدول المتقدمة. وعلى العكس تقل نسبة، الزجاج والمعادن والبلاستك والورق عن الدول الصناعية الكبرى. وتختلف نسبة الرطوبة فى مكونات القمامة فتصل لحوالى ٦٥ ٪ فى مخلفات الطعام، وتقل كثيرا لتصل ٢ ٪ فى مخلفات الورق والبلاستك والمعادن.

والقمامة عبارة عن مواد عضوية وغير عضوية ناتجة من المواد التى يمكن الاستغناء عنها بعد استعمالها من المنازل والفنادق والمستشفيات والمبانى التعليمية والمبانى العامة وغيرها. وتحتوى القمامة على بقايا الخضروات

والفواكه والورق وقطع أخشاب، ومواد معدنية، وأتربة وعلب كرتون وأكياس بلاستك وزجاج ومخلفات أخرى، بالإضافة إلى المخلفات التجارية، وكنس الشوارع.

وتختلف كميات هذه المخلفات حسب طبيعة البيئة وعادات السكان وتختلف من موسم لآخر فى نوعها وكميتها وتتراوح كمية الزبالة المنزلية فى المدن المصرية فى المتوسط بين (٤٠٠-٨٠٠) جرام / شخص / يوم وتتراوح كثافة هذه المخلفات من (٢٠٠-٣٠٠) كجم للمتر المكعب.

وفى مدينة القاهرة تصل كمية القمامة إلى أكثر من ثمانية آلاف طن يوميا. ويقترح العلماء تدوير ما يمكن من مكونات القمامة. وعلى سبيل المثال، فإن ورق الصحف، وهو عادة يستورد بكميات كبيرة، يؤثر على احتياجات الكتب المدرسية التى تعتمد فى طباعتها على هذه النوعية من الورق. وتلقى إعادة تدوير المكون الورقى فى القمامة اهتماما متزايدا بعد تتابع حرائق الغابات والأشجار التى كان يعتمد لب الورق عليها. وشملت هذه الحرائق غابات شاسعة فى أوروبا وأمريكا وآسيا وكان آخرها حرائق استراليا التى أتت على أكثر من مليونين من الأفدنة من غاباتها، وهذه الحرائق فى مناطق كثيرة فى العالم وربما تستمر لتذكِر الناس بالجرائم التى يقوم بها سادة العالم فى حق كوكب الأرض.

وفى تقارير وكالة حماية البيئة الأمريكية ما يفيد بأن طن الورق الناتج من عملية تدوير أوراق القمامة، يوازى لب الورق لحوالى سبعة عشر شجرة، ويعطى طاقة تزيد عن أربعة آلاف كيلوات ساعة، وتساعد على التحكم فى تلوث الهواء والبيئة عموما.

وبالنسبة لمدينة القاهرة يقدر العلماء الاستفادة من المكون الورقى من القمامة سنويا بما يزيد عن مليون ميجاوات. بالإضافة إلى الفائدة البيئية المكتسبة من عدم تلوث

الهواء والماء. وفى بحث أجرى فى أواخر التسعينات من القرن العشرين لقمامة القاهرة كانت نسب مكوناتها كالآتى:

- ٢١,٢ ٪ ورق وكرتون
- ٣,٨ ٪ بلاستك
- ٤٦ ٪ مكونات عضوية
- ٢,٤ ٪ منسوجات وأقطان
- ٢,٤ ٪ مواد معدنية
- ١,٧ ٪ زجاج
- ٢٢,٥ ٪ مواد أخرى

وفى بعض الولايات المتحدة كانت نتائج بعض دراسات مكونات القمامة كالتالى:

- ٣٩ ٪ ورق
- ١٠ ٪ بلاستك
- ٧,٥ ٪ معادن
- ١٤,٥ ٪ من المساحات المفتوحة ومحطات السكك الحديدية
- ٧ ٪ بقايا أطعمة
- ٧ ٪ أخشاب
- ٦ ٪ زجاج
- ٩ ٪ مخلفات أخرى

ونجد تباينا كبيرا بين مكونات القمامة فى مدن بعض الولايات المتحدة وبين مدينة القاهرة، وهذا الاختلاف أيضا فى كمية القمامة بالنسبة للفرد، حيث تصل فى بعض الولايات المتحدة من مرتين إلى أربع مرات معدلها فى القاهرة.

وبالنسبة للتخلص من القمامة فى الولايات المتحدة فهى حتى أواخر التسعينات كانت كالتالى:

- ٦٠ ٪ يتم التخلص منها فى مدافن صحية
- ١٦ ٪ يتم حرقها فى محارق
- ٢٤ ٪ يعاد تدويرها

كثافة القمامة :

تختلف كثافة القمامة حسب مكوناتها فتصل حوالى:

- ٥٠٠ كجم / م^3 للمخلفات المعدنية والأتربة ومواد البناء.
- ٣٠٠ كجم / م^3 لمخلفات الأطعمة.
- ٧٥ كجم / م^3 لمخلفات البلاستك والورق.
- ١٥٠ كجم / م^3 للمخلفات الأخرى.

فرز القمامة فى المنبع :

تتم عملية الفرز فى المنازل والمؤسسات التجارية والصناعية، لسهولة تجميع القمامة المتماثلة فى التكوين، وتكون عملية الاسترجاع أبسط وأقل تكلفة. وتتم هذه العملية بوضع المكونات المتجانسة فى أكياس بلون معين يختلف عن النوعيات الأخرى من القمامة، وتجميع المكونات المتشابهة ونقلها إلى أماكن الاسترجاع أو التخلص.

ويتم الفرز الحالى فى الدول الفقيرة عموما مركزيا لعدم إمكانية الفرز فى المنازل والمؤسسات، وفى هذه الحالة، تكون عملية الفرز حسب مكونات القمامة، وتتم ميكانيكيا أو يدويا أو بالطريقتين معا، فتستخدم الغربلة، والمغناطيس، والهواء مثلا لفصل المواد الغير معدنية، والمعدنية والمواد الخفيفة مثل الورق والبلاستك على التوالى.

نقل القمامة :

تستخدم سيارات لنقل القمامة سعة كل منها (١٢-١٨) م^3، وزن كل نقلة تتراوح بين ٣- ٥ طن. ويمكن لكل سيارة القيام بنقلتين أو ثلاثة يوميا. وعادة يكون

التحميل والتفريغ ذاتيا. ويمكن لهذه السيارات أن تنقل القمامة إلى مركز تجميع، لتحميله فى سيارات قمامة حولتها أكبر (١٥-٢٠) طن لنقلها لمواقع الفرز وإعادة الاستعمال أو التخلص.

مثال :

لمدينة تعدادها مليون نسمة، وكمية القمامة = ١,٢ كيلو جرام للشخص فى اليوم، إحسب عدد عربات نقل القمامة فى حالة:

- حمولة عربة نقل القمامة ٤ طن.
- أيام العمل = ٧ أيام فى الأسبوع، أو ٦ أيام.
- عدد مرات نقل القمامة لكل عربة = ٢.
- نسبة السيارات العاملة = ٧٥ ٪ نتيجة الأعطال والصيانة.

الحل :

- وزن القمامة

  =١,٢ × ١٠٠٠,٠٠٠

  = ١,٢ مليون كجم

  =١٢٠٠ طن / يوم

- كمية القمامة التى يتم نقلها يوميا بواسطة كل عربة

  = ٤ طن (الحمولة) × ٢ مرة نقل × ٠,٧٥ (طاقة العربة الفعلية)

  = ٦ طن / يوم

- فى حالة ٧ أيام عمل فى الأسبوع يكون عدد العربات المطلوبة

  = ١٢٠٠ ÷ ٦ طن / يوم للعربة = ٢٠٠ عربة.

- وفى حالة ٦ أيام عمل فى الأسبوع، يكون عدد العربات المطلوبة

  = (١٢٠٠ ÷ ٦) × ٦/٧

= ٢٣٣,٣ = ٢٣٤ عربة.

اختيار موقع المدفن الصحى :

العوامل الأساسية لاختيار الموقع :

١. تؤثر الغازات الضارة والقابلة للاشتعال المتصاعدة من المدفن الصحى فى المناطق المحيطة بالموقع، فيجب مراعاة ألا تكون مجاورة لمناطق سياحية وحيوية حتى يمكن المحافظة على البيئة فى هذه المناطق لأن تأثير الغازات يقل أو ينعدم فى المناطق البعيدة عن موقع المدفن.
٢. يجب التحكم فى تلوث البيئة المحيطة بالمدفن الصحى من السوائل المتسربة من المخلفات الصلبة لاحتوائها على ملوثات ذات تركيزات عالية ضارة جدا بالبيئة. ويكون تجميع هذه السوائل ومعالجتها والتخلص منها بطريقة هندسية صحية بيئية تتمشى مع قوانين حماية البيئة ولا تتسبب فى تلوث المياه الجوفية والتربة.
٣. دراسة الظروف الجيولوجية والهيدرولوجية للمنطقة بما فى ذلك منسوب المياه الجوفية. وتغطى القمامة بعد دفنها بأتربة بعمق ٢٥ سم على الأقل.
٤. دراسة العوامل الجوية والمناخية واتجاه الرياح على مدار السنة.
٥. دراسة مصادر المياه بالمنطقة ومدى تأثرها من عملية الدفن الصحى.
٦. بالنسبة للمدافن الصحية للمدن يجب إجراء دراسة التأثيرات البيئية من جميع جوانبها وذلك للمدافن التى تستقبل أكثر من ٢٠٠ طن فى اليوم، وتشمل الدراسة التأثير البيئى المباشر والغير مباشر من المشروع على:
   - السكان.
   - الحيوانات والطيور.

- النباتات والأنشطة الزراعية والإنتاج الحيوانى.
- المياه — الهواء — التربة.
- الأنشطة السياحية والترفيهية.

٧. مراعاة القوانين البيئية التى صدرت فى بلدان العالم والهيئات الدولية المعنية بالبيئة والتى صدرت تباعا فى أواخر القرن العشرين – وحددت هذه القوانين تفاصيل عملية الردم والتغطية اليومية للمدافن الصحية حتى الانتهاء من دفن كمية المخلفات الصلبة التصميمية وتغطية المدفن بطريقة هندسية تمنع حوادث الحريق، وتوالد الذباب – والحشرات والأنشطة الغير مرغوبة للطيور الجارحة والحيوانات الضالة وغيرها.

٨. يمكن تقدير مساحة الأراضى اللازمة لدفن القمامة على أساس ١٠٠ فدان لكل مليون شخص فى العام، إذا كان الفرد يخصه كيلو جرام قمامة فى اليوم، وكان عمق القمامة فى المدفن ٢ متر. ويمكن زيادة العمق إذا كانت المياه الجوفية بعيدة عن سطح الأرض، وإذا كانت طبيعة التربة تسمح بالحفر لأعماق كبيرة، ويراعى طبقات الأتربة التى تغطى بها القمامة بعد دفنها.

٩. يجب أن تبعد مواقع دفن النفايات عن حدود المدينة بمسافة لا تقل عن ٢ كيلو متر.

١٠. تكون مساحة الأراضى كافية لاستعمال لا يقل عن ٤ سنوات.

١١. يجب عزل موقع المدافن الصحية عن المساحة المحيطة بها بطريقة هندسية مناسبة.

١٢. يفضل تقسيم منطقة الدفن الصحى إلى أحواض تكفى لمدة يوم أو أكثر حسب نظام التشغيل.

١٣. يجب خفض حجم القمامة بأى وسيلة مناسبة حتى تكون عملية دفنها اقتصادية، توفيرا لمساحة الأراضى المطلوبة.

١٤. تبطين الموقع بصورة مانعة للتسرب للتحكم فى تلوث التربة والمياه الجوفية.

عيوب عملية دفن القمامة :

رغم أنها مستخدمة على نطاق واسع لأنها الأسرع فى التخلص من القمامة، إلا أن لها عيوب كثيرة ومؤثرة على البيئة والصحة بشكل مباشر وغير مباشر. فتعتبر مرتعا ومجالا لسياحة الحشرات والقوارض ومصدرا للروائح الكريهة وتأثيرات العوامل الجوية مثل الأمطار وهبوب الرياح الشديدة التى قد ينتج عنها تناثر بعض القمامة وتشويه المناطق القريبة وتعتبر السوائل المتسربة للتربة والغازات المتصاعدة للجو من الآثار البيئية التى يجب دراستها لمعرفة أنسب الطرق للتحكم فيها، وتعتمد كميات السوائل والغازات على المكون العضوى ونسبة الرطوبة فى القمامة، وكثافة الأمطار فى المنطقة. ومع كل ذلك فهى طريقة مكلفة للغاية.

السوائل المتسربة من القمامة: Leachate :

تعتمد السوائل المتسربة للتربة على عوامل كثيرة تختلف من موقع لآخر. وهذه العوامل أهمها:

- مكونات القمامة وخصائصها.
- نسبة ما يضاف للقمامة من حمأة المجارى إذا أضيفت.
- مكونات طبقة الردم فوق القمامة وميول سطحها.
- معدلات سقوط الأمطار.
- درجة الحرارة، وكمية البخر.

وبالنسبة لخصائص السوائل المتسربة من مكونات القمامة المدفونة، فإنها تتغير تغيرا كبيرا، وتكون ملوثة بمواد خطيرة وضارة بالبيئة – وتكون أشد خطورة فى حالة وجود نسبة من المخلفات الصلبة الخطرة والصناعية والكيماوية الضارة. وقد يكون من الصعب التحكم فى إلقاء أو دفن مخلفات سامة !!! أو مشعة !!! أو كيماوية ضارة –

سواء من مصادر محلية .. أو أجنبية تسللت بطريقة غير شرعية لداخل أى بلد وأخذت طريقها مع القمامة كستار بيئى، وهو فى الحقيقة مدمر للبيئة – (مرجع ٩) – وعموما فى الحالة العادية لدفن قمامة المدن فإن السوائل المتسربة تحتوى على مواد ذائبة وعالقة منها ما هو قابل للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، بمعدلات تعتمد على درجة الحرارة، والخصائص الكيماوية والميكروبيولوجية والطبيعية لمكونات القمامة – وتستمر عملية التحلل فى مراحلها المختلفة أغلبها لا هوائى لمدة سنوات فيستمر تولد الغازات الناتجة من التحلل لمدة قد تزيد عن ٢٠ سنة. وتبعا لتغير التفاعلات التى تحدث فى مكونات القمامة على مدى شهور وسنوات، تتغير خصائص السوائل المتسربة – بالنسبة للأكسجين الحيوى المستهلك يصل فى المراحل الأولى إلى متوسط حوالى ١٨٠٠٠ جم / م^{٣} – ويقل لحوالى ٥٠٠ جم / م^{٣} فى نهاية فترة التفاعل اللاهوائى. ويكون الكربون الكلى فى المراحل الأولى حوالى ١٢٠٠٠ جم / م^{٣} – وفى المراحل النهائية حوالى ٨٠٠ جم / م^{٣}. وتكون الأمونيا فى البداية حوالى ١٠٠٠ جم / م^{٣} وتصل فى النهاية إلى ٩٠٠ جم / م^{٣} ويكون البوتاسيوم فى البداية حوالى ١٢٠٠ جم / م^{٣} وفى النهاية حوالى ٩٠٠ جم / م^{٣}.

معالجة السوائل المتسربة :

حددت بعض المراجع كمية السوائل المتسربة من المدفن الصحى على مدى العمر الافتراضى للمدفن وهو (٢٠–٣٠) سنة – بحوالى ٣٠٠ لتر لكل طن من القمامة. كمعدل تقريبى يتأثر بمعدلات سقوط الأمطار وتسريب نسبة لباطن الأرض.

وتستخدم الطرق الآتية فى معالجة السوائل المتسربة من مدافن القمامة:

١. معالجة لا هوائية.

٢. معالجة لا هوائية – هوائية.

٣. الأقراص الدوارة والبحيرات المهواة والحمأة المنشطة.

٤. الترسيب الكيماوى.

٥. التبخير.

وقد تكون الطريقة الأخيرة هى الأفضل من وجهة النظر البيئية رغم أن بعض الباحثين يقترح خلطها بمياه الصرف الصحى قبل المعالجة – إلا أنه ليس هناك ما يؤكد أن المدفن الصحى تدفن فيها قمامة المدن فقط – فالاحتمال قائم فى دفن نفايات خطرة وسامة ومشعة ؟!!! طالما كانت العقول الملوثة بالأفكار الصلبة الآثمة تتحكَّم فى مصير العالم والأمم.

خلط المكون العضوى للقمامة بمواد عضوية أخرى: Composting

يمكن خلط بقايا المواد الغذائية والعضوية الأخرى الموجودة بالقمامة، بمواد أخرى مثل الحمأة، ومخلفات الحدائق والغابات. ويوضع هذا الخليط فى مواقع، وتغطى وتترك مدة أيام أو شهور يتم خلالها تحلل المواد العضوية، وتحويل هذا الخليط إلى سماد عضوى من أجود ما يستخدم كسماد طبيعى. وتتم عملية التحلل إما هوائيا أو لا هوائيا. ويكون التحلل الهوائى أفضل وأسرع عند درجة حرارة بين (٥٠-٦٠) درجة مئوية، وتكون نسبة المياه أو الرطوبة فى الخليط حوالى ٥٥٪. وتتم عملية التهوية إما بالهواء المضغوط أو بأى طريقة ميكانيكية تناسب عملية التحلل. وتحتاج عملية التحلل الهوائى الجزئى إلى حوالى شهر يعقبها مدة من شهر إلى شهرين لاستكمال العملية. وتعتبر إضافة حمأة المجارى إلى المكون العضوى للقمامة من أهم العوامل التى تجعل للناتج السمادى قيمة أكبر، ولكن يجب مراعاة العوامل الآتية:

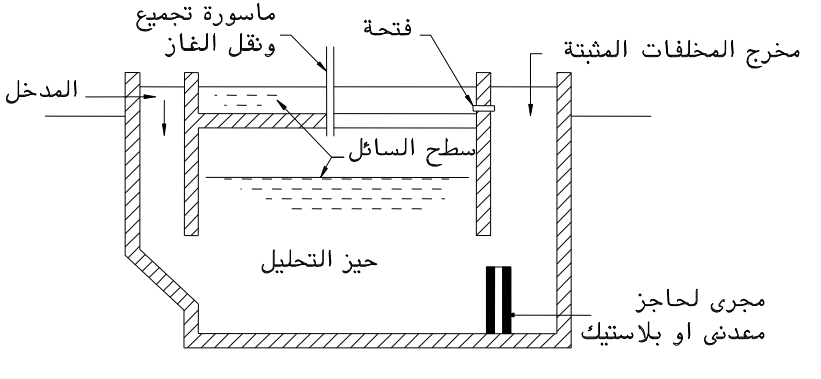
- تكون القمامة خالية من البلاستك والزجاج والمعادن.

- تكون القمامة خالية من الروائح الكريهة، ولا تقل نسبة المكون العضوى فى القمامة إلى حمأة المجارى عن الضعف، وتكون المواد الصلبة فى الحمأة (٥-١٢)٪.
- يكون حجم أجزاء القمامة مناسب لعملية الخلط والتهوية والتحلل.

وتستخدم طرق تحلل لا هوائى للمكون العضوى للقمامة مع حمأة المجارى ومخلفات الأشجار والنباتات والغابات، ومخلفات الماشية من روث وبول، ويتكون من تحلل هذا الخليط غازات النتروجين، وكبريتيد الهيدروجين، وثانى أكسيد الكربون، والميثان وهو الغاز القابل للاشتعال والذى يستفاد منه كبيوجاز له طاقة حرارية عالية.

إنتاج البيوجاز :

تجميع البيوجاز، طريقة معروفة فى عملية التحلل اللاهوائى للحمأة المترسبة فى أحواض الترسيب بعمليات معالجة المجارى، وتستخدم للاستفادة من البيوجاز فى الطاقة المطلوبة فى محطة المعالجة، مثل الإنارة، أو تدفئة هاضمات الحمأة.



قطاع فى حوض البيوجاز
شكل (٧-٤)

وفى الدول الفقيرة، تستخدم هذه الطريقة للمنازل الريفية، والمبانى المنعزلة كطريقة اقتصادية تؤدى غرضين:

- الاستفادة من غاز الميثان كطاقة حيث يمثل (٦٠-٧٠) ٪ من البيوجاز.
- تثبيت المخلفات الآدمية والحيوانية بطريقة صحية، ويضاف لها مخلفات الفواكه والخضروات والأطعمة من المطابخ، ويمكن أيضا إضافة مخلفات الحدائق المنزلية من الحشائش وأوراق الأشجار وغيرها من المواد القابلة للتحلل.

وتتلخص بيانات وأسس هذه الطريقة فى الآتى:

١. مدة بقاء المخلفات فى الحوض = (٢٠-٣٠) يوم.

- الحمل العضوى = (٥-٣٠) كجم روث بقر فى اليوم، أو (١٥-٦٠) كجم مخلفات برازية آدمية فى اليوم، لكل متر مكعب من حجم الحوض.
- يكون دخول المخلفات للحوض مرة أو مرتين فى اليوم، أو حسب توافر المخلفات.
- لا تقل نسبة الكربون إلى النتروجين عن ١٥ : ٣٠ ويفضل أن تصل نسبة الكربون إلى ٨٠ ٪ من كمية النتروجين.
- يفضل أن تكون نسبة المكون الصلب الجاف فى المخلفات ١٠٪.
- الغاز الناتج من تحلل روث البقرة الواحدة متوسطة الحجم = ٥٠٠ لتر غاز / يوم.
- الغاز الناتج من تحلل المخلفات الآدمية = ٣٠ لتر / شخص / يوم.
- نسبة الميثان القابل للاشتعال من البيوجاز = (٦٠-٧٠)٪.
- القيمة الحرارية للميثان = (٤-٥) كيلو كالورى / لتر.
- القيمة الكهربية للبيوجاز = ٢ كيلوات ساعة لكل متر مكعب من الغاز.
- المواد العضوية التى تتحلل يمكن الاستفادة منها كسماد عضوى طبيعى.

ويبين شكل (٧-٤) أحد النماذج التى يمكن استخدامها فى المبانى المنعزلة، يتميز ببساطة الانشاء والتشغيل، إلا أنه يحتاج إلى متابعة للتحكم فى تكاثر الناموس بإضافة موانع على السطح العلوى أو وضع طبقة من الكيروسين على السطح.

الباب الثامن

طرق المعالجة الاقتصادية

مقدمة :

يمكن استخدام جميع طرق المعالجة، إلا أن الظروف المحلية المناخية، والاقتصادية، والوطنية، ترجح طريقة معينة أو أكثر. وجميع طرق المعالجة لها تأثير إيجابى لخفض الملوثات، ولكن تحديد طريقة معينة يرتبط بالعوامل السابقة، بالإضافة إلى كيفية التخلص أو طريقة إعادة الاستعمال.

وطرق المعالجة الكيميائية والبيولوجية مستخدمة، سواء الطرق الهوائية أو اللاهوائية، أو الطريقتين معا. وبالنسبة للوضع المحلى من حيث مناخ مصر، والمساحات الشاسعة من الأراضى الصحراوية القاحلة الغير مستغلة، فإن رواد الهندسة الصحية على مستوى العالم يفضلون استخدام بحيرات الأكسدة، واستخدام المياه بعد المعالجة فى استصلاح واستزراع الأراضى الصحراوية، وغيرها. وربما نرى عكس ذلك، وهو استخدام أحدث الطرق التكنولوجية المعقدة التى تشمل معدات ميكانيكية وكهربية وتحكُّم، باهظة التكاليف سواء أسعارها أو تشغيلها وصيانتها. لماذا ؟... الرد ... صعب !!! فالجواب قد يكون إظهار صورة مصغرة لوضع العالم المعكوس اليوم ومع بدايات الألفية الثالثة.

وعموما سنتناول فى هذا الباب طرق بحيرات الأكسدة والبحيرات المهواة وقنوات الأكسدة التى نرى أنها أفضل طرق المعالجة قبل إعادة استعمال مياه الصرف الصحى.

وقبل شرح هذه الطرق فى المعالجة، نبدأ برأى لعالم إنجليزى من أبرز المتخصصين فى مجال معالجة المخلفات السائلة، وهو (دنكان مارا) – أستاذ الهندسة الصحية بجامعة ليدز بانجلترا – معروف بمستواه العلمى منذ ما يقرب من نصف قرن – وكخبير لهيئة الصحة العالمية قام بزيارات علمية بعضها شهور، وبعضها سنوات، فى مناطق الشرق

الأوسط وأفريقيا. وله مؤلفات فى معالجة مياه الصرف الصحى والاستفادة منها. وهو من رواد البحوث التطبيقية فى استخدام بحيرات الأكسدة والطرق الاقتصادية فى المعالجة وإعادة استعمال مياه الصرف الصحى.

طفح به الكيل، فكتب فى مجلة WQI عدد سبتمبر ١٩٩٧، صفحة ١١ عن بحيرات الأكسدة فى مقال افتتاحى بالمجلة، بمرارة واستغراب، فقال: (عالم هندسة المخلفات السائلة، عالم غريب ... فإن هناك أشياء ممتازة فى هذا المجال ... ولكن هناك أيضا أشياء سخيفة منافية للعقل، جعلتنى أميل إلى الاعتقاد تماما بأن الناس لا تنظر إلى الأمور كما ينبغى ... وإنما أصبح الصوت العالى هو الكسب المادى، والربح الوفير، الذى أصاب الفكر والفهم بالعمى وإظلام العقل والقلب.

لماذا أفكر هكذا ؟! سنأخذ مثالا واحدا ... ففى معظم الدول النامية، يتم التخلص من مياه الصرف الصحى فى المسطحات المائية بدون معالجة ... فطرق المعالجة التقليدية لا تعطى المعايير المطلوبة ... ولكن لو تعلمنا أن ... (نصف رغيف أفضل من عدم الحصول على الخبز) ... وربما فى هذه الحالة نحصل على ٩٠ ٪ من الرغيف ... ويستطرد دكتور مارا عن دولا فى شمال أفريقيا بدون تحديد ... ويصف حال معاجلة المجارى بها ... ثم يحدد فى النهاية أنه إذا تم دراسة مقارنة لتحديد أرخص تكنولوجيا ممكنة تعطى أفضل كفاءة فى حدود الاعتمادات المتاحة والظروف المحلية والجغرافية والبيئية ... أليس هذا هو المنطق السليم، والذى ربما يؤدى إلى استبدال الطرق التى تعتمد على المعدات الميكانيكية والكهربية والتكنولوجيا المعقدة، بطرق طبيعية بسيطة فى الإنشاء والتشغيل والصيانة مثل بحيرات الأكسدة والبحيرات المهواة؟ ووجهة نظر الدكتور مارا واضحة وأمينة، فهل تجد نوافذ فى العقول لتتفهمها وتعيها وتدركها ؟!!!. وقد سبق الإشارة إلى محتويات رأى الدكتور مارا – فى مرجع (١٠) للمؤلف الطبعة الأولى عام ١٩٩١ صفحة ١٦٧ فى كتاب (قضية مجارى الإسكندرية ... جريمة العصر) .. من أن (استخدام البحيرات فى المعالجة قبل الرى بمياه مجارى

الإسكندرية ... هو نظام متكامل من بحيرات الأكسدة، والبحيرات المهواة ... وبحيرات الاستنبات المائى، وبحيرات الأسماك، وبحيرات التخزين ... لا تستخدم فقط لمعالجة مياه الصرف الصحى واستخدامها فى الرى، ولكن تشغيل نظام مركب لأغراض التنمية البيئية الهدف منها:

ا. الحصول على أكبر إنتاج نباتى وحيوانى فى المراحل النهائية من المعالجة بطرق تساعد على تحسين خواص المياه كيمائيا وبكتريولوجيا ..

ب. استخدام المياه فى الرى بطريقة صحية اقتصادية.

وليس المقصود هو استخدام بحيرات الأكسدة بطريقة مجردة، ولكن هناك نظام متكامل قد يكون الأول من نوعه فى العالم لا تساعد الظروف والتيارات الحالية على تقديم تفاصيله حيث أن عقول المصبات البحرية لن تستوعبه).

والبحيرات المتقلبة Facultative تحتل النصيب الأكبر فى البيان الهندسى تصميماً وتشغيلاً وتأملاً؛ ويفضل أن يكون قبلها مرحلة معالجة تمهيدية باستخدام بحيرات لاهوائية، أو إحدى طرق المعالجة الابتدائية، ويليها بحيرات إنضاج لتحسين خصائص المياه البيولوجية والكيماوية لاستخدام المياه فى الرى بدون قيود. ولذلك فالنظام المتكامل للمعالجة فى بحيرات الأكسدة يعتبر أبسط طريقة لمعالجة مياه المجارى والمخلفات الصناعية ويزيد استخدامها بصفة مستمرة فى جميع دول العالم خاصة فى الهند وأفريقيا والولايات المتحدة ودول كثيرة فى أوروبا والشرق الأوسط، وعلى سبيل المثال تمثل بحيرات الأكسدة ثلث محطات معالجة المجارى فى الولايات المتحدة.

وتنشأ هذه البحيرات بطرق هندسية بسيطة لا تتعدى فى بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية إذا كانت التربة قوية متماسكة، ويكون عمقها صغير ومساحتها كبيرة. وعند إنشاء البحيرات يجب تطهير الموقع من الأشجار والصخور والحشائش وأى مواد أخرى لا تستخدم فى عملية الإنشاء، ونقل كل هذه المواد بعيدا عن موقع

البحيرات. وتنشأ بحيرات الأكسدة دائما فوق منسوب المياه الجوفية، ولا يسمح بإنشائها تحت هذا المنسوب للأسباب الآتية:

ا. التحكم فى تلوث المياه الجوفية.

ب. صعوبة أعمال الحفر والتسوية وإنشاء الجسور والجوانب.

ج. تسرب المياه الجوفية لداخل البحيرة مما يزيد التصرف وينقص من مدة بقاء المياه فى البحيرة.

ويفضل قبل أعمال التصميم والتنفيذ عمل دراسات مفصلة عن:

١. طوبوغرافية المنطقة وما يحيط بها.

٢. طبيعة المياه الجوفية.

٣. خصائص التربة ومكوناتها.

٤. مجالات استعمال المخلفات السائلة بعد معالجتها.

هذا ويجب وضع هذه العوامل فى الاعتبار عند تخطيط مواقع البحيرات:

ا. تبعد البحيرات مسافة لا تقل عن ٣٠ متر عن آبار مياه الشرب وتكون البحيرات تحت التيار بالنسبة لمسار المياه الجوفية.

ب. يفضل أن يكون موقع البحيرات فى منطقة مرتفعة ليمكن استخدام المياه الخارجة منها فى الرى بالانحدار الطبيعى.

ج. يؤخذ فى الاعتبار الامتداد المستقبلى.

د. يؤخذ فى الاعتبار احتياجات استعمال البحيرات لتخزين المياه فى الأوقات التى لا تستخدم فيها المياه فى الرى، أو إضافة بحيرات خاصة بالتخزين.

هـ. يكون طول البحيرات فى الاتجاه السائد للرياح.

و. تكون المنطقة المحيطة بالبحيرات خالية من العوائق والأسوار والأشجار التى تؤثر فى قوة الرياح وكثافة أشعة الشمس التى تصل سطح البحيرة ويفضل أن تبعد الأشجار مسافة لا تقل عن ١٠٠ متر لهذا الغرض.

شكل البحيرات :

ليس للبحيرات أشكال محددة ولكن مساحة الأراضى المتاحة ومناسيب المنطقة هى التى تحدد الأشكال المناسبة للبحيرات، ويحدد عددها، وطريقة تشغيلها بحيث تفى بالآتى:

ا. المرونة فى التشغيل.

ب. إمكانية وقف تشغيل أى وحدة بدون التأثير على باقى الوحدات وذلك لعمل الصيانة وتفريغ الرواسب.

ج. إذا ساعدت طوبوغرافية الأرض على تصميم بحيرات طويلة بعرض صغير فهذا يعطى كفاءة أفضل بشرط تعميق البحيرة فى منطقة المدخل لاستيعاب المواد الرسوبية مع عمل أكثر من منطقة مدخل لمرونة التشغيل.

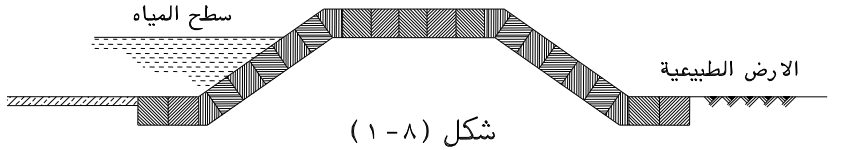
د. يمكن أن تزيد نسبة الطول إلى العرض لتكون ١٠ : ١.

هـ. يفضل ألا يقل العمق فى بحيرات الانضاج والمتقلبة عن ١٠٠ سم لمنع نمو الأعشاب بقاع البحيرة.

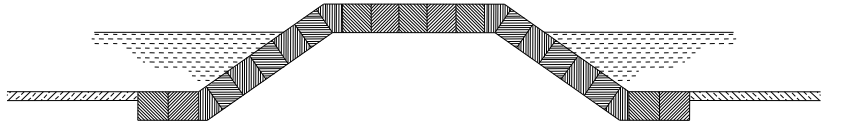
أعمال الحفر وإنشاء الجوانب :

أفضل الطرق من الناحية الهندسية والاقتصادية أن تكون مكعبات الحفر مساوية لحجم جوانب البحيرات بشرط أن تكون مكونات التربة مناسبة لإنشاء هذه الجوانب. فهذه الطريقة لا تضيف أى تكاليف خاصة باستعمال مواد أخرى من خارج الموقع أو نقل أى نواتج من حفر البحيرات، وهذه الطريقة تستخدم فى الأراضى المستوية والمنحدرة.

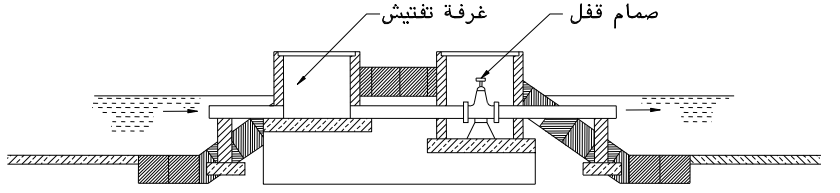
وفى إنشاء جسور البحيرات خاصة الكبيرة منها، يجب استخدام مواد مناسبة فى عمل هذه الجسور، بحيث لا تستخدم أتربة أو رمال بها مواد عضوية مثل بقايا النباتات والأشجار والحشائش وجذورها ويجب الاعتناء بهذه الجسور لأنها تخدم حركة نقل



شكل (٨-١)
قطاع فى جسر خارجى



شكل (٨-٢)
قطاع فى جسر داخلى



شكل (٨-٣)
وصلة بين البحيرات

متعددة خاصة فى البحيرات الكبيرة. ويجب حفر أى أتربة رخوة وإزالتها واستبدالها بمواد رملية أو زلطية لتثبيت التربة تحت الجسور، مع دك هذه المواد فى طبقات متتابعة ورشها بالمياه فى حالة خلوها من الرطوبة.

ويجب حماية جوانب الجسور الخارجية من الرياح، والتآكل وذلك بأى طريقة هندسية مناسبة. ويبين شكل (٨-١)، (٨-٢)، (٨-٣)، قطاعات فى جسر خارجى، وجسر داخلى، ووصلة بين البحيرات على التوالى.

ميول جوانب البحيرات :

تكون ميول الجوانب الخارجية (٢-٣) أفقى : ١ رأسى.

وتكون ميول الجوانب الداخلية (٣-٤) أفقى : ١ رأسى. حسب طبيعة التربة وحسب أعمال التكسية المقترحة. وفى حالة الجوانب الترابية، يفضل تكسية مسافة ٤٠ سم فوق وتحت سطح المياه لمنع تآكل الجوانب من تأثير حركة سطح المياه.

عرض الجسور :

تعتمد على حجم البحيرات، فتكون أحيانا ممرات لا يتعدى عرضها ٢ متر فى حالة البحيرات الصغيرة، ويصل عرض الجسور إلى أكثر من ٥ متر فى حالة البحيرات الكبيرة.

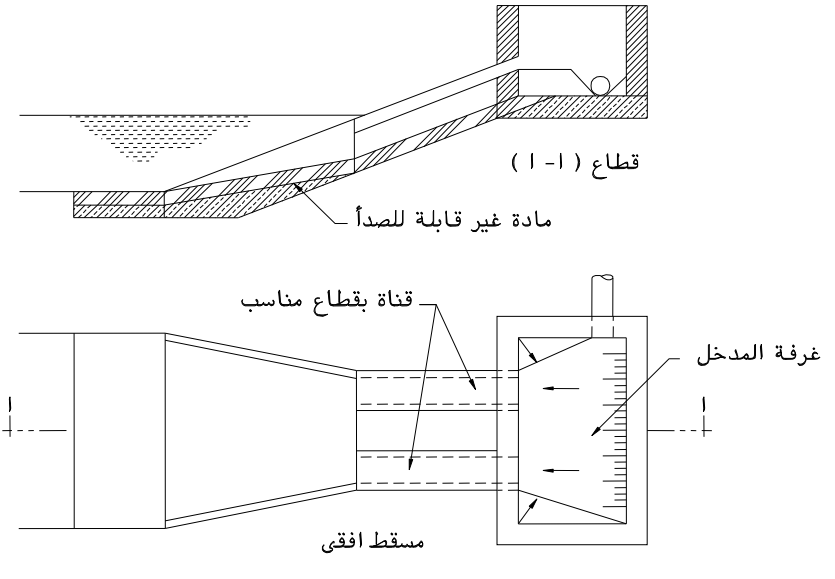
المداخل والمخارج :

يفضل وضع المداخل والمخارج حتى يمكن استغلال الحيز الكلى للبحيرات. وتكون المواد الإنشائية لهذه المناطق مقاومة للتآكل ويمكن تغييرها بسهولة، مع تزويد المداخل والمخارج بمدارات مناسبة لقياس التصرف، ومعرفة الفاقد بالتسرب والبخر. ويبين شكل (٨-٤)، (٨-٥) قطاعات فى المدخل والمخرج للبحيرات.

ويكون المدخل عادة فى منتصف البحيرة، ويفضل عدة مداخل فى البحيرات الكبيرة لضمان توزيع المياه. ويمكن أن تصب ماسورة المدخل إما بقاع البحيرة أو فوق سطح المياه، وفى كلا الحالتين يجب تكسية أو حماية مساحة مناسبة حول مصب المدخل لمنع نحر أرضية القاع، ويجب أيضاً حماية مخرج الماسورة من الرواسب المحتمل تراكمها فى منطقة المصب. وبالنسبة لمخرج البحيرة يفضل أن يكون على مناسيب مختلفة لمرونة التشغيل وسهولة تفريغ البحيرات.

قاع البحيرات :

يكون القاع مستوى أو مائل حسب طوبوغرافية الأرض. ويكون تسوية القاع فى حدود ±١٠سم من المنسوب المصممة عليه، ويكون القاع غير منفذ إما بدك أرضية الحفر الطبيعية إذا كانت أصلا غير منفذة، وإما بالتكسية بطبقة طينية متماسكة، وإما



شكل (٨-٤)
مدخل البحيرات الكبيرة

بالتكسية بالحجر أو الخرسانة، بحيث يكون القاع غير منفذ لمنع تلوث المياه الجوفية. وعموما حتى إذا كانت الأرضية منفذة فإن نفاذيتها ستقل مع الوقت إلى أن تنعدم بسبب تراكم المواد الصلبة الدقيقة فى مسام الطبقة العليا، وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة فى مسام التربة.

تكسية البحيرات :

رغم أنه يضيف تكاليف إنشائية كبيرة فى بعض الأحيان إلا أنه يصبح من الضرورى عمله فى ظروف خاصة حينما تكون التربة ذات مسامية عالية وتكون المياه الجوفية ذات استعمالات حيوية فى المنطقة ويخشى من تلوثها.

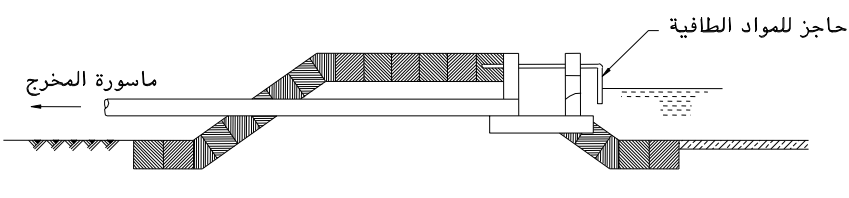
تكسية القاع :

يمكن تكسية القاع بأحد الطرق الآتية:

١. تغطية القاع بحوالى ١٠ سم من الطين المضغوط الذى يمكن إحضاره من موقع قريب من البحيرات.

٢. استخدام رقائق من البلاستيك، وهذه الطريقة مكلفة، ولا تستخدم إلا فى البحيرات الصغيرة التى تضاف فيها معدات للتهوية.

٣. استخدام خليط من التربة والأسمنت، يضاف الأسمنت فيها للتربة مع خلطهما بكمية مناسبة من المياه، ويحتاج كل متر مربع من مساحة الأرضية إلى حوالى



شكل (٨-٥)
المخرج النهائى من البحيرات

٨ كيلو جرام من الأسمنت البورتلندى وبعد عملية الخلط تدك بمعدات خفيفة. وهذه الطريقة أقل تكلفة من رقائق البلاستيك.

تكسية الجوانب :

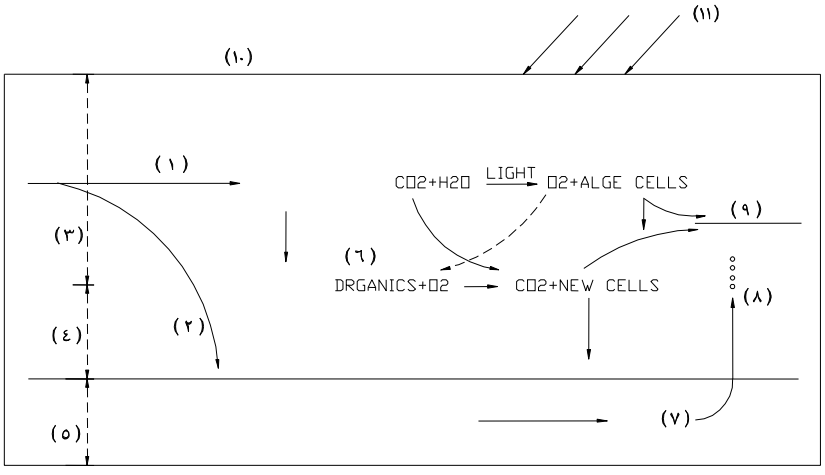
يمكن إنشاء الجوانب بدون تكسية إذا كانت ميولها ١ : ٤ حيث أن هذا الميل يحمى الجوانب من أمواج المياه الناتجة من الرياح. إما إذا كان الميل أكبر من ذلك، فيصبح من الضرورى عمل التكسية لحماية الجوانب من النحر الناتج من حركة المياه بفعل الرياح. ويمكن عمل التكسية بالدبش بالنسبة للجوانب، وبسمك يبدأ من ٢٠سم وعرض ١٠٠سم بحيث يكون ٥٠سم من التكسية فوق منسوب المياه و ٥٠سم من التكسية تحت المنسوب. وعيوب تكسية الدبش احتمال حجزها للشحوم والمواد الطافية. ولهذا يفضل استخدام الطوب أو الخرسانة أو كليهما فى عملية التكسية، لنعومة سطحها.

عمليات المعالجة فى بحيرات الأكسدة المتقلبة:

Facultative Stabilization Ponds :

تتم المعالجة فى هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالإستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلا فى مياه المجارى. ويبين شكل (٨-٦) توضيح للنشاط المتكامل بين البكتريا المؤكسدة، والطحالب، فالبكتريا الهوائية تستخدم الأكسجين الذائب فى المياه لأكسدة المواد العضوية وينتج من هذه الأكسدة مواد عضوية مثبتة وثانى أكسيد الكربون، والطحالب بدورها تستخدم ثانى اكسدي الكربون مع بعض الأملاح فى تخليقها الضوئى بمساعدة أشعة الشمس وتعطى أكسجين وهو من احتياجات البكتريا.

ومعنى هذا أن كل من الطحالب والبكتريا تعطى للأخرى ما تحتاجه، أو بمعنى آخر تعتمد الطريقة أساسا على تبادل المنفعة بينهما، ويكون نشاط البكتريا أكبر ما يمكن فى الطبقات السطحية من المياه والتى تصل إليها أشعة الشمس وتكون هذه الطبقات بها تركيزات عالية من الأكسجين الذائب أثناء النهار، أما فى ساعات الليل فينعكس نشاط الطحالب وتبدأ فى استهلاك أكسجين ذائب من المياه وإعطاء ثانى أكسيد الكربون الأمر الذى يتسبب فى نقص الأكسجين الذائب فى المياه أو اختفائه.



شكل (٨-٦)
الانشطة الحيوية فى بحيرات الاكسدة

١ - مياه المجارى بها مواد عالقة وذائبة
٢ - مواد رسوبية
٣ - منطقة النشاط الهوائى
٤ - نشاط هوائى لاهوائى
٥ - منطقة رواسب
٦ - تحلل هوائى
٧ - تحلل لاهوائى ينتج عنه غازات ومواد اخرى
٨ - غازات ثانى اكسيد الكربون والميثان
٩ - مواد عالقة وذائبة تحتوى على طحالب وبكتيريا
١٠ - سطح المياه
١١ - ضوء الشمس

التفاعلات الهوائية واللاهوائية فى البحيرات :

يتم تثبيت المواد العضوية بواسطة التفاعلات الهوائية واللاهوائية معا. فالطبقات العليا التى يمكن أن تنفذ خلالها أشعة الشمس، تنشط فيها الطحالب وتعطى المياه أكسجين ذائب تستخدمه البكتريا الهوائية فى تثبيت المواد العضوية أما الطبقات السفلى من البحيرات والتى لا تصل إليها أشعة الشمس فهى أيضا منطقة ترسب فيها المواد العالقة وينشط فيها التفاعلات اللاهوائية لتثبيت المواد العضوية بهذه الرواسب.

وعلى ذلك فلا يتم تثبيت المواد العضوية فى الطبقات السطحية فقط، ولكن نسبة من هذه المواد يتم تثبيتها بواسطة البكتريا اللاهوائية. وتلعب الطبقة السطحية الغنية بالأكسجين دورا هاما إضافيا علاوة على الأكسدة الهوائية للمواد العضوية بها وهو التحكم فى نواتج التفاعلات اللاهوائية التى تحدث فى القاع ومنها الغازات الكريهة والأحماض العضوية.

ويعتمد عمق الطبقة السطحية التى يحدث فيها تفاعلات هوائية على العوامل الآتية:

ا. كثافة أشعة الشمس.

ب. خصائص المخلفات السائلة.

ج. درجة الحرارة.

والتفاعلات السابقة فى البحيرات تساعد فى اختيار الطرق المناسبة فى التصميم والتشغيل، فعند دخول المخلفات السائلة لبحيرات الأكسدة تترسب نسبة كبيرة من الرواسب وتتكون بقاع البحيرات طبقة يحدث فيها نشاط للبكتريا اللاهوائية لتثبيت المواد العضوية. ومن نواتج هذا النشاط بعض الأحماض العضوية والكحوليات التى تصل للطبقات العليا من البحيرة حيث منطقة نشاط البكتريا الهوائية.

وعلى ذلك فالطبقات العليا من البحيرة والتى تتأكسد فيها المواد العضوية التى لا ترسب بقاع البحيرة، تستقبل أيضا بعض العناصر الناتجة من نشاط البكتريا اللاهوائية

فى الطبقة المترسبة بقاع البحيرة، ولأن النشاط اللاهوائى بطىء، فإن كمية الأحماض العضوية والكحوليات التى تصل من تفاعلات القاع إلى الطبقات العليا تزيد تدريجيا مع تراكم الرواسب بالقاع وكذلك إكتمال النشاط اللاهوائى بها حتى تصل لأقصى معدل لها بعد حوالى عامين.

ويعتمد نشاط البكتريا اللاهوائية فى الطبقات المترسبة بالقاع على درجة الحرارة فتزيد عند درجات الحرارة المرتفعة وتقل كلما انخفضت درجات الحرارة. ولذلك يزيد الحمل العضوى فى الطبقات العليا من البحيرة التى يحدث فيها نشاط هوائى من المناطق الحارة والتى ترتفع فيها نسبيا درجة حرارة المياه فيزيد نشاط البكتريا اللاهوائية ويزيد تبعا لذلك كمية المواد العضوية الناتجة من تفاعلها والتى تصل لمنطقة التفاعل الهوائى تحت سطح البحيرة مباشرة.

وفى بحيرات الأكسدة تتغذى الأوليات والحيوانات الدوَّارة المجهرية Protozoa & Rotifers على كل من الخلايا البكتيرية والطحلبية.

العوامل التى تؤثر فى كفاءة العملية :

- ١. تأثير درجات الحرارة على نشاط البكتريا :

لدرجة الحرارة تأثير كبير على تثبيت المواد العضوية بواسطة البكتريا، حيث يتضاعف التفاعل الكيمائى الناتج عن نشاط البكتريا عندما ترتفع درجة الحرارة عشر درجات مئوية ولكن خلال حدود معينة يمكن أن تعيش وتنشط فيها هذه الكائنات الحية الدقيقة.

- ٢. تأثير الرياح :

تساعد الرياح فى عملية خلط محتويات البحيرة، وبالتالى زيادة كفاءتها. ولذلك يجب عند تصميم البحيرات تعريض جميع مسطحاتها للرياح السائدة على مدار العام، بتحديد أبعاد البحيرات واتجاهاتها لتفى بهذا الغرض. وعند

إنشاء البحيرات يجب ألا تنشأ أى أسوار أو حواجز أو تزرع أشجار فى حدود مائة متر على الأقل من جسور البحيرات.

وللرياح أهمية خاصة. فى خلط محتويات البحيرات ليصل الأكسجين الذائب من الطبقة السطحية للطبقات السفلى، كما أن الرياح تزيد من امتصاص الأكسجين من الهواء الجوى والذى يقوم به سطح المياه، فإذا زادت حركة سطح المياه بفعل الرياح وزاد خلط طبقة السطح مع الطبقات السفلى، يساعد ذلك على سرعة امتصاص الأكسجين من الهواء الجوى.

- ٣. الأس الإيدروجينى :

أفضل PH لمعظم البكتريا تكون بين (٦,٥ – ٨) إلا أن البكتريا المكونة للأحماض يمكن أن تعمل فى درجات حموضية حتى PH من ٥ إلى ٥,٥ فى حين أن بكتريا التخمر لا يمكن أن تنشط عند PH أقل من ٦,٥ أو درجات حرارة أقل من ١٤ درجة مئوية.

- ٤. العناصر المطلوبة لكى تقوم البكتريا بنشاطها :

وتشمل: الكربون – الإيدروجين، وبعض المواد الأخرى مثل الكالسيوم والماغنسيوم. وفى المخلفات الصناعية يجب الحفاظ على نسبة النتروجين والفوسفور بالنسبة للأكسجين الحيوى المستهلك لتكون النسبة (١ فوسفور : ٥ نتروجين : ١٠٠ BOD). – ويكون تركيز النتروجين الكلى، والأمونيا فى المجارى الخام (٢٠–٧٠) مجم / لتر؛ (١٥–٤٠) مجم / لتر على التوالى.

- ٥. الأكسجين الذائب :

تحتوى مياه بحيرات الأكسدة عادة على أكسجين ذائب فى حدود (١٠ إلى ٢٥٠) ٪ من درجة التشبع، باستثناء المناطق الباردة التى تتجمد فيها المياه. ويعتمد تركيز الأكسجين الذائب على عمق البحيرة، ودرجة العكارة وعدد الساعات اليومية التى يصل فيها الضوء إلى البحيرة بالكثافة المناسبة.

ويتحول الحمل العضوى عادة إلى خلايا طحلبية حية كما أن الحيز الذى يحدث فيه النشاط الهوائى فى الجزء العلوى من البحيرة يمنع الروائح ويحسن من خواص المياه.

- ٦. الخلايا الطحلبية :

تحتوى مياه بحيرات الأكسدة على أعداد كبيرة من الخلايا الطحلبية قد تصل إلى (٦٥٠٠-١٦٧٠٠٠) خلية فى كل سم^{٣} من هذه المياه. حيث تنمو هذه الخلايا بمساعدة أشعة الشمس فى مياه البحيرات التى تحتوى على تركيزات من النترات والفوسفات وبعض العناصر الأخرى التى تحتاجها الطحالب فى نموها وتكاثرها، ويزيد من معدلات نمو الطحالب ارتفاع درجة الحرارة.

وتمد الطحالب مياه البحيرات بالأكسجين الذائب فى وجود الشمس من خلال التمثيل الكلوروفيلى ثم يحدث العكس أثناء الليل فى عدم وجود الضوء ليلا، وتستهلك الطحالب الأكسجين الذائب من المياه بمعدل حوالى ٠,٢٠ مجم أكسجين / لتر / ساعة وذلك إذا كان تركيز الخلايا الطحلبية حوالى ٣٠ مجم / لتر. والطحالب أحياء مائية مجهرية تعيش بالتخليق الضوئى وليس لها جذر أو ساق أو أوراق. وتتواجد فى المياه من خلية واحدة تكسب المياه لونا أخضر. وتتواجد أيضا فى أشكال مرئية متشعبة متصلة بلون يميل إلى الخضرة، أو ألوان أخرى تعتمد على نوعية الطحالب وفصيلتها التى تصل لأعداد كبيرة فيوجد حوالى ٢٥٠٠٠ نوع من الطحالب وحيدة الخلية، بالإضافة إلى نوعيات أخرى من الفصائل الأكبر حجما والتى ترى فى صورة عوالق عائمة أو فوق القاع، والتى توجد عادة عند زيادة تركيز المخصبات فى المسطحات المائية مثل الفوسفور والنتروجين.

وتتكون الخلايا الطحلبية من:

- ٥٥,٥ ٪ كربون.

- ٨ ٪ إيدروجين.
- ٢٨,٥ ٪ أكسجين.
- ٨ ٪ نتروجين.

- ٧. ظاهرة الطبقية فى البحيرة :

تخترق أشعة الشمس الطبقات العليا من البحيرة لعمق يعتمد على درجة عكارة المياه والتى تسببها أساسا الخلايا الطحلبية وتسبب أشعة الشمس ارتفاعا فى درجة حرارة هذه الطبقة التى اخترقتها، وينتج عن ذلك انخفاض فى لزوجة المياه، ثم هبوط بعض الخلايا الكبيرة الحجم لمسافات صغيرة تحت السطح فيتكون طبقة معلقة أسفل المنطقة التى تخترقها أشعة الشمس، وتكون المنطقة التى تقع أسفل هذه الطبقة أبرد من الطبقة التى تعلوها ويكون هذا الفاصل عادة على عمق يتراوح بين ٣٠،٥٠ سم. وتسبب ظاهرة الطبقية فى البحيرة عدم خلط الطبقة العليا بالطبقة السفلى، وتبعاً لذلك يكون الجزء الذى يحدث فيه النشاط الهوائى صغير جدا بالنسبة لباقى حجم البحيرة التى تنشط فيها البكتريا اللاهوائية. وفى الأجواء المعتدلة والقارية حيث تنخفض درجات الحرارة بشكل ملحوظ ليلا، تختفى ظاهرة الطبقية ليلا عند برودة الجو.

العوامل المؤثرة فى التخطيط والتصميم والتشغيل والإنشاء :

١. يجب أن تنشأ بحيرات الأكسدة فمواقع تبعد مسافة لا تقل عن ٢ كيلو متر، من المطارات لخطورة الطيور التى تتواجد حول البحيرات على سلامة الطائرات أثناء الإقلاع والهبوط. ويكون موقع البحيرات أبعد ما يمكن عن المناطق السكنية، وإن كانت المراجع العلمية تحدد مسافة لا تقل عن كيلو متر واحد،

فالأفضل أن تكون البحيرات أبعد ما يمكن عن العمران، ولا سيما إذا كانت المياه المعالجة تستخدم فى رى المناطق الصحراوية والقاحلة.

٢. فى الأماكن الصحراوية يفضل زراعة أشجار حول البحيرات بعرض لا يقل عن ٥٠ م لمنع وصول الرمال من الرياح الموسمية إلى البحيرات وبحيث تبدأ هذه المنطقة الشجرية من مسافة لا تقل عن ١٠٠ متر من الجسور الخارجية للبحيرات.

٣. يكون الجزء الأكبر من العملية الإنشائية، حفر، وردم، وإقامة جسور داخلية وخارجية، ومداخل ومخارج، ولذلك يكون التخطيط العام للبحيرات، سواء على التوالى، أو على التوازى، أو الطريقتين معا، من الأمور التى يحددها المهندس الصحى بعد اقتراح عمليات المعالجة التى تناسب إعادة استعمال المياه الخارجة من البحيرات.

وأحيانا يفضل المصمم أن تكون المعالجة باستعمال بحيرات لا هوائية يليها بحيرات هوائية لاهوائية، ثم يلى ذلك بحيرات إنضاج هوائية ... ويرى بعض الباحثون أن استخدام بحيرات مهواة بدلا من البحيرات اللاهوائية فى البداية قد يكون أفضل قبل البحيرات الهوائية اللاهوائية، وذلك للمشاكل البيئية التى تصاحب تشغيل البحيرات اللاهوائية ... فى حين يرى آخرون استخدام أحواض إمهوف فى البداية، بدلا من البحيرات اللاهوائية. وعموما فإن الدراسات التحضيرية الشاملة هى التى تحدد التخطيط النهائى لعناصر طرق المعالجة، بعد تحليل العوامل البيئية، والاقتصادية، والهندسية، والقومية، والزراعية، وغيرها ... يضاف إلى ذلك خواص التربة، ومنسوب المياه الجوفية، ومصادر المياه العذبة، وظروف المناطق المحيطة بالمساحة المقترحة للبحيرات. ومن الأمور ذات الأولوية فى التخطيط الشامل لهذه الطريقة، تخزين المياه بعد المعالجة وقبل توزيعها للرى. وتكون مدة التخزين طويلة نسبيا، قد

تصل إلى عدة شهور، وتحتاج إلى خزانات بسعة كبيرة ينظر إليها البعض نظرة قاصرة، لأنها قد تزيد من التكاليف، ولكن إذا نظرنا إلى هذه الخزانات على أنها ثروة مائية لا تقدر بثمن، بالإضافة إلى أن أى مصدر مائى يحتاج إلى تكاليف أكبر لنقله إلى أماكن الاستخدام. مثال على ذلك: عملية نقل مياه نهر النيل من أسوان إلى الترع حتى شمال البلاد، مارة بالقناطر والمنشآت الأخرى المكملة لهذه العملية.

يضاف إلى ذلك عامل فى غاية الأهمية وهو أن عملية التخزين فى حد ذاتها يمكن استغلالها فى تحسين خصائص مياه الصرف الصحى المعالجة فى البحيرات، وذلك باستخدام بعض الأحياء المائية الحيوانية والنباتية، كما سيجىء تفصيلا بعد ذلك.

وتبعا لظروف مكونات التربة والأحوال المناخية، فإن بحيرات الأكسدة، وبحيرات تخزين المياه قبل الرى، قد تحتاج إلى تبطين للقاع والجوانب بطرق مناسبة لعمل الدراسات الابتدائية والتخطيط الشامل لطريقة البحيرات التى تناسب ظروف مصر والمنطقة العربية، بعيدا عن منطقة الهيمنة العولمية الصناعية العالمية المطلقة.

٤. يتم عمل جسات للتربة بحيث لا تقل عن جسة واحدة لكل ٢٥٠٠ متر مربع.

٥. يجب الاهتمام والعناية بعمل الدراسات التفصيلية التى تمثل الأسس الفنية المطلوبة لعملية التصميم السليمة، وتشمل هذه الدراسات ما يلى:

- كمية التصرف ومعدلاته المتغيرة على مدار العام حاليا ومستقبلا.
- خصائص المخلفات السائلة والمواد السامة والضارة بها والعد البكتيرى وبويضات الطفيليات.
- كمية المواد الصلبة المتوقع تراكمها فى قاع البحيرات ومكونات هذه المواد.

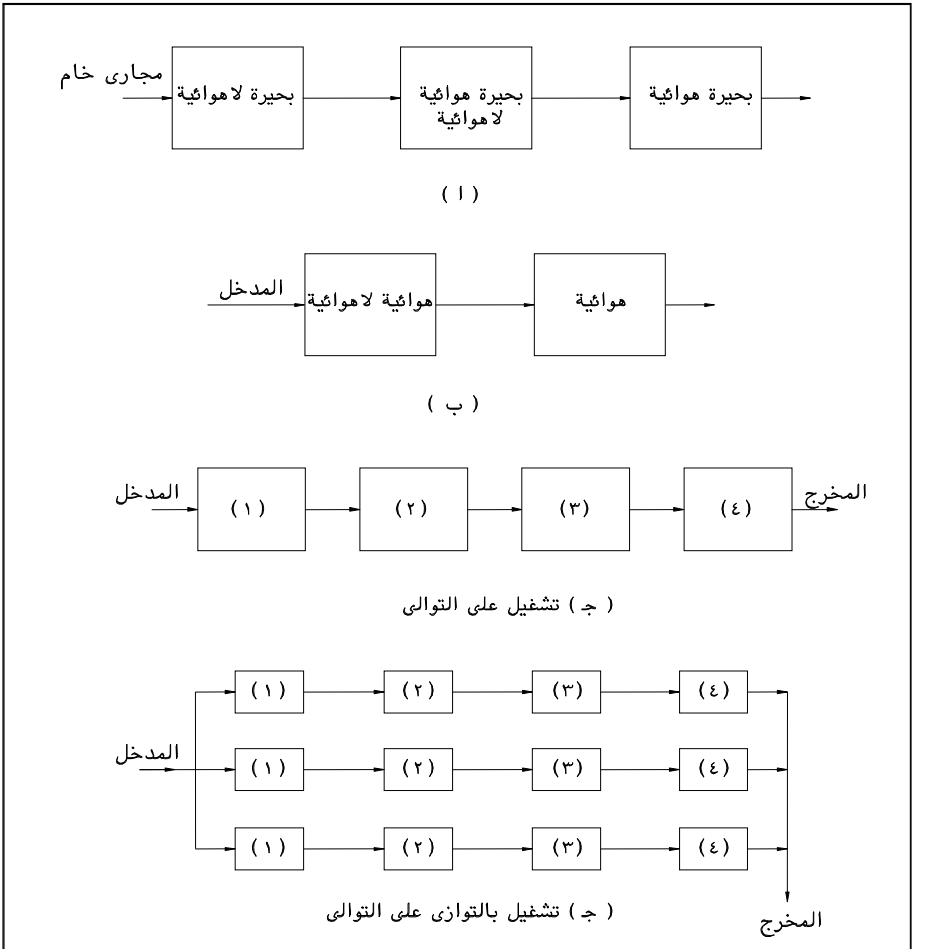
- درجة الحرارة.
- الرياح السائدة.
- كثافة أشعة الشمس.
- صفاء السماء وتداخل السحب.
- معدلات سقوط الأمطار.
- معدلات التبخر.
- الحمل العضوى.
- الحمل الهيدروليكى.
- طوبوغرافية المنطقة التى تنشأ فيها البحيرات.
- البعد بين موقع البحيرات والمناطق السكنية.
- طبيعة التربة.
- منسوب سطح المياه الجوفية.
- احتمالات تلوث المياه الجوفية.
- شكل البحيرات المناسب للموقع.
- عمق البحيرات المناسب.
- إمكانية التشغيل على التوالى والتوازى.
- الاستعمالات المناسبة للمياه المعالجة.
- تكاليف الأراضى والإنشاء والتشغيل والصيانة.
- وجود مساحات أراضى متاحة للامتداد المستقبلى.

٦. يبين شكل (٨-٧) رسم تخطيطى لطرق تشغيل بحيرات الأكسدة، فيمكن تشغيل البحيرات فى مراحل تبدأ ببحيرات لا هوائية عميقة، يتبعها بحيرات هوائية لاهوائية، ثم يعقبها بحيرات إنضاج. وفى بعض الأحيان تعمل البحيرات مرحلتين؛ الأولى هوائية لاهوائية ثم المرحلة الثانية تكون إنضاج. ويحدد التشغيل

عموما عوامل كثيرة تشمل خواص المخلفات السائلة ودرجة الحرارة وكثافة أشعة الشمس، ثم درجة المعالجة المطلوبة والتى ترتبط ارتباطا وثيقا بطرق إعادة استعمال المياه المعالجة أو التخلص منها.

٧. يمكن تشغيل البحيرات بأحد الطرق الآتية:

ا. على التوالى لزيادة كفاءة البحيرات فى خفض أعداد البكتريا الضارة.



شكل (٨-٧)
طرق تشغيل بحيرات الاكسدة

ب. على التوازى لزيادة المرونة فى التشغيل.

ج. بالتوازى على التوالى، فى حالة التصرفات الكبيرة والمطلوب فيها مرونة وسهولة فى التشغيل، وزيادة فى كفاءة المعالجة وحتى لا تزيد مساحة البحيرة الواحدة بطريقة تؤثر فى التشغيل وكفاءة المعالجة.

وعموما يجب الأخذ فى الاعتبار أن نظام التشغيل على التوالى يعطى كفاءة أفضل فى إزالة البكتريا خاصة فى حالة استخدام أربعة بحيرات على التوالى أو أكثر.

٨. فى حالة التصرفات الكبيرة نوعا يجب دراسة العوامل التى تتصل بالتشغيل منها:

ا. إمكانية إعادة المياه من المخرج والتى تحتوى على أكسجين ذائب إلى مدخل البحيرة باستخدام بيارات ووحدات رافعة.

ب. مراعاة إنشاء التوصيلات اللازمة بين البحيرات وبعضها بحيث تكفى للتشغيل على التوالى والتوازى وربط البحيرات بأى توسعات فى المستقبل.

ج. إمكانية استخدام مطابق على الوصلات بين البحيرات.

د. فى حالة الحاجة إلى رفع المياه لمدخل البحيرة لعدم إمكانية دخولها بالانحدار الطبيعى، يفضل استخدام طلمبات لولبية لأنها سهلة وعملية فى تشغيلها بالنسبة للمياه التى تحتوى على مواد طافية، وبالنسبة للتصرفات المتغيرة، كما أنها لا تحتاج لبيارة تجميع كبيرة.

٩. فى بداية تشغيل البحيرات المتقلبة الجديدة تملأ لعمق صغير بمياه مجارى مخففة بمياه سطحية من الأنهار أو البحيرات أو المياه الجوفية حيث يمكن أن تنمو فيها الطحالب خلال أيام وتعمل بعدها بسعتها التصميمية.

١٠. فى بداية التشغيل يجب أن تكون البحيرات خالية تماما من أى نباتات.
١١. فى حالة استخدام بحيرات لتربية الأسماك يجب ألا يزيد النتروجين الكلى عن ٤ كيلو جرام نتروجين كلى للهكتار فى اليوم لأن زيادة تركيزه عن ذلك يزيد من تركيز الطحالب، مما يسبب نقصا كبيراً فى الأكسجين الذائب ليلا فتموت الأسماك –كما أن تركيز الأمونيا يجب ألا يزيد عن ٠,٥ جزء فى المليون لأن زيادتها عن ذلك يعتبر ساماً للأسماك.
١٢. فى البحيرات اللاهوائية يمكن تغذيتها بكمية من أحواض هضم الحمأة إذا كانت قريبة من المنطقة أو يمكن نقلها، والبديل الآخر حمأة من أحواض تحليل.
١٣. تتراكم الحمأة فى الوحدات الأولى من البحيرات المتقلبة بمعدل حوالى (٥٠–٨٠) لتر / شخص / عام، منها ٥ ٪ رمال.
١٤. يمكن استخدام بحيرات الأكسدة بعد مرحلة أو أكثر من مراحل المعالجة الآتية:

- حجز المواد الطافية باستخدام مصافى فتحاتها (٢,٥–٧) سم فى غرفة المدخل للبحيرة.
- حجز الرمال فى أحواض منفصلة أو مراعاة الحيز اللازم لتراكم الرمال فى منطقة المدخل.
- أحواض تحليل.
- أحواض ترسيب ابتدائية.
- أحواض إمهوف.
- بحيرات لاهوائية.
- حجز الزيوت والشحوم خاصة فى معالجة المخلفات الصناعية بطريقة عملية سهلة وإن أمكن فى منطقة المدخل.

وعموما قبل اختيار المعالجة التمهيدية المحتملة يجب دراسة الآتى:

- خصائص ومكونات المخلفات السائلة.
- إمكانية متابعة التشغيل والصيانة الدورية.
- نوعية البحيرات المستخدمة.
- درجة المعالجة.
- استعمالات المياه بعد المعالجة.

١٥. فى أعمال الصيانة الدورية يجب مراعاة الآتى:

- تطهير مداخل ومخارج البحيرات من أى عوائق.
- صيانة الجسور من التآكل والنحر.
- تطهير أى مستنقعات قريبة من البحيرات من الحشائش.
- التخلص من أى مواد طافية على السطح.
- متابعة الأماكن التى تتراكم فيها المواد الرسوبية.
- تطهير الجوانب من الحشائش.

١٦. تعتمد الطريقة التقليدية على ربط الأكسجين الحيوى المستهلك للمخلفات بكمية الطحالب المنتظرة، على أساس أن احتياج الأكسجين للبكتريا تغطيه الطحالب كما أن أساس التصميم المستخدم وهو كجم BOD / الفدان / يوم يتمشى مع الافتراض السابق. والنتائج التى تبرزها بعض الأبحاث تشير إلى أن هذه الطريقة تعطى أبعاد للبحيرة أكثر من اللازم مما يزيد من كميات الطحالب التى تسبب مشكلتين:

- الخلايا الميتة منها تزيد الحمل العضوى بالبحيرة.
- زيادة الخلايا الطحلبية فى المياه المعالجة.

وعلى هذا الأساس يؤيد بعض الباحثين أن يعتمد الحمل العضوى على حجم البحيرات وليس المساحة السطحية مما يفضل استخدام البحيرات العميقة، وهذا يشجع استخدام بحيرات عميقة لا هوائية يتبعها بحيرات هوائية.

١٧. فى حالة انخفاض المواد العالقة بمياه المجارى يمكن الاستغناء عن استخدام البحيرات اللاهوائية، واستخدام بحيرات هوائية لاهوائية بشرط ضمان توزيع المواد الرسوبية على مساحة كبيرة من قاع البحيرات.

١٨. بالنسبة لمكونات مياه المجارى المنزلية يفترض Fair مكونات الأكسجين الحيوى المستهلك كالآتى:

٢٨ ٪ مواد عالقة رسوبية.

٤٤ ٪ مواد عالقة غير رسوبية.

٢٨ ٪ مواد ذائبة.

١٩. الوصلات فى مداخل البحيرات وبينها، تصمم على أساس ١,٥٠ من التصرف المتوسط.

٢٠. فى حالة حساب الحجم والمساحة السطحية بطريقة تصميم معينة، يمكن استنتاج العمق. ولكن يجب الأخذ فى الاعتبار عوامل حيوية مؤثرة فى كفاءة البحيرات وهى:

- العمق الصغير للمياه يسمح بوصول الأكسجين إلى الطبقات السفلى فيحد من نشاط البكتريا المكونة لغاز الميثان.
- العمق الكافى من شأنه أن يوفر السعة الكافية لأن يتم كل من التفاعل الهوائى واللاهوائى بكفاءة، وفى نفس الوقت توفير حيز للمواد التى يتم تثبيتها.

٢١. لا تقل مدة بقاء المياه فى أى مرحلة على التوالى عن خمسة أيام.

٢٢. السرعة فى ماسورة المياه الداخلة للبحيرة يفضل ألا تزيد عن ٦٠سم / ثانية، حينما تكون المياه تحت ضغط من وحدات رافعة.

٢٣. فى التصرفات الصغيرة تستخدم أكثر من بحيرة لسهولة ومرونة التشغيل والصيانة والتنظيف وتفريغ الرواسب.

٢٤ يمكن تحديد مساحة البحيرة الواحدة بحيث لا تزيد عن ٢٠ فدان وفى حالة التصرفات الكبيرة يمكن استخدام عدة خطوط للتشغيل تعمل بالتوازى وعلى التوالى.

٢٥. يجب مراعاة توزيع المواد المترسبة على مساحة أكبر بعمل أكثر من مدخل إن أمكن، أو عمل جزء المدخل أو البحيرة الأولى بعمق أكبر يكون بين (١,٨-٢,٤) متر.

٢٦. بحيرات الإنضاج رغم أنها تزيل جزء صغير من المواد العضوية، إلا أنها تزيل النتروجين والفسفور بنسبة كبيرة. كما أن نسبة كبيرة من الأكسجين الحيوى المستهلك فى المياه الخارجة من بحيرات الإنضاج (حوالى ٨٠ ٪) يكون من الخلايا الطحلبية، ولزيادة إزالة الفسفور يجب زيادة مراحل بحيرات الإنضاج. كما أن حوالى ٢٠ ٪ من الخلايا الطحلبية غير قابل للتحلل بواسطة البكتريا، ويرسب جزء منها فى قاع البحيرة.

٢٧. تستخدم بحيرات الإنضاج Maturation حينما تستخدم المياه المعالجة فى الرى بدون قيود.

٢٨. فى معايير الاتحاد الأوروبى لا يزيد تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك والأكسجين الكيماوى المستهلك للعينات التى تم ترشيحها من مخارج البحيرات عن ٢٥ مجم / لتر، ١٢٥ مجم / لتر على التوالى، على أساس أن حوالى ٨٠ ٪ من المواد العالقة خلايا طحلبية – كما أن هذه المعايير تسمح بمواد عالقة حتى ١٥٠ مجم / لتر، وبالنسبة

للمواد المخصبة لا يزيد النتروجين الكلى عن ١٥ مجم / لتر ولا يزيد الفسفور الكلى عن ٢ مجم / لتر وتقل هذه التركيزات فى التصرفات الكبيرة التى تزيد عن حوالى ٥٠٠٠٠م٣/يوم، فيجب ألا تزيد عن ١٠ مجم / لتر للنتروجين وعن ١ مجم / لتر بالنسبة للفسفور.

تصميم وتشغيل بحيرات الأكسدة :

البحيرات اللاهوائية: Anaerobic Ponds :

لا تعتمد على الطحالب وتنشأ أحيانا قبل البحيرات الهوائية اللاهوائية لخفض تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك بنسبة تتراوح بين ٣٠، ٧٠ ٪ وتنشأ على بعد لا يقل عن ٢ كيلو متر من المناطق السكنية، وتعمل هذه البحيرات كأحواض تحليل مكشوفة بعمق (٢,٥-٦) متر، والعامل الأساسى المؤثر فى تصميم هذه البحيرات هو درجة الحرارة.

ويمكن الاستعانة بجدول (٨-١) لتصميم هذه البحيرات.

جدول (٨-١)

أسس تصميم للبحيرات اللاهوائية

درجة الحرارة	الحمل العضوى جم BOD / م٣ / يوم	نسبة إزالة BOD ٪
١٠	١٠٠	٤٠
١١	١٢٠	٤٢
١٢	١٤٠	٤٤
١٣	١٦٠	٤٦
١٤	١٨٠	٤٨
١٥	٢٠٠	٥٠
١٦	٢٢٠	٥٢

١٧	٢٤٠	٥٤
١٨	٢٦٠	٥٦
١٩	٢٨٠	٥٨
٢٠	٣٠٠	٦٠
٢١	٣١٠	٦٢
٢٢	٣٢٠	٦٤
٢٣	٣٣٠	٦٦
٢٤	٣٤٠	٦٨
٢٥	٣٥٠	٧٠
٢٦	٣٥٠	٧٠

ويفضل عدم زيادة مدة بقاء المياه عن خمسة أيام حتى لا تتحول البحيرة إلى هوائية لا هوائية. وتكون كمية الرواسب فى البحيرات (٣٠-٥٠) لتر /شخص / العام.

وفى هذه البحيرات يزيد نشاط البكتريا اللاهوائية ويقل بدرجة كبيرة أو ينعدم نشاط البكتريا الهوائية. وينتج من تحلل المواد العضوية بالقاع غاز الميثان وثانى أكسيد الكربون التى تساعد على تحريك ومزج الرواسب، إلا أن هذه الغازات تحمل معها لسطح البحيرات المواد المترسبة والتى يحتمل هروبها مع المياه الخارجة من البحيرات، وكذلك تكوّن طبقة من المواد الطافية على سطح البحيرة، وهذه الطبقة وإن كانت تمنع تأثير الجو البارد خارج البحيرة على المياه فيها إلا أنها تكون مرتعاً للذباب ومصدراً للروائح الكريهة، ولذلك يجب أن تبعد البحيرات مسافة لا تقل عن ١٠٠٠ متر من المناطق السكنية، حسب اتجاه الرياح.

وبالنسبة لعيوب البحيرات اللاهوائية فهناك تفكير لدى بعض الباحثين لإنشاء غطاء فوقها، وخفض مدة بقاء المياه فى البحيرات، وتطوير الشكل الهندسى بحيث يمكن جمع الغازات الناتجة من التفاعل اللاهوائى والاستفادة منها، وفى نفس الوقت نتخلص من مشاكل الرائحة والذباب والناموس.

ويمكن استبدال البحيرات اللاهوائية بالبحيرات المهواة. مع دراسة طرق عملية كمعالجة أولية قبل البحيرات؟

تصميم البحيرات الهوائية اللاهوائية: Facultative Stab. Ponds :

سبق الإشارة إلى عوامل كثيرة تؤثر فى عملية المعالجة فى بحيرات الأكسدة من أهمها التغيرات المستمرة فى درجات الحرارة، وشدة الضوء، بالإضافة إلى التغير فى الأحمال العضوية والهيدروليكية، وبعض المواد الكيماوية والمعادن التى تؤثر على البكتريا والطحالب. ولذلك فهناك طرق متعددة بذل فيها العلماء جهدا، ووجدوا فى تطبيقها نتائج متقاربة، رغم أن التفاعلات البيولوجية للأحياء المائية داخل البحيرات لا زالت تثير الكثير من العجب والتساؤل والتأمل فى هذه العوالم التى تتعايش بطرق أفضل من تعامل البشر والعالم والأمم والطوائف.

وسنعرض ما يمكن الاسترشاد به من هذه الطرق.

الطريقة الأولى :

اقترحها أرشيفالا على أساس معدل تصرف ١٠٠ لتر / شخص / يوم وعمق للبحيرة مساويا ١,٥٠ متر بحيث تكون المساحة المحسوبة هى مساحة سطح المياه وربط مدة بقاء المياه فى البحيرات بدرجة الحرارة حسب الجدول الآتى:

درجة الحرارة درجةمئوية	مدة بقاء المياه باليوم لكفاءة		المساحة السطحية م٢ / شخص لدرجة كفاءة	
	٨٠ ٪	٩٠ ٪	٨٠ ٪	٩٠ ٪
٥	٣٨,٨	٨٧,٥٠	٢,٥٨	٥,٨٥
١٠	٣٣,٤	٧٥,٠٠	٢,٢٤	٥,٠٠
١٥	١٧,٠	٣٧,٥٠	١,١٣	٢,٥٠
٢٠	١١,٥	٢٥,٧٠	٠,٧٦	١,٧١
٢٥	٧,٥	١٧,٠٠	٠,٥٠	١,١٣
٣٠	٥,٠	١١,٢٥	٠,٣٣	٠,٧٣

ويجب عند حساب المساحة الفعلية الكلية اللازمة للبحيرات، إضافة مساحة جوانب البحيرات والطرق المحيطة بها، والمسحة التى تفصل بين البحيرات، ويمكن اعتبار

المساحة الكلية بين (١-٢,٨) م^{٢} / شخص فى المناطق الدافئة والحارة، أما فى المناطق الباردة فتصل المساحة الكلية إلى (٣-١٢) متر مربع / شخص.

الطريقة الثانية: معادلات مكارى – وماراً :

اقترح مكارى معادلة افتراضية:

$$L = 20\ T - 120$$

حيث:

- L = الحمل العضوى بالكيلوجرام أكسجين حيوى مستهلك للهكتار فى اليوم.
- T = متوسط درجة الحرارة فى أبرد شهور السنة درجة مئوية.

ثم اقترح مكارى إمكانية استخدام نفس المعادلة بعد تعديلها:

$$L = 20\ T - 60$$

كأقصى حمل عضوى تصل إليه البحيرات قبل أن تتحول إلى بحيرات لا هوائية – وعليه فمعادلة مكارى الأولى أفضل فى استخدامها فى أعمال التصميم، وتعطى نتائج متقاربة مع معادلة مارا التى اقترحها بعد ذلك عام ١٩٨٧ لاستخدامها فى درجات حرارة (٨-٢٥) درجة مئوية هى:

$$L = 350\ (1.107 - 0.002\ T)^{T-25}$$

ويبين الجدول الآتى متوسط الأحمال العضوية من معادلات مكارى، ومارا. والتى تحقق نسبة إزالة أكبر من ٨٠ ٪ للـ BOD لعينات بدون ترشيح، وفى تعدد مراحل البحيرات وترشيح العينات تزيد نسبة الإزالة عن ٩٠٪.

جدول (٨-٢)

الحمل العضوى للبحيرات المتقلبة

درجة الحرارة درجة مئوية	الحمل العضوى كجم BOD / هكتار / يوم		
	طريقة مكارى	طريقة مارا	المتوسط

٩٠	١٠٠,١٤	٨٠	١٠
١٠٦	١١١,٧٠	١٠٠	١١
١٢٢	١٢٤,١٤	١٢٠	١٢
١٣٩	١٣٧,٤٥	١٤٠	١٣
١٥٦	١٥١,٦٥	١٦٠	١٤
١٧٣	١٦٦,٦٩	١٨٠	١٥
١٩١	١٨٢,٥٥	٢٠٠	١٦
٢١٠	١٩٩,٢٠	٢٢٠	١٧
٢٢٨	٢١٦,٥٤	٢٤٠	١٨
٢٤٧	٢٣٤,٥٣	٢٦٠	١٩
٢٦٧	٢٥٣,٠٠	٢٨٠	٢٠
٢٨٦	٢٧٢,٠٠	٣٠٠	٢١
٣٠٦	٢٩١,٤٠	٣٢٠	٢٢
٣٢٥	٣١١,٠٠	٣٤٠	٢٣
٣٤٥	٣٣٠,٥٠	٣٦٠	٢٤
٣٦٥	٣٥٠,٠٠	٣٨٠	٢٥

وعلى سبيل المثال وبافتراض حالتين مناخيتين من مصر، الأولى فى الصعيد بمتوسط درجة حرارة ٢٢ والأخرى فى ضواحى القاهرة والإسكندرية ومطروح فى الصحراء الشرقية والغربية بدرجة حرارة ١٥ درجة مئوية فإن الحمل العضوى المتوسط من الطريقتين هو:

فى الحالة الأولى فى الصعيد = ٣٠٦ كجم BOD / هكتار / يوم.

فى الحالة الثانية = ١٧٣ كجم BOD / هكتار / يووم.

والمساحة المحسوبة هى عند متوسط العمق.

ولقياس درجة خفض الأكسجين الحيوى المستهلك فى البحيرات الهوائية اللاهوائية تستخدم المعادلة الآتية:

$$P = 0.725\ L + 10.75$$

حيث:

- P = إزالة الأكسجين الحيوى المستهلك فى البحيرات كجم / هكتار / يوم.

بحيرات الإنضاج: Maturation Ponds:

سبق الإشارة إلى بحيرات الإنضاج أنها لا تستخدم لخفض الحمل العضوى، ولكنها أساسا لتحسين خصائص المياه المعالجة البكتريولوجية وبالتحديد:

- خفض العد البكتيرى.
- التخلص من بويضات الديدان الطفيلية.

وذلك عند استعمال المياه المعالجة فى البحيرات فى الرى، وسيوضح مثال بعد ذلك كيفية الوصول إلى المعايير الدولية المطلوبة فى المياه للرى بدون قيود.

ولجأت بعض الدول كبديل لذلك استخدام خزانات بسعة كبيرة وبعمق كبير يصل إلى ١٠ متر ويعتبر ذلك أفضل للأسباب الآتية:

- يحتاج مساحة أقل من وحدات متتابعة عمقها صغير.
- يفيد فى تخزين المياه لعمل توازن بين نوبات الرى والمياه الخارجة باستمرار من عملية المعالجة.

مثال (٨–١) :

منطقة سكنية تعدادها ٨٠٠٠٠ – الصرف الناتج معدله ٢٠٠ لتر / شخص / يوم – الأكسجين الحيوى المستهلك ٥٤ جرام / شخص / يوم – درجة الحرارة التصميمية ١٤ درجة مئوية – المطلوب تصميم بحيرات الأكسدة فى الحالات الآتية:

١. وجود مرحلة بحيرات لاهوائية فى بداية المعالجة.

٢. وجود أحواض ترسيب ابتدائى أو أحواض إمهوف تحجز ٣٠ ٪ من الحمل العضوى.

الحل :

الحالة الأولى: تصميم البحيرات اللاهوائية:

باستخدام الأحمال العضوية التى اقترحها مارا – وعند درجة حرارة ١٤ درجة مئوية يكون الحمل العضوى ١٨٠ جم BOD / م^{٣} / يوم، ونسبة إزالتها ٤٨ ٪.

الحمل العضوى = ٨٠٠٠٠ × ٥٤ جم / شخص / يوم = ٤٣٢٠٠٠٠ جم أكسجين حيوى مستهلك / يوم

∴ حجم البحيرات = ٤٣٢٠٠٠٠ ÷ ١٨٠ = ٢٤٠٠٠ م^{٣}

التصرف = ٨٠٠٠٠ × ٢٠٠ = ١٦٠٠٠٠٠٠ لتر = ١٦٠٠٠ م^{٣} / يوم

∴ مدة بقاء المياه فى البحيرات = الحجم ÷ التصرف = ٢٤٠٠٠ ÷ ١٦٠٠٠ = ١,٥ يوم

بفرض العمق = ٤ متر

∴ المساحة السطحية = ٢٤٠٠٠ ÷ ٤ = ٦٠٠٠م^{٢}

يمكن اختيار ٤ بحيرات مساحة كل منها ١٥٠٠م^{٢}

وعلى أساس أن نسبة إزالة الحمل العضوى عند درجة حرارة ١٤ درجة مئوية = ٤٨ ٪، يكون الحمل العضوى الخارج من البحيرات اللاهوائية = ٠,٥٢ × ٤٣٢٠ = ٢٢٤٦,٤ كيلوجرام BOD / يوم

ولتصميم البحيرات المتقلبة Facultative، واستخدام المعادلة:

L = 20 T – 120 حيث T هى متوسط درجة حرارة أبرد شهور السنة، L أقصى حمل عضوى بالكيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك / هكتار / يوم.

∴ L = 20 × 14 – 120 = 160 Kg BOD /Hect./day

وحيث أن الحمل العضوى الداخل للبحيرات = ٢٢٤٦,٤ كجم / يوم

∴ مساحة البحيرات = ١٤ هكتار

وبفرض العمق = ١,٨ م

∴ حجم البحيرات = ٢٥٢٧٢٠ م٣

وتكون مدة بقاء المياه فى هذه البحيرات = ٢٥٢٧٢٠ ÷ ١٦٠٠٠ = ١٦ يوم

وبطرق التصميم المستخدمة يمكن للبحيرات اللاهوائية والمتقلبة أن تزيل حوالى ٨٠ ٪ من الحمل العضوى وعليه يبقى فى المياه بعد هذه المراحل حوالى ٥٤ مجم / لتر أكسجين حيوى، وفى هذه الحالة يفضل إضافة بحيرات إنضاج Maturation Ponds بنفس مدة المكث للبحيرات المتقلبة وتنشأ فى مرحلتين على التوالى بمدة مكث لكل منها = ٨ يوم – وبعمق ١,٥ متر وتحتاج هذه البحيرات لمساحة تساوى ١٦,٨٥هكتار

وتكون المساحة اللازمة لمراحل البحيرات الثلاثة وهى : اللاهوائية، والمتقلبة والإنضاج = ٠,٦٠ + ١٤ + ١٦,٨٥ = ٣١,٤٥ هكتار يضاف لهذه المساحة الجسور والمرافق وغيرها وتمثل حوالى ٣٠ ٪ أى أن المساحة الكلية المطلوبة حوالى ٤٠ هكتار.

ثانيا: فى حالة وجود ترسيب ابتدائى أو أحواض إمهوف تكون المياه الخارجة منها إلى البحيرات المتقلبة بها ٧٠ ٪ من الحمل العضوى = ٨٠٠٠٠ × ٥٤ جم / شخص / يوم × ٠,٧٠ = ٣٠٢٤ كجم BOD / يوم ومساحة البحيرات المتقلبة = ٣٠٢٤ ÷ ١٦٠ = ١٨,٩ هكتار

الحجم = ١٨٩٠٠٠ × ١,٨ = ٣٤٠٢٠٠ م^{٣}

مدة بقاء المياه فى البحيرات = ٣٤٠٢٠٠ ÷ ١٦٠٠٠ = ٢١,٢٦ يوم

بحيرات الإنضاج يمكن فرضها بنفس مدة بقاء المياه فى البحيرات المتقلبة على مرحلتين على التوالى بمدة ١٠,٦٣ يوم لكل منها: وعمق ١,٥٠ م وتحتاج البحيرتين إلى مساحة = ٣٤٠٢٠٠ ÷ ١,٥ = ٢٢,٦٨ هكتار

ويكون مساحة بحيرات الانضاج والمتقلبة = ٢٢,٦٨ + ١١,٩٠ = ٤١,٥٨ هكتار يضاف إليها حوالى ٣٠ ٪ للمرافق والجسور فتكون المساحة المطلوبة حوالى ٥٤ هكتار.

فعالية بحيرات الإنضاج فى إزالة بكتريا القولون :

دور هذه البحيرات فى خفض المواد العضوية ضئيل جدا، ووظيفتها الأساسية إزالة بكتريا القولن للحد الذى يناسب طريقة التخلص أو إعادة الاستعمال. واعتمد كل من أرثر (١٩٨٣)، ومارا (١٩٩٨) – على استخدام طريقة ماريس فى خفض البكتريا فى بحيرات الأكسدة، ونشرت فى مجلة هندسة البيئة عام ١٩٧٤.

والمعادلات التى اقترحها ماريس لهذا الغرض هى:

$ع_{٢} = ع_{١} \div ١ + ث_{ح}.ق$

حيث:

- $ع_{٢}$ = عدد بكتريا القولون فى المياه المعالجة فى كل ١٠٠ سم^{٣}
- $ع_{١}$ = عدد بكتريا القولون فى المجارى الداخلة للبحيرات فى كل ١٠٠ سم^{٣}
- $ث_{ح}$ = ثابت لمعدل إزالة البكتريا فى اليوم عند درجة حرارة ح
- ق = مدة بقاء المياه فى البحيرة أو البحيرات

وفى حالة استخدام نظام تتابعى من البحيرات اللاهوائية والمتقلبة، والإنضاج – تكون المعادلة:

$ع_{٢} = ع_{١} \div (١ + ث_{ح}.ق_{ل}) (١ + ث_{ح}.ق_{م}) (١ + ث_{ح}.ق_{هـ})^{د}$

حيث:

- $ع_{٢}$، $ع_{١}$ هو عدد بكتريا القولون فى كل ١٠٠سم^{٣} فى المخرج النهائى والمجارى الخام
- ل، م، هـ تشير إلى البحيرات اللاهوائية، والمتقلبة والانضاج.
- د = عدد بحيرات الانضاج.

والمعادلة السابقة على أساس أن بحيرات الانضاج متساوية فى الحجم والمساحة – وتعتمد قيمة $ث_{ح}$ على درجة الحرارة واقترح ماريس فى البحث الذى نشره على المعادلة الآتية فى حساب قيمتها:

ث ح = ٢,٦ (١,١٩) $^{(ح-٢٠)}$ – ورغم أن هذه المعادلة تعتبر تجريبية لحد ما، إلا أنه يمكن الاعتماد عليها فى حساب نسبة إزالة البكتريا فى نظم البحيرات المتكاملة.

ويبين الجدول الآتى قيمة ث ح عند درجات حرارة بين (٨–٢٥) درجة مئوية.

درجة الحرارة درجة مئوية	ث ح	درجة الحرارة	ث ح
٨	٠,٣٢٢	١٧	١,٥٤٣
٩	٠,٣٨٤	١٨	١,٨٣٦
١٠	٠,٤٥٧	١٩	٢,١٨٥
١١	٠,٥٤٣	٢٠	٢,٦٠٠
١٢	٠,٦٤٧	٢١	٣,٠٩٤
١٣	٠,٧٦٩	٢٢	٣,٦٨٢
١٤	٠,٩١٦	٢٣	٤,٣٨٠
١٥	١,٠٩٠	٢٤	٥,٢١٤
١٦	١,٢٩٧	٢٥	٦,٢٠٥

وللحصول على نتائج أقرب ما يمكن يجب مراعاة أن مدة بقاء المياه فى بحيرات الانضاج لا تقل عنها فى البحيرات المتقلبة – وبالنسبة لعدد بحيرات الانضاج يفضل تجربة حل المعادلات السابقة بفرض بحيرة واحدة ثم بحيرتين، أو ثلاثة أو أربعة وهكذا حتى نحصل على العد البكتيرى المطلوب، وبالرجوع إلى عوامل التصميم نجد أنه يفضل ألا تزيد مدة المكث فى بحيرات الانضاج والمتقلبة عن خمسة أيام.

عدد البحيرات المتقلبة = ٤ مساحة كل منها ٣,٥ هكتار

عدد بحيرات الانضاج = ٤ مساحة كل منها ٤,٢ هكتار

وفى حالة استعمال المياه للرى يكون الاهتمام بألا يزيد عدد بويضات الطفيليات عن واحدة فى اللتر. ويبين الجدول الآتى نسبة إزالة البويضات فى كل مراحل من البحيرات الثلاثة اللاهوائية والمتقلبة والانضاج فى مدة بقاء المياه فى البحيرات من (١–٢٣) يوم.

مدة بقاء المياه يوم	النسبة المئوية لإزالة البويضات	المدة	نسبة الإزالة ٪
١,٥	٨٠,٠٠	١٢	٩٩,٦٠
٢,٠	٨٤,٠٠	١٣	٩٩,٧٠
٢,٥	٨٧,٧٧	١٤	٩٩,٧٧
٣,٠	٨٩,٨٠	١٥	٩٩,٨٢
٤,٠	٩٣,٤٠	١٦	٩٩,٨٦
٥,٠	٩٥,٦٠	١٧	٩٩,٨٨
٦,٠	٩٧,٠٠	١٨	٩٩,٩٠
٧,٠	٩٨,٠٠	١٩	٩٩,٩٢
٨,٠	٩٨,٦٠	٢٠	٩٩,٩٣
٩,٠	٩٩,٠٠	٢١	٩٩,٩٤
١٠,٠	٩٩,٣٠	٢٢	٩٩,٩٥
١١,٠	٩٩,٤٨	٢٣	٩٩,٩٦

وبالنسبة لعدد البويضات فى مياه المجارى فليس لها حدود معينة لأنها تعتمد على ظروف الصحة العامة ومستوى الخدمات الطبية والوعى الاجتمعى فإذا افترضنا أن المجارى الخام تحتوى على ٣٠٠ بويضة فى اللتر = وكانت نسبة الإزالة فى البحيرات اللاهوائية حسب الجدول ٨٠ ٪ عند مدة مكث ١,٥ يوم فإن المياه الخارجة من البحيرات اللاهوائية تحتوى على ٦٠ بويضة / لتر. وبالنسبة للبحيرات المتقلبة ومن الجدول فإن نسبة الإزالة ٩٩,٨٦ عند مدة بقاء للمياه ١٦ يوم.

∴ عدد البويضات فى المياه الخارجة من البحيرات المتقلبة

= ٦٠ × ٠,٠١٤ = ٠,٨٤ بويضة / لتر

وهذه القيمة تتوافق مع معايير مياه الرى، وفى حالة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى بدون قيود يجب أن تتوافق مع المعايير الميكروبيولوجية بحيث لا يزيد عدد بكتريا القولون عن ١٠٠٠ / ١٠٠سم^{٣}

وبفرض العد البكتيرى فى المجارى الخام = ١٠ ^{٩}

وحيث أن درجة الحرارة التصميمية ١٤ درجة مئوية وباستخدام معادلة ماريس:

ع$_{٢}$ = ع$_{١}$ ÷ (١ + ث ح.ق ل) (١ + ث ح.ق م) (١ + ث ح.ق هـ)^{د}

١٠٠٠ = ١٠ ^{٩} ÷ (١ + ٠,٩١٦ × ١,٥) (١ + ٠,٩١٦ × ١٦) (١ + ٠,٩١٦ × ١٦)^{٤}

= ١٠ ^{٩} ÷ (٢,٣٧٤) (١٥,٦٥٦) (٦٠٠٨٠)

= ١٠ ^{٩} ÷ ٢,٢٣٢,٩٨٠ = ٤٤٨ خلية / ١٠٠ سم^{٣}

وهذه القيمة أقل من ١٠٠٠ / ١٠٠سم٣ وهى المطلوبة للرى بدون قيود – وفى حالة استخدام عدد أقل من ٤ لبحيرات الانضاج يزيد العد البكتيرى عن ٧ آلاف خلية بالنسبة للمثال المقترح.

وعموما فبالنسبة لكفاءة البحيرات فى خفض الحمل العضوى فما زالت الدراسات جارية، والوصول لأسس محددة فى غاية الصعوبة لتداخل عوامل كثيرة أهمها:

ا. التغيرات الغير معلومة فى المناخ – درجات الحرارة، أشعة الشمس، وكثافة الأمطار، والبخر، وغيرها.

ب. خصائص مياه الصرف الصحى وتغير الأحمال العضوية والهيدروليكية.

ج. العلاقات الغير معلومة بين عوالم الكائنات الحية الدقيقة، مثل الطحالب والبكتريا والأحياء الأخرى وعدم المعرفة الكاملة بتضارب العوامل الحياتية بين هذه الكائنات.

مميزات بحيرات الأكسدة وأهميتها :

بدأ الاهتمام بمعالجة المخلفات السائلة بهذه الطريقة فى السنوات الأخيرة خاصة فى المناطق الصحراوية المعتدلة والحارة، حيث تساعد درجة الحرارة وكذلك أشعة الشمس على نمو الطحالب التى تمد البحيرات بالأكسجين

الذائب، بالإضافة إلى أن بحيرات الأكسدة يمكن استخدامها فى تخزين المياه فى الأوقات التى لا يكون فيها نوبات للرى فى حدود لا تؤثر على تشغيل البحيرات.

ولهذه الطريقة البسيطة مزايا عديدة لا يمكن توفيرها فى طرق المعالجة الأخرى وتتلخص هذه المزايا فى الآتى:

- يمكن تشغيلها بطرق كثيرة، كما أنه يمكن تغيير طريقة التشغيل فى حالة زيادة الأحمال الهيدروليكية والعضوية بدون الحاجة إلى إضافة وحدات جديدة، ويتم ذلك باستخدام نظام أو أكثر من النظم المستخدمة فى محطة معالجة واحدة، وهذه النظم على سبيل المثال:
  - بحيرات أكسدة لا هوائية.
  - بحيرات أكسدة لا هوائية – هوائية.
  - بحيرات أكسدة هوائية لتحسين خواص المياه.
  - بحيرات أكسدة بتهوية ميكانيكية.
  - بحيرات أكسدة بالهواء المضغوط.

حيث يمكن ربط أكثر من طريقة من هذه الطرق فى عملية معالجة واحدة حسب درجة المعالجة المطلوبة والتى ترتبط باستعمال المياه المعالجة.

- إنشاء وتشغيل وصيانة هذه الطريقة بأقل تكاليف، حيث يمكن لشخص واحد تشغيل وصيانة حوالى ٥٠ فدان من بحيرات الأكسدة.
- من المشاكل الأساسية فى عمليات معالجة المخلفات السائلة تركيزات النتروجين والفوسفور حتى فى المياه المعالجة ثانويا ومن مزايا بحيرات الأكسدة خفض نسبة كبيرة من هذه العناصر ..
- فعالية بحيرات الأكسدة فى القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات والطفيليات نتيجة لزمن التخزين الطويل فى البحيرات، وقد أيد الباحثون هذه

الحقيقة وهى خفض أعداد الفيروسات والبكتريا الضارة بمعدل كبير فى مياه الصرف الصحى المعالجة وذلك عند تخزينها لعدة أيام، فالفيروسات الضارة تنخفض بنسبة ٩٩,٩ ٪ إذا تم تخزين المياه لمدة (٧-٥٦) يوم عند درجة حرارة (١٥-١٦) درجة مئوية أو تخزينها لمدة (٢-٢٨) يوم عند درجة حرارة (٢٠-٢٥) درجة مئوية، هذا ما أشارت به مراجعة دراسات سابقة فى هذا المجال، إلا أن كثيرا من الباحثين قد أشاروا إلى أن مدة تخزين حوالى ٨ أيام كافية للحصول على نفس النتيجة. حيث أن خفض الكائنات الحية الضارة يرجع للأسباب الطبيعية والكيميائية الآتية:

- زمن التخزين الطويل فى البحيرات والترسيب المستمر للمواد العالقة فيها.
- تضارب الظروف البيئية للأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة وتأثير بعض هذه الأنواع على الأخرى.
- تأثير أشعة الشمس.
- قيام الطحالب بإفراز مواد مقاومة للكائنات الحية الضارة.
- ارتفاع الأس الإيدروجينى PH فى البحيرات حيث يصل فى بعض ساعات بعد الظهر إلى أكثر من ٨ - ويرجع ذلك إلى استهلاك ثانى أكسيد الكربون بواسطة الطحالب.
- المواد السامة التى تفرزها الطحالب وتؤثر على مكونات الخلايا البكتيرية.
- استنفاذ المواد المغذية للبكتريا.
- الظروف البيئية المعقدة والتى تحتوى على نوعيات كثيرة من الخلايا الطحلبية تزيد من معدلات القضاء على بكتريا القولون الضارة. وتعتمد معدلات خفض أعداد هذه البكتريا على درجة الحرارة.
- تستوعب هذه الطريقة التغيرات الفجائية فى الأحمال الهيدروليكية والعضوية.

- تناسب معالجة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية حيت يمكن إزالة الشوائب السامة من المخلفات الصناعية فى بحيرات الأكسدة، وخاصة المواد التى أعطتها وكالة حماية البيئة أهمية أولية لخطورتها على صحة البيئة.

ويساعد طول مدة بقاء المياه فى البحيرات على إزالة هذه الشوائب الخطرة التى لا يمكن إزالتها فى طرق المعالجة البيولوجية الأخرى، وذلك لأن طول مدة بقاء المياه فى البحيرات يكفى لنمو أنواع من الكائنات الحية الدقيقة يمكنها إزالة المواد التى يصعب إزالتها أو أكسدتها فى الطرق الأخرى، كما أن زيادة الأس الأيدروجينى فى البحيرات يساعد على ترسيب المعادن الثقيلة السامة فى القاع، حيث أظهرت التجارب أن تركيز ٣٠ مجم / لتر للمعادن الثقيلة التى تشمل الكروم والكادميوم والنحاس والزنك والنيكل على أساس ٦مجم / لتر لكل مادة مثلا لا تؤثر فى تشغيل البحيرات.

- يقل تركيز المواد الذائبة الكلية نتيجة المعالجة فى بحيرات الانضاج.
- يمكن استخدام هذه الطريقة فى الحالات الآتية:
  - المناطق التى توجد فيها مساحات شاسعة من الأراضى بسعر رخيص.
  - عدم توافر الاعتمادات اللازمة لطرق المعالجة التقليدية المكلفة.
  - عدم توافر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرق الأخرى.
  - إعادة استعمال مياه المجارى بعد المعالجة فى الرى، والاستنبات المائى.
- إمكانية استخدام هذه الطريقة لمعالجة:
  - مياه المجارى المعالجة ابتدائيا.
  - مياه المجارى المعالجة ثانويا.
- يمكن التحكم فى تركيزات المواد العالقة، والأكسجين الحيوى المستهلك، والأمونيا، باستخدام المياه المعالجة فى الرى.

- يمكن تشغيل البحيرات بطرق متعددة ومختلفة من المعالجة حسب التغير فى مكونات المخلفات السائلة، واستعمالات المياه المعالجة فيمكن تغيير العمق وتبعا لذلك يتغير مدة بقاء المياه فى الحوض.
- يمكن الاستفادة من المساحة المنشأة فيها البحيرات فى حالة استخدام طرق أخرى من المعالجة تحتاج لمساحة أرض أقل.
- يمكن الاستفادة من الخلايا الطحلبية كمصدر بروتينى فى صناعة الأعلاف، وفى تغذية بحيرات تربية الأسماك والبط.
- بالإضافة إلى ما سبق فإن وجهات النظر العلمية التى تراعى حماية وتنمية البيئة ترى أن إعادة استعمال مياه الصرف الصحى بعد المعالجة بطريقة بحيرات الأكسدة، هى أفضل طرق التخلص بيئيا واقتصاديا، وأن استخدام الطرق الميكانيكية المعقدة يكون فقط فى حالة استحالة استخدام البحيرات. ولعلنا نلجأ أحيانا إلى التكرار مرات بأن إعادة الاستعمال له أكثر من فائدة، فبالإضافة إلى حماية المسطحات المائية والبيئة عموما من التلوث فإننا نستفيد بالعناصر التسميدية بالصرف الصحى، علاوة على القيمة المائية لهذه التصرفات الكبيرة.
- ليست كل المواد الكربونية قابلة للتحلل بواسطة البكتريا، كما أن المواد القابلة للتحلل لا تتأكسد بنفس الدرجة، حيث أن هذه المواد تتواجد فى مركبات كيماوية مختلفة التكوين والخصائص.
- وفى حالة استخدام المياه الخارجة من البحيرات فى الرى فإن الطحالب تعتبر مادة تسميدية تتحلل ببطء وتفيد فى تحسين التدرج الحبيبى للتربة الزراعية وتزيد من مكونها العضوى.

- إزالة الفسفور فى بحيرات الأكسدة يصل لحوالى ٤٥ ٪ إذا كانت إزالة الأكسجين الحيوى المستهلك ٩٠ ٪ – ويكون الفسفور الكلى فى المياه المعالجة حوالى ٦٦ ٪ غير عضوى و ٣٤ ٪ عضوى.
- بالنسبة للمجارى المعالجة فى بحيرات الأكسدة يكون تركيز النتروجين الكلى والفسفور الكلى فى المجارى المعالجة = ١٥ جزء فى المليون للنتروجين، ٣ جزء فى المليون للفسفور.

وعليه تكون كمية النتروجين والفسفور التى تصل للتربة الزراعية سنويا حوالى ١١٠ كجم نتروجين للفدان، ٢٢ كجم فسفور للفدان. وهذه الكمية من المواد التسميدية الرئيسية ربما تكون كافية لاحتياجات التربة من الأسمدة العضوية، أو تكون الحاجة إلى الأسمدة الكيماوية قليلة أو معدومة، بالإضافة إلى أن المواد العضوية التى تضاف للتربة تحسن من خواصها، والتدرج الحبيبى لها.

الآثار الجانبية والتحكم فيها :

مشاكل هذه الطريقة لا تذكر إذا قورنت بطرق المعالجة الأخرى. وعموما لا توجد أى طريقة معالجة للصرف الصحى بدون عيوب أو مشاكل لأنها ببساطة تعالج مياه ملوثة، والآثار الجانبية لهذه الطريقة أقل من أى طريقة أخرى من طرق المعالجة. كما أن كمية المياه المفقودة بالبخر من سطح البحيرات لا يمكن مقارنتها بمصاريف التشغيل والصيانة والطاقة والمعدات الميكانيكية والكهربية التى تستخدم فى الطرق الأخرى.

١. مشاكل الناموس والذباب :

يجب العناية والمتابعة فى أعمال التشغيل اليومية للتحكم فى تكاثر الذباب والناموس، وذلك باتباع تعليمات التشغيل بكل دقة لعدم توفير البيئة التتساعد على توالد هذه

الحشرات وتشمل عملية الوقاية أو التحكم فى تكاثرها والمساحة المحيطة بالبحيرات لاحتمال أن تكون بعض المستنقعات القريبة مصدراً لهذه المتاعب. ويوضع فى الاعتبار الاستعانة بالأجهزة المعنية بمقاومة هذه الحشرات للمساعدة فى اتباع الأساليب المناسبة الفعالة لمقاومتها.

وفى أعمال المتابعة اليومية يجب التخلص من الحشائش التى تنمو على جوانب البحيرة وحولها، والأعشاب المائية التى يحتمل تجمعها على جوانبها. كما يمكن فى بعض الحالات استخدام المبيدات لمقاومة هذه الحشرات، إلا أن الأضرار التى تصاحب هذه المبيدات ترجح عدم استخدامها على الإطلاق.

وفى البحيرات التى تحتوى على تركيز كافى من الأكسجين الذائب وتركيز منخفض من الأمونيا، يمكن استخدام بعض أنواع الأسماك التى تتغذى على الحشائش التى تنمو على الجوانب وكذلك على يرقات الناموس ولا تستخدم هذه الأسماك إلا فى البحيرات الخاصة بتحسين خواص المياه. ومن أنواع هذه الأسماك:

Fish Gambusia affinis

Chinese grass – carp

Tilapia mossambica

ويتكاثر الذباب عادة فى النقط التى يحدث فيها تحلل لا هوائى والتى تتراكم فيها مواد صلبة فى غرف المدخل والمخرج ومواقع حجز المواد الطافية والأتربة والرمال والتى يجب التخلص منها بصفة مستمرة من جوانب البحيرات وأركانها. ومقاومة الذباب من الأمور الهامة فى تشغيل البحيرات لدوره الهام فى نقل التلوث من مواقع البحيرات إلى الأماكن المأهولة بالسكان.

كما يحدث أحيانا أن تسبب براغيث المياه نقصا فى تركيز الطحالب والبكتريا مما يؤثر فى تثبيت المواد العضوية. ويمكن مقاومتها بإضافة كميات مناسبة من الجير تعتمد على المواقع التى تتواجد فيها هذه الحشرة.

٢. تلوث المياه الجوفية :

أظهرت الدراسات التى أجريت على تأثير تسرب المياه من البحيرات للمياه الجوفية، ما يلى:

ا. يختفى التلوث البكتريولوجى بعد أمتار قليلة من منطقة التسرب لحجز البكتريا خلال طبقات التربة.

ب. يقل تركيز الملوحة فى المياه خلال سريانها فى طبقات التربة.

ج. يتم حجز المواد العالقة، أما المواد العضوية الذائبة فتظل لفترة طويلة.

د. تبقى تركيزات النترات بالمياه الجوفية، أما الفوسفات فتختفى منها إلا أن مشكلة تلوث المياه الجوفية تقل مع الوقت لأن منع التسرب من البحيرات يحدث عادة بسبب تراكم المواد العالقة فى فجوات التربة، ثم يقل التسرب أكثر وأكثر بنمو الكائنات الحية الدقيقة فى مسام التربة.

٣. نمو النباتات المائية :

تنمو أحيانا بعض النباتات ذات الأوراق العريضة Hyacinth، وتغطى مساحة كبيرة من سطح البحيرات، ويساعد على نمو هذه النباتات الأجواء الحارة، ورغم أن هذه النباتات تمنع أشعة الشمس عن مياه البحيرة وتقلل من كفاءتها، إلا أن هذا النوع من النباتات المائية بالذات يمكن الاستفادة منه بجمعه وتخميره واستخدامه فى التسميد، كما أن هذا النبات يمكن أن يستقطب الكلوريدات، والبوتاسيوم، والفوسفور، والكروم، والماغنسيوم والزئبق والحديد والرصاص والنيكل والزنك والنحاس والمنجنيز. كما تشمل خلايا النبات كميات كبيرة من الكلوريدات والبوتاسيوم والماغنسيوم والفوسفور.

٤. زيادة تركيز المواد العالقة فى المجارى المعالجة :

فى استخدام بحيرات الأكسدة يصعب الوصول إلى حدود تركيزات المواد العالقة المطلوبة فى المخلفات السائلة المعالجة ثانويا. وقد حددت بعض الهيئات المعنية بحماية البيئة تركيزات الأكسجين الحيوى المستهلك والمواد العالقة فى المجارى المعالجة ثانويا بمقدار ٣٠ مجم / لتر لعينات من المخرج تؤخذ على مدى ٣٠ يوما متصلة.

وعلى أساس أن المعالجة البيولوجية هى عملية تحويل المعادن والمواد العضوية إلى خلايا حية تدخل فى نظام معقد من مجموعة الكائنات الحية الدقيقة، وعلى أساس أن المواد العالقة والأكسجين الحيوى المستهلك هما العاملين اللذين يحكمان كفاءة معالجة المجارى عادة، وحيث أن المواد العالقة فى مياه المجارى المعالجة الخارجة من البحيرات هى أساسا خلايا طحلبية تتسبب فى زيادة كلا من المواد العالقة والأكسجين الحيوى المستهلك خاصة فى التجارب المعملية الروتينية، فإنه يمكن قياس الأكسجين الحيوى المستهلك BOD للمواد الذائبة فقط وذلك بترشيح العينات قبل إجراء التجربة، وفى هذه الحالة يمكن اعتبار أن تركيز ٣٠ مجم / لتر للأكسجين الحيوى المستهلك للمواد الذائبة هو مستوى مقبول من المعالجة بالنسبة لبحيرات الأكسدة.

كما اقترحت بعض وكالات حماية البيئة استبعاد الخلايا الطحلبية من تركيزات المواد العالقة فى المخلفات السائلة المعالجة فى بحيرات الأكسدة. هذا علاوة على أن زيادة تركيز الخلايا الطحلبية فى المياه المعالجة لا يشكل ضررا فى حالة إعادة استعمال المياه بعد المعالجة، بل العكس يمكن الاستفادة من الخلايا الطحلبية فى مجالات شتى كما سبق.

حجز الطحالب من المياه المعالجة فى البحيرات :

تستخدم طرق كثيرة لحجز الطحالب من المخلفات السائلة المعالجة فى بحيرات الأكسدة منها:

- استخدام مصافى دقيقة.
- الترويب والترسيب.
- قنوات الأكسدة.
- سريان المياه على مسطحات من الأراضى.
- استخدام مرشحات بها ركام كبير الحجم.
- التعويم بالهواء المضغوط.
- استخدام مرشحات رملية غير مستمرة.
- استخدام طرق حيوية بيولوجية.

استخدام المرشحات الركامية فى حجز الطحالب :

تستخدم مرشحات مليئة بكسر حجارة تتراوح أقطارها من ٥سم، ١٥سم تسير خلالها المياه الخارجة من بحيرات الأكسدة رأسيا أو أفقيا فيتم حجز نسبة كبيرة من الخلايا الطحلبية على سطح الأحجار وبين فجواتها. وتتميز هذه الطريقة بانخفاض التكاليف الإنشائية، وتكاليف التشغيل والصيانة، إلا أنه فى حالة تراكم الطحالب على المرشح، يمكن أ، تظهر بعض الروائح الناتجة من غاز كبريتات الايدروجين وبعض المركبات الأخرى الناتجة عن النشاط اللاهوائى. وتكون المساحة السطحية لهذه المرشحات حوالى ١٠ ٪ من مساحة بحيرات الأكسدة.

مثال (٨–٢) :

احسب مساحة بحيرات الأكسدة اللازمة لمعالجة مياه المجارى من منطقة تعدادها ٥٠,٠٠٠ خمسون ألف نسمة، ومعدل التصريف ١٢٠ لتر / شخص / يوم، والأكسجين الحيوى المستهلك ٥٤ جرام / شخص / يوم، ويتم ترسيب ثلث المواد العضوية فى أحواض ترسيب ابتدائى. علما بأن الحمل العضوى على البحيرات ٢١٢,٥ كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل هكتار فى اليوم، وأن مدة بقاء المياه فى البحيرات ٢٠ يوم.

الحل :

التصرف = ٥٠٠٠٠ × ١٢٠ = ٦٠٠٠ متر مكعب / يوم

الأكسجين الحيوى المستهلك فى مياه المجارى التى تخرج من أحواض الترسيب الابتدائى وتدخل بحيرات الأكسدة = ٣٦ جرام / شخص / يوم

= ٣٦ × ٥٠,٠٠٠ = ١٨٠٠ كجم / يوم

المساحة السطحية للبحيرات =١٨٠٠ ÷ ٢١٢,٥ = ٨,٤٧ هكتار = ٨٤٧٠٠ م^{٢}

حجم البحيرات = ٦٠٠٠ × ٢٠ = ١٢٠٠٠٠ متر مكعب

والعمق = ١,٤١ متر

البحيرات المهواة : Aerated Lagoons

تنشأ هذه البحيرات كأحواض كبيرة، مساحة وحجماً، ويصل عمقها إلى حوالى خمسة أمتار، ويتم تهويتها عادة بالمعدات الميكانيكية المثبتة، أو الطافية فوق السطح حتى لا تتأثر بتغير منسوب المياه. وهذه البحيرات وإن كانت تعتمد على الأنشطة البيولوجية، إلا أنها تختلف فى تصميمها وتشغيلها عن طرق المعالجة الأخرى، لأنها تستقبل مياه

مجارى خام ويمكن تشغيلها بدون أحواض ترسيب ثانوية. وعموما يتم تهوية البحيرات بأحد الطرق الآتية:

- تهوية البحيرات بطريقة خلط بطيئة لمجرد منع ظاهرة الطبقية فيها. ورفع المواد العضوية من القاع للطبقات السطحية التى تنشط فيها البكتريا الهوائية.
- استخدام التهوية لإمداد مياه البحيرة بالأكسجين الذائب، وتكون درجة التقليب صغيرة لا تمنع رسوب المواد العالقة، ويكون تركيز الندف البيولوجية المتكونة من التهوية بين (٢٠-١٠٠) مجم / لتر فقط.
- مزج كامل لمياه البحيرة، مثل ما يحدث فى طريقة الحمأة المنشطة ولكن بتركيز صغير من المواد العالقة، وبدون أى حمأة معادة. وتختفى الطحالب تماما من المياه الخارجة من البحيرة، لأن درجة عكارة المياه نتيجة للمزج الكامل يمنع اختراق أشعة الشمس لمياه البحيرة، وبالتالى لا يساعد على نمو الطحالب. وتستخدم طرق التهوية التى تناسب الظروف المحلية.
- ويكون تركيز المواد العالقة فى مياه البحيرات عادة بين (٢٠٠-٤٠٠) جم/م^{٣}، فى حين يكون فى أحواض الحمأة المنشطة (١,٥-٦)كجم/م٣.

إنشاء البحيرات المهواة :

١. تنشأ بالحفر فى التربة الطبيعية إذا كانت قوية متماسكة، تماما كما تنشأ بحيرات الأكسدة، ولكن عمق البحيرات المهواة يكون من ٢,٥ إلى ٥ متر وربما يقل أو يزيد حسب ظروف التصميم والتشغيل. وفى التربة المسامية والضعيفة يتم تكسية القاع والجوانب أو أى أجزاء أخرى بالدبش أو الأحجار أو الطوب أو الخرسانة، مع مراعاة حماية مناطق المدخل والمخرج.

٢. فى حالة استخدام معدات تهوية ثابتة – يجب سواء فى التصميم أو الإنشاء التأكد من ثبات منسوب المياه فى البحيرات مع تغير التصرف، حتى يكون

العمق المغمور من هذه المعدات ثابتا وبالتالى تعمل بأعلى كفاءتها. أما فى حالة استعمال معدات تهوية عائمة فإن تغيير منسوب المياه فى البحيرات لا يؤثر فى كفاءة التهوية، حيث يظل الجزء المغمور فى المياه ثابتا مهما تغير منسوب المياه فيها. ونتيجة لذلك فتكسية البحيرات بالحجارة بطريقة اقتصادية أو تركها فى الأرض الطبيعية لا يؤثر فى تشغيلها مهما حدث من تسرب قد يؤدى إلى تغيير فى منسوب المياه فيها طالما استخدمت المعدات العائمة فى التهوية. وفى هذه الحالة ترفع الكابلات الموصلة لمعدات التهوية العائمة فوق سطح المياه حتى موقع العوامات. كما يمكن تثبيت هذه الكابلات بالحبال الحديدية التى تربط العوامات بجوانب البحيرات.

٣. يكون شكل البحيرات عادة مستطيل لا يزيد الطول عن ضعف العرض، ولكن يمكن إنشائها بأى شكل حسب طوبوغرافية المنطقة بحيث يتم تحديد مواقع معدات التهوية لتعطى خلطاً متجانساً فى البحيرات.

٤. فى حالة قرب المياه الجوفية من سطح الأرض، يمكن إنشاء البحيرات فوق سطح الأرض ولو جزئيا، وهذا يساعد على استخدام المياه المعالجة فى الرى بالانحدار الطبيعى.

٥. تكون ماسورة المدخل مغمورة للتحكم فى الرائحة، ويكون هدار المخرج بطول كافى لمنع ارتفاع المياه فوق الهدار فى حالة التصرفات القصوى، ثم يوضع حاجز قبل الهدار لمنع تأثير حركة السطح الناتجة عن التهوية.

طرق التهوية :

١. استخدام مصادر الطاقة الطبيعية مثل طاقة الرياح وتحويلها إلى حركة ميكانيكية لتقليب مياه البحيرة.

٢. الطرق الميكانيكية السطحية Surface Aerators.

٣. الهواء المضغوط.

ولكل من هذه الطرق مميزاتها، فأفضلها قطعا استخدام طواحين الهواء لتحويل طاقة الرياح مباشرة إلى حركة ميكانيكية لعمل التهوية اللازمة، وهذه الطريقة يمكن استخدامها فى المناطق التى تسود فيها الرياح لفترات طويلة من العام وبالسرعة الاقتصادية التى تجعل استخدامها اقتصاديا. وفى حالة عدم إمكانية استخدام هذه الطريقة تستخدم إما الطريقة الميكانيكية التى تتميز بسهولة مد الكابلات الكهربائية فى وقت قصير وسهولة تركيب معدات التهوية، أو باستخدام الهواء المضغوط وهذه الطريقة رغم مشاكل تركيب شبكة التهوية إلا أنها ترفع درجة حرارة مياه البحيرة كما أن صيانة ضاغطات الهواء تتم بسهولة.

أسس التصميم :

١. يفضل استخدام معدات التهوية الميكانيكية، لأن استخدام الهواء المضغوط غير عملى بالمرة، لارتفاع تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة.
٢. تتميز معدات التهوية العائمة Floating Aerators عن المعدات الثابتة فى أن العمق المغمور من ألواح التهوية يكون ثابتا مع تغير سطح المياه فى البحيرات.
٣. فى حالة معدات التهوية المنشأة على قواعد ثابتة، يحتاج الأمر إلى الحفاظ على منسوب المياه ثابتا فى البحيرات حتى تعمل هذه المعدات بكفاءتها التصميمية، ويجب مراعاة ذلك فى تصميم البحيرات وإنشائها وتشغيلها.
٤. الطاقة المطلوبة لعملية الخلط الكامل فى البحيرات وجعلها هوائية تتراوح بين ٣,٥-٥ حصان لكل ألف متر مكعب من سعة البحيرة.
٥. الطاقة المطلوبة فى حالة البحيرات الهوائية اللاهوائية تتراوح بين ١ ، ٣ حصان لكل ألف متر مكعب من حجم البحيرة.

٦. تكون معدات التهوية الميكانيكية المحمولة فوق عوامات على مسافة ٦٠ متر بين هذه المعدات، وتكون معدلات التهوية بالتقريب بين ١-٢ كجم من الأكسجين لكل حصان فى الساعة عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية.

٧. يمكن على الأسس السابقة حساب القوة المطلوبة لعملية الخلط والتهوية فى البحيرات بحوالى ٥ وات لكل متر مكعب من حجم مياه البحيرة.

٨. حدد إكنفلدر، الأكسجين المطلوب للبحيرات بحوالى (٠,٩٠-١,٤٠) من قيمة الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب إزالته.

٩. يكون الحمل العضوى حوالى ٨٠ جم أكسجين حيوى مستهلك / م٣ /يوم للبحيرات الهوائية اللاهوائية، ويصل إلى حوالى عشرة أضعاف هذا الحمل فى البحيرات التى يحدث فيها مزج كامل وتهوية كافية.

١٠. تتراكم الرواسب بقاع البحيرات الهوائية اللاهوائية بمعدل (٣٠-٥٠) لتر / شخص / عام، وتقل هذه الكمية بنسبة ٥ ٪ فقط فى حالة استخدام أحواض لحجز الرمال قبل البحيرات، والرواسب المتراكمة والتى يمكن تفريغها من البحيرات كل عدة سنوات تحتوى على قيمة تسميدية ممتازة، كما أنه يمكن تجفيفها بطرق عادية غير مكلفة حسب ظروف كل منطقة.

أنواع البحيرات المهواة وتشغيلها :

أولاً: بحيرات هوائية لاهوائية Facultative aerated lagoons

تشبه لحد كبير بحيرات الأكسدة الهوائية اللاهوائية ما عدا استخدام المعدات الميكانيكية فى تهوية البحيرات وتوزيع الأكسجين الذائب فى مياه البحيرة. ولكن درجة التهوية وإن كانت تمد المياه فى البحيرة بالأكسجين إلا أنها لا تكفى لإبقاء المواد الصلبة عالقة بالمياه، فيرسب نسبة منها بالقاع حيث يتم تثبيت الجزء العضوى منها لا هوائيا، فى

حين تتأكسد النسبة العالقة هوائيا ثم تخرج مع المياه المعالجة وهذه الطريقة تشبه بحيرات الأكسدة الهوائية اللاهوائية. وتستخدم هذه البحيرات بكثرة وتفضل عن البحيرات الهوائية لأنها تعطى كفاءة أكبر باستهلاك أقل فى الطاقة. ويتم التخلص من المواد العالقة والـ BOD فى نفس البحيرات. والعيب الأساسى لهذه الطريقة هو طول مدة بقاء المياه فى البحيرات حسب بحث Kormanik عام ١٩٧٢.

والطاقة المطلوبة هى فقط لعمل خلط يمكنه توزيع الأكسجين الذائب خلال الجزء العلوى، وليس مطلوبا التقليب الكامل فى هذا النوع من البحيرات، وترسب النسبة الأكبر من المواد العالقة بقاع البحيرة تتحلل لا هوائيا، وتصمم البحيرات على أساس الطاقة المطلوبة لإعطاء الأكسجين الذائب المطلوب ولا تصمم على أساس الخلط الكامل.

وقد تحتاج البحيرات لعدة سنوات لتصل لدرجة التوازن بالنسبة للمواد الصلبة وتركيزاتها، فالترسيب يحدث فى المناطق البعيدة عن تأثير الحركة ويتحلل جزء منها ولكن تراكمها يزيد وينتج عنه نقص فى الحيز المخصص للمياه يزيد معه الحيز المعرض للحركة بمعدات التهوية، وتبعا لذلك يزيد تركيز المواد العالقة التى تتعرض للتحلل الهوائى، وحينما يتساوى معدل الترسيب مع معدل إعادة تعليق المواد الصلبة بالمياه (Resuspension) تكون البحيرة قد وصلت لحالة التوازن، وتوجد ٣ عوامل تمنع وضع أسس محددة لتصميم هذه البحيرات وهى:

ا. المدة الطويلة التى تحتاجها البحيرة حتى تصل لحالة التوازن.

ب. المواد العضوية الذائبة التى تصل إلى المنطقة الهوائية من التحلل اللاهوائى من قاع البحيرة.

ج. صعوبة تحديد تركيز الكائنات الحية الدقيقة فى المنطقة الهوائية.

وفى تصميم هذا النوع اقترح مكينى عام ١٩٧١ الآتى:

- مدة بقاء فى البحيرات = (٤-٨) أيام لتعطى كفاءة (٧٠-٨٠) ٪ فى حجز الأكسجين الحيوى المستهلك.

- الأكسجين المطلوب = ١,٥ كجم أكسجين / كجم BOD يدخل البحيرات.

ثانياً: بحيرات هوائية Aerobic aerated lagoons

يحتاج الأكسجين الحيوى الذائب فى هذه البحيرات إلى مدة بقاء أقل من البحيرات الهوائية اللاهوائية لأن جميع المواد الصلبة تبقى عالقة فى البحيرات. ومع ذلك فالطاقة المستخدمة فى البحيرات الهوائية للتقليب أكبر بكثير من تلك التى تستخدم فى البحيرات الهوائية اللاهوائية.

ولأن جميع المواد الصلبة فى البحيرات الهوائية تبقى عالقة فى المياه فتركيز المواد العالقة فى المياه الخارجة منها أكبر من تركيز المواد العالقة الخارجة من البحيرات الهوائية اللاهوائية وقد اقترحت شركة Clow بحيرات بعمق (٢,٤ – ٥,٤) متر وبتركيز للمواد العالقة (١٠٠٠-٥٠٠٠) مجم / لتر، تكون الطاقة المطلوبة فى حدود (١٢-٢٤) وات / م^{٣} من حجم البحيرات، وذلك حتى يكون التقليب كاملا فى جسم البحيرة، وتقل كمية الطاقة المطلوبة مع انخفاض درجة التقليب، خاصة إذا كان الغرض من التقليب هو حفظ المواد الصلبة عالقة فى البحيرات وتوزيع الأكسجين الذائب فى مياه البحيرة بدرجة مقبولة.

والجدول الآتى يوضح العلاقة بين الطاقة وعمق المياه والمسافة التى تتأثر بعملية التهوية فى البحيرات.

الطاقة المطلوبة بالحصان	العمق متر	أبعاد دائرة الخلط الكامل للمياه – متر	أبعاد دائرة انتشار الأكسجين فى المياه – متر
٣	١,٨	١٥	٤٥
٥	١,٨	٢١	٦٤
١٠	٢,٤	٢٧	٧٩
٢٠	٣,٠	٣٥	١٠٠
٢٥	٣,٠	٤٠	١١٤

ويبين الجدول السابق أن دائرة خلط المياه أقل بكثير من دائرة انتشار الأكسجين الذائب، ولذلك فدائرة الخلط هى التى تحكم التصميم. وعند تحديد الطاقة الكلية المطلوبة يمكن اختيار عدد المعدات التى يتم تخطيطها بحيث يكون هناك تداخل وتراكب بين دوائر الخلط وذلك بالنسبة للمزج الكامل. ويفضل الاستعانة بالمواصفات الفنية للشركة المنتجة لمعدات التهوية والتى تربط بين العمق والطاقة المطلوبة لدائرة تأثير معينة كما هو موضح فى الجدول السابق.

ويفضل عدم استخدام معدات تزيد قوتها عن ٢٥ حصان على أساس أن القوة الكبيرة جدا قد تسبب قوة محلية كبيرة للخلط ولكنها لا توزع هذه القوة داخل دائرة التأثير. وأيد هذا الاقتراح (مكينى سنة١٩٧١) وعليه فاستخدام وحدات صغيرة القوة كثيرة العدد يكون اقتصاديا من استخدام وحدات كبيرة، كما أن النظام يعطى مرونة أكبر فى التشغيل فى حالات الأعطال التى تتعرض لها هذه المعدات.

وعند تصميم هذا النوع من البحيرات المهواة يراعى الآتى:

١. فى الأجواء الباردة جدا يفضل استخدام بحيرات عميقة وتتم فيها التهوية بالهواء المضغوط بواسطة ناشرات فتحاتها واسعة. ويفضل وحدتين على التوازى.
٢. تحتوى المخلفات السائلة الخارجة من هذه البحيرات على تركيزات عالية من الأكسجين الحيوى المستهلك والمواد العالقة ويمكن التحكم فى هذا بعمل حواجز داخل البحيرات لترسيب نسبة من لمواد العالقة والأفضل من هذا عمل بحيرات أكسدة هوائية لاهوائية بعد البحيرات المهواة. وقد اقترح أحد الباحثين ثلاثة مراحل متوالية من البحيرات المهواة يعقبها بحيرة أكسدة بعمق (٢,٤-٣) متر يتم فيها حجز المواد الرسوبية وتكون مدة البقاء فيها (٢-٥) أيام.
٣. يكون التوازن أفضل بين الطاقة المستخدمة لنشر الأكسجين الذائب وبين عملية الخلط عند مدة بقاء حوالى ٢٤ ساعة فى البحيرات الهوائية ولزيادة

كفاءة المعالجة تستخدم مجموعة من البحيرات على التوالى مدة بقاء المياه فى كل منها ٢٤ ساعة. ويمكن اعتبار العمق فى حدود (٢,٤-٤,٨) متر ومدة بقاء المياه فى حدود (١-١٠) أيام، حسب درجة الحرارة والكفاءة المطلوبة، وخصائص المخلفات السائلة.

الطرق المستخدمة فى التشغيل :

(١) بحيرات هوائية بدون حمأة معادة :

لا تختلف عن الطريقة السابقة إلا فى زيادة قوة معدات التهوية بحيث تبقى المواد الصلبة عالقة تماما كما يحدث فى أحواض الحمأة المنشطة مع وجود الأكسجين الذائب فى مياه البحيرة ولكن أيضا بدون حمأة معادة. وهذه الطريقة وإن كان يتوفر لها ظروف الأكسدة الهوائية إلا أن المواد الصلبة تخرج كلها فى المياه المعالجة.

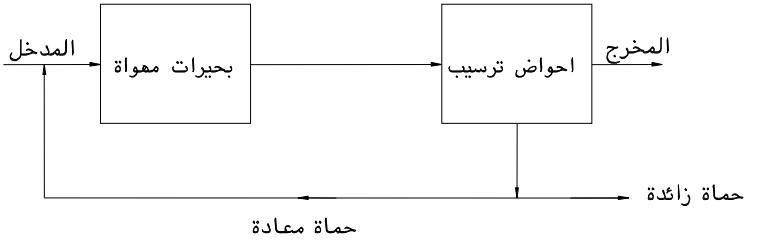
(٢) بحيرات بالتهوية المطولة :

وتعمل معدات التهوية بقوة تكفى لمنع المواد الصلبة العالقة من الرسوب وفى نفس الوقت تحافظ على بيئة مناسبة للأكسدة. ويمكن فصل المواد الصلبة بأحد الطرق الآتية والمبينة بالرسم التخطيطى (شكل ٨-٨).

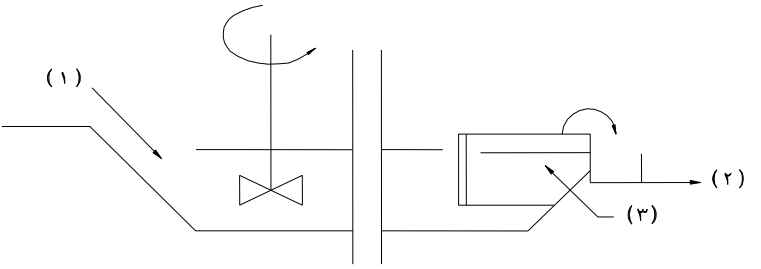
أولا: استخدام حوض ترسيب بعد البحيرة تعاد منه نسبة من الحمأة إلى البحيرة، ثم يتم التخلص من الحمأة الزائدة على أحواض التجفيف، وتصمم أحواض الترسيب على الأسس الآتية:

- ضعف التصرف المتوسط.

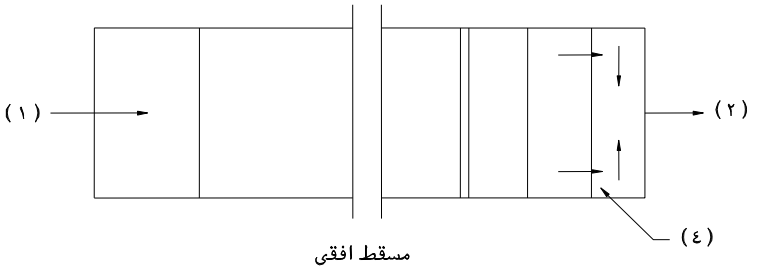
- معدل الحمل السطحى = ٢٢م^{٣} / م^{٢}/يوم.
- مدة بقاء المياه فى أحواض الترسيب = ٢ ساعة.



(ا) استخدام احواض ترسيب منفصلة



قطاع راسى



مسقط افقى

شكل (٨-٨)

(ب) ترسيب داخل البحيرات

١ - المدخل
٢ - المخرج
٣ - حيز الترسيب
٤ - هدار المخرج

ويمكن تحليل الرواسب هوائيا فى بحيرات مهواة تبقى فيها الحمأة مدة (٤-١٠) أيام يتم خلالها أكسدة المواد العضوية، ثم تجفف الحمأة بعد ذلك بدون مشاكل الروائح.

ولإضافة وحدة ترسيب نهائى المزايا الآتية:

ا. تحسين خواص المياه المعالجة لانخفاض المواد العالقة فيها.

ب. تحسين كفاءة المعالجة بزيادة كمية الكائنات الحية الدقيقة نتيجة للحمأة المعادة.

ج. إحداث عملية أكسدة فى البحيرات للمواد العالقة.

ثانيا: عمل حيز مستقل فى البحيرة للترسيب بعيدا عن تأثير معدات التهوية عند مخرج البحيرة. وهذه الطريقة تناسب التصرفات الصغيرة.

ثالثا: التشغيل المتقطع للبحيرات كالآتى:

ا. ايقاف معدات التهوية بعد مدة تهوية كافية، ولفترة تسمح بالترسيب، وتصل هذه الفترة لحوالى ساعة، لا يسمح خلالها بدخول مياه المجارى للبحيرة، حيث يتم تحويل هذه المياه لبحيرة أخرى تعمل بالتوازى مع البحيرة الأولى.

ب. بعد فترة الترسيب يصرف جزء من الطبقة العليا لمياه البحيرة، فى الموقع المخصص لاستقبال مياه المجارى المرسبة أو فى بحيرة أخرى تعمل بالتوالى مع البحيرة الأولى.

ج. بعد ذلك يتم تشغيل معدات التهوية مرة أخرى مع دخول المياه للبحيرة.

وباستعراض ما سبق نجد أن الإختلاف فى تشغيل البحيرات يتركز أساسا فى طريقة التخلص من المواد العالقة والاستفادة منها حتى لا تؤثر على كفاءة المعالجة، وفى نفس الوقت يكون التخلص من الرواسب بطريقة عملية غير معقدة وغير مكلفة حيث يسمح عمق البحيرات بتراكم الرواسب لسنوات بدون التأثير على تشغيلها، وهذه الطريقة هى عموما أبسط طرق المعالجة التى تستخدم فيها معدات فى التشغيل.

مراحل المعالجة :

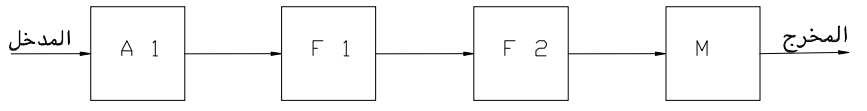
تكون مراحل المعالجة عادة متعددة، حيث تستخدم طرق كثيرة فى تشغيل البحيرات سواء بالنسبة لدرجة التهوية، أو فى نظام التشغيل نفسه بتخطيط البحيرات على التوالى والتوازى، وكل هذه العوامل ترتبط بنوعيات وخواص المخلفات السائلة ثم بدرجة المعالجة المطلوبة وما يتبع ذلك من إعادة استعمال المخلفات السائلة المعالجة للإستفادة منها. ونذكر بعض هذه الطرق التى توصل إليها الباحثون، واستخدمت فى مناطق كثيرة من العالم، ويمكن استخدامها بنجاح فى الدول العربية.

الطريقة الأولى :

يبين شكل (٨-٩) رسم تخطيطى لهذه الطريقة، والتى تبدأ فى المرحلة الأولى بتهوية المخلفات السائلة ثم يتبع ذلك مراحل متوالية من بحيرات الأكسدة الهوائية اللاهوائية.

الطريقة الثانية :

يمكن تشغيلها على أساس وحدة بها تهوية كافية للتقليب الكامل، يتبعها وحدة أو ثلاث وحدات متتالية بها تقليب أقل بحيث تبقى بعض المواد العالقة ويرسب الباقى. كما يمكن إضافة بحيرة لتحسين خواص المياه بمدة بقاء تصل لخمسة أيام. شكل (٨-١٠).
وبالنسبة للبحيرة الأولى التى تحتاج لتقليب كامل تكون الطاقة المطلوبة لمعدات التقليب



شكل (٨-٩)
بحيرات تهوية يليها بحيرات اكسدة

لا تقل عن ٦ وات / م^{٣}. والطاقة المطلوبة فى الثلاث وحدات المتتالية لا تقل عن واحد وات / م^{٣}.

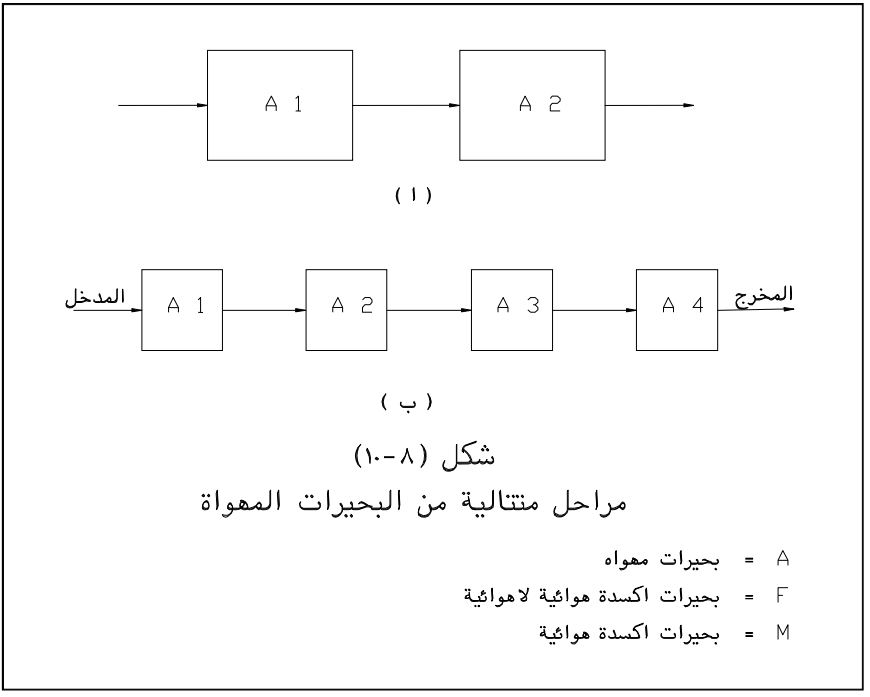
وفى هذه الطريقة يكون مجموع مدة بقاء المياه فى البحيرات الأربعة مقارب لمدة بقاء المياه فى البحيرات المهواة ذات المرحلة الواحدة.

وهذه الطريقة بمراحلها المتعددة المتوالية لها المميزات الآتية:

ا. التقليب الكامل للمرحلة الأولى من البحيرات يجعل مياه البحيرة كلها فى حالة أكسدة هوائية، وتكون المواد الصلبة كلها عالقة بالمياه.

ب. فى المراحل التالية التى يتوفر فيها تقليب ضعيف يتم ترسيب نسبة من المواد العالقة فى القاع تتحلل بالطرق اللاهوائية، وعلى ذلك فهذه البحيرات تعمل أيضا عمل حوض الترسيب. أما المود المعلقة التى لا ترسب فيتم أكسدتها بالبكتريا الهوائية.

وكما سبق فى طرق تشغيل بحيرات الأكسدة، فإن فى البحيرات المهواة يمكن تقسيم البحيرة



شكل (٨-١٠)

مراحل متتالية من البحيرات المهواة

A = بحيرات مهواه

F = بحيرات اكسدة هوائية لاهوائية

M = بحيرات اكسدة هوائية

الواحدة إلى أجزاء، أو تشغيلها على التوازى، إلا أن التشغيل على التوالى له المزايا الآتية:

١. يمكن تشغيل البحيرة الأولى بمعدل تهوية كافية لعملية التهوية والتقليب.

٢. يتم تشغيل البحيرات التالية بمعدل تهوية أقل بحيث تعمل بطريقة هوائية لاهوائية، وبذلك يكون استهلاك الطاقة أقل ما يمكن.

أهمية البحيرات المهواة ومميزاتها :

تزداد أهمية هذه الطريقة مع الوقت لأنها تعطى درجة عالية من الكفاءة، وتشجع على إعادة استعمال المياه المعالجة، والأهم من ذلك تجعل التخلص من الحمأة أمرا بسيطا وسهلا لا يمكن مقارنته بطرق المعالجة الأخرى، والتى تمثل الحمأة فيها مشكلة رئيسية. والمزايا الآتية تجعل لهذه الطريقة أهمية خاصة فى الدول النامية:

أولا: استخدام التهوية فى البحيرات يتميز عن بحيرات الأكسدة بصغر مساحات الأرض التى تحتاجها والتخلص من مشاكل الناموس والذباب والرائحة. كما أن هذه الطريقة يمكن تشغيلها بسرعة.

ثانيا: تهوية البحيرات عموما يمكن استخدامه كطريقة متكاملة لمعالجة المخلفات السائلة التى تحتوى على تركيزات عالية من المواد العضوية أو تستخدم كمرحلة أولى قبل بحيرات الأكسدة، أو فى حالة عدم توافر مساحات كافية من الأراضى.

ثالثا: فى حالة وجود مواد عالقة بتركيز كبير نوعا بسبب عملية التهوية والتقليب، فهذا لا يؤثر فى استخدامات هذه المياه فى الرى أما إذا احتاج الأمر إلى خفض تركيز المواد العالقة فيمكن استخدام بحيرات بعمق صغير تستقبل المياه من البحيرات المهواة يحدث فيها ترسيب للمواد الرسوبية العالقة، ويمكن استخدام هذه البحيرات فى تربية الأسماك، حيث تكون المياه بها مناسبة لهذا الغرض.

رابعا: ملائمة هذه الطريقة لجميع مجالات إعادة استعمال المياه والتى توفرها طرق التشغيل المرنة الممكنة، فمثلا:

١. يمكن زيادة قوة التهوية.
٢. يمكن إضافة أحواض ترسيب إذا كانت البحيرة تعمل أصلا بدون أحواض، وتنشأ هذه الأحواض إما داخل البحيرة أو خارجها.
٣. يمكن تعديل نسبة الحمأة المعادة.

وهذا كله يزيد من سعة البحيرات فى استيعاب الأحمال العضوية والهيدروليكية المتغيرة والمتزايدة.

وهذه التعديلات ممكنة وعملية فى الأحوال التى لا يطلب فيها فى الفترات الأولى من التشغيل درجات معالجة عالية الكفاءة كاستخدام المياه فى استصلاح الأراضى مثلا. ثم مع زيادة التصرفات أو الحاجة إلى درجة كفاءة أكبر، يمكن عمل التعديلات إو الإضافات المناسبة والتى تعتمد على عوامل كثيرة منها، خواص مياه المجارى ودرجة الحرارة واستخدام المياه بعد المعالجة.

خامسا: هذه الطريقة يمكن اعتبارها من حيث البساطة ووفرة التكاليف فى الترتيب الآتى بين طرق المعالجة الأخرى:

- الأولى. بحيرات الأكسدة.
- الثانية. البحيرات المهواة.
- الثالثة. قنوات الأكسدة.
- الرابعة. طرق المعالجة الأخرى.

سادسا: تشغيل البحيرات المهواة بأى طريقة له مزايا كثيرة فى حالة تشغيلها كبحيرات هوائية لا هوائية ، فتكون أرخص فى التكاليف وأسهل فى التشغيل. ولكنها تحتاج إلى مساحة أرض أكبر، وفى الدول النامية تتواجد الأراضى عموما بمساحات كبيرة.

سابعا: طريقة التهوية المطولة تكاليفها أكبر فى الإنشاء والصيانة، إلا أنها تبقى أسهل وأرخص من الطرق التقليدية الأخرى التى تمثل فيها الحمأة مشكلة جوهرية لا يمكن إغفالها.

واستنتاجا لكل ما سبق فإن البحيرات المهواة بطرق تشغيلها المختلفة تصبح من أنسب الطرق لمعالجة المجارى فى الدول النامية حتى فى المدن الكبيرة.

الأقراص البيولوجية الدوارة
: Rotating Biological Contactors

تتكون من أقراص دائرية خفيفة الوزن بسرعة بطيئة مغمورة جزئيا فى حوض قاعه إسطوانى به مياه المجارى. وتصنع هذه الأقراص عادة من بعض أنواع البلاستك. وأثناء التشغيل تكون الأقراص مغمورة أسفل عامود الدوران المثبت فى مركز الأقراص بحيث ينغمر ٤٠ ٪ من مساحة سطحها فى مياه المجارى أثناء الدوران. إلا أنه نتيجة لهذا الدوران فإن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة بيولوجية تقوم بعملية المعالجة مع غمر الأقراص فى مياه المجارى ثم تعرضها للجو مبتلة بقطرات من المياه. وتساعد حركة الأقراص فى نزع هذه الطبقة كلما يزيد سمكها.

وتكون هذه الطبقة البيولوجية بسمك (١-٤) مم. وتسقط الطبقة البيولوجية من على السطح كلما زاد سمكها بدرجة تعتمد على سرعة الدوران. وتشبه الطبقة البيولوجية على أسطح الأقراص الدوارة تلك الطبقة التى تتكون فى المرشحات البيولوجية على سطح الزلط أو مواد الحشو الأخرى، ولكن الأقراص الدوارة قد تكون أكثر كفاءة، نظرا لأنه عند دورانها يتعرض نسبة من سطحها للهواء الجوى فتكتسب قطرات المياه على سطحها بعضاً من الأكسجين الجوى، ثم تنغمس هذه الأسطح فى مياه المجارى فتساعد على اتمام عملية الأكسدة الهوائية للمواد العضوية.

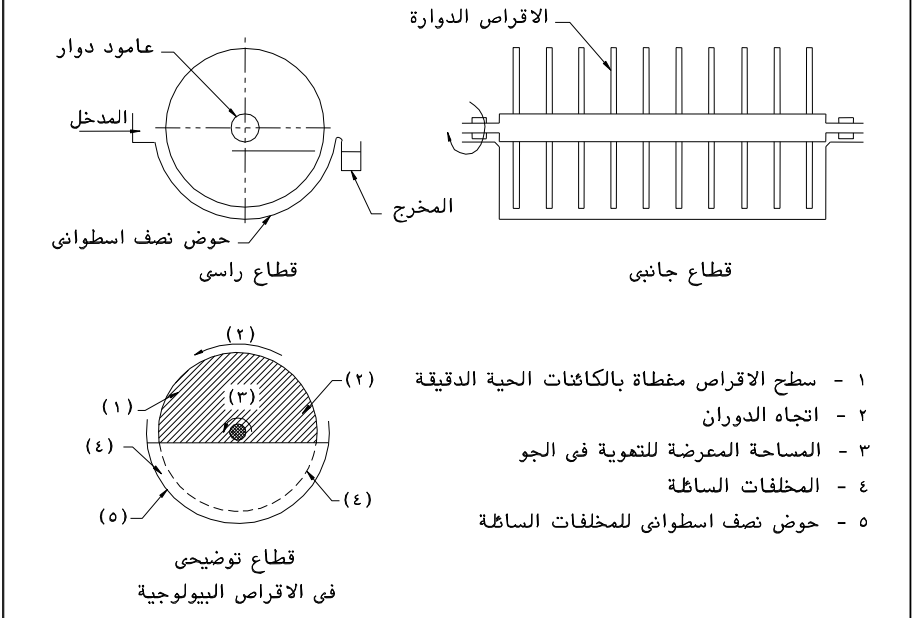
ويبين شكل (٨-١١) رسم تخطيطى لهذه الأقراص وتحتاج هذه الطريقة مثل باقى طرق المعالجة البيولوجية إلى أحواض ترسيب نهائى. وتزيد التكاليف الإنشائية لهذه الطريقة بنسبة ٢٠ ٪ عن طريقة الحمأة المنشطة، إلا أن تكاليف التشغيل والصيانة أقل بالنسبة للأقراص الدوارة.

أسس التصميم :

١. سمك القرص الدوار = (١-٢) سم.

٢. قطر القرص = (٢-٣,٥) متر.

٣. سرعة دوران القرص = (١,٥-٣) لفة فى الدقيقة، فى التشغيل العادى، ويمكن زيادة كفاءة المعالجة بمضاعفة هذه السرعة.



شكل (٨-١١)

الاقراص البيولوجية

٤. صافى المسافة بين كل قرصين = (٢٠-٤٠) مم.
٥. الحمل الهيدروليكى = (٦٠-١٢٠) لتر / متر مربع / يوم.
٦. الحمل العضوى يمكن أن يصل إلى (١٢-٣٠) جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مربع فى اليوم. ويمكن زيادة هذا الحمل إلى ٢١٠ جرام أكسجين حيوى مستهلك لكل متر مربع فى اليوم وذلك للمرحلة الأولى فى حالة تشغيل الأقراص فى مراحل على التوالى.
٧. تتكون من مجموعات، كل منها مثبت على محور طولى فحدود ٨ متر طول، وتكون الأقراص الدوارة على هذا المحور مساحتها تتراوح بين ٩٠٠٠م^{٢} فى حالة استخدام أقراص ذات سطح مستوى، وتزيد هذه المساحة إلى ١٦٠٠٠م^{٢} فى حالة استخدام أقراص متعرجة من البولى بروبيلين.

قنوات الأكسدة: Oxidation Ditches :

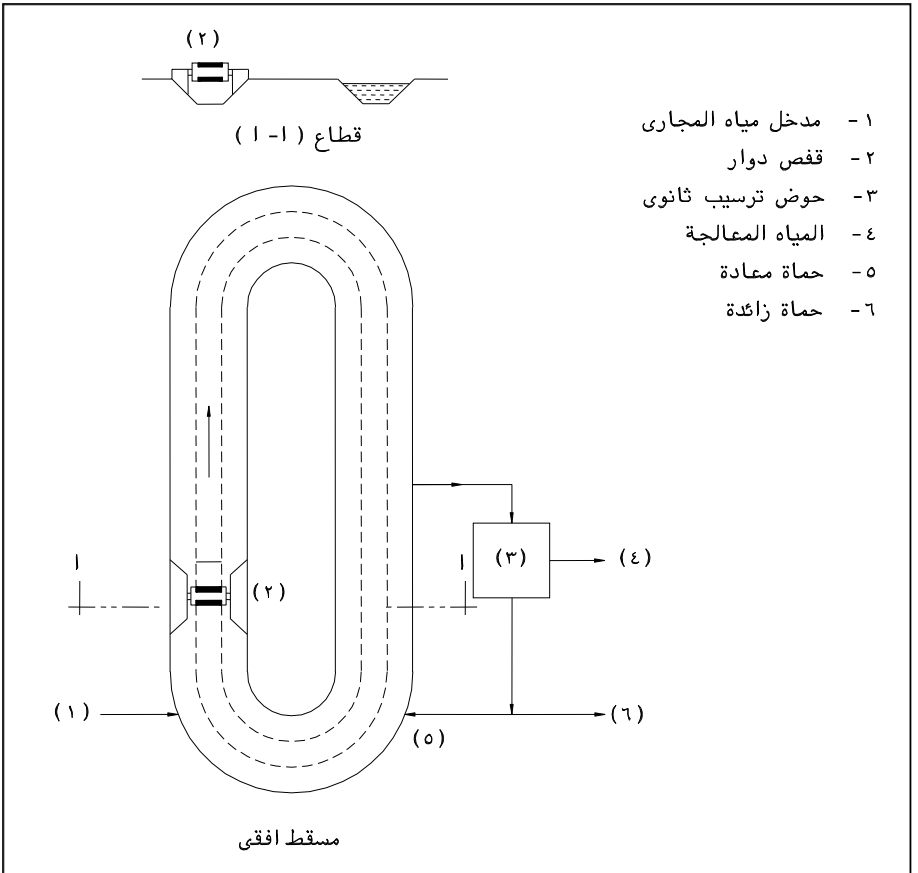
هى أساساً طريقة من طرق التهوية المطولة، تصمم بنفس الأسس، ولكنها تعتمد على البساطة فى الإنشاء والتشغيل، وتتكون من وحدة أو أكثر من القنوات التى يتم فيها تهوية وتقليب مياه المجارى بواسطة دوار ميكانيكى أو أكثر (شكل ٨-١٢) وعمقها صغير يتراوح بين (١-١,٥) متر، ولذلك يمكن إنشائها من الطوب الدبش، أو الخرسانة المسلحة فى حالة زيادة العمق والعرض ومعدلات التهوية، ويمكن إنشائها فى التربة الطبيعية إذا كانت قوية ومتماسكة.

ومن مميزاتها الأساسية أن كمية الرواسب الزائدة التى تصرف من أحواض الترسيب النهائى صغيرة نسبياً ومؤكسدة بحيث يمكن تجفيفها على أحواض التجفيف واستخدامها كسماد. ولا تحتاج هذه الطريقة إلى ترسيب ابتدائى وتعالج فيها مياه المجارى بعد المصافى ويمكن استخدام القنوات للترسيب أيضا مدة معينة مرة إلى ثلاث مرات يومياً بوقف التهوية للسماح بالترسيب وبعد ذلك يتم تصريف المياه المروقة بعد

الترسيب ويعاد تشغيل العملية. وفى أثناء فترة الترسيب يتم حجز مياه المجارى فى خطوط التجميع، أو باستخدام وحدتين من قنوات الأكسدة أو بتقسيم القناة إلى جزئين، ولا يستخدم هذا التشغيل إلا فى التصرفات الصغيرة نسبياً، أما فى التشغيل العادى فيلزم إنشاء حوض ترسيب نهائى بعد قنوات الأكسدة.

أسس تصميم قنوات الأكسدة :

١. مدة بقاء المياه فى القنوات = (١٢-٣٦) ساعة.



شكل (٨- ١٢)
قنوات الاكسدة

٢. العمق = (١-١,٥) متر، ويصل إلى ٣ متر للقنوات الكبيرة.
٣. العرض = (١-٥) متر.
٤. الطول = (١٠٠-١٠٠٠) متر.
٥. ميول الجوانب = ٢ : ٣,
٦. القفص الدوار قطره يتراوح بين (٧٠-١٠٠) سم ويصنع من زوايا حديد أو كمرات أخرى.

وعند غمرها بعمق ١٦ سم تعطى حوالى ١,٦٥ كيلو جرام أكسجين

تفاصيل القفص الدوار

ذائب لكل حصان فى الساعة ويمكن أن يعطى كل متر طولى من القفص

الدوار حوالى ٣ كيلو جرام أكسجين فى الساعة.

٧. الفرش الدوارة الكبيرة بقطر ١٠٠ سم ومغمورة فى المياه ٣٠سم وتدور بسرعة ٧٠ لفة فى الدقيقة، تعطى ١٠ كجم أكسجين لكل متر طولى من الفرشة فى الساعة، وفى هذه الحالة تكون القنوات بعمق ٣-٤ متر وتكون جوانبها رأسية من الخرسانة المسلحة.
٨. سرعة القفص الدوار = (٧٠-٧٥) لفة فى الدقيقة.
٩. سرعة المياه فى القنوات = (٣٠-٤٠) سم / ثانية. ويزيد الأكسجين الذائب فى المياه مع زيادة السرعة الأفقية فى القنوات، وذلك بسبب الدفق الدوامى للمياه والمسار الحلزونى الذى يغير وضع مسار المياه فى القطاع الرأسى.

١٠. الجزء المغمور من القفص الدوار فى المياه = (١٥-٣٠) سم حسب قطر القفص وطوله وعمق المياه.

١١. تركيز المواد العالقة فى القنوات = (٣٠٠٠-٥٠٠٠) مجم / لتر، ويمكن تصريف حجم معين من الحمأة المعادة يومياً على أحواض التجفيف للمحافظة على تركيز المواد العالقة.

مثال (٨-٣) :

لتصرف قدره ١٠٠ متر مكعب / يوم، صمم قنوات الأكسدة وأحواض الترسيب النهائى.

الحل :

بفرض مدة بقاء المياه فى الأحواض ٣٠ ساعة

وبفرض أن نسبة الرواسب المعادة ١٠٠ ٪ من التصرف.

∴ التصرف الذى يدخل قنوات الأكسدة وأحواض الترسيب النهائى

= ١٠٠ × ٢ = ٢٠٠ متر مكعب / يوم.

مدة بقاء المياه فى القنوات = ٣٠ ÷ ٢٤ = ١,٢٥ يوم.

حجم القنوات = ٢٠٠ × ١,٢٥ = ٢٥٠ متر مكعب.

وبفرض العمق ١,٠٠ متر، والعرض ١,٥٠ متر

∴ طول القنوات = ١٦٧ متر.

الترسيب النهائى :

معدل التحميل السطحى = ٢٢ متر مكعب / متر مربع / يوم

∴ المساحة السطحية = التصرف ÷ معدل التحميل السطحى

= ٢٠٠ ÷ ٢٢ = ٩,١ متر مربع

ويكون الحوض مربع ٣ × ٣ متر

حجم الحوض على أساس مدة بقاء المياه فى الحوض ٣ ساعات
= ٢٠٠ × (٣ ÷ ٢٤) = ٢٥ متر مكعب.
ويمكن حساب العمق الفعلى للحوض حسب شكله، ويمكن فرضه على شكل هرم مقلوب بزاوية ٦٠° مع الأفقى، كما ورد فى مثال الترسيب بعد أحواض التهوية المطولة.

أهمية هذه الطريقة ومميزاتها :

أولاً: الرواسب المنصرفة من هذه الطريقة لا تقل فى جودتها عن الحمأة المثبتة فى أحواض التخمير، ويمكن تجفيفها مباشرة على أحواض تجفيف الحمأة العادية. حيث اقترح الباحثون الهولنديون مساحة (١٦-٣٣) متر مبع من أحواض التجفيف لكل مائة شخص بالنسبة للأجواء المشابهة لهولندا. أما فى الهند فالمساحة المطلوبة لأحواض التجفيف تصل إلى ثلث هذه المساحة نظراً لمناخ الهند الحار، ولكن يجب مراعاة آراء الباحثين من وجهة النظر الأخرى وهى أن كمية الحمأة الناتجة تزيد بحوالى ٥٠ ٪ عن المواد العالقة فى المجارى الخام –كما أن هناك صعوبة فى خفض نسبة مياه الحمأة سواء على أحواض التجفيف التقليدية أو باستخدام الطرق الميكانيكية.
ثانياً: يمكن استخدام قنوات أكسدة كبيرة باستعمال معدات تهوية ذات محور رأسى، أو معدات عائمة، بدلاً من المعدات المستخدمة فى القنوات الصغيرة. وبذلك يمكن إنشاء القنوات بأعماق أكبر تصل إلى ٢ متر إلى ٤ متر، كما يمكن زيادة عرض القنوات أيضاً. وزيادة حجم القنوات مع استخدام معدات التهوية المناسبة يجعلها أقل فى التكلفة ويشجع على استخدامها فى التصرفات الكبيرة.
ويمكن فى هذه الحالة عدم التقيد بالشكل العام للقنوات بل يمكن اختيار أى شكل على أساس أن معدات التهوية العائمة أو المثبتة يمكن استخدامها، تماماً مثل

استخدامها فى البحيرات المهواة، مع فارق فى التشغيل وهو أحواض الترسيب النهائى التى تتبع أحواض التهوية لتوفير الرواسب المعادة.

ثالثاً: يمكن تسوية جوانب القنوات فى التربة الطبيعية أو تكسية الجوانب والقاع بالدبش أو الخرسانة أو بمواد مناسبة تمنع أى تسرب أو نحر، بتكاليف إنشائية أقل من الطرق الأخرى.

وتنشأ المداخل والمخارج بحيث تستوعب التصرفات القصوى والتصرفات المتغيرة.

رابعاً: يتم فى هذه العملية إزالة نسبة كبيرة من النتروجين الكلى.

الباب التاسع

حماية وتنمية البيئة

تأثير التلوث على البيئة :

يصل للمسطحات المائية ملوثات خطيرة من مصادر غير محددة بدقة. هذه الملوثات عضوية وغير عضوية مصدرها الصرف الصحى والزراعى والصناعى، فيها المبيدات بجميع أنواعها، ومكونات بعض الأسمدة، ويدعو ذلك إلى إعادة النظر فى نوعيات الأسمدة وتأثيرها على البيئة سواء على التربة الزراعية، أو المحاصيل، أو الصرف الزراعى الذى يصل فى أغلب الأحيان للأنهار والبحيرات والبحر ويؤثر بصورة قاتلة على البيئة المائية.

ومن بين ما ينص القانون اليابانى الخاص بالتحكم فى تلوث المياه، والذى تم تطويره عام ١٩٧٠ يوجد بندين أساسيين فى استراتيجية تنفيذه وهما:

- التحكم فى المنبع فى صرف المخلفات السائلة الآدمية، والصناعية، والتجارية وعدم صبها فى المسطحات المائية العامة. ويهدف ذلك إلى منع تلوث المياه منعا تاما أو معالجتها فى المنبع قبل أن تنتشر فى البيئة بصورة أوسع.
- تطوير شبكات الصرف الصحى ونظم المعالجة بما يتمشى مع التنمية البيئية، بحيث لا تضاف أى ملوثات يمكن أن تتراكم، أو تؤثر فى عملية إعادة الاستخدام للمياه بعد معالجتها.

ويجب النظر بجدية للمركبات الكيماوية الضارة والسامة الناتجة من الصناعة وضرورة التخلص منها فى المنبع، أو خلال عمليات المعالجة بعد التجميع النهائى، خاصة أن

هذه المواد قد يكون لها تأثير يدمر البيئة ويضر بالصحة العامة. ويجب دراسة مدى إمكانية فصل المخلفات الصناعية ومعالجتها بطريقة تناسب مكوناتها.
وفى حالة التأكد من وجود تلوث كيماوى أو بكتريولوجى، فالاحتمال قائم ومؤكد، فى وصول هذا التلوث البيئى للإنسان والحيوان والنبات .. ولكن كيف يمكن تقدير تأثير هذا التلوث، وتحويله إلى أرقام وتكاليف فى الحسابات الاقتصادية التى تدخل فى مجال المقارنة بطريقة مادية عمياء مثل تكاليف المرض والعلاج وإهدار الصحة العامة فى مقابل تكاليف حماية البيئة التى هى أساسا حماية الإنسان والمجتمع والأمن القومى. هل يمكن مثلا وضع قيمة مادية لثمن الأمن القومى ؟!!

التخطيط العام لمشروعات
الصرف الصحى وعلاقته بالبيئة :

يجب أن يوضع فى الاعتبار أن يكون التخطيط العام لمشروعات الصرف الصحى بجميع أجزائه بصورة شاملة كاملة واحدة لا تتجزأ، وتشمل أجزاء أى مشروع صرف صحى الآتى:

- شبكات التجميع وملحقاتها من مطابق وفتحات أمطار وبيارات تجميع ومحطات رفع.
- عمليات المعالجة التى تتمشى مع حماية البيئة.
- عمليات التخلص، أو إعادة الاستخدام.

وعلى سبيل المثال فإن إنشاء شبكة صرف صحى بدون عملية معالجة معناه تجميع ورفع المجارى الخام إلى أى مسطح مائى، فقد تكون شبكة التجميع منشأة لمنع طفح المجارى، إلا أن صب هذه المياه الملوثة فى مسطح مائى سيكون تأثيره على البيئة فى منتهى الخطورة، وتأثيره على الصحة العامة قد يكون أكثر ضررا.

وبالنسبة لطريقة المعالجة فيجب أن ترتبط ارتباطا مباشرا بطريقة التخلص، أو إعادة الاستعمال، حتى لا يكون هناك آثار جانبية على البيئة بجميع مكوناتها، وأهمها حياة التربة، والنبات، والحيوان والإنسان. ومن الآثار البيئية لمشروعات الصرف موقع عمليات المعالجة، والذى يرتبط أيضا بعملية التخلص أو إعادة الاستعمال، والأهم من ذلك أن موقع المعالجة يعتبر من أهم العوامل التى تحدد طريقة المعالجة، وبالتالى تؤثر فى تكاليف الإنشاء والتشغيل والصيانة.

وعموما يجب مراعاة عمل الدراسات وجمع البيانات التى على أساسها يتم تخطيط أفضل، لأعمال التجميع والمعالجة والتخلص من مياه الصرف الصحى وتشمل:

أولا: التخطيط العام للمدينة أو القرية. وتحديد المناطق التجارية والصناعية والسكنية بكل التفاصيل الممكنة والمتاحة، بما فى ذلك الخرائط المساحية، وخصائص التربة، ومنسوب المياه الجوفية.

وكذلك تحديد المساحات الخضراء، ومناطق التوسع المستقبلى، والمسطحات المائية إن وجدت بالقرب من المدينة مثل البحيرات، والمصارف، والترع.

ثانيا: مشروعات الإمداد بالمياه، وتشمل:

- محطات تنقية المياه.
- خزانات مياه الشرب.
- شبكات التوزيع.

ثالثا: معدلات سقوط الأمطار على مدار العام، وتأثيرها على كل من نظم تجميع المخلفات السائلة، وعمليات المعالجة.

رابعا: تحديد التصرفات القصوى المستقبلية لمياه الصرف الصحى ومياه الأمطار والمخلفات الصناعية التى تصل لشبكة الصرف، لمنع طفح المجارى بالشوارع.

خامسا: تحديد نقط التجميع النهائية التى ترفع منها مياه الصرف الصحى إلى موقع المعالجة.

سادسا: مقارنة طرق المعالجة المختلفة التى يمكن استخدامها، واختيار الأنسب منها من النواحى البيئية، وكفاءة عملية المعالجة، والتكاليف الإنشائية المدنية والميكانيكية والكهربية، واستهلاك الطاقة، وتكاليف التشغيل والصيانة، والعمر الافتراضى للمشروع. وتكون الفترة الزمنية لتصميم أعمال الصرف الصحى كالآتى:

- شبكات الصرف الصحى تصمم لأطول فترة ممكنة لأنها مكلفة وتصمم اعتمادا على العمر الافتراضى للمواسير.
- محطات الرفع تصمم لمدة لا تزيد عن ١٠ سنوات.
- وحدات تنقية المخلفات السائلة تصمم لتخدم (١٥-٢٠) سنة.
- عند تصميم وحدات الرفع لعمليات المعالجة يراعى الآتى:

أ. أدنى تصرف Qmin يتراوح بين (٢٠-٥٠)٪ من التصرف المتوسط.

ب. أقصى تصرف Qmax يتراوح بين (٢-٢,٥)٪ من التصرف المتوسط.

ج. تراجع باقى مراحل المعالجة على جميع التصرفات الأدنى والمتوسط والأقصى وكذلك بالنسبة للحمل العضوى.

سابعا: اختيار طريقة التخلص أو إعادة الاستعمال للمخلفات السائلة والحمأة الناتجة منها حتى لا يكون لها تأثير سلبى على البيئة.

ثامنا: عند تخطيط محطات المعالجة، يتم مراعاة العوامل الاقتصادية، والهندسية التى تتعلق بالأعمال الإنشائية، وخواص التربة، والتشغيل، والصيانة، واستهلاك الطاقة – وبجانب هذه العوامل التى تؤثر على اختيار عملية معينة للمعالجة، هناك ما هو أهم، وهو التقييم البيئى لمثل هذه المشروعات التى تؤثر بدرجة كبيرة على البيئة والصحة العامة. ويجب وضع العوامل الآتية موضع الدراسة المفصلة وتقييم تأثير كل عامل منها على البيئة، وتشمل:

- تعرض العاملين بمحطة المعالجة والمناطق المحيطة للتلوث الميكروبى وتصاعد الروائح من بعض مراحل المعالجة وأسبابها والتحكم فيها ومتابعة الحالة الصحية بطريقة دورية.
- المشاكل التى يمكن أن تنتج من الناموس والذباب.
- تأثير عملية المعالجة على المناطق السكنية، والزراعية، المحيطة بها سواء بالنسبة للصحة العامة، أو قيمتها الاقتصادية.
- حماية المسطحات المائية من التلوث، وإمكانية زيادة تركيز المواد السامة، والضارة فى دورة الغذاء التى تؤثر فى النهاية على الإنسان.
- حماية الأماكن الترفيهية والسياحية، وتشمل شواطىء الاستحمام والبحيرات المالحة والعذبة وغيرها والتقيد بالمعايير البكتريولوجية للشواطىء.
- حماية الأنهار والمصارف بما يتمشى مع قوانين البيئة ومعايير التخلص فى المسطحات المائية.
- حماية الثروة السمكية من تصريف المخلفات السائلة المعالجة فى البحر والبحيرات والأنهار والمصارف بطريق مباشر أو غير مباشر.
- حماية المياه الجوفية خصوصا فى المناطق التى تكون فيها التربة مسامية، ويكون منسوب المياه الجوفية مرتفعا، ويجب حماية هذه المياه من التلوث الميكروبى والنترات – وفى حالة الاعتماد على المياه الجوفية فى الشرب، يجب مراعاة جميع الاشتراطات التى تحمى المياه من أى ملوثات كيماوية أو ميكروبية بحيث تكون مياه الآبار مطابقة لمعايير مياه الشرب ودلائلها.

تاسعا: تأثير المخلفات الصناعية :

سبق الإشارة إلى الآثار البيئية من عشوائيات التخلص من المخلفات الصناعية ونتيجة ذلك على عمليات المعالجة والتخلص والصحة العامة. وهناك عامل خطير لأنه منشأ تحت سطح الأرض وهو شبكة الصرف الصحى التى تستقبل نوعيات كثيرة من مخلفات

صناعية تحتوى على مواد كيماوية تتسبب فى تدمير شبكة الانحدار وتسرب هذه المخلفات إلى التربة والمياه الجوفية وأساسات المنشآت المجاورة.

وصناعة البتروكيماويات مثلا تحتوى على مخلفات سامة وضارة للهواء والماء – غازية وسائلة وصلبة، ومخلفات أخرى ناتجة من الصناعات المعدنية – والصناعات الغذائية – وصناعة الورق والألبان والنسيج والصباغة والزيوت والصابون وصناعة السكر – ومخلفات المجازر وتعبئة اللحوم – والمخلفات التى تحتوى على مواد كيماوية ومشعة من المعامل والمصانع وغيرها. وتسير دولا كثيرة متقدمة ونامية لخفض نوعية الملوثات الخطرة وكمياتها عن طريق تحديث العمليات الصناعية للتحكم فى التلوث. وفى حالة ضرورة التطوير يدخل العامل الاقتصادى والتكاليف والعائد والأضرار فى إطار دراسة شاملة تحدد الأفضل لحماية البيئة. ويشمل تغيير عملية التصنيع نوعية الماكينات واستخدام خامات تصنيع لا ينتج عنها مخلفات خطرة، حتى وإن أدى ذلك إلى خفض الإنتاج. وعادة يحدث فى دراسة الجدوى الاقتصادية لإنشاء صناعة ما، أن لا يكون هناك فى الحسبان عوامل حماية البيئة، بل أكثر من ذلك تكون الدراسة قائمة على خفض تكاليف التشغيل والصيانة وتحصيل أكبر قدر ممكن من العائد المادى، بدون الاهتمام بتلوث البيئة، ويجب مراعاة الآتى:

- التخطيط الأمثل للمناطق الصناعية، وعمل تقييم بيئى شامل لكل صناعة قبل السماح بإنشائها وتشغيلها.
- تعديل وتشديد القوانين البيئية بما يتمشى مع حماية البيئة والصحة العامة، مهما كان تكاليف ذلك، لأن هناك خسارة مادية كبيرة ولكن غير محسوبة ناتجة من الرعاية الصحية والعلاج وضياع ساعات العمل وتأثير ذلك على الدخل القومى.

عاشرا: تخصيب المسطحات المائية Eutrification :

ظاهرة التخصيب ناتجة من وصول مخصبات إلى المسطحات المائية ينتج عنها نمو وتكاثر النباتات المائية وما يتبعه من عكارة المياه. وعند زيادة العكارة بدرجة تؤثر فى اختراق الضوء للمسطح المائى؛ تموت العوالق النباتية، فتضيف مواد عضوية ميتة تسبب نقصا فى الأكسجين الذائب فى المياه نتيجة نشاط البكتريا الهوائية، ويؤثر ذلك على خصائص المياه وصلاحيتها لأحياء مائية مفيدة كالأسماك. وسبب ذلك صرف المخلفات السائلة الخام أو المعالجة ابتدائيا أو ثانويا والتى تحتوى على عناصر مغذية مثل مركبات النتروجين والفسفور وبعض المركبات العضوية التى تساعد بدورها على نمو النباتات المائية، مثل الطحالب بجميع أنواعها وأحجامها. ويتسبب ذلك فى إفساد الخصائص الطبيعية، والكيماوية والميكروبيولوجية للمياه العذبة والمالحة. ويؤثر على مجالات استعمالها. ويتغير طعم ورائحة المياه، ويقل تركيز الأكسجين الذائب لدرجة قد تؤثر على الانتاج السمكى، وتؤثر أحيانا على قطاع المجرى المائى من النواحى الهيدروليكية. وعموما فتخصيب المسطحات المائية يؤثر على استخدامها كمياه للشرب والصناعة بالنسبة للمياه العذبة، وفى حالة مياه البحر يؤثر على الأنشطة السياحية والترفيهية، وعمليات تحلية مياه البحر، ومحطات توليد الكهرباء – وله تأثيرات سمّية للحيوانات، فى حالة الاعتماد على المسطحات العذبة كمصدر لشرب البهايم – وفى البيئة البحرية، تصل أنواع سامة من الطحالب إلى الأسماك ومنها للإنسان.

وعموما تحتوى المخلفات السائلة، الآدمية، والزراعية، والمياه السطحية وبعض المخلفات الصناعية على العناصر المسببة لظاهرة التخصيب، والتى تؤثر على البحيرات العذبة، والمالحة، والأنهار، والمصارف والبحار وخاصة المناطق الشاطئية ويتبع ظاهرة التخصيب، ظهور نباتات مائية ومنها، النباتات القاعية، وتنمو عادة فى قاع

المسطحات المائية، وتمتد جذورها فى تربة القاع. وتمتد لأعلى، ويصل بعضها إلى ما فوق سطح الماء. ومنها أنواع يكون النبات مغمورا كليا فى الماء، ولا تسمح بمرور نسبة من أشعة الشمس فى الطبقة السطحية للمياه تكفى لعملية التمثيل الضوئى اللازمة لحياة النباتات المائية.

ومن النباتات المائية أنواع عديدة عالقة إما على سطح المياه، أو قريبة من السطح مثل الطحالب بأحجامها المختلفة ونوعياتها المتعددة. وتتسبب الطحالب أحيانا حسب نوعياتها وكثافتها فى تغير لون المياه وخصائصها.

العوامل المؤثرة فى درجة التخصيب :

تؤثر عوامل كثيرة محلية فى غالبيتها على تفاقم هذه المشكلة فى المسطحات المائية. وهذه العوامل:

- الأساليب الجديدة فى الزراعة والتسميد الكيماوى وما يصل منه للمسطحات المائية.
- جوية مثل درجة الحرارة.
- طبيعة المياه والمصادر التى تصل إلى المسطح المائى ومكوناتها.
- التكوين الجيولوجى والكيماوى للتربة الملامسة للمياه فى كل مساراتها، وتخزينها.
- استخدامات المسطح المائى، فى الأغراض المختلفة.
- نوعيات المنظفات الصناعية ذات التكوين الكيمائى المعقد والمحتوية على مغذيات.

تأثير العقيدة الدينية على معالجة المخلفات السائلة :

كتب الباحث الدكتور وليام وارنر – فى مجلة اتحاد المياه العالمى فى أغسطس عام ٢٠٠٠، ما يفيد أن العلماء المتخصصون فى معالجة المخلفات السائلة وإعادة استخدامها أو التخلص منها، وعلاقة ذلك بالصحة العامة ومستوى طهارة المياه

لاستخدامها فى أغراض متنوعة – قد لا يجدون فى النهاية أى تعارض بين الهدف من المعالجة، وبين استخدام المياه فى المجالات الحيوية – لأنه فى جميع سبل الحياة، ليس هناك أى تعارض بين الدين والعلم. ومع ذلك فالدكتور وليام يرى عدم توافق فى نظرة العلم والدين عن علاقة المعالجة بالصحة العامة – وربما يكون قد جانب الصواب فى هذا الرأى، لأنه يرى أن العلماء يهتمون بمعالجة المخلفات السائلة من زاويتين: نقل وتجميع المخلفات السائلة بطريقة لا تؤثر على البيئة مع الحفاظ على القيمة التسميدية بهذه المخلفات – فى حين أن رجال الدين يهتمون بأمرين تطوير وتحسين الحالة الصحية للمجتمع، والتأكد من أن الشعائر الدينية وما يلازمها من عمليات التطهر ترتبط بتنقية المياه لدرجة تجعلها مناسبة لتطهير الجسد قبل أداء المناسك الدينية.

ومن هنا نجد أنه لا يوجد تعارض بين الدين والعلم، سواء فى معالجة المخلفات السائلة أو فى تنقية مياه الشرب التى يستخدمها الإنسان فى الاستحمام والوضوء – ونجد أيضا تضارب فى كلام الدكتور وليام – فيقول (إن العلم يحاول إدخال طرق جديدة للمعالجة، فى حين لا يزال الدين يحتفظ بمفاهيمه القديمة وعاداته الموروثة) – وقد جانبه الصواب أيضا فى هذه الملاحظة – لأن الطهارة فى أى دين تحتاج لمياه طاهرة نظيفة غير ملوثة – ولكن اجتهاد العلم فى استخدام طرق جديدة اقتصادية للمعالجة هى بسبب زيادة الملوثات الميكروبيولوجية والكيماوية والمركبات الكيماوية السامة والمعادن الثقيلة شديدة الخطورة.

وحينما يقال للناس أن هناك طرق حديثة، وتكنولوجيا متقدمة ستجعل البيئة نظيفة، فإنهم لا يأخذون بهذه التصريحات مأخذ الجد، لأن معيار النظافة فى نظرهم يرتبط بمتطلبات الطهارة الجسدية والروحية – ومن ثم فإنهم يريدون مياه طاهرة تناسب تعميد الطفل فى بعض الديانات. أو الغُسل والوضوء والطهارة فى ديانات أخرى كالإسلام وديانات الشرق الأقصى والهنود الحمر. وأحيانا تكون نظرة العلماء اقتصادية مجردة، قد يكون الهدف منها هو مجرد تحسين الوضع الحالى للتلوث دون القضاء عليه.

ونظرة السيد وليام ليست واضحة لأنه يستند إلى أن المياه الصالحة للتطهر يمكن أن تكون مياه جارية كما أشارت بذلك الدينات السماوية، ولم يضع فى اعتباره أن فى زمن نزول الرسالات السماوية لم يكن هناك مخلفات صناعية، أو خطرة، أو كيماوية، وكان هناك تناغم بين مفردات الطبيعة من ماء وهواء وتربة وإنسان وحيوان ونبات وهذه معتقدات الهنود الحمر وهم سكان أمريكا الأصليين منذ آلاف السنين – وعلى ذلك فلكل وقت آذان كما يقولون، ويجب أن نرجع على الأقل إلى تعريف المياه الملوثة، والمياه الطاهرة الآمنة بالمعايير التى وضعناها نحن بأنفسنا كعلماء فى هذا المجال – كما أن السيد وليام نظرته محدودة أيضا لأنه يستند إلى رأى الدين فى أن المياه المعرضة للشمس، مياه طاهرة ونظيفة ويمكن الاعتماد عليها فى الطهارة الجسدية – ولم يذكر أن المياه المعرضة لأشعة الشمس قد يحدث لها العكس إذا كان بهذه المياه مخلفات آدمية وصناعية وزراعية، فتساعد على نمو الطحالب والأعشاب المائية وربما تزيد من العد البكتيرى والجرثومى بهذه المياه – وقد ثبت بالتجارب العلمية على سبيل المثال أن ميكروب الكوليرا (فيبريا كوليرا) يمكنه البقاء فى المياه العذبة والمالحة لمدة تزيد عن عشرة أيام حتى فى وجود أشعة الشمس، إلا أن الدكتور وليام قال كلمة حق وهى أن نظرة الناس فى الأزمنة القديمة إلى المياه كانت نظرة احترام وقدسية على أساس أنها أصل كل حياة – وهذا يتمشى مع ما هو مدون بحضارة الهنود الحمر وهم سكان وأهل أمريكا الشمالية، فقد كانوا فى العهود القديمة أول شىء يفعلونه عندما يستيقظون من نومهم أن يذهبوا إلى النهر ويدعوا دعاء للماء قبل أن يغتسلوا فيه، وبعدها يبدؤون يومهم.

وتوضيحا لما سبق، فإن عقول العلماء الذين يفكرون بمفهوم روحى، يميزون بين:

- أ. المياه النظيفة الخالية من التلوث.
- ب. المياه المعالجة أو التى تم خفض الملوثات بها، حتى ولو وصلت للمعايير الآمنة صحيا بإزالة المواد الضارة منها.

وهذا يوضح نظرة رجال الدين الصائبة فى منع تصريف المخلفات الآدمية والزراعية والصناعية فى الأنهار والبحيرات وباقى المسطحات المائية.

ولا زالت توجد معتقدات لدى بعض الطوائف فى بعض الشعوب إن الماء فى حد ذاته وسيلة لشفاء الأمراض والجروح والطريقة المفروضة للتطهر ولذلك يحرمون إلقاء المخلفات الآدمية فى الأنهار والمياه عموما، ولذلك فنظرة الناس تختلف بالنسبة للمياه من تقديس هذا المصدر الطبيعى والمحافظة عليه إلا اللامبالاة التامة وإلقاء أى مخلفات ضارة أو خطرة فيه – وهذا لا يمنع الاعتراف بأن الماء كان من قديم الزمان وسيظل رمزا للصفاء والنقاء والطهارة، فهى تنزل إلينا من السماء نقية صافية لتساعدنا غلى الحياة، وبإحساسنا نشعر بنكهتها وطعمها ورائحتها - وعلى الجانب الآخر فالمخلفات الآدمية تخرج من أمعائنا ونحن نعلم أن حوالى ثلث وزنها بكتريا وكائنات حيثة دقيقة والباقى مخلفات عضوية وغير عضوية لفظها الجسم ولم تمتصها الأمعاء.

ونقطة مهمة فى هذا الموضوع قد تكون غير محددة المعالم وهى: إلى أى مدى يمكن أن تؤثر المعتقدات الدينية فى قبول استخدام مخلفات سائلة معالجة؟ والإجابة على هذا السؤال صعبة ومحيرة، لأنها تتطلب منا الرجوع إلى التراث الروحى لجميع الديانات كالبوذية والهندوسية والطاوية والمصرية القديمة، ثم اليهودية والمسيحية والإسلام – وكل من هذه الديانات كانت له نظرة تقدير واحترام وقدسية للماء، لأنها وسيلة النظافة الجسدية التى تسبق البدء فى إقامة شعائر أى منسك دينى- وإن كانت مرحلة تهيئة الجسد للصلاة مثلا هى عملية إشارية، إلا أنها ضرورية لأن الجانب الروحى فى الإنسان الذى يقيم صلة بربه الأعلى وبالرحمن الرحيم، يستخدم هذا الجسد كجهاز لقيام هذه الصلة – وذلك بصرف النظر عن مستوى الشق الروحى للإنسان من حيث الطهارة أو الصفاء أو نقاء السريرة.

ولكون المعتقدات الدينية تعرف قدسية الماء وقيمته فقد دعت الديانات السماوية إلى عدم الاسراف فى استخدامه، وهذا فى حد ذاته دعوة إلى عدم إلقاء الملوثات به لأنه فى هذه الحالة يُستبعد كمصدر مياه طاهر وصالح لنظافة الجسد.

وأصبحت النظافة الجسدية مطلبا مقدسا فى العقائد الغربية بعد وباء الكوليرا الذى أودى بحياة ثلاثون ألفا فى انجلترا، منها أربعة عشر ألفا فى لندن وحدها، وكان تلوث المياه من أهم مسبباتها وذلك فى عام ١٨٤٩ – وفى بداية الرسالة المحمدية كان واضحا الاهتمام بقيمة المياه سواء فى القرآن الكريم أو الأحاديث النبوية الشريفة.

وتعتمد آسيا على المخلفات الآدمية للمساعدة فى إمداد المزارع السمكية كما أن الصين تستخدم الصرف الصحى لزراعة المحاصيل – كما أن نوعيات كثيرة من المراحيض المستخدمة فى المناطق المنعزلة خاصة فى الدول الفقيرة يمكن تصميمها بحيث يتم تحلل المخلفات الآدمية واستخدامها كسماد عضوى – وهذا فى حد ذاته لا يتعارض مع العقيدة الدينية – كما أن بعض الدول تعتبر المخلفات الآدمية مصدر طبيعى للسماد بدلا من النظر إليه كمخلفات ملوثة – ولكن يجب الأخذ بمعايير الهيئات الدولية المعنية بصحة البيئة والإنسان، حيث تحتوى المخلفات الآدمية على حوالى ١٤٠ نوع من الفيروسات الممرضة – ويبقى أن تكون العقائد السماوية والإنسانية فاعلة فى عقول العلماء، حتى تكون آراءهم المبنية على العلم والمعرفة هى التى تغير طرق معالجة المخلفات للأفضل، وإعادة استعمالها بطريقة لا تؤثر سلبا على المياه والبيئة وفى نفس الوقت يجب اعتبار مصادر المياه الطبيعية لها احترام وقدسية وتقدير ولا يمكن مقارنة ذلك بالعوامل التجارية والمادية العمياء.

الفوائد المكتسبة من التحكم فى التلوث ومنعه :

- التحكم فى معدلات الإصابة بالأمراض الوبائية، والمستعصية، والمميتة.
- زيادة الإنتاج الزراعى والصناعى والتكنولوجى.
- تحسن الحالة النفسية المصاحبة لمشاكل التلوث.
- تحسين المنتجات الزراعية كما وكيفا وما يتبعها من الصناعات الغذائية.
- تحسين الحالة الصحية للأجيال الحالية والمستقبلية وتأثير ذلك على الأمن القومى.
- تطوير واستغلال عمليات صيد الأسماك، ومنتجاتها.
- تحسين الاستخدام السياحى والترفيهى للمسطحات المائية، والصناعات القائمة على خدمته.
- زيادة فرص العمل فى مجالات صيد الأسماك، والسياحة، والرياضة.
- المحافظة على المنشآت المدنية، والمواد المستعملة فى الإنشاء، وجميع المواد والخامات والممتلكات والأدوات التى تتأثر بالملوثات.
- المحافظة على الثروات الطبيعية والأثرية السياحية والجمالية.

التقييم البيئى للمشروعات

الآثار البيئية :

تعرف "الآثار البيئية" بأنها مجموع الآثار ذات المدى القصير أو البعيد الناتجة عن أى مشروع أو عمل مقترح على الإنسان نفسه أو على ما يحيط به من عوامل فيزيائية وحياتية وحالته الاجتماعية والاقتصادية والتى تشمل أيضا آثار السياسات والتشريعات والبرامج والمشاريع والخبرات العملية.

ولقد أجريت دراسات متعددة بهدف الوصول إلى تقييم بيئى شامل للمشروعات الكبرى بغرض التنبؤ بالآثار البيئية المترتبة على تنفيذ وتشغيل مثل هذه المشروعات. ويمكن الحصول على الطرق التى استخدمت لإجراء هذه الدراسات والتى توضح توجيهات محددة حسب نوعية المشروع (المنشآت الكهرومائية – محطات الطاقة النووية – المجمعات الصناعية – وسائل النقل – المطارات – مشروعات مياه الشرب – الصرف الصحى – التجمعات السياحية والترفيهية – النقل النهرى والبحرى ... الخ).

ويأتى تقييم الآثار البيئية لمشروع مقترح كخطوة أخيرة فى سلسلة دراسات تؤدى إلى تحديد تلك الآثار. للمشروع، وفى حالة وجود خطط بديلة للوصول للهدف، وإذا تنوعت الاقتراحات الهندسية الواردة فى التقرير الهندسى، فإنه يتحتم عمل دراسات مفصلة للآثار البيئية لكل من البدائل. ومن الضرورى فى جميع الأحوال حتى ولو احتوى التقرير الهندسى على خطة واحدة أن يجرى تقييم للآثار البيئية.

ويجب أن يتضمن "تقرير البيئة" على خلاصة وتوصيات ويجب أن يناقش هذا التقرير مقارنات بين مميزات العمليات المختلفة المقترحة وكذلك للخطط الهندسية البديلة ويشرح الأسباب الموضوعية التى أدت للوصول إلى الاختيار النهائى، والوصول للهدف المطلوب.

وقد أثبتت التجربة أن اهمال أى من العوامل قد يؤدى إلى إظهاره بمظهر المشروع الناجح اقتصاديا، ولكنه فى الحقيقة يؤدى إلى خسارة على مستوى الدخل القومى والأمن القومى أو نوعية حياة الإنسان وبيئته، الأمر الذى أدى بالمجتمعات فى محاولة للدفاع عن النفس أن تقف فى مواجهة التقديرات القاصرة للمشروعات الهندسية.

ومن هنا – يقع على عاتق العلماء والمهندسين والذين دُربوا على أن تتعدى نظرتهم حدود تخصصاتهم وإلى التعاون مع التخصصات الأخرى – مسئولية وضع تقييم موضوعى وشامل للمشروعات الهندسية ليس فقط من خلال النظرة السلبية (لحماية

البيئة) ولكن بنظرة أكثر إيجابية من أجل (تحسين البيئة) وتنطبق تلك النظرة بشقيها على مشروعات المياه أحسن ما تنطبق للعلاقة الوثيقة بين الماء والبيئة ومستوى المعيشة.

وفى عالم اليوم – يصعب تطبيق هذه المثاليات حيث الاهتمام موجه إلى التكاليف أكثر منه إلى القيمة الاستثمارية الفعلية للمشروع. حيث يصرف النظر عن الآثار البيئية لصعوبة اخضاعها للتقييم المادى فى حسابات دراسات الجدوى ونتيجة لهذا الوضع، فقد ظهر الاحتياج إلى عمل دراسات تحليلية للآثار البيئية الناتجة من المشروعات الهندسية، كمحاولة للتنبؤ بتلك الآثار، سواء خلال مرحلة التنفيذ أو التشغيل.

وبدأ حديثا الاهتمام بدراسة التقييم البيئى للمشروعات الجديدة، وفى نفس الوقت هناك محاولات منذ عام ١٩٨٢ لتطبيق القانون ٤٨، وبعد ذلك صدر قانون ٤ لسنة ١٩٩٤ والخاص بحماية البيئة، ولا زال تطبيقه من الناحية الفعلية متعثرا، كما هو الحال بالنسبة لباقى القوانين المتصلة بحماية البيئة، والثروات الطبيعية، والتراث الحضارى.

ومن أهم العوامل التى يجب دراستها لتأثيرها على التقييم البيئى :

- التغيير فى التراث الثقافى والطبيعى والحضارى، واحتمالات الإضرار بالمناطق الأثرية.
- التغيير فى نظم طرق النقل السريع.
- احتمالات تعرض منطقة المشروع للكوارث الطبيعية، مثل السيول، والفيضانات، والزلازل – ومثال ذلك الزلازل المدمرة التى حدثت للإسكندرية خلال القرن الرابع الميلادى.
- احتمالات تشريد أو تهجير بعض السكان من منازلهم بسبب المشروع.
- تأثير المشروع على الثروة السمكية، والطيور المهاجرة.

- الخصائص الأساسية والتاريخية للحياة النباتية والحيوانية، وأهمها الإنتاج الزراعى والحيوانى للمواد الغذائية الأساسية، واحتمال زيادة الأعشاب الضارة والآفات التى تؤثر على الصحة العامة، وزيادة الحشرات الضارة.
- مدى تأثير المشروع على الأمن القومى، والآثار التى نتجت من مشروعات مماثلة.
- القبول الشعبى العام وتوصيات المتخصصين فى مجال المشروع.
- فى حالة المشروعات التى تعتمد على تمويل خارجى، يجب أن تكون الصورة واضحة تماما أمام الحكومة المحلية صاحبة المشروع عن طريق دراسة وتحليل كل البنود السابقة .. وعلى أساس ما يتضح من هذه الدراسات يمكن اتخاذ القرار الذى يتمشى مع المصلحة العامة والخطة القومية للدولة.
- النتيجة النهائية للمشروع بعد تنفيذه وأثناء تشغيله، ومدى تأثيره على النواحى الاجتماعية والثقافية والحضارية والسياحية والأمن القومى – ويأتى ذلك فى إطار تحليل اقتصادى بيئى متكامل.
- المستوى الفنى للخبرات المحلية والأجنبية فى مجال المشروع، ومدى إمكانية الاعتماد عليهم كليا أو جزئيا فى وضع الصيغة النهائية للتأثيرات البيئية.
- التوصيات النهائية بقبول المشروع، أو رفضه، أو تعديله للأحسن حسب الظروف المحلية والحكومية التى تتولى الإنفاق على إنشاء المشروع وتشغيله.
- دراسة تكاليف المعالجة فى مشروعات الصرف الصحى حيث تزيد تكاليف عمليات المعالجة الكيماوية والبيولوجية بمعدلات كبيرة مستمرة، مما جعل أنظار المهتمين بأعمال الهندسة الصحية تتجه إلى التخلص على الأرض، وإعادة الاستعمال، وعلى سبيل المثال، فقد زادت تكاليف المعالجة فى بعض المناطق بالدول الغربية إلى أكثر من أربع مرات خلال ثلاث سنوات فقط. ولأن معالجة المخلفات الخطرة والصناعية عموما تزيد تكاليفها، وتصبح أمرا

ضروريا لحماية البيئة، فإن بعض الصناعات يمكن أن تتوقف أو يزيد تكاليف وثمن إنتاجها ويضعف تداولها فى وجه المنتجات المشابهة المنافسة لها.

- هناك عامل أهم من كل المقارنات الاقتصادية السابقة، وهى الأضرار الغير محسوسة الناتجة عن المخلفات الخطرة. ونعرف بالتأكيد أن هذه الملوثات تزيد من معدلات الإصابة بالأمراض المستعصية المميتة مثل السرطان، والفشل الكلوى وأمراض الكبد والأعصاب، فما هو ثمن أو تكاليف زيادة حالة أو أكثر من هذه الأمراض؟ إن كنوز الأرض لا تساوى حياة إنسان واحد، خاصة إذا كنا نعرف الأسباب التى تؤدى إلى الإصابة بهذه الأمراض !!!.
- ليس ضروريا دراسة كل العوامل السابقة فى كل مشروع، ولكنها عوامل أساسية يتم دراسة البنود التى لها صلة بالدراسة المطلوبة.

التنمية البيئية :

البيئة ليست جمادا ... إنها حياة ... والحياة فى تطور مستمر ... وفى معراج دائم لأعلى ... لأفضل ... لأكبر ... فإن كانت لأسفل سافلين فهى الموت بعينه ... وهذا ما تهوى إليه الآن البيئة بكل مكوناتها .. هوائها ... مائها ... أرضها ... غاباتها ... غلاف الأرض الجوى ... وجوف الأرض الثائر الذى يلقى بالحمم من البراكين ... وسيول تكتسح ... وريح صرصر عاتية تقتلع ... أمراض جديدة تظهر ... وخبل فى العقول يثرثر، وقوة غاشمة ظالمة باطلة تقهر ... هذا هو حال البيئة فى بداية الألفية الثالثة ... ولا زال رجال الأرض وسادتها وكبراؤها نائمون غافلون ... رغم أن البيئة هى مهدهم، ومأواهم، وفراشهم، وطعامهم، وشرابهم، وتنفسهم، وهى الرحم الأكبر لكوكب الأرض يحتضنهم، ويظهر بهم دورة من بعد دورة ... بعلمهم وتفكيرهم ... هذا العلم والتفكير، رغم أنه الوسيلة لتنمية البيئة، إلا أن القوة الغاشمة

الظالمة الباطلة المتسلطة الجشعة ... وجهت هذا العلم، أو جانبا منه لإفساد البيئة وتلوثها ... فهل يعود الفكر البشرى إلى صفائه يوما؟ ... نعم ... ولكن بعقول المخلصين الصادقين الصابرين ... وهذا ... ما نأمل أن تساعدنا وتهدينا به قوانين الفطرة والحياة بأدواتها ورموزها فى الأرض والسماء.

إن التنمية البيئية تتخطى مضمون الحفاظ على البيئة إلى ما هو أفضل، فليس الهدف هو التحكم فى التلوث، بل هو تحسين مكونات البيئة من أرض وماء وهواء، ولن يتم ذلك إلا بتغيير النفوس والعقول ... حينئذ يتغير كل شىء فى البيئة إلى الأطهر.

وإذا نظرنا لعملية التنمية من زاوية بعيدة نوعا، مثل ما تؤديه الغابات من خدمة للبيئة – نجد أن الغابات الكبيرة، تحتاج على الأقل لمائة عام لتصل إلى تمام نموها ونضارتها، وما نراه اليوم أن هذه الغابات تحترق فى أيام أو شهور، ويرجع جانب كبير من المشكلة إلى تلوث البيئة.

التأثير البيئى للمشروعات العالمية :

تؤدى بعض المشروعات إلى حدوث تأثيرات بيئية فى أكثر من دولة من الدول التى تمر فيها الأنهار الرئيسية فى العالم .. أو فى مسطح مائى عذب أو مالح مثل بعض البحيرات العظمى وأنهار فى أوروبا، وحوض البحر الأبيض المتوسط .. وفى حالة تصريف مخلفات صناعية أو آدمية، أو زراعية .. تؤثر الملوثات على أكثر من دولة.

مثال آخر وهو تأثير الأمطار الحمضية التى لها أثر على المدى البعيد .. والمبيدات ذات السمية التراكمية .. وزيادة درجة حرارة الأرض نتيجة تلوث الهواء .. وظاهرة التصحر والجفاف والفيضانات والأعاصير .. كل هذه المشاكل البيئية قد تكون محصلة لتلوث يأخذ الطابع العالمى .. ولكن يمكن التحكم فيه إذا تم حماية البيئة

بطريقة علمية إنسانية بعيدة عن الأنانية السياسية، والجشع والطمع وإشعال الحروب والتسلط الدولى.

والمشاكل البيئية عادة متشعبة، وأطرافها كثيرة .. وأحيانا لا يحس كل طرف بنصيبه فى المشكلة .. أو يحس ويحاول ألا يتحمل مسئوليته .. وفى نهاية الأمر تظل المشاكل البيئية قائمة وتتراكم .. إلى أن تتدخل الطبيعة بجبروتها وما وراءها من قوى غيبية فى إطار القانون الإلهى الذى يرد الجزاء من جنس العمل .. وهذا ما يظهر فى صورة ما نراه من الكوارث الطبيعية والبيولوجية والأمراض الجديدة التى تلحق بالإنسان والحيوان والنبات.

الأمطار الحمضية :

بدأ تأثير الأمطار الحمضية يأخذ طابعا فاعلا على البيئة فى الثلث الأخير من القرن العشرين، حيث يصل الأس الايدروجينى أحيانا إلى أقل من ٣,٥ – وذلك بسبب تصاعد غازات ثانى أكسيد الكبريت، وأكاسيد النتروجين – حيث تتحول إلى أحماض الكبريت والنتروجين – وتعود إلى الأرض مع الأمطار سواء مياه أو جليد متساقط أو أى صور أخرى تصل للأرض فتؤثر على الغابات والمسطحات المائية – والسبب الرئيسى للغازات الحمضية هو الانبعاثات الناتجة من الوقود الفحفورى المستخدم فى الأغراض الصناعية والمنزلية وتوليد الكهرباء. وعادم السيارات التى تدفع للجو الغازات الضارة بصورة مستمرة، وتتزايد هذه الغازات مع تزايد النشاط الصناعى وزيادة عدد السيارات، واستخدام الوقود بمعدلات متزايدة، وهذا ما نراه فى صورة الكوارث البيئية فى جانب صغير وهو وجود أحماض النتريك والكبريت بتركيزات قد تقضى على حياة الأسماك فى الأنهار، وتهلك الأشجار والنبات فى الغابات والأراضى الزراعية، وأوجه المبانى، والصخور الجبلية، وبتعبير عام؛ فإن الأمطار الحمضية تضر بأى شىء تسقط

فيه أو عليه ... نباتا، أو أشجارا، أو صخورا، أو أنهارا بكل ما فيه من حياة مائية، فالأسماك تموت عندما يقل الأس الايدروجينى عن ٤,٥ أو يزيد عن ٩,٥.

وتزايدت هذه الظاهرة حتى وصلت إلى حد الكوارث الطبيعية فيمكن أن تذيب الأمطار الحامضية الكالسيوم، والماغنسيوم، والبوتاسيوم من أوراق الأشجار فتهلكها. وتؤثر على جذور النبات فتجعلها غير قادرة على امتصاص غذائها من التربة، حيث تتسبب حموضة الأمطار فى تراكم الألومنيوم فى حبيبات التربة فتهلك جذور النبات. وفى رخات المطر الشديدة، تصل مركبات الألومنيوم وبعض المعادن إلى المصارف الزراعية، ثم المسطحات المائية الأخرى كالأنهار والبحيرات، فتقضى أحيانا على الأحياء المائية فى هذه المسطحات.

وقد يئس علماء البيئة من عدم استجابة الدول الصناعية الكبرى فى خفض انبعاثات الغازات الناتجة من الصناعة لأسباب سياسية أو اقتصادية، ثم حاول البعض استخدام نوعيات من الوقود المولد للطاقة يكون نسبة الكبريت فيه أقل، ولا زال الرأى العلمى هو محاولة الاتجاه بجدية إلى تطوير مصادر الطاقة الطبيعية كالشمس والرياح، فى توليد الطاقة، والصناعة، وتطوير مصادر الطاقة النظيفة المستخدمة فى المركبات بنوعياتها المختلفة خاصة الطاقة الشمسية والكهرباء.

إرتفاع درجة حرارة الأرض :

ظاهرة مفعول الدفيئة Greenhouse effect أو ما يسمى بالاحتباس الحرارى، ناتجة من غازات فى طبقات الجو السفلى تسبب احتباس بعض الحرارة المرتجعة إلى الفضاء، وهذا يشابه ما يحدث فى غطاء البلاستك أو الزجاج للصوبة الزراعية. وتشمل الغازات المسببة لهذه الظاهرة، ثانى أكسيد الكربون، والميثان، وبخار الماء، ومركبات الكلوروفلوروكربون، وأكسيد النتروجين. وهذه الغازات ضرورية لجعل كوكب الأرض بدرجة من الدفء اللازم لحياة الإنسان والحيوان والنبات، ولكن إذا زادت كمية هذه

الغازات فإنها تسبب احتباس مقدار كبير جدا من الحرارة يؤدى إلى رفع درجة حرارة الأرض، وتسبب تغيرات لا يمكن أن يلمس منها العلماء إلا القليل، لأن لها جانب أخلاقى إنسانى يتدخل سلبيا فى الغازات المتصاعدة من الصناعات الحربية والمدنية، بدعوى تدعيم الاقتصاد للدول الغنية، ويكون لهذا الجانب السلبى، ردود أفعال من القدرة الإلهية لا يمكن للبشر أن يتنبأ بها أو يقف فى طريقها.

والبشرية كلها تعلم وظيفة الأشجار فى امتصاص ثانى أكسيد الكربون، وهو الغاز المسئول عن أكثر من ٥٠ ٪ من ظاهرة الاحتباس الحرارى، والميثان مسئول عن حوالى ١٨ ٪، والكلوروفلوروكاربون عن ١٤ ٪، ونسب صغيرة من غازات أخرى. ورغم ذلك يزداد معدل قطع الأشجار التى تعمل توازنا فى مكونات الغلاف الجوى. ونرى ما هو أسوأ من ذلك، حريق الغابات الذى يدمر مئات الآلاف من الأفدنة سواء بفعل فاعل أو بالاشتعال الذاتى إذا صح القول، وهذه الكوارث تتكرر بصور بشعة.

عامل آخر قد يكون تفسيره صعبا، وهو الدورات المناخية التى يمر بها كوكب الأرض من مئات وآلاف وملايين السنين، وما يلمسه العلماء فى افتراضاتهم ليس لها أساس علمى، ولكنها تعتمد على ما مرت به الأرض من ظروف مناخية فى الماضى، وعوامل التخريب البيئى فى الخمسين عاما الأخيرة، والتى تمثل لحظة خاطفة فى علوم الجيولوجيا والتاريخ البشرى. وإذا نظرنا إلى معدلات الزيادة السكانية فى النصف الثانى من القرن العشرين وتضاعف عدد السكان فى الفترة الأخيرة ليزيد عن ستة مليارات نسمة، نجد أن ما صرح به العلماء من أن الأثر الناجم عن أنشطة الإنسان من الغازات والعوالق والأبخرة والغبار يمكن وصفه بأنه بركان بشرى، وهذا البركان بسلبياته وجشعه وعماه، يعكس ما ألمَّ بالمناخ وما سيلم به مستقبلا من كوارث وأهوال وجحيم.

وقد زاد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ما يزيد عن ٣٥٠ جزء فى المليون (بالحجم)، بعد أن كا ٢٨٠ جزء فى المليون قبل الثورة الصناعية والزيادة السكانية فى

النصف قرن الأخير، وإذا كان العلماء يفترضون زيادة فى هذا الغاز بنحو نصف فى المائة سنويا بسبب حرق الوقود الأحفورى، والتصحر، فإن هذا الافتراض قد يتغير، نتيجة للكوارث الفجائية، والأحداث الدولية التى تلحق بالبيئة أضرار مباشرة، وغير مباشرة. ولا ننسى أن تدمير الغابات ليس بسبب الحرائق فقط، ولكن الغازات والانبعاثات الأخرى من المصانع تعود إلى الأرض كأمطار حمضية والتى تسببت فى أن خسرت بريطانيا حوالى ٥٦ ٪ من غاباتها، وخسرت أوروبا حوالى ٢٢ ٪ من غاباتها.

نعود فى النهاية إلى الطبيعة التى احتضنت الإنسان، والتى يمكن بمصادر الطاقة بها، وهى الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح والمياه أن تساعد الإنسان فى الابتعاد ما أمكن عن الطاقة التى تسبب مخلفاتها تدميرا بالبيئة يرتد بآثاره على الإنسان فيهلكه، وهذا المجال هو الذى يستحق الدراسة والبحث فى المدارس والجامعات بدلا من صناعة السلاح والثراء منها على المستوى الدولى والتجارى ؟!!!

ونتيجة للتغير الذى بدأ فعلا فى المناخ العالمى، فقد يحتاج ذلك إلى إعادة توزيع لسكان العالم كله لامتداد المناطق الحضرية، والسكان والزراعة، وكذلك حماية الشواطىء التى ستتأثر من ارتفاع منسوب مياه المحيطات والبحار. وإذا كان العلماء قد بدؤوا فى نهاية القرن العشرين جدية الدراسات الخاصة باستبدال الوقود الملوث للجو، وتطوير الصناعات، فإن ذلك يجب أن يأخذ تخطيطا تنفيذيا للعودة إلى أحضان الطبيعة واستغلال الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، إضافة إلى مزيد من البحث والجهد لتطوير استخدام الهيدروجين كمصدر للطاقة بدلا من المصادر المدمرة للبيئة. ولا يعنى ذلك ترك الحالة السيئة التى وصلت إليها البيئة، ولكن يجب بالتوازى مع ما قد سبق من مصادر الطاقة الجديدة، يجب الاستمرار فى تطوير الوضع الحالى فى بعض الصناعات مثل إمكانية استرجاع ثانى أكسيد الكربون لاستعماله بدلا من التخلص منه فى الجو، ودراسة البدائل الأقل إضرار بالبيئة فى حالة التخلص من الغاز، أو الاستفادة منه بطرق بيولوجية كيماوية طبيعية.

ومفتاح حل هذه المشاكل فى يد الدول المتقدمة، التى إن أرادت أن تصلح ما أفسدته، فيجب أن تشجع الأبحاث العلمية التى تخدم معالجة هذه المشكلة، وتقدم نتيجة كل ذلك للدول النامية الفقيرة كخدمة عالمية متميزة، لأن نتيجة كل هذا الجهد يعود بالفائدة على العالم كله.

تأثير حركة الطيران :

تشير البحوث العلمية الحديثة، إلى وجود أكاسيد النتروجين بتركيزات عالية فى طبقات الجو العليا على ارتفاع (٨-١٥) كيلو متر فوق سطح الأرض - والمصدر الرئيسى لهذه الظاهرة هو حركة الطيران التى تكون عادة على ارتفاع (٩-١٣) كيلو متر فوق سطح البحر، وفى هذه الطبقات العليا، قد تؤثر أكاسيد النتروجين على طبقة الأوزون وزيادة تآكلها الذى اكتشف حديثا، بالإضافة إلى الغازات الأخرى وأهمها مركبات الكلوروفلور كربون.

تأثير ارتفاع درجة الحرارة عالميا على البيئة :

يرى بعض العلماء أن الارتفاع التدريجى فى درجة حرارة الأرض يرجع إلى ظاهرة الاحتباس الحرارى (greenhouse effect) - ففى طبقات الجو السفلى تتسبب غازات معينة، فى احتباس بعض الحرارة المرتجعة إلى الفضاء.

وفى حالة زيادة تركيز هذه الغازات، تؤدى إلى احتباس مقدار كبير جدا من الحرارة، ويؤدى هذا بدوره إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض. وإذا انخفض تركيز هذه الغازات بدرجة كبيرة يؤدى ذلك إلى انخفاض درجة حرارة الأرض بدرجة غير عادية.

والوضع الحالى فى النصف قرن الأخير، هو زيادة تدريجية فى درجة حرارة الأرض نتيجة زيادة هذه الغازات الناتجة من حرق الوقود بجميع أنواعه، وهو الفحم، والنفط، والغاز الطبيعى - وتضاعفت تركيزات ثانى أكسيد الكربون فى الهواء بسبب التلوث، وقطع الأشجار التى تمتص ثانى أكسيد الكربون وتخرج الأكسجين للهواء. وتشير الدراسات

المناخية إلى أن درجة الحرارة سوف ترتفع بين (١-٣,٥) درجة خلال القرن الواحد والعشرين. ويقابل ذلك ارتفاع فى منسوب مياه البحر (١٥-٩٥) سم، فى حين أشارت الدراسات السابقة إلى أن هذا الارتفاع قد يصل (٢-٣) م.

وليس الاحتباس الحرارى هو المسئول الوحيد عن الارتفاع التدريجى لدرجة الحرارة، ولكن التاريخ يعكس لنا من الماضى دورات مناخية يشهدها العالم بين حين وآخر. فمنذ آلاف السنين شهدت مناطق متفرقة من العالم كوارث ونكبات كالزلازل، والفيضانات، والجفاف وموجات الصقيع وندرة الطعام - وشهدت مدينة الإسكندرية خلال القرن الرابع أربع زلازل كان أشدها عام ٣٦٥م. ويعكس التاريخ أهمية المناطق غرب جنوب الإسكندرية حتى داخل الأراضى الليبية - فكانت فى الأزمان الغابرة سلة للغذاء العالمى - إنتاج الحبوب والفواكه ومنطقة مريوط القديمة التى كانت تغطى بحيراتها ١٧٠٠٠٠ فدان - أى عشرة أمثال مسطح بحيرة مريوط الحالى. وإذا كان عالم من علماء المناخ يصف الأثر الناجم عن نشاطات الإنسان، من دخان وغبار وأبخرة، بأنه بركان بشرى، فإننا نمثل بالفعل عاملا فى معادلة المناخ - بل قد نكون نحن العامل الحاسم.

تعريف بقوانين حماية البيئة من التلوث

قانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢

صدر قرار جمهورى بهذا القانون، ونشر بالجريدة الرسمية فى ٢١ مايو ١٩٦٢ - العدد ١١٤ - وصدر قرار وزير الإسكان رقم ٦٤٩ لسنة ١٩٦٢ باللائحة التنفيذية، ونشر بالعدد ٨ مكرر - بجريدة الوقائع المصرية فى ٢٨ يناير سنة ١٩٦٣. وشمل الباب السادس من اللائحة التنفيذية (المعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المتخلفات السائلة التى يرخص بصرفها فى المجارى العامة) وتم العمل بهذه المعايير حتى تم استبدال

الباب السادس بقرار وزير التعمير والمجتمعات العمرانية والإسكان والمرافق رقم ٩ لسنة ١٩٨٩ – ونشر هذا القرار فى الوقائع المصرية بالعدد ١٦٣ فى ١٩٨٩/٧/٢٠. واستمر هذا القرار ساريا .. حتى صدر قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم (٤٤) لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم (٩٣) لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة .. ونص تعديل الباب السادس من اللائحة التنفيذية على معايير وشروط المخلفات السائلة حسب الآتى:

مادة (١٤): المعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المخلفات السائلة التى يرخص بصرفها فى شبكات الصرف الصحى العامة.

١. يشترط للترخيص بصرف المخلفات السائلة من المنشآت الصناعية أو التجارية إلى شبكات الصرف الصحى العامة ألا تتجاوز النسب والمعايير الآتية:

درجة الحرارة	٤٢ درجة مئوية
PH	٦–٩,٥
BOD	٦٠٠ جزء فى المليون
COD (داى كرومات)	١١٠٠ جزء فى المليون
SS	٨٠٠ جزء فى المليون
زيوت وشحوم	١٠٠ جزء فى المليون
كبريتيدات ذائبة	١٠ جزء فى المليون
النتروجين الكلى	١٠٠ جزء فى المليون
الفسفور الكلى	٢٥ جزء فى المليون
السيانيد	٠,٢ جزء فى المليون
الفينول	٠,٠٥ جزء فى المليون
المواد الراسبة فى اللتر بعد ١٠ دقائق ترسيب	٨سم^{٣}

المواد الراسبة فى اللتر بعد ٣٠ دقيقة ترسيب ١٥سم^{٣}

المعادن الثقيلة

الكروم السداسى	٠,٥ جزء فى المليون
الكادميوم	٠,٢ جزء فى الميون
الرصاص	١ جزء فى المليون
الزئبق	٠,٢ جزء فى المليون
الفضة	٠,٥ جزء فى المليون
النحاس	١,٥ جزء فى المليون
النيكل	١ جزء فى المليون
القصدير	٢ جزء فى المليون
الزرنيخ	٢ جزء فى المليون
البورون	١ جزء فى المليون

على ألا يتعدى مجموعها ٥ جزء فى المليون.

ب. يجب أن تخلو المخلفات السائلة من البترول الإيثيرى وكربيد الكالسيوم والمذيبات العضوية أو أى مادة أخرى ترى الجهة المختصة أن وجودها يؤدى إلى خطورة على العمال القائمين بصيانة الشبكة أو الإضرار بمنشآت الصرف الصحى أو بعملية التنقية أو يؤدى وجودها إلى تلوث البيئة نتيجة صرف فائض عمليات التنقية لمياه الصرف الصحى ..كما يجب أن تخلو المخلفات الصناعية السائلة من أية مبيدات حشرية أو مواد مشعة.

الهدف من صدور قانون ١٩٦٢/٩٣ ولائحته التنفيذية :

أولا: حماية شبكات الصرف وملحقاتها من التلف، لضخامة التكاليف الإنشائية لهذه الشبكات، حيث تتسبب المواد الكيماوية فى تآكل المواسير، ووصلاتها، والمطابق، وبيارات التجميع ووحدات الرفع.

ثانيا: تسرب المياه الملوثة للتربة وما يتبع ذلك من الإضرار بالأساسات المجاورة، ووصول هذه الملوثات للمياه الجوفية.

ثالثا: تأثير الملوثات الصناعية على عمليات المعالجة وزيادة الأحمال عليها.

رابعا: تأثير المواد السامة والضارة على المسطحات المائية التى يتم فيها التخلص من مياه الصرف بدون معالجة أو بعد المعالجة.

قانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢
فى شأن حماية نهر النيل والمجارى المائية من التلوث

صدر هذا القانون بقرار جمهورى، نشر بالجريدة الرسمية فى ١٩٨٢/٦/٢٦ – العدد ٢٥ مكرر. وصدر قرار وزير الرى رقم ٨ سنة ١٩٨٣ باللائحة التنفيذية للقانون. ونشر فى الوقائع المصرية فى العدد ٣١ بتاريخ ١٩٨٣/٢/٥.

وحددت اللائحة التنفيذية معايير المخلفات السائلة التى تصرف فى:

- مسطحات المياه العذبة وتشمل:
  - نهر النيل وفروعه والأخوار (تفريعات داخل الجزر).
  - الرياحات والترع بجميع درجاتها وفروعها.
- مسطحات المياه غير العذبة وتشمل:
  - المصارف بجميع درجاتها.
  - البحيرات.
  - البرك والمسطحات المائية المغلقة.

- خزانات المياه الجوفية.

وشمل الباب السادس .. الضوابط والمعايير والمواصفات الخاصة بصرف المخلفات السائلة المعالجة إلى مجارى المياه مثل:

- الصرف على مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية وذلك بالنسبة للمخلفات الصناعية السائلة، والمخلفات الصناعية التى تختلط بمخلفات آدمية.
- الصرف على مسطحات المياه الغير عذبة – وذلك بالنسبة لمياه الصرف الصحى – والمخلفات الصناعية السائلة.

وشملت المعايير الخصائص الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية وعلى سبيل المثال:

- بالنسبة لمعايير الصرف للمخلفات الصناعية السائلة المعالجة إلى مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية، يجب ألا تزيد تركيزات الـ BOD عن ٢٠ مجم/لتر، والمواد العالقة عن ٣٠مجم/لتر، ومجموع المعادن الثقيلة عن ١مجم/لتر، والبكتريا القولونية عن ٢٥٠٠/١٠٠سم^{٣}.

  + عناصر أخرى.

- يجب أن تتوافر فى مياه المصارف قبل رفعها إلى مسطحات المياه العذبة المعايير الآتية: منها على سبيل المثال:
  - BOD لا تزيد عن ١٠ مجم / لتر
  - مجموع المواد الصلبة لا يزيد عن ٥٠٠ مجم / لتر
  - الأكسجين الذائب لا يقل عن ٥ مجم / لتر
  - PH ← (٧-٨,٥)
  - العدد الاحتمالى للمجموعة القولونية لا يزيد عن ٥٠٠ / ١٠٠سم^{٣} + عناصر أخرى

- يجب أن تتوافر فى مياه الصرف الصحى والمخلفات الصناعية السائلة التى يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه غير العذبة معايير ومواصفات منها:
  - PH = ٦-٩
  - BOD لا تزيد عن ٦٠ مجم / لتر
  - DO لا تقل عن ٤ مجم / لتر – لمياه الصرف الصحى
  - TDS لا تزيد عن ٢٠٠٠ مجم / لتر
  - SS لا تزيد عن ٥٠ للمجارى، ٦٠ مجم / لتر للمخلفات الصناعية
  - مجموع المعادن الثقيلة لا تزيد عن ١ مجم / لتر
  - المبيدات معدوم (غير مسموح بأى تركيز)
  - بكتريا القولون لا تزيد عن ٥٠٠٠ / ١٠٠سم^{٣}

قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة :

نشر بالجريدة الرسمية فى ١٩٩٤/٢/٣ – وشمل الآتى:

- حماية البيئة الأرضية من التلوث.
- ضوابط خطر تداول المواد والنفايات الخطرة وقواعد وإجراءات إدارتها.
- حماية البيئة الهوائية من التلوث.
- حماية البيئة المائية من التلوث من المصادر الآتية:
- التلوث من السفن بملوثات؛ الزيت، ومخلفات الصرف الصحى والقمامة.
- التلوث من المصادر البرية.

المنشآت الخاضعة لأحكام تقييم التأثير البيئى

تخضع لأحكام تقييم التأثير البيئى:

- المنشآت الصناعية.

- المنشآت السياحية.
- منشآت الكشف عن البترول واستخراجه وتكريره وتخزينه ونقله.
- منشآت توليد الكهرباء.
- منشآ المناجم والمحاجر وإنتاج مواد البناء.
- جميع مشروعات البنية الأساسية ومنها محطات معالجة الصرف الصحى وإعادة استخدام مياهها، أو مياه الصرف الزراعى ومشروعات الرى وغيرها من المرافق الأخرى.
- أية منشآت أخرى أو نشاط أو مشروع يحتمل أن يكون له تأثير ملحوظ على البيئة.

أمثلة للمعايير الواردة بالقانون ١٩٩٤/٤ :

المعايير والمواصفات لبعض المواد عند تصريفها فى البيئة البحرية :

مع مراعاة الأحكام المنصوص عليها فى القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل ولائحته التنفيذية يشترط ألا تتجاوز مستويات الصرف للمواد المبينة بعد عن المستويات الموضحة قرين كل منها.

وفى جميع الأحوال لا يسمح بالصرف فى البيئة البحرية إلا على مسافة لا تقل عن ٥٠٠ مترا من خط الشاطىء، كما لا يسمح بالصرف فى مناطق صيد الأسماك أو مناطق الاستحمام أو المحميات بما يحافظ على القيمة الاقتصادية أو الجمالية للمنطقة.

البيان	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ميللجرام/لتر – ما لم يذكر غير ذلك)
درجة الحرارة	لا تزيد عن عشر درجات فوق المعدل السائد

البيان	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ميللجرام/لتر – ما لم يذكر غير ذلك)
الأس الأيدروجينى	٦–٩
اللون	خالية من المواد الملونة
الأكسجين الحيوى الممتص	٦٠,٠٠٠
الأكسجين المستهلك كيماويا (دايكرومات)	١٠٠,٠٠٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	٢٠٠٠,٠٠٠
رماد المواد الصلبة الذائبة	١٨٠٠,٠٠٠
المواد العالقة	٦٠,٠٠٠
العكارة	NTU ٥٠
الكبريتيدات	١,٠٠٠
الزيوت والشحوم	١٥,٠٠٠
الهيدروكربونات من أصل بترولى	٠,٥٠٠
الفوسفات	٥,٠٠٠
النيترات	٤٠,٠٠٠
الفينولات	١,٠٠٠
الفلوريدات	١,٠٠٠
الألومنيوم	٣,٠٠٠
الأمونيا (نيتروجين)	٣,٠٠٠
الزئبق	٠,٠٠٥
الرصاص	٠,٥٠٠
الكادميوم	٠,٠٥٠
الزرنيخ	٠,٠٥٠
الكروم	١,٠٠٠
النحاس	١,٥٠٠
النيكل	٠,١٠٠
الحديد	١,٥٠٠
المنجنيز	١,٠٠٠
الزنك	٥,٠٠٠
الفضة	٠,١٠٠
باريوم	٢,٠٠٠

البيان	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ميللجرام/لتر – ما لم يذكر غير ذلك)
كوبالت	٢,٠٠٠
المبيدات بأنواعها	٠,٢٠٠
السيانيد	٠,١٠٠
العد الاحتمالى للمجموعة القولونية فى ١٠٠سم^{٣}	٥٠٠٠,٠٠٠

حالة دراسة للتقييم البيئى للمشروعات

مجارى إسكندرية

مقدمة :

أشرنا إلى أن التلوث الفكرى والعماء القلبى هو الذى يؤدى إلى إفساد البيئة وتدميرها.

والمثال الواضح، والذى عاصرناه فى العشرين عاما الأخيرة من القرن العشرين ولا زال، هو مشروع مجارى الإسكندرية والتخلص منه هل برا أو بحرا. فالمشكلة مستمرة. وكم من طرق ملتوية ومتلونة، سلكها الفاسدون والمنافقون لكى يغيروا المسار الصحيح لهذه القضية لأسباب زائلة، ولكن الحق دائما أكبر من النفوس الضعيفة التى لم تفكر باستقامة فى الإسكندرية، فجر الحضارة، ومهد الثقافة، ونبع من ينابيع العقيدة الطاهرة الصافية، هذه المدينة العريقة بحضارتها والتى أحبها العالم كله، وأحس بها فأطلق اسم الإسكندرية على مدن كثيرة فى أرجاء المعمورة. استقبلت الإسكندرية عظماء التاريخ والعقيدة. جدد بنيانها الإسكندر الأكبر، وأقامها عروسا للبحر الأبيض المتوسط، ثم وطأها بأقدامه الطاهرة، أبى الحسن الشاذلى، بابا منيرا من أبواب مدن العلم والمعرفة والصفاء، وتلاه خليفته أبى العباس المرسى، وجها مشرقا

للإسكندرية وعلم من أعلامها لا ينطفىء ولا يغيب، وبدأ الفكر الصوفى فى الانتشار ليضىء بنوره من قلوب العارفين والمحبين.

هذه هى الإسكندرية التى يحاول أدعياء حقوق الإنسان والحضارة أن يطمسوا حضارتها، ويهدموا مجدها. ولا غرابة فى ذلك، فالتلوث البيئى لم يتوقف عند إفساد الماء والهواء، بل تسبب التفكير الشيطانى فى تخريب المدن العريقة، ومن يتأمل فى مسار مشروع مجارى الإسكندرية يجد هذه الأهداف واضحة كل الوضوح، ويجد فى هذه المأساة، صورة حية لأبشع مظاهر التلوث الفكرى والبيئى والبشرى على مر العصور، وامتدت جذور هذه المشكلة من القرن العشرين ونمت وأخذت زخرفها وازينت بظن أهلها لتصبح شجرة خبيثة، ندعو الله أن تجتث يوما من فوق الأرض، ويُبعد عن الإسكندرية شبح التلوث المخيف الذى تسبب فى إصابة الرئتين لهذه المدينة، البحر شمالا، وبحيرة مريوط جنوبا. (مرجع ١٠).

الفصل الأول من مجارى إسكندرية :

بداية التخطيط الشامل لمشروع الصرف الصحى لمدينة الإسكندرية (مرجع ١٠).

فى أواخر عام ١٩٧٦ بدأت دراسة هذا المشروع بواسطة خبراء مصريون وأجانب تابعين للولايات المتحدة التى تعاقدت على تمويل جزء من تكاليف المشروع. وفى أغسطس من عام ١٩٧٨ تقدمت مجموعة الخبراء بنتيجة دراستهم وهى التخلص من مجارى الإسكندرية فى البحر بواسطة مصبين بحريين طول كل منهما ١٠ كيلو متر بعمق حوالى ٥٠ متر تحت سطح البحر، أحدهما بسيدى بشر، والآخر عند قلعة قايتباى على أساس صب المجارى فى البحر بعد معالجة أولية فقط.

ولم توافق الهيئات المعنية بحماية البيئة فى كل من مصر والولايات المتحدة، وتم طرح المشروع من جديد، وتولت زمرة أخرى دراستها فى بداية عام ١٩٨١، وقامت بمراجعة

الدراسة الأولى وعرضت رأيها فى ديسمبر من عام ١٩٨١، واقترحت الاستفادة من مياه الصرف الصحى فى استصلاح واستزراع ما يزيد عن خمسون ألف فدان من الأراضى الصحراوية جنوب غرب مدينة الإسكندرية، وعددت من مزايا الصرف البرى، واستبعدت الصب فى البحر.

إلا أن هيئة المعونة الأجنبية وضعت عراقيل كثيرة أمام هذا الاقتراح ورفضت الإستفادة من المياه بحجة زيادة تكاليف الصرف فى الصحراء عن الصب فى البحر بنسبة تصل للضعف. وتقدمت الهيئات العلمية منها الدولية والمصرية باقتراحاتها العلمية فى هذا الموضوع وعلى رأسها جامعة الإسكندرية، فرفضت رفضا قاطعا صب مياه المجارى فى البحر. واستمرت هذه الجولات العلمية لأكثر من عشرين عاما منذ عام ١٩٧٩ دون أن تصل بيوت الخبرة الأجنبية إلى قرار سليم، رغم أن القرار السليم والواضح قد اقترحته جهات علمية لها وزنها الدولى والمحلى ومنها، جامعة الإسكندرية، أكاديمية البحث العلموالتكنولوجيا بالقاهرة، ثم جامعة ليفربول بانجلترا.

والحديث عن هذا المشروع وملابساته يحتاج إلى مئات الصفحات لعرض جوانبه الهندسية والاقتصادية والبيئية والقومية والأمنية والزراعية والإنسانية، وفى الصفحات القليلة الآتية بعض الأضواء التى قد تساعدنا فى تفهم الإطار الصحيح لهذا المشروع وإبرازه فى طابع قومى وبيئى:

فى خطاب أُرسل للسيد رئيس جامعة الإسكندرية عام ١٩٨٣ من السيد توماس كينات رئيس قسم هندسة النظم البيئية بكلية الهندسة بجامعة كليمزون بالولايات المتحدة، بخصوص مشروع الصرف الصحى لمدينة الإسكندرية أبدى ملاحظاته فى الخطة النموذجية للتخلص من مجارى الإسكندرية كالآتى:

- أن نظام التخلص فى البحر معقد من الناحية الميكانيكية أكثر مما قد يتطلبه الحال بالنسبة لاستخدام نظام التخلص فى الصحراء.

- أن نقل الحمأة (رواسب المجارى) تتسبب فى مشكلات خطيرة كما يحدث غالبا فى المدن الرئيسية بالولايات المتحدة الأمريكية.
- أن الإتجاه للصرف فى الصحراء سوف يؤدى فى مصر إلى إنشاء تكنولوجيا استصلاح وإعادة استخدام وتزيد أيضا مساحة الأرض المطلوبة لإنتاج المواد الغذائية وهذه ميزة كبيرة لنظام الصرف فى الصحراء.
- أن الطرق المستخدمة فى المعالجة فى الصحراء وإعادة استخدام المياه، هى طرق مرنة يمكن تغييرها وتعديلها فى المستقبل وذلك مع تعديل وتغيير الدورات الزراعية ونوعية المحاصيل ودرجة معالجة المجارى المطلوبة.

وأنهى الدكتور توماس ملاحظاته بالخلاصة بأن التخلص من مياه مجارى الإسكندرية فى الصحراء هو أفضل البدائل.

جاءت توصيات رئيس قسم هندسة النظم البيئية بجامعة كليمزون بالولايات المتحدة، متزامنة مع توصيات وتقارير لجنة التخطيط الشامل، بمحافظة الإسكندرية عام ١٩٨٣ والتى جاء فى بعض فقراتها ما يلى:

- أن مشكلة الغذاء العالمى من جهة، ومشكلة المياه العذبة من جهة أخرى تجعل إهدار مياه الصرف الصحى أمرا لا يمكن قبوله بأى صورة من الصور.
- أن مشكلة المواد الأساسية الغذائية فى مصر تجعل من الإعتماد على الدول الأجنبية فى استيراد رغيف العيش سلاحاً مسلطاً على الرقاب يجب التحرر منه.
- يمكن استخدام جزء من مياه المجارى الخام لاستصلاح مساحات شاسعة من الأراضى الصحراوية.
- يتم معالجة الجزء الباقى للدرجة المناسبة بطريقة البحيرات ويفضل الجمع بين البحيرات المهواة، وبحيرات الأكسدة والإستفادة من طاقة الرياح كلما أمكن ذلك.

- يمكن خلط مصادر مياه أخرى مع مياه المجارى المعالجة قبل استخدامها فى الرى لزيادة الرقعة الزراعية.
- يمكن فصل المخلفات الصناعية ورفعها فى خطوط خاصة بها ومعالجتها بطريقة البحيرات بمدة مكث تلائم مكوناتها حتى تصبح صالحة للزراعة.
- فى حالة التربة الرملية الزلطية، يمكن تجميع المياه المتسربة من قاع البحيرات بمصارف مناسبة حيث أن ترشيح المياه خلال التربة يحسن من خواصها بالإضافة إلى أن نظام تجميع المياه بطريقة المصارف أقل تكلفة من تبطين قاع البحيرات وجوانبها.
- الإستفادة من عملية تخزين المياه المعالجة قبل الرى واستخدام بحيرات للتخزين بمدة بقاء كبيرة حيث تتحسن خواص المياه بكتريولوجيا، وفى نفس الوقت يمكن استخدام هذه البحيرات للاستنبات المائى وتربية الأسماك والبط.
- يمكن اعتبار مجموعة من بحيرات التخزين كبحيرات أكسدة متغيرة العمق لتؤدى الغرضين: تحسين خواص المياه، واستخدام الفائض من المياه فى الأغراض السابقة.

إمكانية استخدام البحيرات :

عرض الباحثون من مصر وانجلترا مشروع الصرف الصحى لمدينة الإسكندرية فى مؤتمر منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (الفاو) الذى عقد فى قبرص فى أكتوبر عام ١٩٨٥ (أبحاث د. صبرى عبد الغفار – حاتم العطار – إبراهيم السكرى) (و د. مارا)، وذلك كمثال للمدن الكبرى التى يمكن استخدام البحيرات فى معالجة مخلفاتها السائلة ليصل بعدد بكتريا القولون فى المياه المعالجة إلى أقل من ١٠٠ فى كل ١٠٠سم^{٣}، وهذه النوعية من المياه يمكن استخدامها فى الرى بدون أى قيود. واقترح الباحثون زراعة بنجر السكر فى الصيف، أما فى الشتاء فيمكن زراعة البرسيم والأعلاف والذرة والفول والبقول. وتحتوى مخلفات بعض المصانع على مواد سامة

تتطلب معالجة خاصة قبل التخلص منها، مما جعل بيوت الخبرة الأجنبية التى قامت بدراسة المشروع تعطى رأيا قاطعا فى هذا الموضوع، فقد ورد بدراسة المجموعة الأولى عام ١٩٧٨ ما نصه: (بخصوص المخلفات الصناعية فقد وجد المكتب الاستشارى أن الطريقة الإقتصادية والمثلى هى فصل السموم والمواد الخطرة من مخلفات كل مصنع على حدة، ثم صبها فى الشبكة العامة المشتركة للصرف الصحى).

وقد ورد بدراسة المجموعة الثانية التى تقدمت بها فى أبريل ١٩٨٢ ورد بالباب السابع ما نصه: (أن التخلص من مياه الصرف الصحى سواء كان فى البحر أو على الأرض يتطلب حجز المواد السامة من المخلفات الصناعية قبل صرفها فى شبكات المجارى. وهذا المطلب غاية فى الأهمية ويجب إنجازه بغض النظر عن اختيار أى البديلين).

هذا ما أوصت به بيوت الخبرة الأجنبية باعتباره مطلبا أساسيا. فإذا افترضنا عدم تلبية هذا المطلب فى الوقت الحالى فإن وجود مواد سامة فى مياه الصرف الصحى يجعل التخلص منها فى البحر أكثر خطورة على الصحة العامة، حيث أن المعادن الثقيلة تتراكم فى الأسماك وتصل إلى الإنسان، أما فى حالة استخدامها فى الرى فإن نسبة كبيرة منها يتم حجزها فى التربة وخاصة فى الجيرية منها.

وقد عرض د. مارا – أستاذ الهندسة الصحية بجامعة ليدز بانجلترا بمؤتمر (الفاو) فى قبرص ١٩٨٥ مثال تصميمى لاستخدام بحيرات الأكسدة فى علاج مياه الصرف الصحى للمدن الكبيرة على أساس تخطيط مجموعة من البحيرات على التوازى وعلى التوالى تخدم كل مجموعة على التوالى تعداد مائة ألف نسمة وإمكانية استخدامه لمدينة الإسكندرية وذلك على الأسس الآتية:

- مثال تصميمى لتصرف مكافىء لتعداد ١٠٠٠٠٠ مائة ألف نسمة يتم تشغيله على التوالى ويمكن تكراره على التوازى فى مجموعات متقاربة أو متباعدة حسب طوبوغرافية الأرض وظروف الإستزراع والتشغيل.

- استخدام بحيرات هوائية لا هوائية بمساحة ٢٧ هكتار ومدة بقاء ٤٢ يوم.
- استخدام بحيرات إنضاج لتحسين خواص المياه تتراوح مساحتها بين (٦-١٤) هكتار، ويتراوح مدة بقاء المياه فيها بين (٩-٢١) يوم حسب معايير العد البكتيرى المطلوب.
- فى حالة أعلى درجة معالجة بعدد لبكتريا القولون فى المياه المعالجة حوالى ١٠٠ لكل ١٠٠ سنتيمتر مكعب فإن المساحة المطلوبة تساوى ٥١ هكتار، ومدة بقاء المياه فى جميع البحيرات ٦٣يوم.
- لتصرف مدينة الإسكندرية تكون المساحة المطلوبة حوالى ٥٠٠٠ هكتار أى حوالى ١٢٥٠٠ فدان لاستيعاب مياه المجارى والمخلفات الصناعية لتصرف عام ٢٠٠٠.
- تخزين المياه بعد المعالجة وقبل عملية الرى يكون مساويا لتصرف حوالى ١٢٠ يوم، وعلى أساس تصرف سنوى ١,٤٤٥,٠٠٠ متر مكعب فى اليوم يكون حجم التخزين حوالى ١٧٤ مليون متر مكعب وبفرض عمق ١٠ متر تكون المساحة المطلوبة للتخزين حوالى ٤٣٣٥ فدان.
- يمكن استغلال مسطحات تخزين المياه فى مشروعات إنتاجية زراعية وحيوانية.

والتعديل الوحيد الذى يقترحه المؤلف هو استبدال البحيرات اللاهوائية بأحواض بحيرات مهواة للتحكم فى مشكلة رئيسية من المشاكل البيئية، وكان التفكير فى هذا الاتجاه نابع من إمكانية استخدام طاقة الرياح مع الاستعانة بمصدر طاقة أخرى على أساس أن البحيرات المهواة التى تعمل بنظام بحيرات هوائية لا هوائية لا تحتاج إلى طاقة كبيرة كما أن تغير معدلات التهوية لا يؤثر فى وظيفتها حيث يليها بحيرات أكسدة متقلبة، ثم بحيرات إنضاج لخفض الحمل العضوى والعد البكتيرى - وعدد بويضات الطفيليات، واستخدام طواحين الهواء لتحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية عمليا واقتصاديا فى نفس الوقت.

وقد استخدم قدماء المصريين طواحين الهواء منذ حوالى خمسة آلاف سنة فى القوارب النهرية والبحرية – واستخدمت فى طحن الحبوب فى عهد ثانى الخلفاء الراشدين. وبداية من القرن الثالث عشر استخدمت على نطاق أوسع فى الدول الغربية وباقى دول العالم فى رفع المياه وتوليد الطاقة الكهربية للمنازل والفنادق والمصانع والمدارس والمزراع والتجمعات السياحية.

مجالات الطاقة المتولدة من الطواحين :

- ١. وحدات منزلية حتى ١٠٠ وات.
- ٢. وحدات للأغراض المنزلية المتعددة (٢-٤) كيلو وات.
- ٣. وحدات للمزارع: (١٥-٤٠) كيلو وات.
- ٤. وحدات للرى والصناعات الصغيرة: (٦٠-١٠٠) كيلو وات.
- ٥. وحدات للصناعات الكبيرة (٢٠٠ كيلو وات وحتى ٥ ميجاوات.

ويترواح قطر المروحة من (١-١٠٠) متر، ويمكن صناعتها محليا – ويسهل تحريك تربينات الطاحونة عند سرعات الرياح التى تزيد عن ٦ متر / ث – وهى السرعة السائدة فى سواحل البحر الأبيض والبحر الأحمر.

ومن أكبر مواقع لطواحين الهواء فى العالم، موقع على بعد ٧٢كم شرق سان فرانسسكو تضم حوالى ثمانية آلاف طاحونة تنتج حوالى ٧٩٠ ميجاوات، أنشئت فى الفترة من سنة ١٩٨٣ وحتى ١٩٨٥ وبها نوعيات مختلفة يتراوح قطرها (١٠-٢٤) متر، وتتراوح قوة وحداتها بين (٤٠-٤٠٠) كيلو وات.

وفى الدانمارك توجد هذه الوحدات بكثرة على سواحلها وقدرة وحداتها من ٧٥٠ كيلو وات إلى ٢,٥ ميجاوات حيث يصل ما تنتجه الوحدات إلى ٥٠٠ ميجاوات.

الفصل الثانى من مشروع المجارى

مكانة الإسكندرية :

الإسكندرية والقاهرة ... ليست من المدن والعواصم العادية ... فيهما من الآثار، والتراث، والحضارة، ورموز الثقافة، والمعرفة ... ما لم يتوفر لأى مدينة فى العالم. وبالنسبة للإسكندرية وهى مقصدنا، أنشأها الإسكندر الأكبر فى منطقة متميزة، حيث كانت مريوط تمتد غربا لمسافات بعيدة، وأمست اليوم فى حال من التلوث لا يدرك أبعاده إلا قلة من علماء الإسكندرية .. ولأن النية السيئة، والأهداف المدمرة، والعقول المادية الراكدة، استهدفت فى المقام الأول تشويه ما هو تراث أو حضارة أو وجه جميل لعروس البحر الأبيض، كان لزاما أن نعيد للأذهان مكانة بحيرة مريوط، كرمز من رموز الإسكندرية ... حيث تحتضن هذه البحيرة المدينة من الجنوب والغرب ... ويداعبها البحر بأمواجه من الشمال ... ولكن العابثين لا يعلمون قيمة هذه البحيرة، فلوثوها ... وردموا أجزاء كبيرة منها ولا زال التعدى عليها مستمرا.

وكانت بحيرة مريوط من آلاف السنين، وقبل قدماء المصريين، وامتدت لمسافات شرقا وغربا، موقعها غريب وفريد، بينها وبين البحر سر، ومناجاه منذ فجر التاريخ، وحتى اليوم، يسعدان الناس بالطبيعة الخلابة، ويمدان الأهل بالثروة السمكية. وانفردت مناطق امتداد مريوط بمزارع الفاكهة والحبوب التى كانت مصدرا عالميا للغذاء فى عهود غابرة.

وللمنطقة التى تحيط ببحيرة مريوط يدا بيضاء على مدينة الإسكندرية، فقد سار فيها، وانتصر بها، واستعلى عليها، ملوك عظام، وفى جنباتها أسس الاسكندر وبنى وعلىَّ، ثم ولّى. وجاءت كليوباترا بعهدها الشامخ، وعزها الباذخ، فلم يروقها إلا أن تعمر وتشيد، وتعيش، فى بحيرة مريوط، وعلى ضفافها.

إن لهذه البحيرة تاريخ لا يدركه الجاهلون العابثون، الذين يدمرونها منذ سنوات ليست ببعيدة، لأنهم لا يدركون ولا يحسون بتاريخها الحضارى، وتراثها الفريد، وكان لها زمن

ضاعت معالمه وبقى منه الأثر. فهى رقعة من الكنانة لها تاريخها فى باب الحروب والمواقع، وتحت قاعها تثوى عظام الأعداء، وعظام الشهداء، وعظام العظام. نقلت تاريخ الفراعنة الأقدمين فى أنفة وكبرياء إلى اليونان والبطالسة والرومان. وها هى تفضى لمطالعيها بأعمال العرب وغزواتهم.

وها هو الزمن قد عدا عليها، وجرت عليها سنة الكون، فاختلفت عليها العوامل الجغرافية والجيولوجية، وأخذت تستقطع من خصبها ومن نمائها شيئا فشيئا، وأكملت الزلازل ما صنعته الرياح والرمال، فحطمت بنيانا عامرا، ومزارع باسقة ناضرة، وتقلصت بحيرة مريوط وانكمشت شطئاها الخضراء الزاهية. وتطلعت البحيرة فرأت نوعا جديدا من الحياة، (لا إنها ليست حياة)، إنه نوع آخر من النشاط يغزو جوانبها. وتغيرت الأرض غير الأرض والناس غير الناس.

هذه البحيرة التى ضحكت فى ماضى الزمان وأضحكت، وزال من أرضها ومن ضفافها ما زال من مجد ومن بنيان، ومن إنسان، ومن حيوان. ظلت البحيرة، ولكن هل ستظل باقية تقص وتروى تاريخها العظيم لمن يريد أن يعرف حضارته وقيمة مصريته؟ إنها تئن، وتحزن، وتتحمل ما يفعل بها أبناؤها فى هذه الأيام، لا ... إنهم ليسوا أبناء ... إنهم غرباء أعمياء ... طمست المادة عيونهم ... وأعمت الأهواء قلوبهم ... وأظلمت السلطة عقولهم.

فهل يعود البلهاء والجشعون إلى صوابهم للاستفادة من البحيرات كما أفاد منها القدماء، فإذا ما همت الهمم، وقويت العزائم، ففى الماضى قدوة، وفى الأحفاد قوة، مستمدة من الأجداد والأبوة. وفى تاريخ البحيرة مادة، وفى ذكرياتها عبرة تؤيدنا تأييدا قويا فى أننا أمة عريقة فى المجد، وهذا ماضيها مجيد وهّاج، وأمة جادة ناهضة. وهذه عوامل النهضة وأسسها، تقدمها فطرة الكون، لتكون فى خدمتنا، وتعمل لحسابنا، وهذه هى الدنيا ليس فيها ما يضارع ما عندنا أو ما يماثله من حضارة، ومن فطرة الحياة، فهل نتخذ مما لدينا من الأسباب المهيأة ومن التراث، قوة وعُدَّة نثب بها إلى ما

نبغى ونستحق، وما نحن جديرون به، كأمة اصطفاها الله للمجد من أقدم الأزمان، وحباها بهذه المميزات والمقومات الطبيعية.

وإذا أردنا أن نشير إلى ما أسدته بحيرة مريوط إلى مصر فى الحرب العالمية الثانية، فإنها قد أدت رسالة، وكأنها ترد جميل الاسكندر، إذ أحسن إليها بإنشاء الإسكندرية فى أحضانها، فأحسنت إلى مدينته الخالدة. فقد اتخذت فى أثناء الحرب موضعا لخداع العدو، وبلبلة أفكاره، وتضليل طائراته وقاذفاته، فوضعت فيها سفن صناعية زائفة، ودمى متحركة، وأنوار، ومبان صورية، كل ذلك لتخيل للطائرات بما تبعث من الأنوار وأساليب التمويه، أنها البحر الأبيض المتوسط، وعلى شاطئه مدينة الإسكندرية، وتلقت بحيرة مريوط عن الثغر الجميل، قذائف العدو، فكانت لعروس البحر حصنا حصينا، وأمام العدو سدا منيعا، ولمصر كلها رداء وفداء. وهذه حسنة من حسناتها شاهدها ولمسها الجيل الذى زامن الحرب العالمية الثانية.

فمن بعد هذا لا يقدرها حق قدرها ؟! ولو كانت هذه البحيرة فى عهد الأقدمين المخلصين لأقاموا منها رمزا مقدسا واختاروا لها التماثيل الناطقة بفضلها، بما أكسبت من أرزاق، وبما وقفت فى وجه الفاتحين وأسقطتهم فى مياهها طعاما لأسماكها. وهكذا سخر الله هذه البحيرة، وسخرت نفسها حبا وطوعا وإخلاصا لمصر وأهلها، لتكون نعمة، ولتكون وقاية، ألا بارك الله لنا فى مصر؛ بحيرات ونيلا وبحارا، فقد زودتنا الطبيعة بكل ما لديها، ووقفت بجانبنا فى مخاطرنا ومصاعبنا، وشدت أزرنا فى كل ضيق، وكأنها إذ سقاها النيل فى قديم الأزمان، أحبته وخدمته، وكانت عينا تقيه العين، وتدفع عنه الشر، بما لا يتصوره إنسان، ولم يحسب حسابه غير الزمان، وكم من صامت لا عقل له، أدى ما لم يعمله ذو العقل واللسان والجاه والسطوة.

مصائب بحيرة مريوط :

يبدو أن الابتلاء، لا يصيب الإنسان وحده، فالابتلاء يصيب أيضا المصادر الطبيعية التى خلقها الله وسخرها فى خدمة الإنسان. وكانت المصائب متتابعة وغير مؤكدة عما

دار فى منطقة مريوط فى أثناء حكم الرومان الذى بدأ سنة ٣٠ قبل الميلاد واستمر زهاء ستمائة سنة. وكانت روما تعتبر منطقة مريوط من أهم الأقاليم المنتجة للغلال، ولكن الزلازل التى هدمت الإسكندرية فى القرن الرابع الميلادى على أربع مرات سنة ٣١٢ – ٣٥٧ – ٣٦٥ – ٣٩٦، لابد وأنها أحدثت تخريبا فى مريوط وخصوصا زلزال سنة ٣٦٥.

وكانت هذه الزلازل، وما لحق بالمنطقة من زلازل أخرى فى القرن الثانى عشر، سببا فى ارتدام فرع النيل الكانوبى، والفروع العذبة لمياه النيل التى كانت تصل للبحيرة، وأصبحت منطقة ملاحة بدون ماء أحيانا حوالى ما يقرب من سبعمائة سنة بين القرن الثانى عشر، والقرن التاسع عشر، إلى أن أغرقت بمياه البحر كوسيلة من وسائل الحرب فى سنة (١٨٠١ – ١٨٠٤) فى موقعة الإسكندرية. وفى سنة (١٨٠٧ – ١٨٠٨) فى موقعة رشيد. وفى نهاية القرن التاسع عشر بدأت بحيرة مريوط تستقبل مياه الصرف الزراعى، والتى لم تكن ملوثة كما هو حادث الآن.

مساحة بحيرة مريوط :

قبل أن نصل إلى الوضع المأسوى التى آلت إليه هذه البحيرة التاريخية العريقة، نذكر فقط، الحضارة التى ظهرت فى وادى النيل منذ أكثر من ستة آلاف عام، وازدهرت مملكة هاربون أو مملكة الحراب على ضفاف هذه البحيرة. وقد نسب المصريون القدماء إسم مملكتهم إلى الحربة لأنها كانت وسيلتهم للصيد فى بحيرة مريوط التى اشتهرت فى ذلك الوقت بوفرة محصولها من الأسماك، ومن الطيور المهاجرة. ومملكة هاربون هى تلك المنطقة التى أطلق عليها الإغريق لفظ مريوتس، والتى كانت تشغل الجزء الأكبر من مديرية البحيرة. وأما الشريط الضيق من الأرض بين البحر شمالا، وبحيرة مريوط جنوبا فأنشئت فوقه مدينة الإسكندرية القديمة، وكان طريق المواصلات مع الداخل فى أيام البطالسة عن طريق بحيرة مريوط ثم ترعة شديا، ثم فرع النيل الكانوبى إلى داخل البلاد. وكان يتفرع من ترعة شديا القديمة فرع يسير فى مجرى ترعة

الفرخة التى ردمت (شارع قنال السويس حاليا)، ويخترق المدينة ليصب فى الميناء الشرقى.

ويعتبر العصر اليونانى – الرومانى، عصر مريوط الذهبى، إذ أصبحت فيه منطقة آهلة بالسكان، مشهورة بخصب أراضيها كما سبق ذكره. وقد قدرت مساحة بحيرة مريوط فى ذلك الوقت بمائة وسبعين ألف فدان، أو حوالى سبعمائة كيلو متر مربع. وتسببت الزلازل التى حدثت فى القرن الرابع فى انخفاض منسوبها، حتى غمرتها مياه البحر فى أثناء الحملة الفرنسية.

وعندما أنشىء الصرف الزراعى فى محافظة البحيرة عن طريق مصرفى العموم والقلعة الذين يصبان فى البحيرة انخفضت ملوحة البحيرة تدريجيا، واحتفظت بمستوى الماء فيها حوالى ٢,٨ متر تحت سطح البحر، ونظرا لأن مصرفى القلعة والعموم يصبان يوميا حوالى ستة ملايين متر مكعب من مياه الصرف الزراعى فقد تم تركيب وحدات رفع عملاقة لترفع هذه الكمية إلى خليج المكس، بحيث تستوعب هذه الطلمبات بالإضافة إلى مياه الصرف الزراعى، مياه الصرف الصحى والصناعى التى تلقى فى هذه البحيرة من حوالى نصف قرن. وأصبحت مساحة بحيرة مريوط بأحواضها الأربعة، وقبل الردم العشوائى، والتعدى السافر عليها كالآتى:-

الحوض الرئيسى مساحته حوالى ٦٠٠٠ فدان

الحوض الشمالى الغربى مساحته حوالى ٣٠٠٠ فدان

الحوض الجنوبى الغربى مساحته حوالى ٧٠٠٠ فدان

المزرعة السمكية ومساحتها ١٠٠٠ فدان

آراء علماء الإسكندرية وأبنائها :

كان لأبناء الجامعة، وجميع المؤسسات الشعبية والنقابية والتنفيذية وغيرها آراء تتسم بالموضوعية واحترام قدسية الجامعة ودورها.

وكما قال رابندرانات طاغور:-

(الجامعات هى تلك الأماكن التى يبقى العقل فيها بلا خوف .. والرأس مرفوعا .. والمعرفة حرة .. وفى الجامعات تخرج الكلمات من أعماق الحقيقة .. ولا يضل سياق المنطق السليم سبيله فى وحشة صحراء العادات البالية).

وقال جون مانسفيلد الأستاذ الجامعى الأمريكى:

(ليس هناك إلا قلة من الأشياء الدنيوية تعلو فى المكانة على الجامعة ... فحيثما تقوم الجامعة فإنها تشع نورا .. وحيثما توجد فإن العقول الحرة تندفع إلى البحث العميق غير المتحيز .. وتضيف مزيدا من الحكمة إلى الأعماق الإنسانية ... إن الانتماء إلى أحد هذه المجتمعات العظيمة .. يبقى أبد الدهر ميزة رفيعة).

وإذا كانت الإسكندرية هى التى وقفت تدافع عن نفسها ... فيحق أن نذكر ما أشار إليه الكاتب الكبير الأستاذ / ألفريد فرج وهو أحد أبنائها ... فى مقاله المنشور بجريدة الأهرام بتاريخ ١٩٩٩/٨/٢٢ – تحت عنوان: (الإسكندرية ومتحفها تحت الماء) ... ويقصد بذلك الآثار الغارقة فى الميناء الشرقية ... وهو بجوار الموقع الذى اقترحته بيوت الدمار الأجنبية لإنشاء المصب البحرى ... وإذا كانت بحيرة قارون تعتبر محمية طبيعية لاستغلالها السياحى، والطيور المهاجرة التى تقصدها فى فصول معينة من العام ... أليس بالمقياس البيئى والحضارى والأثرى أن نعتبر سواحل الإسكندرية التى يحتوى قاع شواطئها على كنوز أثرية من الميناء الشرقى، وحتى أبى قير ... مصدرا للثروة الأثرية التى يجب استغلالها، وألا نلجأ إلى ردم هذه الآثار برواسب ومكونات المجارى ... بل إننا لا نتجاوز حدود العرف إذا قلنا إن صب المجارى فى البحر هو جريمة إنسانية تخطت كل جرائم البيئة فى هذا العصر.

تلوث البحر وبحيرة مريوط :

تغطى مساحة حوض البحر الأبيض المتوسط حوالى ٢,٩٧ مليون كيلو متر مربع .. وحجم المياه فيه ٤,٢ مليون كيلو متر مكعب. وحينما بدأت البحوث الخاصة بتلوث مياه البحر بالبكتريا القولونية فى أواخر القرن التاسع عشر ... كان العد البكتيرى

ينخفض كلما بعدنا عن الشاطىء، بسبب عوامل التخفيف والترسيب، وفى عام ١٩٥٢ إفترض مجموعة من الباحثين احتمال أن يكون هناك تأثير سلبى على نمو البكتيريا بسبب خواص أو فاعلية مياه البحر .. إلا أنه ثبت عكس ذلك تماما، حيث تم نشر بحوث تؤكد أن نمو البكتريا الممرضة، ومنها المسبب لمرض الكوليرا، ونوعيات أخرى منها السالمونيلا وغيرها تنمو فى مياه البحر .. ربما بمعدل أكبر من نموها فى المياه العذبة .. طالما توفرت لها العناصر الغذائية المناسبة .. وخلصت هذه الأبحاث والتى نشرتها هيئة الصحة العالمية عام ١٩٧٦ إلى أنه ليست هناك – أى قوة إبادة للبكتريا الممرضة بواسطة مياه البحر .. وأن هذه المقولة تعتبر (خرافة).

وقدم هذه الأبحاث ونتائجها كل من الدكتور عمر خيرت – أستاذ الميكروبيولوجى السابق بكلية طب الإسكندرية عام ١٩٧٨ – ووزارة الصحة، حيث أعلن وكيل الوزارة عام ١٩٧٩ أن الأبحاث التى أجراها الباحث بيسجان عام ١٩٦٧ – أوضحت أن الميكروب المسبب للكوليرا يعيش فى مياه البحر (١٠-١٣) يوم .. وعند تعريض هذه الجراثيم لأشعة الشمس فى نفس المياه .. فإنها عاشت لمدة (١٠-١١) يوم.

وقد أجريت بحوث علمية فى السنوات الأخيرة مرجع (١٤٣)، (١٤٤)، (١٤٥) على تأثير تلوث شواطىء البحر، وبحيرة مربوط على الأسماك – وتأكد من هذه الأبحاث وجود نوعيات من الميكروبات يتواجد أساسا فى البراز الآدمى والحيوانى .. ولم يعرف أنه يصيب الإنسان إلا فى أواخر الثمانينات من القرن العشرين – وخطورة هذا الميكروب، أنه يمكن أن ينمو ويتكاثر بصورة طبيعية عند درجة حرارة المبرد (الثلاجة) (٤-٨) درجة مئوية .. ولذلك فوجود غذاء ملوث بعدة خلايا .. ومحفوظ بالثلاجة يسبب مشاكل كثيرة بعد فترة لتكاثر هذه الميكروبات واحتمال انتقال هذا التلوث إلى الأطعمة الأخرى – وإمكانية الإصابة بها.

وتصل نسبة الموت عند الإصابة بهذا الميكروب إلى ٣٦ ٪ .. وباقى المصابين معرضين للتخلف العقلى والبلاهة .. وهذا الميكروب عادة يصيب الأطفال والشيوخ والسيدات الحوامل .. حيث يقضى على الجنين بعد ولادته. وأوضحت هذه البحوث، أن نسبة تواجد هذا الميكروب فى عينات المياه والأسماك فى الميناء الشرقية، وبحيرة مريوط .. يتراوح بين (٢١-٥٠) ٪ فى أسماك البلطى والقرموط والبساريا والجمبرى والشراغيش وذلك فى العينات التى تم فحصها.

وفى بحث أجرى عام ١٩٩٧ على التلوث البكتيرى فى الميناء الشرقية بالإسكندرية (مرجع ١٤٦)كان العد الكلى للبكتريا يتراوح بين (٠,٤٧-٥,٤) مليون خلية بكتريا فى كل سم^{٣} – وفى بحث آخر أجرته الدكتورة / عايدة اللقانى – أستاذ الميكروبيولوجيا السابق بكلية طب الإسكندرية عام ١٩٦٢ أشارت إلى أن عملية تطهير مياه المجارى بالكلور قبل صرفها فى البحر ينتج عنه تكوين مركبات كيماوية سامة للأسماك .. علاوة على أن الكلور لا يقضى على جميع البكتريا .. وما يتبقى منها يتكاثر بسرعة .. ويعود إلى تركيزات عالية تعتمد على العوامل المطلوبة للنشاط والنمو البكتيرى فى المياه.

وأيَّد هذه الحقيقة البحث الذى أجرى فى قسم العلوم البيولوجية فى جامعة تكساس عام ١٩٧٤ .. وكان البحث يتعلق بصب مياه المجارى فى نهر ترينيتى بعد تطهيرها بالكلور – وأكدت نتيجة البحث أن عملية الكلورة لم ينتج عنها تحسين حالة المياه فى النهر.

وبالإضافة إلى الأبحاث التى أكدت تلوث مياه وأسماك البحر وبحيرة مريوط، فقد تضمن تقرير بيوت الخبرة التى قامت بدراسة مشروع مجارى الإسكندرية منذ عام ١٩٧٦، جزءًا خاصا بالتأثير البيئى، وفى طيات هذا التقرير، بعض إحصائيات عن الإصابة بالأمراض الوبائية بالإسكندرية، نذكر منها:

كانت نسبة الإصابة بالأمراض الناتجة من التلوث فى الفترة من عام ١٩٧٠ وحتى عام ١٩٧٤، حسب تقارير وزارة الصحة المدونة فى تقارير منظمة الصحة العالمية والبنك الدولى – هى كالتالى:

- الدوسـننتاريا فى مدينـة الإسـكندرية بنسـبة ٩,٢ لكـل ١٠٠٠٠٠ حالـة فى العام – فى حين أن هذه النسبة هى ٠,٥ لمدينة القاهرة – وكانت ٠,٩ على مستوى الجمهورية.
- التيفود والباراتيفود بالإسكندرية – بنسبة ١١٠ حالة لكل مائة ألف حالة فى العام – وفى مدينة القاهرة ٩٩ لكل مائة ألف حالة فى العام – فى حين كانت ٣٥ لكل مائة حالة على مستوى الجمهورية.
- إلتهاب الكبد الوبائى بالإسكندرية ١١٨ حالة لكل مائة ألف حالة فى العام – وفى القـاهرة ٥٠ حالـة لكـل مائـة ألـف حالـة فى العـام – وكانـت علـى مستوى الجمهورية ٦١ حالة لكل مائة ألف حالة.

الإصابة بالكوليرا :

فى تقريـر للحالـة الوبائيـة بالإسـكندرية عـام (١٩٧٠-١٩٧١) للـدكتور وهـدان - والـدكتور النمروسى –كانـت عـدد الإصـابات بالكـوليرا لكـل مائـة ألـف حالـة هـى كالتالى:

- فى القاهرة ٢٥,٢ حالة وبدأ الوباء فى ١٩٧٠/٦/١٤
- فى الإسكندرية ١٠٠,٣ حالة وبدأ الوباء فى ١٩٧٠/٦/٣
- فى القليوبية ٢٧,٤ حالة وبدأ الوباء فى ١٩٧٠/٥/٣١
- فى الجيزة ٢١,٧ حالة وبدأ الوباء فى ١٩٧٠/٦/٢٧
- فى مطروح ٧٥,٨ حالة وبدأ الوباء فى ١٩٧٠/٧/٤
- فى البحر الأحمر ٥٦,١ حالة وبدأ الوباء فى ١٩٧٠/٩/٥

- على مستوى الجمهورية ١٦,٥ حالة كمتوسط – على أساس أنها فى باقى المحافظات كانت النسبة أقل من ٢٠ لكل مائة ألف حالة.

كارثة الصب فى البحر والمصبات البحرية هندسيا وبيئيا :

كانت الردود العلمية من لجنة التخطيط الشامل، أو من الأقسام العلمية المتخصصة، تراعى المستوى الهامشى السطحى لدراسات بيوت الخبرة الأجنبية وهذه الردود واضحة تفصيلا فى مرجع (١٠)، سنذكر مضمونها العلمى بطريقة موجزة:

طريقة إنشاء المصبات البحرية :

تحمل المصبات البحرية عادة تصرفات المدينة بأكملها، أو نسبة كبيرة منها فى حالة إنشاء أكثر من مصب. وتنشأ بأحد الطرق الآتية:

- توضع مواسير المصب على أرضية القاع بعد تمهيده، ويتم حمايتها بكتل كبيرة من الأحجار تضمن مقاومتها للتيارات البحرية السفلية بالقاع.
- يتم تركيب خط المصب فى خندق، وتتبع نفس طريقة إنشاء خطوط المواسير على سطح الأرض، بحيث توضع المواسير ويتم لحامها والردم عليها بالركام المناسب لنوعية تربة قاع البحر.
- ينشأ المصب بطريقة الخنادق التى تشبه خندق الصرف الصحى الرئيسى بمدينة القاهرة، أو خنادق مترو الأنفاق.

وفى الطرق الثلاثة يجب عمل جسات لتربة قاع البحر فى طول المسار المقترح للمصب – وينشأ خندق المصب على بعد لا يقل عن ٨ متر تحت منسوب قاع البحر.

مشاكل المصبات البحرية :

(١) مشاكل اقتصادية وقومية وبيئية :

من المقارنة الهندسية الأولية، يدرك أى مهندس، أن المنشآت البحرية، وخاصة داخل البحر، وتحت سطح المياه، مكلفة، وتحتاج إلى معدات ميكانيكية ثقيلة ومعقدة، وإلى

كوادر فنية عالية، وغالبا بالنسبة للدول النامية تحتاج إلى شركات متخصصة أجنبية، تروح وتغدو فى المياه الإقليمية لمدة قد تصل من (٣-٥) سنوات .. وقطعا لا يمكن الوثوق فى أن الأهداف الأجنبية هى فنية فقط، خاصة إذا كانت هذه المشروعات يتم تمويلها عن طريق معونات أو قروض بشروط تدعو إلى الشك، والعدالة المطلقة ؟!!

ومن الوجهة البيئية، فالمصب البحرى شأنه كشأن أى خط ضغط معرض للكسر خاصة فى المناطق القريبة من الشاطىء .. كما أن منطقة المصب ستكون ملوثة، وينتشر التلوث حسب اتجاه التيارات البحرية .. وبالنسبة لبديل المصب البحرى لمجارى الإسكندرية، نجد أن المصب المقترح طوله ١٠كم، ويصل لقاع البحر فى نهايته إلى عمق ٥٠ متر من سطح المياه .. وتتعرض منطقة بعرض حوالى ٥كم وبطول المصب فى القاع إلى ترسبات لمواد صلبة من المجارى بمعدل حوالى ٠,١٥ جم / م٢ / يوم .. وستتغير طبيعة قاع البحر فى هذه المنطقة تماما إلى الأسوأ لتراكمها بصفة مستمرة. (راجع تأثير ذلك على الآثار الغارقة).

كما أن الأعمال المكملة والتى تنشأ لنقل المجارى من محطات المعالجة، مساراتها مدمرة للبيئة الأرضية. وعامل آخر هو المنطقة الساحلية التى سيبدأ منها المصب، وبيارات التجميع ومحطات الرفع .. والمعدات الميكانيكية وتشوين المواد والأدوات، والبوارج البحرية واللنشات المستخدمة فى التنفيذ، كل ذلك يوضح مدى المشاكل البيئية وغيرها المصاحبة لإنشاء المصب البحرى. وهذه المنطقة فوق الآثار الغارقة، وفى مواجهة مكتبة الإسكندرية ؟!!!

(٢) عيوب صب المجارى فى البحر وتشمل:

- إهلاك الأعشاب المرجانية والحيوانات الصدفية.
- تدمير مواقع تكاثر الأسماك وتفريخه.
- انتشار الأوبئة والأمراض التى يسببها التلوث.
- تراكم المواد السامة والمعادن الثقيلة فى الأسماك.

- زيادة كميات الأعشاب البحرية والمواد العالقة والعكارة.
- ردم الآثار الغارقة برواسب المجارى التى سترتد للشاطىء مع اتجاه التيارات البحرية التى تأتى من الشمال والغرب.

(٣) مشاكل هندسية :

تتعرض المصبات البحرية للكسر والتلف نتيجة للعوامل الآتية:

- حركة أرضية القاع، وما يصاحبها من تآكل الطبقات التى يرتكز عليها المصب، ويساعد على ذلك حركة الأمواج والتيارات البحرية السفلية.
- حركة الرمال والركام حول مواسير المصب، وما تسببه من تآكل.
- إحتمال تفكك طبقات القاع تحت المصب وكسره نتيجة للهزات الأرضية الخفيفة.
- ليست الإسكندرية بعيدة عن حزام الزلازل – والدليل على ذلك الزلازل الأربعة القوية التى هدمت الإسكندرية القديمة فى القرن الرابع.
- إحتمال هبوط تربة القاع بعد إنشاء المصب.

(٤) مشاكل تشغيلية :

- تراكم الرواسب حول الناشرات وفتحة المخرج، واحتمال انسدادها.
- النقل البحرى وتأثيره على سلامة المصب.
- تعرض سطح المواسير الداخلية للتآكل بسبب الأحماض والمواد الكيماوية.
- تراكم المواد الصلبة والشحوم والدهون على السطح الداخلى للمواسير وما يتبعه من نقص المقطع الداخلى، وزيادة معامل الاحتكاك، وتأثيره على عملية الضخ قبل المصب – وتوصى الشركات المتخصصة بإنشاء المصبات بعمل صيانة دورية لإزالة الطبقات المتراكمة على السطح الداخلى وهذه العملية مكلفة وتحتاج إلى خبرات أجنبية متخصصة ومكلفة ومشروطة.

- احتمال تراكم الغازات فى الجزء العلوى من بعض مواسير المصب ويقلل من كفاءته.
- تداخل عمليات صيد الأسماك، وتأثيرها على سلامة المصب.

(٥) حماية البيئة البحرية :

مع بداية القرن العشرين لجأت غالبية المدن الساحلية إلى التخلص من مخلفاتها السائلة فى البحار والمحيطات على أساس أن هذه المسطحات المائية الكبيرة تقوم بعملية تخفيف مناسبة للملوثات، والبكتريا .. ويختلف الوضع بين المحيطات المفتوحة مثل المحيط الأطلسى الذى يتغير المد والجزر فيه إلى ستة أمتار – وبين البحر الأبيض المتوسط الذى يتغير المد والجزر فيه بين +٣٦سم، –٢٤سم .. أى فى حدود ٦٠سم. علاوة على أن حوض البحر الأبيض المتوسط شبه مقفل.

وفى عام ١٩٧٩ أعطت الأمم المتحدة اهتماما خاصا للتحكم فى تلوث البحر الأبيض المتوسط بعد مؤتمر جنيف الذى ناقشت فيه الدول المطلة على البحر المتوسط إبرام اتفاق يفسح المجال لهذه الدول أن تبدأ فى منع صب مخلفاتها فى البحر .. خاصة أن البحوث التى نشرت فى الدوريات العلمية فى النصف قرن الأخير حذرت من الأخطار التى باتت تهدد الشواطىء السياحية حيث تحتل منطقة البحر الأبيض المرتبة الأولى فى مجال السياحة .. فيزورها سنويا حوالى ١٠٠ مليون سائح .. لجمال شواطئها واعتدال مناخها .. بالإضافة إلى أن البحر الأبيض شبه مقفل ويمتزج ببطىء مع مياه الأطلنطى التى تقل ملوحتها عن مياه المتوسط.

وقدرت الأمم المتحدة مدة تجديد مياه البحر الأبيض المتوسط من مياه الأطلنطى بحوالى ٨٠ سنة. وقد باءت جميع المحاولات بالفشل لجعل هذا البحر المقفل نظيفا أو خاليا من التلوث .. وتصب أكثر من مائة مدينة مطلة على البحر المتوسط بحوالى ٩٠ ٪ من مخلفاتها السائلة فى البحر بدون معالجة أو بعد معالجة ابتدائية، وينعكس

ذلك على الثروة السمكية وزيادة تركيز المواد السامة والضارة بها، ويصل ذلك للإنسان. ويؤثر تأثيرا سيئا على الأنشطة السياحية وشواطىء الاستحمام.

(٦) خلط مياه المجارى من المصب مع مياه البحر :

تصب مياه المجارى بصفة مستمرة من نهاية المصب وتوجد عند مخرج المصب منطقتان:

- المنطقة الأولى وهى المحيطة بالمخرج .. وفيها تختلط المجارى مع مياه البحر بفعل العوامل الآتية:
  - الحركة المتولدة من سرعة وضغط المياه الخارجة من المصب.
  - تتسبب زيادة درجة حرارة مياه المجارى عن درجة حرارة مياه البحر، وكذلك انخفاض كثافة مياه المجارى عن مياه البحر فى أن تتجه مياه المجارى لأعلى سطح البحر، وتسير باتجاه الأمواج السائد.
- تستمر عملية خلط المجارى مع مياه البحر فى المناطق البعيدة عن مخرج المصب بفعل التيارات البحرية .. والحركة السطحية للأمواج والرياح.

(٧) معايير ودلائل ميكروبيولوجية لشواطىء الاستحمام :

الأرقام الواردة فى هذه الدلائل لعدد بكتريا القولون لعينات تم تحليلها على مدى شهر وفى عينة حجمها ١٠٠ سم^3، ما لم يذكر غير ذلك وفى دول وهيئات دولية – ويمكن الأخذ بها أو الاسترشاد بها وتعديلها أو تحديدها حسب الظروف لكل دولة.

- ١. برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة: لا يزيد عن ١٠٠ فى ٥٠ ٪ من العينات. ولا يزيد عن ١٠٠٠ فى ٩٠ ٪ من العينات.
- ٢. دول السوق الأوربية: لا يزيد عن ١٠٠ فى ٨٠ ٪ من العينات. ولا يزيد عن ٢٠٠٠ فى ٩٥ ٪ من العينات.
- ٣. فرنسا: لا يزيد عن ٥٠٠
- ٤. اليابان: لا يزيد عن ١٠٠٠ للعدد الكلى.

- ٥. البرازيل: لا يزيد عن ١٠٠٠ فى ٨٠ ٪ من العينات.
- ٦. روسيا: ١٠٠ لبكتريا E. Coli
- ٧. يوجوسلافيا: لا يزيد عن ٢٠٠٠,
- ٨. كولومبيا: لا يزيد عن ٢٠٠,
- ٩. فنزويلا: لا يزيد عن ٢٠٠ فى ٩٠ ٪ من العينات. ولا يزيد عن ٤٠٠ فى كل العينات.
- ١٠. كوبا: لا يزيد عن ٤٠٠ فى ٩٠ ٪ من العينات.
- ١١. أرجواى: لا يزيد عن ١٠٠٠ فى ٩٠ ٪ من العينات.
- ١٢. ولاية كاليفورنيا: لا يزيد عن ٢٠٠ فى العينات الشهرية التى تؤخذ لمسافة ٣٠٠ متر من الشاطىء – ولا يزيد عن ٤٠٠ فى ٩٠ ٪ من العينات.
- ١٣. بيرو: لا يزيد عن ١٠٠٠ فى ٨٠ ٪ من العينات الشهرية.
- ١٤. المكسيك: لا يزيد عن ١٠٠٠ فى ٨٠ ٪ من عينات شهرين متتابعين.
- ١٥. إكوادور: لا يزيد عن ٢٠٠,
- ١٦. رغم أن وكالة حماية البيئة الأمريكية قد سمحت عام ١٩٧٦ بمعيار ٢٠٠ خلية بكتريا قولون / ١٠٠سم^{٣} – إلا أن هذه الوكالة بدأت عام ١٩٧٢ دراسة مستفيضة استمرت لمدة ٧ سنوات لتطوير هذه المعايير، المستخدمة فى الشروط الصحية لشواطىء الاستحمام على أساس علاقة عامة بين الأمراض التى تصيب المستحمين فى هذه المياه وبين المعايير الميكروبية المبنية على نوعيات البكتريا الممرضة أو جراثيم الأمراض المعدية وغيرها .. ورغم أنه لم يتم وضع معايير عددية محددة إلا أن نتيجة هذه البحوث أفادت بأن المستحمين فى شواطىء الاستحمام معرضين للمرض حتى وإن كان عدد البكتريا الممرضة هو ١٠ فقط فى كل ١٠٠سم^{٣}.

وفى ضوء هذه الدراسات التى استمرت لسنوات طويلة فإن المستحمين فى الشواطىء الملوثة .. يكونوا عرضة للإصابة بالأمراض، حتى ولو كانت نتائج التحليلات البكتريولوجية تتمشى مع المعايير الخاصة بالعد البكتيرى القولونى .. ويتعين على الجهات المعنية استخدام طرق جديدة لاكتشاف الميكروبات الممرضة للأمراض المعدية ذات التأثير الخطير على صحة الإنسان، خاصة فى شواطىء الاستحمام التى تزدحم بالأطفال الصغار وهم الأكثر عرضة للأمراض وأكثرهم تأثرا بها .. لأنهم أقل مقاومة ويمثلون نسبة كبيرة من الذين يرتادون الشواطىء المصرية.

وبالإضافة إلى الأمراض التى تسببها البكتريا الممرضة .. فإنه يوجد بالمجارى طفيليات ممرضة تسبب أمراض الأذن، والعيون، والجلد.

(٨) حالة البيئة البحرية أمام الإسكندرية :

تعانى البيئة البحرية منذ أكثر من خمسين عاما من تلوث متنوع، ومتزايد، يتراكم، وتتفاقم آثاره مع الوقت – وتؤثر هذه الملوثات على المسطحات المائية الآتية:

- المصارف الزراعية التى تصب فى بحيرة مريوط ومنها بطلمبات المكس إلى خليج المكس، وهى مصرف القلعة التى يصب فيها مصرف محيط المطار.
- مصارف زراعية رئيسية مثل مصرف العموم الذى يمر فى بحيرة مريوط بجسور متهالكة، ويصل إلى طلمبات المكس لترفع المياه منه إلى البحر عند خليج المكس وذلك لأن منسوب بحيرة مريوط يقل عن منسوب سطح مياه البحر بحوالى ٢,٨ متر – وتصب مجارى محطة المعالجة الغربية بعد معالجة ابتدائية فقط فى مصرف العموم.
- **بحيرة مريوط .. حيث يصب فيها مصرف القلعة الذى تصب فيه مياه المجارى من محطة المعالجة الشرقية بعد معالجة ابتدائية فقط لجزء من التصرف .. وهذا يعنى أن بحيرة مريوط تصب فيها مخلفات متنوعة، آدمية، وصناعية، وزراعية – وحتى المصارف الزراعية تتعرض فى أثناء**

مسارها الطويل قبل دخول الإسكندرية لجميع أنواع المخلفات .. والخلاصة أن بحيرة مريوط تتلقى كوارث التلوث أولا، ثم تنقلها للبحر عن طريق طلمبات المكس .. ويعم التلوث بتأثيراته البيئية الخطيرة كل من بحيرة مريوط بأسماكها ومائها .. وشواطىء البحر بأسماكه ومصيفيه وساكنيه. ولا يستحى الناطقون بأن الصرف فى البحر غير مباشر.

ويبين الجدول الآتى تصرفات المجارى والمصارف التى تؤثر على البيئة فى بحيرة مريوط والبحر.

التصرفات التقديرية الملوثة

التى تلقى بخليج المكس وتوزع على الشواطىء

تركيزات العناصر – جزء فى المليون

التصرف والملوثات	محطة المعالجة الغربية	مصرف القلعة	مصرف العموم
التصرف م^3/يوم	٧٠٠,٠٠٠	٩٠٠,٠٠٠	٤,٨٠٠,٠٠٠
الأكسجين الحيوى المستهلك	٢٧٠,٠٠٠	١١٥,٠٠٠	١٢,٠٠٠٠٠٠
الأمونيا NH_3	٣٠,٠٠٠	١٨,٠٠٠	٠,٣٠٠٠٠٠
نترات NO_3	٠,٧٠٠	٠,٣٠٠	٢,٥٠٠٠٠٠
فوسفات (Orthophosphate)	٤,٠٠٠	٣,٥٠٠	٠,٥٠٠٠٠٠
مواد عالقة	٢٠٠,٠٠٠	٩٠,٠٠٠	٧٠,٠٠٠٠٠٠

ملحوظة :

- تركيزات الملوثات بمصرف القلعة مرتفعة لأنها تستقبل صرف محطة المعالجة الشرقية التى تعالج ابتدائيا فقط.
- يضاف تصرف ترعة النوبارية حوالى ١,٦ مليون متر مكعب فى اليوم إلى رفع طلمبات المكس، والترعة معرضة فى مساراتها المختلفة إلى أنواع تلوث متعددة.

- وعـودة إلى المعـايير البكتريولوجيـة لشـواطىء إسـكندرية وبالنظـر إلى كميـة الملوثات ومعدلاتها التى تلقى فى خليج المكس، والبحوث التى سبق الإشارة إليهـا عـن التلـوث الكيمـائى والبكتيرى نجـد أنـه مـن الصـعب التحـدث عـن معايير، حيث أن حالة البحر خرجت من دائرة التلوث إلى مجال الكوارث. ولكن يتم دائما وضع غطاء وردى عليها، فلا تلوث للشواطىء كما يصرح خبراء التلوث.

وقـد أجريـت دراسـة لسـبعة مـن البـاحثين معظمهـم بجامعـة سـتراثليد فى جلاسجو على مدى تأثير مياه البحر على بكتيريا E. Coli وهى النوع السـائد – واستخدمت مياه بحر منخفضة الملوحة – ولكـن خالية تمامـا من المواد العالقة حيث أن المواد العالقة ربما تحمى البكتريا من المؤثرات البيئية البحرية والشمس خاصة إذا زاد تركيز المواد العالقة عن ٥ مجم/لتر.

ونتيجة هـذا البحث أن مـدة بقـاء البكـتريا فى ميـاه البحـر وتبعـا لـذلك البكـتريا الممرضـة (الجـراثيم) يمكـن أن تزيـد ولـيس هنـاك تأثـير للميـاه المالحـة علـى خفـض العـد البكتيرى أو القضـاء علـى البكتريـا كمـا يظـن البعض.

ونتيجة هـذا البحث الـذى أجـراه كراوتـر وآخـرين بجامعة ستراثليد بجلاسـكو ونشر عام ١٩٩٠ – قسم البيئة – هذه الخلاصة تؤكد ما جاء فى مطبوعات هيئة الصحة العالمية عام ١٩٧٥ من أن (فعالية مياه البحر فى قتل البكتريا خرافة).

الفصل الثالث من مجارى إسكندرية

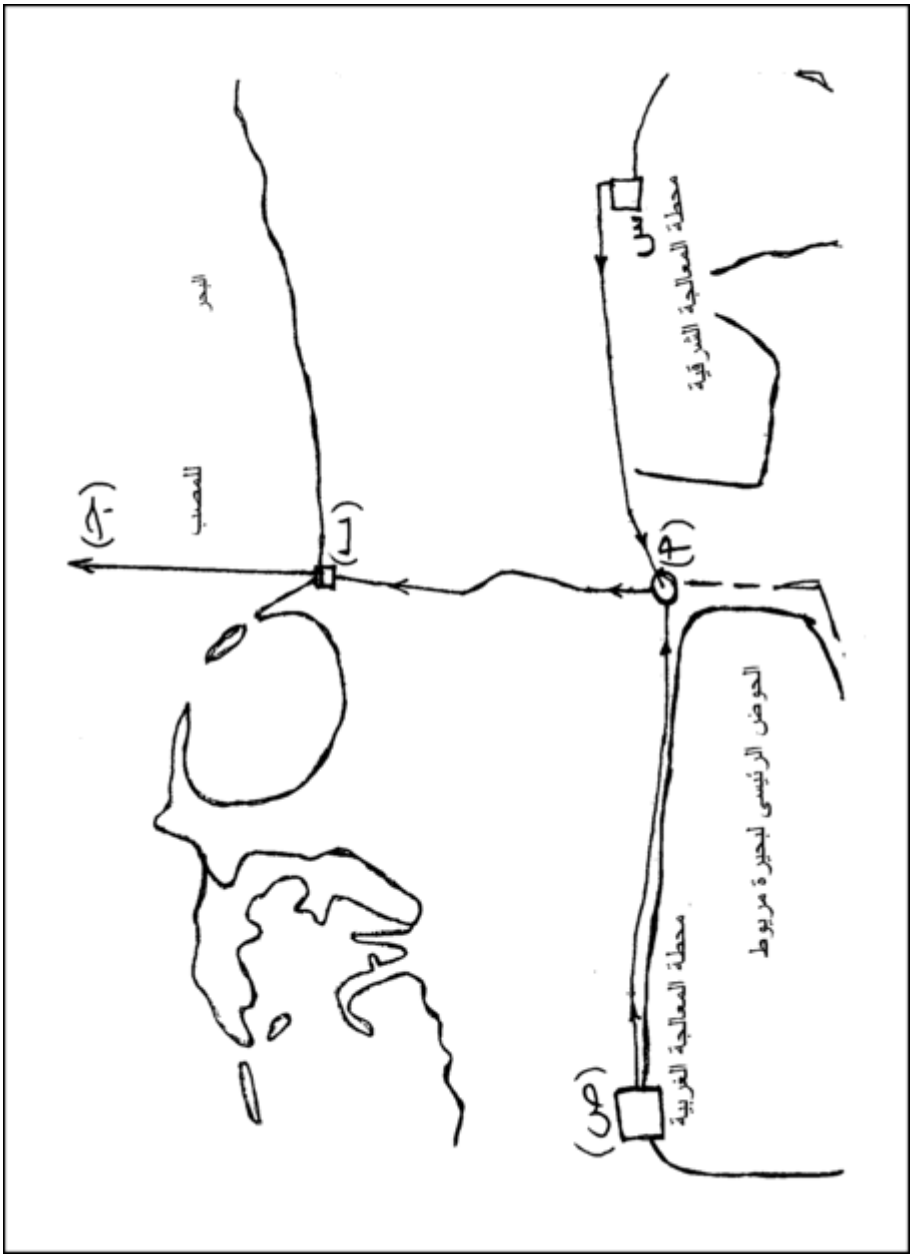
دراسات العشر سنوات الأواخر

من القرن العشرين (شكل ٩–١)، (٩–٢).

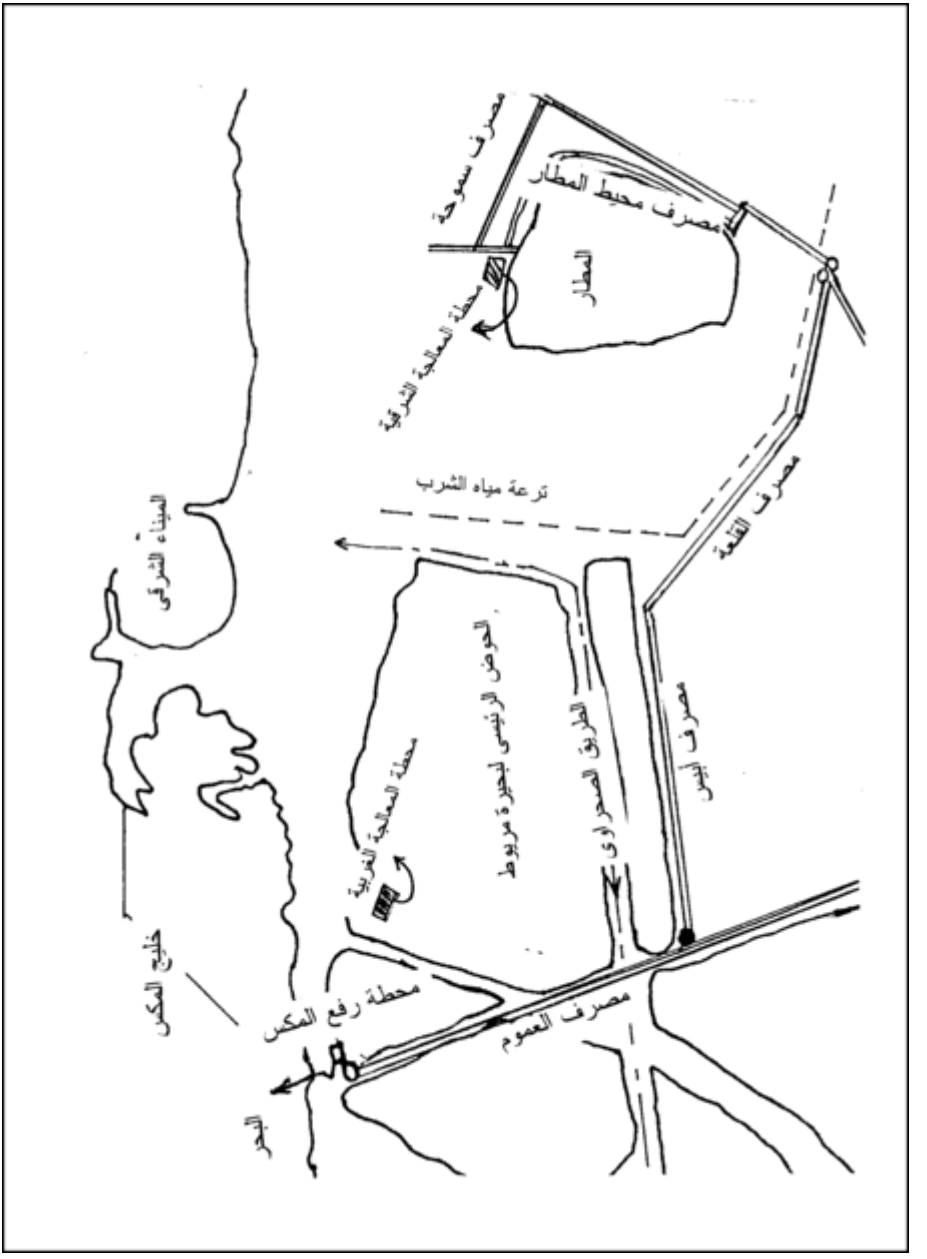
لا زال منذ عام ١٩٧٦، وحتى الآن، تجرى دراسات أقل ما يقال عنها أنها خارج مجال العلم والبيئة، وما تم تنفيذه تسبب فى مستويات من تلوث بحيرة مريوط، وخليج المكس، يستحى الكثيرون إعلانها بوضوح وصدق وأمانة، وإن كنا قد أشرنا إلى اليسير منها والذى أمكن نشره فى الدوريات العلمية ... والحقيقية قد يبوح بها البحر يوما ... أو يتجلى بها ما وراء الطبيعة بقسوته.

ونعرض بدائلا اقترحها الدارسون للمشروع، كلها لا يمكن أن توصف إلا لتدمير البيئة وطمس معالم الحضارة، والآثار الغارقة، والتراث الإنسانى، وبصورة سافرة وعلنية فى ندوة عامة بمعهد الدراسات العليا والبحوث يوم ١٩٩٦/٤/١٨، وهذه هى البدائل المعروضة للتخلص من مجارى الإسكندرية:

شكل (٩–١) تخطيط المصب البحرى عام ١٩٩٦



شكل (٩–٢) بديل تخطى البحيرة إلى مصرف العموم



البديل الأول الصب فى البحر :

ويحتاج المصب البحرى إلى:

- أعمال تجميع ونقل ضخمة قبل ضخ مياه المجارى فى المصب البحرى.
- محطة رفع لدفع المياه فى المصب البحرى.
- تحسين نظم التجميع.
- تحسين محطات الرفع التى أنشئت فى المرحلة الأولى (٧ محطات) وإصلاح محطات الرفع الحالية.
- زيادة سعة محطة المعالجة الشرقية من ٤١٠ إلى ٥٤٤ ألف م٣/يوم.
- دراسة البدائل التالية لمعالجة الحمأة والتخلص منها وهى:
  - استمرار نزح المياه الميكانيكى. من الحمأة فى محطة المعالجة الغربية.
  - إنشاء واستكمال النظام السابق فى محطات المعالجة الشرقية والغربية.
  - استمرار النظام السابق فى محطة المعالجة الغربية – مع إنشاء عملية لتجفيف الحمأة خارج المحطة الشرقية.
  - استمرار النظام السابق فى المحطة الغربية – واستخدام التحلل اللاهوائى للحمأة فى المحطة الشرقية يتبعه عملية تجفيف خارج المحطة.
  - استخدام نزح المياه الميكانيكى فى الشرقية بدلا من التجفيف خارج المحطة.
  - نقل الحمأة خارج حدود الإسكندرية بأحد طريقتين:

    الأولى: باستخدام شاحنات نقل.

    الثانية: باستخدام خط سكة حديد لنقل الحمأة بعربات قطار شاحنة.
  - المصب البحرى بطول ١٠كم داخل البحر.

وبرزت فى هذا البديل، كما ستظهر أكثر، مشكلة الحمأة التى سبق الإشارة إليها من علماء فى مصر، والولايات المتحدة، وانجلترا).

البديل الثانى: معالجة ابتدائية والصب فى بحيرة مريوط :

بدائل التخلص من المخلفات السائلة المعالجة محدودة وسواء استخدام مصب بحرى أو إنشاء عمليات معالجة ثانوية –كلاهما تكاليفه مرتفعة.

وعليه فالبديل الثانى يفضل التوسع فى المعالجة الابتدائية مع استمرار الصرف بعد هذه المعالجة على بحيرة مريوط مع الأخذ فى الاعتبار أن هذا البديل ليس هو المثالى من الناحية البيئية.

وهذا البديل يشمل الصب المباشر فى بحيرة مريوط ومنها للبحر بدلا من المصب البحرى المباشر.

وعرض البديل طريقتين:

- تحويل جزء من بحيرة مريوط أو مساحة من الأراضى الزراعية جنوب البحيرة إلى مسطح مائى ضحل تنمو فيه نباتات عشوائية مثل البوص يستقبل مياه الصرف الصحى بعد المعالجة الابتدائية.
- استخدام بحيرة مريوط كبحيرات أكسدة بعد تقسيمها إلى بحيرات متقلبة ثم بحيرات إنضاج هوائية.

(وكلا الطريقتين أسوأ من بعضهما، فالأولى استخدام جزء من بحيرة مريوط، أو الأراضى الزراعية كمستنقع للنباتات المائية (Wetlands)، لتحسين خصائص المياه المعالجة ابتدائيا وهى مشكلة بيئية فى منطقة مجاورة للمناطق السكنية.

والطريقة الثانية بتحويل بحيرة مريوط إلى بحيرات أكسدة، معناه إلغاء دور بحيرة مريوط التى تواجدت منذ آلاف السنين كمسطح مائى ترفيهى منتج للأسماك، وإضافة جمالية للإسكندرية، والمشكلة الأسوأ هى وجود بحيرات الأكسدة ملاصقة للمناطق السكنية، وهذا مرفوض فى الأعراف العلمية والبيئية).

البديل الثالث: شكل (٩-٢) :

يحاول هذا البديل وقف تدهور بحيرة مريوط بعدم الصب المباشر للمجارى المعالجة ابتدائيا فيها وصب هذه المياه فى المصارف حول البحيرة – وعدم صب مياه مصرف القلعة فى البحيرة – ويتم تنفيذ هذا البديل كالآتى:

- المجارى المعالجة ابتدائيا فى المحطة الشرقية تصب فى مصرف القلعة إلى أن تصل إلى محطة طلمبات القلعة لرفعها لمصرف أبيس وترفعها محطة طلمبات أبيس لمصرف العموم ثم إلى طلمبات المكس لصرفها مباشرة فى البحر عند خليج المكس، (وهذا معناه صب مباشر فى البحر).
- المجارى المعالجة ابتدائيا فى المحطة الغربية – ترفع بمحطة طلمبات لخطوط طرد تنشأ لنقل مياه المجارى لمصرف العموم لصبها بالقرب من محطة طلمبات المكس. ويمكن دراسة إمكانية نقل هذه المياه بالانحدار الطبيعى بدلا من خطوط الطرد.

وهذا البديل مماثل للبديل الثانى ويختلف عنه فقط فى عدم صب المجارى المعالجة ابتدائيا فى بحيرة مريوط ولكن تصب فى المصارف الزراعية وكلا البديلين الثانى والثالث يصب فى البحر عن طريق طلمبات المكس، (وهذا معناه صب مباشر فى البحر أيضا عن طريق خليج المكس).

البديل الرابع: معالجة ثانوية والصب فى البحيرة :

يشمل إنشاء عمليات للمعالجة الثانوية باستخدام طريقة الحمأة المنشطة أو الأبراج البيولوجية أو كليهما – وافترض أن المجارى بعد معالجتها ثانويا يمكن صبها مباشرة فى بحيرة مريوط – أو فى المصارف الزراعية المحيطة بالبحيرة – وافترض البديل تحسن حالة البحيرة تدريجيا.

ويشمل هذا البديل إنشاء عمليات معالجة ثانوية فى محطات المعالجة الشرقية والغربية. (ولم يراع الاقتراح تأثير المخصبات على بحيرة مريوط).

وعرض البديل طريقتين:

- مسطح مائى مزروع كما ورد فى البديل الثانى.
- استخدام بحيرات أكسدة لتحسين درجة المعالجة باستقطاع مساحة كبيرة من بحيرة مربوط.

نفق المنطقة الوسطى :

من الأمور الغريبة التى تبدو عادية لأسلوب التناحة المطلقة الذى تنتهجه بيوت المعونة، أنهم فى عرضهم لبدائل التخلص فى الندوة العامة بمعهد الدراسات العليا والبحوث يوم ١٨/٤/١٩٩٦، أصروا عرض بديل (يبقى الحال كما هو عليه)، ضمن البدائل المقترحة. ومن بين ما عرضوه ما يلى: نفق المنطقة الوسطى، الذى أنشىء ليتحول إليه كل التصرفات التى تصب مباشرة فى البحر عند قايتباى وغيرها، وتتوجه المياه فى هذا النفق إلى محطة المعالجة الغربية.

وقد أفرزت دراستهم الاقتراحات الآتية بالنسبة لهذا النفق الذى تم إنشاؤه منذ خمس سنوات:

- الاقتراح الأول: تركه بدون تشغيل واستمرار الصرف المباشر على البحر عند قايتباى ، (إذن لماذا أنشىء؟). وهل يمكن استخدامه لأغراض أخرى؟ أو هو إضافة للبيئة التحتية ؟!.
- الاقتراح الثانى: تشغيله ... وفى هذه الحالة، يصل تصرفه القادم من مجمع قايتباى، ومصبات أخرى مثل السلسلة والميناء الغربى، كل هذه التصرفات التى تصل لأكثر من ربع مليون متر مكعب فى اليوم. تصل إلى محطة المعالجة الغربية وهى أصلا تعمل فوق طاقتها، وبديهى أنها ستصب فى بحيرة مريوط عن طريق فائض محطة المعالجة ..

مشاكل الحمأة فى دراسات بيوت المعونة :

يتم رفع الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائى بمحطة المعالجة الشرقية، بعد تخفيفها بمياه المجارى، يتم رفعها بواسطة أربع رافعات، فى خط طرد طوله حوالى ١٠

كيلومترات. إلى بيارة التجميع الرئيسية فى محطة المعالجة الغربية فى خلال فترة (١-٢) ساعة كل يوم.

هذا فى حد ذاته (جهالة علمية وخبل بيئى) ... حيث أنه من أبسط قواعد الهندسة الصحية هذا التعبير المعروف جيدا وهو: (ما تم حجزه أو إزالته من المخلفات السائلة لا يعود إليها). فكيف تخفف حمأة تم ترسيبها فى أحواض الترسيب وتضيف إليها مياه مجارى ليتم تخفيفها حتى يمكن سريانها فى خندق لمسافة ١٠ كيلو متر، وتضاف بعد ذلك إلى مياه المجارى فى المحطة الغربية لتدخل أحواض ترسيب ابتدائية للمرة الثانية ؟... لا يوجد فى أى قاموس لغوى لفظ أو تعبير لهذه الفعلة !!!

والأغرب من ذلك أنهم اقترحوا قبل ٩ سنوات نقل الحمأة الناتجة من المعالجة الابتدائية إلى موقع على بعد حوالى ٤٥ كيلو متر بأحد طريقتين: إما باستخدام شاحنات ناقلة .. أو باستخدام شاحنات سكة حديد .. بخط قضبان وقطارات ناقلة لهذا الغرض.

ولا أجد تعليقا على كلا الافتراضين، فقد تم إنفاق أكثر من ٥٩ مليون جنيه على هذه العملية وستتفاقم المشكلة مع الوقت، ومع زيادة كمية الحمأة بعد زيادة سعة محطة المعالجة، وإنشاء وحدات المعالجة الثانوية.

وتساوى كمية الحمأة الناتجة عن المعالجة الثانوية تقريبا الكمية الناتجة من المعالجة الابتدائية. وتحتاج إلى مساحة حوالى ٤٠٠ فدان فى موقع مشابه لموقع ٩ن، وما يتبع ذلك من:

- مصانع لضاغطات الحمأة.
- عملية نقل الحمأة بعد ضغطها إلى الموقع الجديد.
- الآثار البيئية السيئة والمدمرة للمنطقة المحيطة بموقع الحمأة، وكما تقول بيوت المعونة أنه بدون موقع جديد للحمأة ستكون المعالجة الثانوية غير كاملة، وكما تقول بيوت المعونة أيضا أن مشكلة الحمأة هذه تتطلب دراسات مركبة

خارج الدراسة الحالية، لأن عملية تحلل الحمأة مكلفة وتحتاج لدراسة، والآثار البيئية المترتبة على تجفيف الحمأة فى الموقع الجديد يحتاج إلى دراسات ووقت.

ومع اعتراف بيوت المعونة بمشكلة التعامل مع الحمأة، نجد أننا أشرنا إلى ذلك مرات عديدة منذ عشرين عاما، بأن معالجة المخلفات السائلة فى موقع الاستصلاح والاستزراع، سيجعل من مشكلة الحمأة أمرا يمكن التحكم فيه بدرجة كبيرة – وقد يبدو للبعض أن عملية نقل المخلفات السائلة الخام أمرا صعبا، ولكن إذا علمنا أن المواد الصلبة لا تتعدى واحد فى الألف، والمواد العالقة تكون عموما فى المتوسط حوالى ٣٠٠ جرام فى المتر المكعب، فإن المجارى الخام يمكن نقلها، وتسرى عليها القوانين الهيدروليكية المعمول بها سواء فى القنوات المفتوحة، أو فى خطوط الأنابيب التى تسير تحت ضغط.

نموذج لدراسات الوقت الضائع (النباتات العائمة) :

تمت دراسة على نموذج حقلى لاستخدام النباتات المائية فى تحسين خواص مياه الصرف المعالجة – وأجريت هذه الدراسات بمحطة المعالجة الشرقية كخطوة أولى – وتم إجراء تجارب على نباتات؛ ورد النيل؛ وعدس البحر، والبوص. وبالطبع معروف علميا من مئات الدراسات أن هذه النباتات تستخدم كمرحلة متقدمة للمعالجة بعد المرحلة الثانوية – وتؤتى نتائج ممتازة فى خفض الملوثات الكيماوية والميكروبيولوجية، ولتصرفات صغيرة، لأنها تحتاج إلى أحواض بمساحات كبيرة جدا نظرا لأن ارتفاع المياه فيها حوالى ٣٠سم.

ولكن ما جدوى هذه التجارب بالنسبة لمجارى الإسكندرية ذات التصرف الكبير الذى يقارب مليون ونصف متر مكعب يوميا .. وكما أشارت بيوت الخبرة أن بحيرة مريوط هى الهدف الأول للاستخدام فى حالة استعمال هذه الطريقة.

فإذا كان قانون البيئة ١٩٩٤/٤ – وكذلك قانون ١٩٨٢/٤٨ لا يسمح بصرف مجارى الإسكندرية بعد المعالجة الابتدائية أو حتى الثانوية بالطريقة التى افترضوها وهى

الأبراج البيولوجية – وهى طريقة عاجزة عن تحقيق مستوى معالجة يسمح بصرف الخارج منها فى مسطحات مائية غير عذبة مثل بحيرة مريوط – والقانون صدر أصلا للمحافظة على هذه المسطحات – فإذا لم نستطع أن نحافظ عليها ... فهل ندمرها ؟! باستخدامها كحوض للمعالجة ؟؟

البدائل المدمرة للبيئة :

أوصى بيت المعونة فى دراساته أنه يلزم تهوية ميكانيكية فى الجزء الأخير لمصرف القلعة، لزيادة الأكسجين الذائب، قبل رفع هذه المياه للمصارف الأخرى ومنها للبحر، أو بصبها فى بحيرة مريوط. وعلل ذلك بالعمل على خفض الأمونيا، والنباتات المائية وتحسين الإنتاج السمكى ... ولم يستكمل التأثيرات السمية للمركبات الكيماوية الضارة، والملوثات الميكروبية التى تصل للأسماك ثم للإنسان، وكما أسلفنا التراكم المستمر للترسبات على آثارنا الغارقة، وكأنهم يريدون أن يدفنوا مجد الحضارة المصرية ويطمسوا معالمها أمام البراعم الشابة لأجيالنا اللاحقة.

وكان واضحا من ندوة ١٨/٤/١٩٩٦ – وما تناقلته الصحافة المصرية بعد ذلك أنه استقر الرأى على تصفية البدائل السبعة إلى بديلين:

البديل الأول: الصرف فى البحر، بمصبات بحرية عن طريق نفق تحت قاع البحر بطول ١٠كم، أو عن طريق خط أنابيب بطريقة الحفر والردم أو التثبيت على قاع البحر.

البديل الثانى: الصرف فى المصارف الزراعية بدءًا من مصرف محيط المطار – ثم مصرف القلعة – ثم مصرف أبيس – ثم إلى مصرف العموم حتى طلمبات المكس ومنها ترفع إلى البحر وهذا البديل أيضا يعتبر صرفا فى البحر ولكن بطريق غير مباشر فى حماية ما يسمى بالصرف الزراعى، والفرق بين البديلين أن البديل الثانى سيكون له تأثير بيئى ضار على بحيرة مريوط، ولكنهم فى مقابل ذلك ... أضافوا أن وزارة الرى يمكنها نقل المياه من مصرف العموم إلى الموقع المخصص للاستصلاح والاستزراع.

ونعود لنذكر ما سبق تكراره مرات كثيرة من أن:

- عملية التجميع بواسطة شبكة الصرف الصحى العامة.
- عمليات المعالجة.
- عمليات التخلص أو الاستفادة وإعادة استعمال المياه المعالجة.

هذه البنود الثلاثة مرتبطة كوحدة واحدة فى أى تخطيط عام لمشروعات الصرف الصحى يراعى حماية البيئة. وهذا دليل على أن ما سبق من دراسات خلال ٢٥ سنة، ليس له سند علمى، أو هندسى.

وربما يستمر هذا الوضع السيء فى حالة استمرار الصرف فى المصارف، وبحيرة مريوط، وخليج المكس – ومن سيئات هذا الوضع الترسبات المتراكمة وما تحويه من عناصر، ومعادن وملوثات أخرى، فسواء كان هناك أكسجين ذائب أم لا، فإن ذلك لا يمنع نقل أو فعالية الملوثات التى تشمل: الأمونيا، والنترات، والفوسفات، والمواد العضوية الرسوبية فى مياه المجارى، والنباتات والحيوانات المائية الميتة. وتلعب مركبات النتروجين دورا هاما، حيث أن دورة النتروجين فى الطبيعة مستمرة، سواء فى وجود الأكسجين الذائب أو عدم وجوده. وأيضا فى تقدير تركيزات المخصبات لمعرفة مدى تأثيرها على المسطحات المائية – وتشمل مركبات النتروجين التى تؤثر فى مجال الدراسة: النتروجين العضوى، الأمونيا، النتريت، النترات، وغاز النتروجين.

ونرجع إلى تأثير الترسبات المستمرة والمتراكمة فى البحر منذ أكثر من نصف قرن – وتأثيرها على البيئة البحرية حاليا ومستقبلا إذا لم يحسم الأمر بسرعة ويتم إلغاء أى صب لأى مخلفات فى البحر أو بحيرة مريوط، أو المصارف الزراعية.

آخر البدائل بديل الصب فى البحر:

(شكل ٩–١) – (موديل عام ١٩٩٦)

عرض بيت المعونة فى ندوته العامة بمعهد الدراسات العليا فى ١٩٩٦/٤/١٨، موجز لخطوات الصب فى البحر، نبسط هذا البديل فى الآتى:

أولا: نقل المخلفات السائلة من المحطة الشرقية بعد معالجة ابتدائية فى خط ضغط (س أ) طوله ٥ كيلومترات، بقطر داخلى ٣ متر، وينشأ هذا الخط بجانب طريق القبارى السريع ... ثم يعبر ترعة مياه الشرب .. وكذلك مصرف رئيسى مفتوح ... وبعد ذلك يعبر مجمع انحدار رئيسى منشأ حاليا، ليصل بعد ذلك إلى مطبق رئيسى (أ) فى ميدان قنال السويس.

ثانيا: نقل المخلفات السائلة بعد معالجة ابتدائية فى المحطة الغربية .. بواسطة خط (ص ا) طوله حوالى خمسة كيلومتر، بقطر داخلى ٢,٧٥ – ويسير هذا الخط فى بحيرة مريوط، وعلى حافتها الشمالية ... ثم يعبر طريق النقل الثقيل الجديد.

ثالثا: يتقابل الخطان من المعالجة الشرقية والمعالجة الغربية فى مطبق رئيسى .. ومن هذا المطبق بوصلة انحدار إلى بيارة تجميع ضخمة تناسب تصرف المدينة كلها ... واقترح بيت المعونة موقع البيارة فى مساحة مخصصة حاليا لمدينة مبارك الرياضية ... وهذا فى حد ذاته نوع من الغطرسة والبلادة والتناحة كأحد رموز العدالة المطلقة الأجنبية، خاصة أن هذه المنطقة فى مواجهة الحديقة الدولية، وفى بداية الطريق الصحراوى ؟!!

رابعا: تنشأ مع بيارة التجميع، محطة رفع رئيسية تضم ٨ رافعات قدرة كل منها حوالى ٩٣٠ كيلوات ساعة.

خامسا: يخرج من الرافعات العملاقة خطى طرد، يصبان فى نفق يبدأ من ميدان قنال السويس بقطر ٤,١٥ متر ويسير تحت ضغط لمسافة حوالى ٤ كيلو متر (اب)، حتى يصل لشاطىء البحر بالشاطبى مجاورا لمكتبة الإسكندرية – ولوجود مبانى وممرات أثرية تحت شارع قنال السويس كما هو الحال فى الإسكندرية كلها، فليس من الممكن، وربما لأسباب خاصة عند بيوت المعونة، أن ينشأ هذا الخط الضخم بطريقة الحفر، خاصة أن عملية الحفر ستكون فى المبانى الأثرية لمدينة الإسكندرية القديمة.

سادسا: ينشأ المصب البحرى (ب ج) بداية من شاطىء الشاطبى بأحد طريقتين: نفق تحت قاع البحر لمسافة ١٠ كيلومتر داخل البحر، أو خط مواسير بطريقة الحفر فى أرضية قاع البحر.

سابعا: فى حالة تنفيذ المصب بطريقة الأنفاق، فإنه يلزم تخصيص مساحة كبيرة جدا على الشاطىء لعمل اسطوانة بقطر ضخم، تحيط بها منطقة واسعة لتخزين المواد، والتجهيزات، والأدوات، والمعدات، التى تستخدم فى الإنشاء، وملحقاته. ومقترح أن يكون المصب بقطر ٤متر، وطول ١٠كيلومتر، يتم تركيب ناشرات لمياه المجارى فى الكيلومتر الأخير من المصب ... وهى عبارة عن ١٦ ناشر مجارى، متعامدة على خندق المصب، والمسافة بين الناشرات حوالى ٦٦متر، وتتفرع الناشرات من الجزء المتعامد على قاع البحر، بطريقة هندسية فى فروع وردية جميلة، تداعبها التيارات البحرية التحتية، والهزات الأرضية التى لا يمكن التكهن بها، وزيادة على ذلك، الرواسب والأعشاب البحرية التى لا تضل طريقها إلى فتحات الناشرات. ولذلك وكما تقول دراسة بيت المعونة، أن قاع البحر يحتاج فى هذه المنطقة إلى عملية تمهيد وتجهيز.

إلا أن خبراء بيوت المعونة، أضافوا ... أنها ليست مشكلة ... لأن هناك طرق هندسية ... أمريكية ... وأوروبية ... يمكن استخدامها تحت ظروف صعبة من ضغط المياه فى الأعماق الكبيرة فى البحر، وتحت ظروف أحوال جوية سيئة ... وسبق استخدامها فعلا فى إنشاء نفق المانش ... ونفق السكة الحديد فى الدانمرك ... (وهذا معناه احتمالات زيادة كل من التكاليف، ومدة الإنشاء والحاجة المستمرة للخبرات الأجنبية المكلفة للتشغيل والصيانة وأمور أخرى).

يضاف إلى ذلك أن جسات التربة فى داخل البحر مكلفة جدا، ولعمل مسح هندسى يعتمد عليه لمعرفة طبيعة التربة على طول مسار إنشاء النفق، فإن تكاليف هذه الجسات باهظة ... وتحتاج لمدة طويلة لأن المعدات المخصصة لذلك لا تعمل عندما تكون الظروف المناخية فى البحر غير مستقرة ... وفى حالة خفض عمل

الجسات، فإن طبيعة التربة لن تكون واضحة تماما، ويكون عادة فى مثل هذه الحالات مجازفة من المقاول أو الشركة المنفذة فى تقدير التكاليف، وذلك بسبب المشاكل الغير متوقعة أثناء التنفيذ خاصة طبقات التربة وطبيعتها التى لم تظهرها الجسات ... وفى الحالات المماثلة تكون بنود العقد مع المقاول .. مطَّاطة ... وتترك مجالات كثيرة للأساليب الملتوية بين بيت المعونة كمشرف، وبين المقاول .. على أساس أن مخاطر ومشاكل التنفيذ التى يتعرض لها المقاول يتقاسمها المالك والمقاول بنسب تعتمد على تكاليف هذه المخاطر ... من الحكَم فى ذلك ؟؟؟.

ثامنا: فى حالة تنفيذ المصب البحرى كخط مواسير: يقترح بيت المعونة خط مواسير بقطر ٤متر؛ أو خطين قطر كل خط يساوى ٣متر، وبطول ١٠كيلومتر يبدأ عند الشاطىء إلى داخل البحر. ويبدأ من نهاية الخط القادم تحت شارع قنال السويس، ويترك خيار التحديد النهائى لطريقة التنفيذ، وتحديد المسار للمقاول الانشائى؟!!!.

واقترح بيت المعونة مسارين:

- المسار الأول بميل ميلا صغيرا ناحية الغرب؛ ولكن مساره قد يكون أصعب، إلا أن المنطقة الشرقية، مقترح فيها كابلات للاتصالات وغيرها !... وفى هذه الحالة يحتاج التنفيذ إلى نقل الكابلات.
- المسار الثانى يميل شرقا.

وفى كلتا الحالتين فإن الكيلومتر الأخير من المصب والمخصص للناشرات، يعتمد تنفيذه على طبيعة إنشاء الجزء الأخير من خط مواسير المصب، وهل هذا الجزء منشأ فوق قاع البحر، أو منشأ فى خندق عن طريق حفر القاع.

ويجب مراعاة عوامل ليست واضحة تماما ولو أنها مقروءة بين بدائل بيوت المعونة، وتشمل: ظروف التيارات البحرية، السطحية، والتحتية، ويؤثر ذلك فى أداء الشركة المنفذة، وتأخر العمل، وزيادة التكاليف، وتطبيق البنود الملتوية المطاطة فى التعاقد بين

بيت المعونة الأجنبى، والمقاول المنفذ الأجنبى أيضا، ثم تمديد العقود التى اكتسبت بيوت المعونة فيه خبرة طويلة. ولهذا أشارت التقارير إلى الآتى:

- احتمال تأخر التنفيذ.
- احتمال زيادة التكاليف.
- الخبرة الأجنبية هى التى تنفذ هذه الأعمال.
- مطلوب مستوى معين من الخبرات للتعامل مع ما قد يظهر أثناء التنفيذ من مشاكل إنشائية. ويوجد ٦ كابلات بحرية للاتصالات فى الجهة الشرقية من بداية المصب – وفى حالة تفضيل الاتجاه الشرقى للمصب بسبب طبيعة التربة، فيجب نقل الكابلات لمسارات أخرى، ويصاحب ذلك؛ تعطيل أو نقل عملية الاتصالات إلى الأقمار الصناعية، لحين تعديل المسارات الحالية ... بالإضافة إلى التكاليف المترتبة على هذه العملية – وفى كل الحالات يجب ترك ممر بعرض ٥٠٠متر على جانبى طول المصب بقاع البحر.

ويراعى حركة قوارب الصيد، وحركة السفن فى الميناء الشرقى وخارجه وقرب الشاطىء وسيكون خط أنابيب المصب عرضة لحركة الأمواج، وتحريك ترسبات القاع، وعليه فإن حماية المصب فى المنطقة الشاطئية تكون أصعب، لاحتمال تعرض المصب للحركة.

أضاف بعد ذلك بيت المعونة معلومة فى منتهى الغرابة والاستهبال الاستشارى ... فقال ... أن التكنولوجيا الأجنبية المستخدمة فى سحب وتركيب ولحام أو توصيل المواسير فى مثل ظروف هذا المصب، هذه التكنولوجيا معروفة لأقطار حتى ٢,٢متر على مستوى العالم. أما بالنسبة للخطوط بأقطار ٤متر وعلى عمق يزيد عن ٤٠متر تحت سطح المياه، ففى هذه الحالة، يقترح المقاول الطريقة الملائمة لذلك. أما الطريقة البديلة فهى تركيب أجزاء طويلة فى حدود (٥٠٠-١٠٠٠) متر – ثم يتم سحبها إلى الموقع (بحريا)، وتنقل وتوضع أو على الأصح تدفن فى الخندق المخصص لذلك بقاع البحر.

وكل الأعمال السابقة تحتاج إلى تكنولوجيا أجنبية معقدة، ومساحات لتشوين المعدات، والكتل الخرسانية، وناتج الحفر لمسار المصب، وأدوات التشغيل المعقدة...
ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار، المشاكل الناتجة من حركة البوارج المحملة بالأحجار التى تستخدم لتثبيت خط المواسير على القاع، وكذلك حركة السفن والأوناش الكبيرة التى ستشغل منطقة إنشاء المصب لسنوات طويلة، وعلاقة ذلك بالأمن القومى، حيث أن جميع هذه البوارج والأوناش البحرية عادة ستكون تابعة للشركات الأجنبية.
وعلى الشاطىء عند بداية المصب يجب توفير مساحة حوالى ٨فدان لصناعة المواسير، وتخزين كمية تكفى حاجة التركيب، وتكون هذه المساحة فى منطقة على حافة البحر، تكون فيها المياه عميقة لسهولة عملية النقل البحرى، (وهذه المنطقة فى مواجهة مكتبة الإسكندرية) .؟!!!
كما أن عملية إنشاء المصب تحتاج إلى مساحة بحرية كافية لحرية حركة المعدات العائمة والأوناش والأبراج، وتشغيلها، وكذلك، مراسى، وسفن خدمات (قد تكون يُخوت ترفيهية)، ومكاتب اتصالات، وأشياء أخرى لزوم العمل البحرى الشاق !!! جدا جدا !!!
تاسعا: بعد وصف المسارات لخطوط الطرد ومحطة الرفع ونفق شارع قنال السويس، والمصب البحرى ومشاكل الانشاء التى قدر لها بيت المعونة خمس سنوات على الأقل ؟!!!... كل ذلك لحمل المجارى المعالجة ابتدائيا لتلوث بها البحر والشواطىء وندفن الآثار الغارقة بترسبات عوالق مياه المجارى ... وعلاوة على ذلك نجد أن تقرير هيئة الآثار عن الحفر فى شارع قنال السويس قد أظهر فجوات وفراغات بين عمقى (٦,٤٥ – ٨,٥٠) متر، (٩-١١) متر. تحت سطح الأرض ... فما هو المقصود بتخريب الآثار البرية والبحرية .. لأعرق مدينة فى العالم ؟!!
عاشرا: قالت بيوت المعونة فى تحليل دراساتها أن من مزايا الصب فى البحر عن طريق المصب بطول ١٠كم، سيرتفع الأكسجين الذائب فى خليج المكس إلى أكبر من

٤مجم / لتر، ويحافظ على الصحة العامة. وفى بحيرة مريوط تتحسن تركيزات العناصر السمية.

إلى هنا ويدل المنطق السطحى لهذه الفروض على أن المشكلة هى الأكسجين الذائب المنخفض فى مياه بحيرة مريوط وخليج المكس، وتركت بيوت المعونة أساس مشكلة التلوث، الكيماوى، والميكروبى، وتركيز المخصبات بمياه المجارى المعالجة، وربما يمكن وصف هذه الفروض بالعلم المطلق !!!. وهى أحد بنود الحرية المطلقة ؟!!!

بديل تخطى البحيرة إلى مصرف العموم : (شكل ٩-٢)

يشمل هذا البديل الأعمال الآتية:

أولا: استكمال منشآت المعالجة الابتدائية فى محطات المعالجة الشرقية والغربية بما فيها الأعمال الميكانيكية.

ثانيا: إنشاء الأعمال المدنية، وتركيب المعدات الميكانيكية والكهربية، لوحدات المعالجة الثانوية فى محطتى المعالجة.

ثالثا: إنشاء وتركيب أعمال الكلورة بعد المعالجة الثانوية لتصل إلى المعايير المطلوبة فى قانون ١٩٨٢/٤٨، وقانون ١٩٩٤/٤ ويحتاج مبنى تخزين وحقن الكلور لمساحة ٦٠٠ متر مربع، على أساس تركيز جرعة الكلور ١٢مجم/لتر – وتحتاج عملية الكلورة إلى مدة تلامس لا تقل عن ١٥ دقيقة.

رابعا: يمكن أن تتم عملية إضافة الكلور من مخرج المحطة الشرقية بعد المعالجة الثانوية، فى بداية قناه بطول ١٢٠ متر، وعرض القاع ٦ متر، وميل الجوانب ٢ أفقى إلى واحد رأسى – ويتم تركيب ناشرات هواء بقاع القناة – وتوضع ضواغط الهواء فى نفس مبنى تخزين الكلور. وقد أكدت بيوت المعونة أن نظام المعالجة المتكامل روعى فيه أن يكون الأكسجين الذائب فى النهاية فى حدود ٦ مجم/لتر. لمنع ظهور تحلل لا هوائى عند وصول المياه للطريق الصحراوى. وبصرف النظر عن تحفظات نسبة كبيرة من الباحثين على الآثار السلبية لاستخدام الكلور فى تطهير مياه المجارى المعالجة، فإن التركيزات

التى افترضتها بيوت المعونة لا يمكن تحقيقها، لأنها تعتمد على نماذج هامشية، وتفترض ضرورة معالجة المخلفات الصناعية داخل كل مصنع حسب قوانين ١٩٦٢/٩٣، و ١٩٨٢/٤٨. الأمر الذى يجد حتى الآن صعوبة بالغة فى التطبيق، لأسباب ليس هناك مجال للخوض فيها.

خامسا: تصل المياه من محطة المعالجة الشرقية بواسطة القناة التى سبق الإشارة إليها فى البند السابق بطول ١٢٠ متر لتصب فى مصرف محيط المطار ومنه إلى الجزء الأول من مصرف القلعة حتى محطة الرفع، وذلك بطول حوالى ٦ كيلومتر. (راجع شكل ٩-٢).

سادسا: ترفع طلمبات القلعة المياه إلى امتداد مصرف القلعة الموازى لترعة مياه الشرب، وذلك بطول حوالى ٥,٦ كيلومتر.

سابعا: يصب مصرف القلعة فى نهايته فى مصرف أبيس، ثم يرفع بمحطة رفع أبيس إلى مصرف العموم، وذلك بطول حوالى ٥,٦ كم.

ثامنا: تسير المياه مسافة حوالى ٦ كيلومتر فى مصرف العموم حتى نهايته عند طلمبات المكس لترفعها إلى البحر وتحديدا فى خليج المكس عن طريق قناة مفتوحة تمر تحت الطريق الساحلى المؤدى لوادى القمر والعجمى. (منطقة صيد السمك المشهورة).

أى أن مسار مياه المجارى من خروجها من محطة المعالجة الشرقية، وحتى وصولها إلى طلمبات المكس ... هذا المسار طوله حوالى ٢٣,٢ كيلومتر.

تاسعا: المياه المعالجة ثانويا فى محطة المعالجة الغربية، تصب بالجاذبية أو بالرفع فى قناة تنشأ لهذا الغرض بطول حوالى ٤ كيلومتر من المعالجة الغربية وحتى مصرف العموم، لتختلط مع صرف المحطة الشرقية، والصرف الزراعى، وتتجه إلى محطة طلمبات المكس.

عاشرا: بالنسبة لطريقة الأبراج البيولوجية التى اقترحتها بيوت المعونة، فهى طريقة عاجزة عن تحقيق مستوى المعالجة الثانوية المطلوب للتخلص منها بأى طريقة بالنسبة للبدائل المقترحة ... والدراسات التى أجريت على نماذج لها ونتائجها .. مثلها كمثل

الدراسات العديدة السابقة ... ولا داعى للخوض فيها لأنها ستثير جدلا علميا من جانب واحد ... ومن الجانب الآخر ... نحتاج إلى عودة إلى ما أصاب بحيرة مريوط والبحر نتيجة لكل ما فعلوه خلال ٢٥ عاما ... ولا داعى لذلك .. على الأقل .. الآن !!!.

التكاليف التقديرية للبدائل الجديدة

موديل القرن الواحد والعشرين :

أخيرا وبعد ٢٥ عاما من الدراسات التى زاد ألوانها عن عدد ألوان الطيف ... أسفرت مقارنة البدائل على التكاليف التقديرية الآتية بأسعار ١٩٩٧:-

- بديل الصب فى البحر بتكاليف حوالى (٤٤٥-٤٩٠) مليون دولار أمريكى.
- بديل استخدام بحيرة مريوط فى الأكسدة بتكاليف حوالى ٤٧٥ مليون دولار أمريكى.
- بديل تخطى البحيرة إلى مصرف العموم بتكاليف حوالى ٣٥٠ مليون دولار أمريكى.
- بديل الصب فى بحيرة مريوط بتكاليف حوالى ٣٣٠ مليون دولار أمريكى.

وكما هو واضح من المقارنة الاقتصادية، أن بديل الصب فى البحر هو الأعلى سعرا بالنسبة للبديل الذى يسمح برفع المياه من مصرف العموم، إلى الموقع المخصص للاستصلاح والاستزراع، وهذه مفاجأة !!

المفاجأة الثانية؛ هى أن بيت المعونة ... كتب صراحة فى نتائج دراساته أن التحليلات التى أجريت على مياه الصرف الصحى لمدينة الإسكندرية أثبتت أن تركيزات العناصر الضارة والمعادن الثقيلة والمواد الكيماوية الملوثة للبيئة؛ أقل من الحدود المسموح بها عند استخدامها فى الرى، وأن هذه النتيجة جاءت بعد تحليلات تم إجراؤها فى الولايات المتحدة، وأضافوا أن جميع تركيزات المواد الضارة تتمشى مع معايير القوانين البيئية فى كل من مصر والولايات المتحدة.

وإذا كان المنطق لا يحبذ عدم نبش القبور التى تدفن فيها الفضائح؛ فإن العقل يحتم تفعيل العلم والضمير والحس القومى، للتصدى لهذه الحرب الشرسة ضد أعرق مدن العالم، خاصة أن هذه الحرب لم تنته بعد ..

ونعرض مثالا واضحا قد يزيح الستار عن الأسباب الكامنة فى تكرار الدراسات وتمديدات العقود التى وصلت إلى التمديد التاسع – ولنستعرض

التكاليف التى تم إنفاقها على أعمال المعالجة المنشأة حتى آخر عام ١٩٩٥

- منشآت المعالجة الابتدائية بالمحطة الشرقية بتصرف ٤٧٠ ألف م٣/يوم.
- منشآت المعالجة الابتدائية بالمحطة الغربية بتصرف ٢٨٠ ألف م٣/يوم.

(بتكاليف ٨٦,٤ مليون دولار أمريكى + ٢٢,٣ مليون جنيه مصرى).

- مصنع تجفيف الحمأة الميكانيكى لضغط ٦٠٠ طن/يوم (بنسبة مياه حوالى ٧٥٪) بتكاليف ٦٢,٣ مليون دولار أمريكانى + ٣٢,٨ مليون جنيه مصرى !!
- تنفيذ موقع التخلص من الحمأة على مساحة ٣٥٦ فدان. وهذا معناه أن المعالجة الابتدائية بما فيها ضغط الحمأة الميكانيكى بلغت: ١٤٨,٧ مليون دولار + ٥٥,١ مليون جنيه. أى أن تكاليف المتر المكعب فى المعالجة الابتدائية فقط = ٨٣٧ جنيه.
- بلغت الخطة المالية التى أنفقت من المعونة حتى يناير عام ١٩٩٦م ما يلى:
  - قيمة الإنشاءات:

٢٧٤,٨٦٢ مليون دولار + ٢١٩,٥٧٤ مليون جنيه مساهمة الحكومة المصرية.

  - الاستشارات الهندسية والمساعدات الفنية:

١٢٩,٤١٢ مليون دولار + ١٦,١١٠ مليون جنيه

فتكون نسبة الأتعاب الاستشارية بالدولار ٤٧,١ ٪ وتكون نسبة الأتعاب الاستشارية من المكون المصرى = ١٥,٦ ٪ ونسبة الأتعاب الاستشارية للمصروف بالدولار والجنيه المصرى = ٤٠ ٪ بعد كل هذه الأرقام ... هل يمكن التعليق بأى صورة ؟! – والتعليق الوحيد والذى يعلمه الجميع، (**أن التكاليف التى صرفت فى الدراسة وغيرها ..!! على مدى ٢٥ عاما كان يمكن أن تكفى لمشروع نقل المجارى للصحراء، ومعالجتها هناك، والاستفادة منها**).

الفصل الرابع من مجارى إسكندرية

تقييم الآثار البيئية من واقع الأمن القومى

الأراضى فى القطاع الموازى للساحل الشمالى الغربى من الإسكندرية وحتى مطروح – جنوب الطريق السريع الذى يربط المدينتين، والذى كان مزرعة عالمية فى وقت من الأوقات، هذه الأراضى التى تمتد غربا وجنوبا، فكرت الدولة أكثر من مرة فى استغلالها وتنميتها واستثمارها، وقد تكون الألغام الأرضية فى جزء منها تمثل عائقا، إلا أن المنطقة من الإسكندرية وحتى العلمين غربا وجنوبا فى حاجة إلى الماء وبعيدة عن مناطق الألغام. التى غرسها محاربوا الحرب العالمية الثانية فى صحراء مصر الغربية، وهؤلاء كانوا بالتبادل ... الانجليز والفرنسيون من ناحية ... والألمان والايطاليون من ناحية أخرى.

والسبب فى طرح هذا الموضوع، هو أن الألغام الأرضية بالصحراء الغربية تعتبر من أسوأ صور (الارهاب البيئى) مرجع (١٠) ... فالمنطقة التى تحتلها ألغام المحور والحلفاء تمتد من العلمين إلى رأس الحكمة إلى سيدى برانى، ومساحتها كما قدرها المتخصصون المصريون تبلغ حوالى ٧١٧ ألف فدان، وقد قدر عدد الألغام الموجودة فى هذه المنطقة بين ٢٢ و ٢٧ مليون لغم، استطاعت قواتنا المسلحة أن تطهر بين

عامى ١٩٨١ و ١٩٩١ حوالى ١١ مليون لغم، وتمتد هذه المنطقة بعرض من ٥٠ إلى ٦٠ كيلو مترا من ساحل البحر داخل الصحراء (٧٦ ٪ من هذه الألغام موجود فى العلمين وما حولها).

وخطورة هذه الألغام أنها قابلة للانتقال من مكانها، فلو أعد واضعو الألغام خريطة وحدد موقع اللغم الذى وضعه فهذا المكان بفعل العوامل الطبيعية يمكن أن يتحرك ولو تحرك لمسافة ٥٠ سنتيمترا فقط كان معنى ذلك أن من يقترب منه ولو كان خبيرا لابد أن يفقد حياته.

وهذه المنطقة المزروعة بالألغام لها أهمية خاصة فى مجالى التنمية البيئية والزراعية والاقتصادية والقومية للأسباب الآتية:

أولا: المساحات الملغومة بالصحراء الغربية هى الامتداد البيئى المثمر للشريط السياحى الساحلى الغربى حتى حدود ليبيا، وهذه المساحة من أجود الأراضى الزراعية ويمكن تعميرها زراعيا وصناعيا وسياحيا، فهى الامتداد الطبيعى جنوب الساحل الشمالى الغربى الضيق، ومناخها مناسب للأغراض الحيوية التى سبق الإشارة إليها، بالإضافة إلى مصادر الطاقة الطبيعية النظيفة وخاصة الطاقة الشمسية التى سيكون لها شأن فى المستقبل القريب.

ثانيا: بدأت مصر خطوات جادة بالنظر للمناطق التى كانت نسيا منسيا مثل مناطق الصعيد والصحراء الغربية والشرقية والواحات، وقد أصبحت واحة سيوة غنية بالمياه الجوفية، وبها آثار غاية فى الأهمية. ونظرة للقفزة السريعة فى التنمية القومية المصرية التى بدأت فى نفس الوقت تقريبا فى مناطق الساحل الشمالى الغربى ومرسى مطروح وواحة سيوة ومناطق الحدود الليبية والعلمين والشريط الموازى للطريق الصحراوى بين القاهرة والإسكندرية، كل هذا يجعل للمناطق المزروع فيها الألغام أهمية استراتيجية ذات طابع خاص ... من النواحى البيئية وتطهيرها من إرهاب الألغام.

واستمرارا فى محاولة إحياء البيئة ... نعيد إلى الأذهان أهم ما ورد من العوامل التى تؤيد إنقاذ الإسكندرية، وبحرها، وآثارها، وبحيراتها، وهى عوامل مقارنة للدراسات المشابهة لمجارى إسكندرية، والتى غفل عنها المنتفعون على مدى أكثر من ربع قرن، وهى من الدراسات البيئية ذات الطابع الإنسانى القومى الذى يتصدر دراسة الآثار البيئية السلبية والإيجابية، لأى مشروع خاصة مجارى الإسكندرية، وتشمل العوامل الآتية:

- لا تدخل تكاليف شبكة الصرف الصحى وملحقاتها، فى المقارنة الاقتصادية لإعادة الاستعمال، أو التخلص فى المسطحات المائية، وسبق الإشارة إلى ذلك فى مرجع (١٠) للمؤلف.
- لا تحسب أيضا تكاليف المعالجة والتخلص التى تجعل المخلفات السائلة مطابقة لمعايير القوانين البيئية بالنسبة لطريقة التخلص.
- تحسب تكاليف المعالجة التى لا تكون مطلوبة لعملية التخلص التى تتمشى مع قوانين البيئة، ولكنها تكون ضرورية لتحسين خواص المياه المعالجة لاستخدامها فى رى محاصيل مطلوبة.
- فى حالة زراعة محاصيل معينة لا تحتاج جودة عالية لمياه الرى، أو يكون خصائص المياه المعالجة أقل فى المستوى من معايير قوانين حماية البيئة البحرية أو المسطحات المائية الأخرى، يمكن خفض تكاليف عملية المعالجة.
- يضاف لتكاليف إعادة الاستعمال الأعمال التكميلية، مثل بحيرات التخزين، وتوزيع المياه.
- يدخل ضمن العائد من عملية إعادة الاستعمال، المكاسب الناتجة من الاستنبات المائى، والإنتاج السمكى.
- تكون مقارنة التكاليف واضحة وشاملة للآتى:
  - ثمن الأراضى المستصلحة فى حالة توجيه المياه للصحراء وقيمتها المتزايدة.

- ثمن المحاصيل الزراعية، والاستفادة من مخلفاتها.
- ثمن المياه التى سيتم توفيرها من المياه السطحية لأغراض أخرى مثل الصناعة والشرب.
- التكاليف الغير محددة بقيمة مالية، مثل تشغيل العمالة، والبعد الاجتماعى من إحياء مناطق غير مستخدمة، والأنشطة التجارية والصناعية التى تتبع العملية الزراعية وتخدم منتجاتها.
- تدخل ضمن تكاليف إعادة الاستعمال، تشغيل وصيانة الأراضى الزراعية والأسمدة، والزرع والحصاد، والأجور، والمصروفات وغيرها، والأضرار التى قد تلحق بالبيئة أو تؤثر فيها.
- يتم تقدير الأضرار البيئية التى تؤثر سلبيا فى حالة التخلص من مياه الصرف الصحى فى البحر، أو المصارف، أو البحيرات، وقد تكون هذه العوامل حاسمة فى وجوب اختيار بديل إعادة الاستعمال.

وبالإضافة إلى العوامل السابقة هناك بعض العوامل الوطنية نذكر منها:

- يفضل أن ينظر للمشروع على أنه مشروع استثمارى، بيئى، قومى يدخل ضمن خطة إعادة استعمال الصرف الزراعى خاصة أن بحيرة مريوط يصب فيها ما يزيد عن ٦ مليون متر مكعب صرف زراعى يوميا.
- خلط نسبة من مياه الصرف الزراعى – بمياه الصرف الصحى يمكن استخدامها فى استصلاح ما يزيد عن ٢٥٠ ألف فدان (ربع مليون فدان) – وهذه المساحة فى حدا ذاتها تمثل إضافة ما يزيد على ستة مليارات من الجنيهات لرأس المال المتزايد والمنتج زراعيا – والمفيد اجتماعيا – والأفضل بيئيا.
- المنشآت الحالية لمحطات المعالجة الشرقية والغربية – يمكن تطويرها والاستفادة منها بطريقة أفضل من النواحى الصحية والبيئية والسياحية.

- تكاليف نقل مياه المجارى التى تصل لحوالى ٦٠٠ مليون جنيه يجب ألا تكون مبررا لإصابة هذا المشروع بالشلل لأن العائد من استصلاح الأراضى – وزراعتها – وتحسين الحالة البيئية للإسكندرية ومحيطها – وثمن المياه نفسه – كل هذه العوامل ستدر عائدا سريعا ومتزايدا – وتغير من طبيعة المناطق الصحراوية.
- أزمة المياه – من الناحية العالمية – والشرق أوسطية – وتزايد هذه الأزمة مع الاحتياج للمياه لمشروعات مصر العملاقة فى توشكى – وترعة السلام – ستحتم النظر إلى المخلفات السائلة – كإضافة استراتيجية لمصادر المياه – وهذا الاتجاه سائد فى كل أنحاء العالم فى الوقت الحاضر.
- مستقبل الشريط الجنوبى للساحل الشمالى من الإسكندرية وحتى السلوم وبعمق يصل لمئات الكيلو مترات سيكون استكمال للنهضة السياحية بالساحل الشمالى إضافة إلى أنه القيام الفعلى للامتداد العمرانى فى مساحة بعيدة عن مصادر تلوث الهواء حيث الاتجاه السائد للرياح من اتجاه الشمال الغربى – يضاف إلى ذلك أن هذه المناطق بعد تطهيرها من الألغام سيكون لها وضع خاص: سياحيا – وزراعيا – وصحيا ... بعد أن نتخلص من أبشع صور الارهاب البيئى ... وهو ألغام الصحراء الغربية.
- مشروع التخلص من مياه الصرف الصحى واستزراع الأراضى والزراعة يجب ألا يكون عبئا على محافظة الإسكندرية وهيئة الصرف الصحى – فهو مشروع الدولة بأكملها – ودور المحافظة هو تشغيل شبكة تجميع الصرف الصحى وصيانتها وتجديد التالف منها ويكفيها أنها ستعطى هذه الكمية من المياه بما فيها من مواد عضوية تسميدية إلى من سيقوم باستثمار هذا المشروع سواء كان:

- جهاز الخدمة الوطنية بالقوات المسلحة – حتى وإن اقتضى الأمر إلى إحياء اللواء الزراعى الذى كان بالجيش فى وقت ما.
- تكوين شركة وطنية – أو مصرية عربية للقيام بهذا المشروع. وقد يكون البديل الأول هو الأفضل لأن القوات المسلحة بها طاقة بشرية وميكانيكية ومعدات أخرى يمكن الاستفادة منها – هذا بالإضافة إلى العامل الأهم من هذا كله – البذرة المصرية الطاهرة الكامنة فى قلب كل جندى – وتجلت فى مئات الصور فى حروبنا الأربعة – والمعركة التى نحن بصددها الآن هى من أكبر وأروع وأشد المعارك ... فالتلوث البيئى هو العدو الذى يحاربنا ببطىء – ونخسر بسببه أكثر من كل ما خسرناه فى كل حروبنا الماضية – وللجيش دور أساسى وحاسم فى القضاء على هذا العدو الجديد ... فالإرهاب البيئى الذى يتمثل فى صوره المائية، والهوائية، والأرضية، هو العدو الأول والدائم، لأنه إرهاب خفى.

الباب العاشر

إعادة استعمال مياه الصرف الصحى

Reuse of Wastewater

إعادة استعمال مياه الصرف الصحى، طريقة معروفة حتى من عهود قدماء المصريين، وفى دول أخرى مثل الصين واليونان. وفى هذا العصر الذى خسر فيه الإنسان الكثير من معنى الحياة، خسر أيضا الكثير من المياه الآمنة للاستعمال الآدمى ... ورغم أن إعادة استعمال مياه الصرف الصحى بدأت تتهادى فى دول كثيرة منذ أواخر القرن التاسع عشر، إلا أنها أخذت طابع الاهتمام والاشهار فى النصف الأخير من القرن العشرين، بعد زيادة تلوث المسطحات المائية وزيادة الطلب على المياه العذبة.

وقد بدأت فى انجلترا عام ١٨٦٥ وبعد عشر سنوات وصل عدد مواقع استعمال المجارى فى الرى حوالى خمسون موقعا. وبدأت فى أمريكا وفى فرنسا وباقى أوربا فى هذا التاريخ تقريبا. وفى الدول النامية بدأ استعمال المجارى فى الرى منذ مئات وربما آلاف السنين حتى بدون معالجة. وزاد من تفاقم هذه المشكلة، أن التعداد السكانى على مستوى العالم وصل إلى ستة مليار نسمة فى نهاية القرن العشرين.وكان تعداد المدن التى يزيد تعدادها على مستوى العالم عن مليون نسمة فى عام ١٩٥٠ (٨٠ مدينة)، وفى عام ١٩٩٠ ارتفع إلى ٣٠٠ مدينة ووصل فى نهاية القرن العشرين إلى حوالى ٤٠٠ مدينة، وتزامن مع ذلك زيادة طلب المياه بشريا وصناعيا.

ومع تزايد سكان المدن، وسكان كوكب الأرض عموما، يزداد تلوث المياه العذبة نتيجة إلقاء المخلفات السائلة فيها، وهذا ما جعل إعادة الاستعمال هو الحل الاقتصادى الذى يتحكم فى تلوث المياه والبيئة.

وعلى التوازى نجد أن الهيئات الدولية المعنية بالبيئة والصحة العامة تتجه فى توصياتها إلى تشديد المعايير الخاصة باستخدام مياه الصرف الصحى والحمأة الناتجة من عمليات المعالجة – وهذا يقودنا إلى تطوير طرق المعالجة بما يتمشى مع إعادة الاستخدام للمياه والحمأة بدون إلحاق الضرر بصحة الإنسان وبالتربة والنبات والمحاصيل الزراعية وأيضا الحيوانات والطيور.

وعلى الجانب الآخر نجد أن الطلب للمياه العذبة يتزايد باستمرار سواء للاستهلاك البشرى أو الزراعى أو الصناعى – وينتج من ذلك زيادة فى كميات المخلفات السائلة – والغريب أن التخلص من هذه المخلفات فى المسطحات المائية العذبة يتسبب فى تلويثها وبالتالى يقلل من إمكانية استعمالها فى الشرب والأغراض الحيوية الأخرى – أو بمعنى آخر يسبب عدم إمكانية استعمال نسبة من المياه العذبة أو يقلل من كمية ومعدلات هذه المياه – ولذلك فإن تطوير طرق المعالجة بما يلائم عملية إعادة الاستخدام هو الحل الأمثل بيئيا واقتصاديا وصحيا، وإنسانيا، وحفظا لمصادر المياه ومنع تلوث الشواطىء لتشجيع السياحة – وتحركت دول البحر الأبيض المتوسط فى هذا المجال فى أواخر القرن العشرين وقامت دول مثل تونس وفرنسا وقبرص بإنشاء عمليات لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى بعد معالجتها.

وبالنسبة لمصر ودولا أخرى فإنها لا زالت تستورد نسبة كبيرة من القمح وغيره من المنتجات والمحاصيل الزراعية والأعلاف وغيرها. ومع ضرورة زيادة الرقعة الزراعية مع التوسع الرأسى بزيادة إنتاجية الفدان يجب تطوير نظم الرى بما يقلل معدلات المياه المطلوبة للفدان، لأن الطلب للمنتجات والمحاصيل الغذائية يزيد بمعدلات كبيرة، خاصة فى الدول التى لا تعتمد مباشرة على الأمطار فى رى المزروعات.

العوامل الدافعة لعملية إعادة الاستعمال

- بدأت حتى فى الدول الصناعية الغنية الكبرى تدخل عملية إعادة استعمال المخلفات السائلة فى صدارة الموضوعات البحثية التى تتولاها المؤسسات العلمية. وشملت أبحاث منشورة كثيرة آراء علمية عن أن المياه العذبة المستخدمة فى الرى فى الولايات المتحدة عام ١٩٨٥ حوالى ٥١٩ مليون متر مكعب فى اليوم أى حوالى ١٨٩ مليار متر مكعب فى السنة لرى حوالى ٥٧ مليون فدان – وتمثل مياه الرى ٣٤ ٪ من المياه التى تستخدم فى جميع الأغراض.

  وسيزداد معدل إعادة استعمال مياه الصرف الصحى فى الولايات المتحدة بصفة مستمرة فى المستقبل. وستظل نسبة احتياجات المياه العذبة للرى ومحطات توليد الكهرباء فى حدود ٧٥ ٪ من مصادر المياه.
- أصبح تلوث المياه واقعا ملموسا فى السنوات الأخيرة ويؤكد ذلك ما أعلنه العلماء فى المؤتمر الكندى الثامن عن مرض السرطان عام ١٩٦٨ – أن (٧٠-٩٠) ٪ من حالات السرطان بسبب تلوث البيئة ..
- أكدت التقارير الدولية أن نسبة كبيرة من الفشل الكلوى والكبدى بسبب تأثير الملوثات مثل المبيدات الحشرية الكيماوية، والمواد السامة والمعادن الثقيلة.
- الدراسات الجارية فى مؤسسات علمية دولية كثيرة تعطى فى الكثير من أبحاثها مؤشرات بأن تركيز التلوث يزيد بجميع مكوناته فى المسطحات المائية العذبة والمالحة، فبعد أن كانت شرايين حية تحمل الرفاهية والصحة للإنسان، أصبحت سببا من أسباب هلاكه. ولعل أبرز دليل على ذلك ما جاء بتقرير هيئة الصحة العالمية عام ١٩٧٥ فى دراسة البنك الدولى عن العالم الثالث والتى أشارت إلى أن حوالى ٩ مليون شخص يموتون سنويا فى الدول النامية بسبب أمراض تلوث المياه وسوء التغذية.

- وسبق الإشارة إلى مصادر التلوث المختلفة نوجزها فى الآتى حسب أهميتها فى المنطقة العربية والشرق أوسطية:
  - تلوث المسطحات المائية العذبة وتأثيره على الاستعمالات الاتية:
  - الإمداد بمياه الشرب للإنسان والحيوان.
  - الإمداد بمياه الرى.
  - الإمداد بالمياه للأغراض الترفيهية، والعامة، والخاصة.
  - تلوث المسطحات المائية الغير عذبة، مثل المصارف الزراعية التى تستقبل مخلفات زراعية، وصرف صحى، وصرف صناعى وتصب فى نهايتها فى الترع والأنهار والبحيرات .. أو فى البحار .. ويصل التلوث للنبات والحيوان والأسماك ثم الإنسان.
- وكما سبق أن أشرنا أن مصادر المياه المستعملة الملوثة تزيد فى معدلاتها نتيجة لزيادة السكان، والتوسع الزراعى والتقدم الصناعى ويتم التخلص من هذه المخلفات بدون معالجة أو بعد معالجة ابتدائية أو ثانوية أو متقدمة فى المسطحات المائية، وتعود هذه الملوثات للبيئة بجميع ما فيها .. والعامل الأساسى بعد ذلك هو أن مصادر المياه العذبة التى يصيبها التلوث، يتم استبعادها من مصادر المياه الآمنة، وهذا يعنى انتقاصا من مصادر المياه العذبة بسبب التلوث – ويأتى ذلك فى زمن بدأت مشكلة ندرة المياه تفرض نفسها عالميا.

وكان لزيادة التلوث فى المسطحات المائية وآثاره على البيئة، ما جعل دول العالم الغنية والفقيرة تهتم بهذه المشكلة من وجهات نظر متطابقة واستراتيجية واحدة تشجع بإعادة استعمال مياه الصرف الصحى والصناعى فى أغراض شتى للأسباب الآتية:

- الاستفادة بالقيمة المائية الكبيرة فى هذه المخلفات.

- الاستفادة بالعناصر التسميدية فى مياه المجارى.
- المحافظة على المسطحات المائية من التلوث باستعمال مياه الصرف الصحى ومنع إلقائها فى هذه المسطحات.

- وفى سبيل ذلك تنشط الهيئات العلمية فى الدراسات التى تخدم هذا الاتجاه الحيوى. ومن أمثلة هذه الأنشطة:
  - توصيات وكالات حماية البيئة بدول كثيرة بفصل وحجز المواد السامة من المخلفات الصناعية لإمكانية الإستفادة من المياه وكذلك من رواسب المخلفات السائلة.
  - تتجه بعض الدول إلى تحريم إلقاء الحمأة فى المحيطات والبحار للتحكم فى تلوث هذه المسطحات وفى نفس الوقت يمكن استخدام الحمأة استخداماً مفيداً سواء فى أغراض التسميد أو لاستخراج الطاقة، كما أن معالجة المخلفات الصناعية من المواد السامة، سيجعل للحمأة قيمة وفائدة، فيقلل من تكاليف التخلص منها وفى نفس الوقت يشجع على استخدامها فى تسميد الأراضى. ويمكن فى هذه الحالة التخلص من المواد السامة بالطرق المناسبة التى تحافظ على البيئة والصحة العامة وتحافظ أيضا على الموارد الطبيعية والإستفادة منها.
  - بدأت الدول النامية التى تقع فى المناطق الدافئة والحارة بالإستفادة من المخلفات السائلة خاصة أن معظم هذه الدول تعانى من نقص المياه العذبة، كما أن المشروعات المائية فى هذه الدول تحتاج لتكاليف كثيرة.
  - وعليه فقد أصبح مستوى المعالجة المطلوب حاليا هو معالجة متقدمة تسمح بإعادة استعمالها بطريقة آمنة فى أغراض الزراعة والصناعة. **ولم تعد المعالجة الثانوية كافية، بل أصبح المطلوب ألا تقل جودة**

المخلفات السائلة المعالجة عن خصائص المسطحات المائية التى تلقى فيها المياه بعد المعالجة.

- إعادة الاستعمال طريقة مرنة لأقصى حد، حيث يمكن استخدامها لأغراض كثيرة، بالإضافة إلى الآتى:

أولا: مبدأ إعادة استعمال مياه الصرف الصحى والصناعى، يضمن عدم تلوث المياه السطحية، وبالتالى، إذا كانت معايير بعض الدول أو المناطق متشددة، فإنه يمكن استعمال مياه الصرف المعالجة فى رى المحاصيل التى لا تؤكل، مثل القطن، والكتان، والأشجار الخشبية وغيرها، وهذا يوفر المياه السطحية التى لا يصل إليها التلوث لرى الخضروات والفواكه والمحاصيل الغذائية.

ثانيا: مع تفاقم مشكلة المياه العالمية، أصبح الاتجاه السائد حاليا هو أن العائد الاقتصادى من إعادة الاستعمال ربما يكون أكبر من تكاليف المعالجة المتقدمة التى أصبح لزاما أن يصل مستواها إلى نفس الخصائص للمياه السطحية التى أخذت منها للاستعمال سواء للأغراض المنزلية أو الصناعية.

ثالثا: أصبح تلوث البيئة المائية فى شتى صورها يمثل كارثة إنسانية بالنسبة للصحة العامة، والاقتصاد، والأمن القومى، والسياحة، والوسائل الترفيهية، والرياضة.

إعادة الاستعمال فى دول أوربية :

فى منتصف القرن التاسع عشر أوصت أول هيئة للصرف الصحى فى انجلترا بالآتى: – (أن أفضل الطرق للتخلص من مياه المجارى للمدن هى صرفها على الأرض بصفة مستمرة، وفى هذا ضمان لعدم تعرض الأنهار للتلوث). وقد ساعد هذا الرأى، وكذلك التوصيات التى تلت ذلك خلال القرن الماضى فى إنشاء وتطوير عمليات الصرف على الأرض فى انجلترا.

ومع بداية الحرب العالمية الأولى كان هناك خمسون مدينة ألمانية تستخدم نظم الصرف على الأرض واستخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة. وقد تزايد عدد هذه المدن فى ألمانيا ليصل فى عام ١٩٣٩ إلى ٦٩ مدينة يصل مجموع تعدادها سبعة مليون نسمة. وفى فرنسا بدأ استخدام هذه الطريقة فى عام ١٨٩٥ ليصل مع أوائل القرن العشرين إلى ثلاثة عشر ألف فدان تروى بمياه المجارى واستمر التوسع فى استخدام هذه الطريقة بعد ذلك.

إعادة الاستعمال فى الولايات المتحدة :

فى الولايات المتحدة وصل عدد المدن التى تستخدم هذه الطريقة فى عام ١٩١٤ إلى ٣٥ مدينة فى ولاية كاليفورنيا وحدها وذلك لزراعة عدة محاصيل مثل البازلاَّ، والفاصوليا، والبرسيم الحجازى، والفواكه. وفى عام ١٩٥٢ وصل عدد المواقع التى تستخدم المجارى فى الرى إلى ٢٥٧ موقعا فى جميع الولايات منهم ١٠٧ موقعا فى ولاية كاليفورنيا.

وقد شمل قانون التحكم فى تلوث المياه فى الولايات المتحدة الذى صدر فى عام ١٩٧٢، وكذا التعديلات اللاحقة الواردة بالقانون الأمريكى تحت رقم (PL 97-117) عام ١٩٨١ شملت هذه القوانين تشجيعا لاستخدام المعالجة على الأرض كبديل لطرق المعالجة الأخرى، وشملت القوانين أيضا توجيهات مباشرة بضرورة تقييم الصرف على الأرض كبديل من بدائل معالجة المخلفات السائلة وذلك فى جميع مشروعات معالجة المجارى، وشمل الفصل رقم (٢٠١) من هذا القانون توصيات بالاهتمام بمشروعات المعالجة التى تضع فى اعتبارها الآتى:

- ١. إعادة استخدام ملوثات المجارى فى الانتاج الزراعى أو تشجير الغابات أو الانتاج الحيوانى أو فى أكثر من طريقة من هذه الطرق.
- ٢. التحكم فى صرف الحمأة بحيث لا تسبب تلوثا يضر بالبيئة.

وقد أقيمت فى الولايات المتحدة فى عام ١٩٨٣ حلقة دراسية تحت رعاية الهيئات الآتية:

وكالة حماية البيئة الأمريكية – سلاح المهندسين الأمريكى – مؤسسات علمية أخرى.

وقد ورد فى التوصيات حقائق تؤيد إعادة استخدام المخلفات السائلة منها:

- ١. الصرف على الأرض يستخدم حاليا بنجاح فى جميع أنحاء العالم.
- ٢. الصرف على الأرض من الناحية البيئية طريقة اقتصادية ومفيدة، وأن أكثر من ١٠٠٠ عملية لاستخدام مياه الصرف الصحى تعمل حاليا فى الولايات المتحدة، وأن عددا مماثلا أى ألف عملية أخرى سيتم تشغيلها خلال العشر سنوات (١٩٨٣-١٩٩٣).
- ٣. أوصت الوكالات الأمريكية المنظمة لقوانين التحكم فى تلوث المسطحات المائية بضرورة الأخذ فى الاعتبار بطريقة الصرف على الأرض أو إعادة الاستخدام كبدائل لمعالجة وصرف المخلفات السائلة.
- ٤. يتميز الصرف على الأرض بحجز الملوثات فى التربة وتحويلها إلى مواد مفيدة للنبات كما أن هذه الطريقة أبسط وأرخص فى التشغيل. وقد أظهرت الخبرة فى مجال الصرف على الأرض فى الولايات المتحدة خلال عشر سنوات أن هذه الطريقة إن لم تكن تتساوى فهى أفضل من طرق المعالجة والصرف الأخرى.

ومثال من الواقع فى الولايات ... حيث الدراسة التى تستحق تقدير البحث العلمى البيئى، والتى أجريت منذ ربع قرن لإحدى عشر مشروعا يصل مجموع تصرفاتها حوالى ثلث مليون متر مكعب فى اليوم. وتقع هذه المشروعات فى ولايات ومدن متباعدة تشمل ولايات كاليفورنيا – وواشنطن – وتكساس – وميتشجان – وماريلاند – وأريزونا – ونيويورك – وأوكلاهوما، وقام بالدراسة ما يزيد عن ٣٧ متخصصا من أكفأ رجال الجامعات والفنيين – وقام بالاشراف على هذه الدراسة ومراجعتها كل من:

- وكالة حماية البيئة الأمريكية.
- سلاح المهندسين بالجيش الأمريكى.
- وكالة الزراعة الأمريكية التى قدمت خبرتها فى هذا المجال.

واعتمدت هذه الدراسة على ٦٧٣ مرجعا علميا تغطى البحوث التى نشرت حول هذا الموضوع فى المراجع والدوريات العلمية.

والتقرير نموذجا للدراسات العلمية التى يمكن الاعتماد عليها فى مشروعات المرافق. (ولا أقصد أبدا أبدا أبدا مجارى الإسكندرية) !!!.

وصدر هذا التقرير عام ١٩٧٧ برقم:

EPA – 625 /1 – 77 – 008

COE – EM 1110 – 1 – 501

وقد رفعت وكالة حماية البيئة الأمريكية هذا التقرير بمضمون للدراسة جاء فيه:

- المعالجة على الأرض يمكن أن تصل لنفس درجة المعالجة المتقدمة بالإضافة إلى الاستفادة من المياه والعناصر التسميدية بها فى الإنتاج الزراعى.
- نتيجة للشروط والمعايير الواردة بقوانين التحكم فى تلوث البيئة – فإن الصرف على الأرض يفضل عن طرق التخلص فى المسطحات المائية – وهذا واضح فى اللائحة التنفيذية للقانون الأمريكى (٩٢-٥٠٠).
- أوضح التقرير أن الصرف على الأرض يوفر مليارات الدولارات ليس فقط للتحكم فى تلوث المياه ولكن فى إضافة مصدر جديد من مصادر المياه التى سيعاد استعمالها وهذه فوائد مزدوجة توفر مبالغ كبيرة فى تحسين خواص المسطحات المائية – وتدر عائدا من استصلاح واستزراع مساحات صحراوية أو قابلة للزراعة وينقصها مياه الرى.
- أن الخبرة الأمريكية بدأت فى استعمال مياه المجارى فى الرى منذ عام ١٨٧٠ – وبدأت تنتشر منذ هذا التاريخ.

ورغم أن الهدف من التقرير كان لزراعة بعض المحاصيل – والترشيح السريع لمياه المجارى – وسريان المياه فوق سطح الأرض – إلا أنه شمل دراسة الطرق الجديدة لاستخدام مياه المجارى – وتحديث طرق الاستنبات المائى لتحسين خواص المياه ومعالجتها معالجة متقدمة – لاستعمالها بدلا من مياه الشرب التى تستخدم فى أغراض شتى – مثل: الاستعمال الصناعى ورى المساحات الخضراء ورش الشوارع.

استخدام مياه المجارى لزراعة الغابات :

أجريت عدة أبحاث فى الولايات المتحدة لاستصلاح الأراضى وزراعة غابات شجرية وغيرها بمياه المجارى – حيث لا تحتاج الأراضى إلى تكاليف كبيرة مثل نوعيات الزراعة للمحاصيل التقليدية – علاوة على وجود أراضى صحراوية غير مستعملة فى مناطق كثيرة كما هو الحال فى صحراء مصر التى تحيط بالمدن الرئيسية – وقد أجريت بحوث فى زراعة الغابات بمياه المجارى فى جامعات بنسلفانيا وميتشجان – وجامعة واشنطن – (تقارير وكالة حماية البيئة الأمريكية فى يوليو ١٩٧٣ – فبراير ١٩٧٤ – مارس ١٩٧٦) – وتقرير جامعة واشنطن فى مايو ١٩٧٦.

الترشيح السريع :

طريقة شحن المياه الجوفية بترشيح مياه المجارى المعالجة ابتدائيا – جاءت ضمن تقرير وكالة حماية البيئة الأمريكية وإن كانت لتصرفات صغيرة إلا أن الدراسة أشارت إلى رفع هذه المياه عن طريق الآبار لاستخدامها فى الرى – ويتيح رفع هذه المياه زيادة كمية المياه السطحية – بالإضافة إلى أن تخزين هذه المياه يحسن من خواصها ويساعد على الاستفادة منها.

علما بأن عملية شحن المياه الجوفية تتم بتسريب المياه من الرى السطحى أو بحقن مياه الصرف الصحى مباشرة فى التربة بطريقة الترشيح السريع وتعتمد هذه العملية والطرق المستخدمة فيها على نفاذية التربة، والطبقات الحاملة للمياه التى تصل إليها مياه الرشح — ويحدث فى أثناء عملية الترشيح السريع معالجة طبيعية وكيماوية

وبيولوجية فى الطبقة السطحية للتربة فى عمق حوالى مترين — وسواء وصلت المياه المتسربة إلى المياه الجوفية أو السطحية فإنها تستعمل للشرب بطريق غير مباشر — وتشير كودات بعض الولايات الأمريكية إلى إمكانية ذلك طالما توافرت فى المياه المعايير الكيماوية والطبيعية والبكتريولوجية الخاصة بمياه الشرب. وليس معنى ذلك أن هذا الاتجاه مقبول فى الدول الأخرى رغم أن مصادر المياه فيها أصابها من التلوث ما هو أسوأ مما يحدث فى هذه البلاد المتقدمة.

وفى هذا المجال توجد طرق كثيرة لتدوير هذه المياه – وهذه الطرق تزيد من تحسين خواص المياه ومن الاستفادة منها ويمكن اختيار الطرق المناسبة اعتمادا على خصائص التربة ومكوناتها وبعد المياه الجوفية عن سطح الأرض – وطبيعة المسطحات المائية إن وجدت.

وفى حالة تأثر المياه الجوفية والتربة من ملوحة مياه البحر وتداخلها فإن الترشيح السريع أو وصول مياه الصرف إلى المياه الجوفية ورفع منسوبها يساعد فى الحفاظ على خط الضغط الهيدروليكى ويحمى المياه الجوفية فى هذه المناطق من تداخل المياه المالحة معها.

وأثناء سريان المياه خلال التربة تعمل حبيباتها كمرشح لحجز المواد العالقة العضوية وغير العضوية والبكتريا – (بحوث باور المنشورة فى مجلة التحكم فى تلوث المياه مايو ١٩٧٤ – وأبحاث مكى – تقرير لمجلس إدارة المياه لولاية كاليفورنيا برقم ٣٣ لسنة ١٩٦٦ وتصل إزالة الفوسفور بين (٧٠–٩٩) ٪ اعتماداً على طبيعة التربة.

ويشير التقرير إلى تزايد استعمال مخلفات المواشى فى التسميد والاهتمام الأكبر لاستعمال المخلفات الآدمية بنفس الغرض مع الاهتمام بالنواحى الهندسية للتحكم فى الرائحة والتلوث من استعمال هذه المخلفات بزراعة حزام أخضر من الأشجار حول المنطقة التى يتم زراعتها بمياه المجارى – (البرنامج الدراسى بجامعة كورنل بواسطة موريس – عن الاحتياطات القانونية والقبول الجماهيرى عن الرى بمياه المجارى – مايو ١٩٧٦).

كما أن الدراسة التى تمت فى عشر مناطق بجنوب كاليفورنيا أظهرت أن المواطنين لديهم الاستعداد لإعادة استعمال مياه الصرف الصحى المعالجة فى جميع الأغراض التى لا يوجد فيها تلامس للجسم – (بحث الدكتور ستون عن القبول الشعبى لإعادة استعمال مياه المجارى – المجلة العلمية عن جمعية المهندسين الأمريكية – قسم هندسة البيئة – يونيو ١٩٧٦).

واقترحت الدراسة معالجة ابتدائية يعقبها بحيرات مهواة قبل إعادة استعمال مياه المجارى فى الرى.

وقد استخدمت المخلفات الصناعية ذات التركيزات العضوية العالية بنجاح بمعدلات منخفضة بدون أى فرق فى التشغيل باستعمال المخلفات الصناعية المعالجة ابتدائيا أو ثانويا فى نفس الظروف – (بحث الدكتور ريد عن المعالجة المطلوبة قبل الصرف على الأرض – المؤتمر الثانى المحلى عن بحوث هندسة البيئة بجامعة فلوريدا عام ١٩٧٥).

وتعتبر محاصيل الحبوب – القمح والذرة والشعير هى الأكثر ربحا فى الزراعة بمياه المجارى – وليس هناك قيود فى بيع هذه المحاصيل. (بحث كلوسنر – فى برنامج تعليمى بجامعة كورنل – مايو ١٩٧٦ – وبحث كونر – فى تقرير رقم ٢٩٢ – نوفمبر ١٩٧٥ عن تحليل اقتصادى للانتاج الزراعى باستعمال مياه المجارى – قسم الارشاد الزراعى الأمريكى).

وتستخدم مياه المجارى فى زراعة الأشجار الخشبية منها أشجار الصنوبر – حيث يمكن استخدامها فى صناعة لب الورق (بحث ميرفى – عن استعمال مياه المجارى فى زراعة الأشجار الخشبية – مجلة جامعة بنسلفانيا عام ١٩٧٣ – ويزرع القطن حيث يمكن الاستفادة بأخشاب شجيراته كوقود – (بحث أليتش – تقرير عن جامعة كاليفورنيا مشروع رقم ٢٦٤٣ – يونيو ١٩٧٤).

اقترحت الدراسة بحيرة تخزين لمدة طويلة تزيد من درجة المعالجة ويصل زمن التخزين إلى ٢٠ أسبوع – ويقترح البعض أكسدة المواد العضوية بمياه المجارى قبل الرى إلا أن

استخدام البحيرات المهواة هو الأنسب من الناحية الاقتصادية قبل استعمال هذه المياه فى الرى.

إعادة استعمال مياه المجارى فى الهند والصين الشعبية :

عقدت بالصين الشعبية حلقتان دراسيتان، الأولى فى مدينة سينانج عام ١٩٨٠، والثانية فى مدينة تايان عام ١٩٨٤، ومن بين توصياتها:

- ا. أن الرى بمياه الصرف الصحى استخدم بكثرة من عام ١٩٥٨ وحتى الآن حتى وصلت المساحات التى تروى بمياه المجارى لأكثر من ثلاثة ملايين فدان.
- ب. أن طرق الصرف فى الأرض موفرة للطاقة، واقتصادية فى تكاليف التشغيل والصيانة، وكذلك فى التكاليف الإنشائية.
- ج. تدر عائدا اقتصاديا من الإستفادة بالمياه فى الإنتاج الرزاعى وتحويل الملوثات بمياه المجارى إلى مواد نافعة للتربة والنبات.
- د. التحكم فى تلوث المسطحات المائية بمنع صب مياه المجارى فيها.
- هـ. أن الإستفادة بمياه المجارى فى استصلاح واستزراع الصحراء يمثل أفضل الطرق لمعالجة مياه الصرف الصحى والتخلص منها فى الدول التى يوجد بها مساحات صحراوية شاسعة.

وبمقارنة الصرف على الأرض بالصرف بعد المعالجة الثانوية التقليدية وجد الباحثون الصينيون أن:

- ١. استهلاك الطاقة فى حالة الصرف على الأرض تساوى (١١-٣٣) ٪ من الطاقة المستهلكة فى المعالجة الثانوية التقليدية.
- ٢. توظيف المال المطلوب فى حالة الصرف على الأرض = ٢٥ ٪ من الإعتمادات المطلوبة للمعالجة الثانوية التقليدية.

- ٣. مصاريف الصيانة فى حالة الصرف على الأرض = ٢ ٪ منها فى المعالجة التقليدية.

وقد أيد هذه التوصيات ما ذكره الباحثون من أن زيادة سعر الأسمدة وزيادة تكاليف المياه ومشروعاتها وزيادة ثمن الطاقة يعطى طرق الصرف على الأرض مميزات جوهرية.

وتستخدم مياه الصرف الصحى فى كل من الهند والصين الشعبية على نطاق واسع بحيث تصل نسبة مياه الصرف الصحى التى يعاد استخدامها إلى أكثر من ٦٥ ٪، ويستخدم الجزء الأكبر من هذه المياه بدون معالجة ثانوية، وعلى سبيل المثال فإن ٨ ٪ فقط من مياه المجارى فى الهند يتم معالجتها ثانويا، وحوالى ٣٧ ٪ يتم معالجتها ابتدائيا فقط والباقى يستخدم فى الرى بدون أى معالجة. أما فى الصين الشعبية فتستخدم طريقة البحيرات لمعالجة مياه الصرف الصحى قبل استعمالها فى الرى.

وفى المناطق المخدومة بشبكات تجميع لمياه الصرف الصحى فى كلا البلدين يصل معدل التصرف فى السنوات الأخيرة كالآتى:

- ١٠ مليون متر مكعب فى اليوم فى الهند.
- ١٠٠ مليون متر مكعب فى اليوم فى الصين الشعبية تخدم زراعة مساحة تزيد عن ٣ مليون فدان وذلك حتى عام ١٩٨٠، وأصبحت الصين تستخدم مياه الصرف الصحى الناتجة من ٨٠٠ مليون نسمة فى زراعة المحاصيل.

وقد بدأ الباحثون فى كلا البلدين فى الاهتمام المتزايد لتطوير طرق الصرف على الأرض على أساس أنها أهداف إنتاجية تحمى المسطحات المائية من التلوث، وفى نفس الوقت تتميز طرق الصرف على الأرض بأنها تتم بطريقة طبيعية وكيمائية وبكتريولوجية خلال التكوين الحبيبى للتربة وذلك بدرجة عالية من المعالجة مضيفة عوامل الإتزان البيئية التى تجعل من هذه الطريقة الإنتاجية مصدراً لحماية البيئة وتنميتها.

إضافة إلى ذلك فإن الصرف على الأرض يستخدم كبديل للمعالجة المتقدمة التى تلى المعالجة الثانوية على أساس أن المعالجة المتقدمة بالطرق الكيمائية تحتاج إلى كميات كبيرة من المواد الكيمائية، ومهارة فنية عالية فى التشغيل؛ واستهلاك كميات كبيرة من الطاقة. والبديل الآخر وهو الصرف على الأرض يعتمد على النشاط البيولوجى فى تثبيت المواد وتحليلها على سطح حبيبات التربة، وإمداد النبات بالمركبات العضوية، وفى مقابل ذلك تحتاج هذه الطريقة إلى مساحة كبيرة من الأرض.

وبمقارنة العوامل الاقتصادية والبيئية وجد الباحثون أن الصرف على الأرض يعطى مستوى عالى من المعالجة بتكاليف أقل من البدائل الأخرى.

وتستخدم طرق البحيرات المهواة فى الصين الشعبية فى معالجة المخلفات الصناعية السائلة وذلك لارتفاع تكاليف طرق المعالجة الأخرى.

وقد أيد الباحثون الهنود إمكانية رى غابات الأشجار بمياه المجارى الخام. وفى دراسة استمرت عامين على مزرعة من أشجار الأوكالبتوس مساحتها ٢,٥ فدان، حيث تم التوصل للنتائج الآتية:

- متوسط طول الأشجار بعد عام واحد وصل ٧ متر وبعد عامين ١٠ متر.
- طول الساق الخشبى الذى يمكن الإستفادة منه كان ٣,٥ متر بعد عام و ٥ متر بعد عامين.
- حجم الأخشاب بعد عام ٢٤ م^3 وبعد عامين ٦٩ م^3.

إعادة الاستعمال فى اليابان :

نظرا للكثافة السكانية العالية، وعدم توافر الأراضى، فإن استعمال مياه الصرف المعالجة محدود نسبيا، فيصل إلى ما يقرب من ٣٠٠,٠٠٠ م^3/يوم، وتستخدم فى الأغراض الآتية:

- يستعمل ٤٠ ٪ من هذه المياه فى كسح المراحيض فى المبانى العامة والمنشآت الحكومية والتعليمية والسكنية الكبيرة، وفى مجال التبريد، ورى الميادين، وغسيل السيارات ونظافة الشوارع وغيرها.
- يستعمل حوالى ٣٠ ٪ منها فى مجالات الصناعة.
- يستعمل حوالى ١٥ ٪ منها فى مجالات الزراعة.
- يستعمل حوالى ١٥ ٪ منها فى تدعيم المسطحات المائية.

وللبابان معايير لمياه الصرف التى يعاد استعمالها، ربما لا تماثل معايير الدول الأخرى، لأنها أشد من معايير هيئة الصحة العالمية، وعلى سبيل المثال لا يزيد العد البكتيرى عن ١٠ فى كل ١٠٠ سم^{3} للمياه المستخدمة فى كسح المراحيض. وفى ثان المدن اليابانية (يوكوهاما) – رغم أن خدمات الصرف الصحى بدأت بها عام ١٩٥٠ بعد الحرب العالمية الثانية، إلا أن أول تخطيط لتجميع ومعالجة المخلفات السائلة، تم فى عام ١٩٦٢ – وفى عام ١٩٩٠ كانت خدمات الصرف الصحى تغطى ٨٥ ٪ من المدينة.

وتقع المدينة على بعد ٣٠ كم جنوب العاصمة طوكيو، وقد وصل تعدادها عام ١٩٩٠ لحوالى ٣,٢ مليون نسمة – والمدينة تواجه خليج طوكيو شرقا. ويعتمد التخطيط الشامل للمدينة على الآتى:

- تطبيق قانون لمعايير المخلفات الصناعية قبل السماح بصرفها فى شبكة الصرف العمومية.
- إعادة استعمال المخلفات السائلة المعالجة ليس فقط كمصدر جديد للمياه، ولكن للمحافظة على مصادر المياه الحالية من التلوث.
- استخدام الحمأة الناتجة من عملية المعالجة للتسميد، وإنتاج الطاقة من تحلل الحمأة لا هوائيا.

وهذه المدينة تشبه الإسكندرية فى تعدادها، ثم إنها العاصمة الثانية لليابان ولها ظروف بيئية قد تكون أقل أهمية من الإسكندرية، فالأراضى الصحراوية ممتدة غربا وجنوب غرب الإسكندرية.

المكسيك :

يستخدم نسبة كبيرة من المخلفات السائلة لبعض المدن المكسيكية وتبلغ حوالى خمسة ملايين متر مكعب فى اليوم، تستخدم لرى حوالى مائتى ألف فدان لزراعة محاصيل، الذرة الصفراء، والبرسيم الحجازى، والحبوب والشعير. وتحمل المخلفات السائلة قناة طولها حوالى ستون كيلو متر حتى منطقة الاستزراع. ولا شك أن فى هذه المسافة الطويلة تتحسن خصائص المخلفات السائلة نسبيا، يلى ذلك تحسن آخر خلال تخزين المياه لمدة أسابيع أو شهور قبل عملية الرى. وهذا ما أشار إليه المؤلف فى مرجع (١٠)، فقد كانت هناك اقتراحات مماثلة بالنسبة لنقل مجارى الإسكندرية إلى الصحراء، وإمكانية عمل نظام متكامل، لنقل المياه، ومعالجتها فى بحيرات مهواة، ثم بحيرات أكسدة، ثم بحيرات تخزين بسعة كبيرة، وكل مرحلة من هذه المراحل يتم فيها درجة من المعالجة. هذا ما يمكن عمله كمشروع له مزايا متعددة تنحصر فى الآتى:

- حماية بحيرة مريوط وتنميتها وإعادة تطويرها واستخدامها لأغراض السياحة والإنتاج السمكى.
- حماية شواطىء الإسكندرية من التلوث لتستعيد سمعتها كمصيف لملايين المصريين والعرب.
- إحياء آلاف الأفدنة من المساحات الصحراوية القاحلة.
- تشغيل أيدى عاملة فى مشروعات قومية مفيدة للإنسان والبيئة.
- الاستفادة من مصدر إضافى للمياه يحتوى على قيمة تسميدية طبيعية، فى بلد يعانى من نقص فى موارد المياه، والمواد الغذائية.

تونس :

تعتبر تونس من أكثر الدول العربية مضيا فى عملية إعادة استعمال مياه الصرف الصحى، فتعيد استعمال ما يزيد عن ربع مليون متر مكعب فى اليوم ناتجة من أربع محطات للمعالجة، وتروى بها حوالى إثنى عشر ألف فدان – واعتمدت فى المعايير الخاصة بها على تركيز للمواد العالقة أو الأكسجين الحيوى المستهلك لا يزيد عن ٣٠ جزء فى المليون، ومتوسط لعدد بويضات الديدان المعوية لا يزيد عن بويضة واحدة فى اللتر، بالإضافة إلى معايير كيماوية لتركيزات المعادن الثقيلة والسامة تقارب معايير هيئة الصحة العالمية.

الكويت :

تختلف ظروف الكويت عن الدول الأخرى، لعدم وجود مياه سطحية، وضآلة كثافة الأمطار، وتستخدم طريقة إعذاب المياه من البحر، ومن المياه الجوفية ذات الملوحة العالية، وذلك لسد احتياجات السكان الذى يبلغ عددهم حوالى مليونى نسمة.
وبالنسبة لمياه الصرف الصحى، يعاد استخدامها فى الزراعة بعد معالجة ثلاثية، تشمل المعالجة بالحمأة المنشطة، ومرشحات سريعة، وتطهير بالكلور، خلال ثلاث محطات معالجة مجموع تصرفها يقارب ثلث مليون متر مكعب فى اليوم.

الامارات المتحدة :

تستخدم مياه الصرف الصحى فى أبو دبى منذ أكثر من ربع قرن، وفى العين التى يصل تعدادها لأكثر من ربع مليون نسمة، يخطط لاستخدام مياه الصرف الصحى منها فى الرى.

المملكة العربية السعودية :

وضعت عام ١٩٨٥ معايير تميل إلى الشدة لمياه الصرف التى يعاد استخدامها فى الرى بدون قيود. وتشمل المعايير البكتريولوجية حد أقصى للعد البكتيرى لا يزيد عن ٢,٢ خلية فى كل ١٠٠ سم^{٣}، ولا تزيد المواد العالقة أو الأكسجين الحيوى المستهلك عن ١٠مجم/لتر، وذلك بالإضافة إلى معايير شديدة للمعادن الثقيلة والمواد السامة.

من مشروعات مصرية :

مشروع استصلاح ٤٠٠٠٠ فدان على مياه الصرف الصحى المخلوطة بمياه النيل بمنطقة جنوب حلوان (الصف – غمازة – الديسمى).

قام بدراسة هذا المشروع (الهيئة العامة لمشروعات التعمير والتنمية الزراعية) – وتم رفع مذكرة بهذا الشأن لنائب رئيس هيئة التعمير برقم ٢٣٥ بتاريخ ١٩٨٣/١/٢٩ – وأساس هذه الدراسة: تصرف محطة معالجة مياه الصرف الصحى بجنوب حلوان عام ٢٠٠٠ حوالى ٥٥٠ ألف متر مكعب فى اليوم – إذا تم خلطها بمياه النيل بتصرف ٥٠٠ ألف متر مكعب فى اليوم يتم رفعها من ترعة الحاجر – وترعة مسجد موسى القبلية.

ويشمل المشروع تفاصيل عن البدء فى إجراء دراسة عن طرق الرى – وإنشاء وتصميم محطات الرفع – وتصميم القطاعات الطولية والعرضية للترعة الرئيسية وهى ترعة الصف بطول ٣١ كم من إجمالى طولها البالغ حوالى ٤٥ كم – وكذلك تصميم خزانات مبطنة ومفتوحة على الترعة الرئيسية لاستيعاب مقنن حوالى يومين من تصرف محطات الرفع – هذا بخلاف ما يستلزمه الحال من إنشاء القرى ومبانى الخدمات وخلافه.

هذا المشروع بتصميماته وحسب ما ورد بالمذكرة السابقة المفروض أنها تمت قبل نهاية شهر يناير ١٩٨٣ وهذا نموذج دراسة بصرف النظر عن الخطوات التى اتخذت فيها. وهناك مشروعات كثيرة كلها لإعادة استعمال مياه الصرف بأنواعه المختلفة، وهى

وإن كانت تحت مسمى زراعة أشجار خشبية، إلا أن مياه الترع وربما النيل وفروعه به نسبة (غير صغيرة) من مياه الصرف. وذكرنا المشروع كحالة تمت دراستها فقط !!!.

توصيات برنانج البيئة التابع للأمم المتحدة:

أوضحت هيئة البيئة التابعة للأمم المتحدة (UNEP) فى تقرير لها فى أوائل عام ١٩٨٤ أن لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى المزايا الآتية:

- ١. مصدر رخيص للمياه.
- ٢. وسيلة اقتصادية للتخلص من مياه الصرف الصحى.
- ٣. تمد النبات بعناصر غذائية كافية.
- ٤. تحسن من خواص مياه الصرف الصحى التى تصل للمياه الجوفية لمرورها خلال طبقات التربة.

الاستنبات المائى لورد النيل :

فى النصف قرن الأخير بدأت عدة دراسات وبحوث متتابعة لاستنبات ورد النيل، ونباتات مائية أخرى مثل عدس البحر، لاستخدام هذه النباتات فى استخلاص المغذيات والملوثات فى مياه الصرف الصحى المعالجة .. حيث أن هذه النباتات تتغذى على المواد الذائبة والعالقة أهمها ... المغذيات من النتروجين والفسفور – وبعض المواد السامة والمعادن الثقيلة مثل الرصاص والزرنيخ والكادميوم والمبيدات الحشرية.

واشترك فى بحوث هذا المجال، وكالة حماية البيئة الأمريكية ... والباحثين فى جامعة كاليفورنيا ... والوكالة القومية للفضاء والطيران (ناسا) ... والمسئولين عن المياه فى سان دياغو. وفى الربع قرن الأخير من القرن العشرين توسعت الهيئات العلمية والمهنية

فى دراسات نباتات أخرى مع ورد النيل، واتسعت دائرة هذه الدراسات وأصبحت شائعة تحت اسم (Wetlands).

والاهتمام بورد النيل تزايد فى النصف الأخير من القرن العشرين. وتم بحثه ونشره فى أنشطة وأبحاث علمية كثيرة تطبيقية وأكاديمية ومنها:

- ما قام به الباحث (دايموند) عام ١٩٤٨ من استخدام نبات ورد النيل لمعالجة مياه المجارى.
- فى عام ١٩٦٥ قام الباحث (فورمان) بدراسة على نفس الموضوع ولكن بتربية هذا النبات فى المرحلة الثالثة من مراحل بحيرات الأكسدة.
- فى عام ١٩٦٦ قدم الباحث (شيفلد) رسالة ماجستير خاصة بإزالة النتروجين والفوسفور من مياه المجارى المعالجة ثانويا باستخدام هذا النبات حيث أمكن إزالة ٩٤ ٪ من الكربون وحوالى (٤٠-٥٥) ٪ من الفسفور.
- فى عام ١٩٦٨ قدم الباحث (كلوك) رسالة دكتوراه بجامعة فلوريدا عن إزالة الفسفور والنتروجين من مياه المجارى المعالجة باستخدام هذا النبات.
- ونتيجة بحث الدكتوراه التى قام بها (كلوك) تتمشى مع البحث الذى أجراه (إدوارد) عام ١٩٦٠ عن امتصاص هذا النبات للنتروجين والفسفور بمياه المجارى.
- فى عام ١٩٦٩ عرض الباحثون (شيفلد وفورمان) بحثا فى المؤتمر السنوى الذى عقد فى شهر أكتوبر بولاية تكساس، عن إزالة الشوائب كيماويا وبيولوجيا من مياه المجارى المعالجة ثانويا، بواسطة ورد النيل.
- من عام ١٩٧٠ وحتى عام ١٩٧٧ قام عدد كبير من الباحثين بدراسة نفس الموضوع منها الدكتور (باجنال)، ووكالة حماية البيئة الأمريكية، والدكتور (دافيد وزملاؤه بجامعة فلوريدا) الذين توصلو فى أبحاثهم إلى أن قدرة

البحيرات التى تنمو فيها هذه النباتات فى إزالة الشوائب من مياه المجارى تعتمد على المساحة السطحية لهذه البحيرات وعلى ذلك يجب توفير مدة بقاء كافية فى البحيرات، الأمر الذى يمكن تحقيقه فى مرحلة من مراحل بحيرات الأكسدة.

- مما يؤيد خلاصة البند السابق ما قام به الباحث (راى دنجز) المتخصص فى تكنولوجيا المخلفات السائلة بإحدى مدن ولاية تكساس من أبحاث توصل فيها إلى تحسين خواص المياه المعالجة فى بحيرات الأكسدة باستخدام هذه النباتات ونشرت بعض هذه الأبحاث عام ١٩٧٨.
- أعقب ذلك نشر بحوث عديدة فى نفس الموضوع فى دوريات علمية كثيرة منها بحث المهندس (حفرى هوسر) عام ١٩٨٤ الذى أشار فيه إلى خفض الأكسجين الحيوى المستهلك لأقل من ١٠ مجم/لتر، واستخدم أنواعا من السمك تأكل يرقات الناموس.

ورد النيل والبيئة المحلية :

- ينمو ورد النيل بسرعة فى المسطحات المائية، تحت ظروف معينة، من درجة الحرارة (عموما فى المناطق الدافئة)، وتتضاعف كميته كل أسبوع تقريبا فى ظروف مشابهة لظروف شمال مصر .. وبمعدل أكبر فى مصر العليا.
- يمكن استخدامه فى المصارف الزراعية، والترع – والبحيرات الملوثة ولكن بطريقة علمية، وذلك لاستخلاص الملوثات منها.
- يستخدم فى مراحل من بحيرات الأكسدة، وبعد المعالجة الثانوية أو الابتدائية المقدمة – لتحسين خصائص المياه المعالجة.

وتصل كثافته فى المسطحات المائية، وخاصة البحيرات فى المتوسط حوالى (١٠٠-١٥٠) طن / فدان – ويمكن جمعه كل فترة (٣٠-٤٥) يوم

للاستفادة منه .. والعيوب الوحيدة لورد النيل هى أن الفاقد من المياه بواسطة هذا النبات يساوى أربعة أضعاف البخر من المسطح المائى.

- يتم دراسة كل حالة على حدة للعوامل التى تؤثر فى كفاءة استخدام ورد النيل أو النباتات الأخرى وتشمل هذه الدراسة:
  - خصائص المخلفات السائلة ودرجة المعالجة المتاحة قبل استخدام ورد النيل.
  - تحديد المسطح المائى على أساس مدة بقاء المياه تبعا لدرجة المعالجة والحمل العضوى وعمق المياه فى حالة استخدام البحيرات، والحمل الهيدروليكى.

وفى درجات الحرارة التى تشابه المناخ المصرى يكون:

- مدة بقاء المياه فى الأحواض أو البحيرات = ٧ – ٧٠ يوم.
- الحمل العضوى = (١٠-٢٠) كجم BOD / فدان / يوم.
- الحمل الهيدروليكى = (٧٥-٣٠٠) م^{٣} / فدان من مساحة البحيرات / يوم.
- عمق المياه = ٣٠-١٥٠ سم.
- شكل البحيرة مستطيل، طوله لا يقل عن ثلاثة أمثال العرض.

الاستفادة من ورد النيل :

- يتم تجفيفه واستخدامه كعلف حيوانى لاحتوائه على نسبة عالية من البروتين، وتضاف إليه مواد أخرى مكملة قبل استخدامه، حتى يكون قابلا للهضم، بالنسبة للحيوانات التى تتغذى على أجزائه الورقية العلوية.
- يستخدم فى تسميد التربة. بعد كمره وتثبيته.
- يستخدم فى تحسين خصائص التربة الزراعية.

- يستخرج منه البيوجاز بعد تحلله بمعدل يصل لحوالى ٣٠٠ لتر لكل كيلو جرام (جاف) من ورد النيل، ويستخدم الناتج بعد التحلل فى التسميد فى حالة خلوه من العناصر السامة والضارة.

إزالة العناصر الضارة بواسطة ورد النيل :

- توفر جذور نبات ورد النيل بيئة ملائمة للكائنات الحية الدقيقة التى تقوم بأكسدة المواد العضوية.

ويتكاثر ورد النيل بمعدل سريع فى الأجواء الدافئة والحارة، فيمكن أن ينتج الفدان ٨٠ كيلو جرام من سطح بحيرات الأكسدة فى مراحلها الأخيرة حيث يتم خفض حوالى ٨٠ ٪ من النتروجين، وحوالى ٤٥ ٪ من الفسفور، وذلك فى بحيرات الانضاج التى تكون مدة بقاء المياه فيها (١-٢) يوم وعمق المياه حوالى ٦٠سم. ويساعد استزراع ورد النيل على استخدام المياه المعالجة فى خفض تركيز الطحالب وإمكانية استعمال المياه فى تربية الأسماك خاصة بعد خفض تركيز النتروجين والفسفور.

- يمكن إزالة المعادن الثقيلة بمعدل حوالى (١٠٠-٦٠٠) مجم لكل كيلو جرام (وزن جاف) من ورد النيل فى اليوم.
- يتم إزالة الفينول بمعدل حوالى ١٠ مجم /كجم ورد نيل (جاف) / يوم.
- يتم إزالة الفسفور بمعدل (١٥٠-٢٥٠) مجم / م^{٢} من مساحة المياه فى اليوم.
- يتم إزالة النتروجين بمعدل (٧٠٠-١٠٠٠) مجم / م^{٢} من مساحة المياه فى اليوم.

وفى موقع تجريبى فى سانت دياجو بالولايات المتحدة تستخدم مراحل نهائية لبحيرات الأكسدة يتم فيها تربية نبات ورد النيل حيث يقوم النبات بدور فعال فى تحسين خواص المياه الملوثة حيث يعلق على جذوره الكثيفة العائمة بالمياه الأنواع الأساسية

من البكتريا التى تقوم بعملية المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة، وفى نفس الوقت يستخدم ورد النيل لما فيه من عناصر غذائية كعلف سواء للغنم أو البط أو السمك، بالإضافة إلى أن المياه الناتجة من هذه المعالجة تقارب مياه الشرب فى معاييرها وخواصها، وفى حالة وجود نبات ورد النيل بكميات كبيرة يمكن الاستفادة منه بجمعه وتخميره واستخدامه فى التسميد، كما أن هذا النبات يمكن أن يستقطب الكلوريدات، والبوتاسيوم، والفوسفور، والكروم، والماغنسيوم، والزئبق والحديد والرصاص والنيكل والزنك والنحاس والمنجنيز.

كما تشمل خلايا النبات كميات كبيرة من الكلوريدات والبوتاسيوم والماغنسيوم والفوسفور.

ويمكن زراعة ورد النيل فى المناطق الحارة كما يمكن أيضا فى الأجواء المعتدلة والباردة، وفى فرنسا أمكن الحصول على إنتاج يتراوح بين ٣٠، ٥٠ طن للكهتار. وتعتبر المخلفات السائلة وسيطا ممتازا لنمو هذا النبات المائى من وجهة نظر الفائدة المزدوجة من:

- ١. الناحية البيئية حيث تمتص هذه النباتات نسبة كبيرة من تلوث المياه.
- ٢. استخدام هذه النباتات فى توليد الطاقة.

كما يمكن أن ينمو ورد النيل فى المياه التى تحتوى على تركيز عالى من ثانى أكسيد الكربون.

الإستفادة من الخلايا الطحلبية :

فى بحث حقلى فى فرنسا على نمو الطحالب فى مياه المجارى، وفى درجات حرارة بين ٢٠، ٣٠ درجة مئوية كان الإنتاج = (٣٨-٤٥,٥) طن / هكتار / عام.

وتستخدم الطحالب استخداما مباشرا أو كمصدر للطاقة والغذاء الحيوانى.

وتتغير الطحالب فى حجمها تغيرا كبيرا من خلية صغيرة لا ترى إلى مجموعات مجهرية بأبعاد وأشكال كبيرة. وتنمو الطحالب فى المياه العذبة والمالحة على السواء، وتنمو على الصخور والتربة الرطبة. ويتحكم فى نمو الطحالب عوامل أهمها؛ درجة الحرارة؛ العناصر الغذائية اللازمة للطحالب، وكثافة الضوء ويمكن بتشغيل عملية متكاملة لبحيرات الطحالب والنباتات المائية الأخرى الحصول على الآتى:

- ا. إنتاج الوقود والكيماويات وعلف الحيوان والسماد الطبيعى.
- ب. إعادة استخدام المخلفات فى صورة خلايا طحلبية.
- ج. إزالة نسبة كبيرة من المواد الملوثة.
- د. إنتاج كميات من الأكسجين واستهلاك كميات من ثانى أكسيد الكربون.

ومن ناحية أخرى يمكن تربية ورد النيل لخفض تركيز الطحالب فى البحيرات حيث يتكون على الجذور طبقات من الكائنات الحية الدقيقة التى تساعد على تحلل المواد العضوية، بالإضافة إلى أنها تحجز نسبة من الطحالب قبل خروج المياه المعالجة للتخلص أو إعادة الاستعمال كما أن أوراق ورد النيل تقلل كمية الضوء الذى يصل للمياه فتمنع نمو الطحالب، وهذا يساعد على تحلل الخلايا الطحلبية وترسيبها بقاع البحيرة، ويزيد ذلك من كفاءة المعالجة فى خفض النتروجين والفسفور والعد البكتيرى والحمل العضوى والمواد العالقة وعدد الخلايا الطحلبية. ولذلك فإنه فى الأجواء الدافئة والحارة يمكن استخدام بحيرات ورد النيل كمرحلة ثانوية أو معالجة متقدمة بعد الثانوية – وتكون جذور هذه النباتات طويلة قد تصل إلى واحد متر، وتتفرع منها شعيرات عند تركيزات الأمونيا المنخفضة – وعموما تكون المساحة السطحية للجذور (٦-٢١) متر مربع لكل جرام من الوزن الجاف.

الآثار الجانبية لورد النيل :

- فقد كمية من المياه خلال عملية النتح والبخر.
- تساعد جذور وسيقان ورد النيل على تكاثر البعوض – ويمكن التحكم فى ذلك بتربية أنواع من الأسماك تتغذى على يرقات الناموس.

الحذر الشديد من استيراد نباتات ضارة وخطرة على البيئة ؟!!

فى حالة استخدام نباتات عائمة مثل ورد النيل أو نباتات أخرى، يجب الاعتماد على النباتات المحلية وعدم استخدام أى أنواع مستوردة لأن ذلك قد يسبب مشاكل وخللا خطيرا فى الأحياء النباتية والحيوانية فى البيئة عندما تنتقل هذه الفصائل الغريبة إلى المناطق المحيطة.

تخزين مياه الصرف الصحى المعالجة قبل الرى :

يلزم إنشاء بحيرات بسعة كافية قبل استخدام المياه فى الرى – على أساس أن تصرف المخلفات السائلة المعالجة مستمر – فى حين يتغير معدل مياه الرى حسب نظم الزراعة ونوبات الرى المطلوبة.

ويمكن الاسترشاد بمتوسط احتياج الفدان للمياه للمحاصيل المختلفة (سم/فترة النمو) كالآتى:

حمضيات	١٠٥
قطن	١٠٠
برسيم حجازى	١٢٠
عباد الشمس	١٠٠
أرز	٥٢٥
ذرة صفراء	٦٥٠

ذرة رفيعة	٥٥٠
قمح	٥٥٠
فاصوليا	٤٠٠
بطاطس	٦٠٠
فول سودانى	٦٥٠
موز	١٧٥٠
كرنب	٤٤٠

وعموما فى حالة استخدام جميع تصرفات الصرف الصحى المعالجة، تلزم عملية التخزين لعمل موازنة بين معدلات المخلفات السائلة المعالجة ومعدلات الرى – ويتم تحديد احتياجات مياه الرى بدراسة نوعية وخصائص التربة والتركيب المحصولى المطلوب ومعدلات احتياجه من المياه على مدار العام – وعلى أساس معدلات الرى، والمحاصيل المناسبة، ومعدلات مياه الصرف الصحى المعالجة، يتم تحديد مساحة الأراضى اللازمة للاستزراع.

وفى بعض الحالات يمكن خلط مياه الصرف الصحى المعالجة بمياه الترع أو المصارف، أو كليهما، لكى تتمشى خصائص المياه مع المعايير المطلوبة لمياه الرى من حيث، تركيز الأملاح، والنتروجين والفسفور، والعد البكتيرى.

وبصورة تقريبية يكون التخزين عادة يكفى لتصرف معدل الصرف الصحى لحوالى (٦٠–١٥٠) يوم. ويمكن تحديدها بدقة بعد معرفة التركيب المحصولى، واحتياجاته من المياه، ومقارنة المعدلات المطلوبة للرى بمعدلات مياه الصرف الصحى اليومية، والموسمية، والسنوية.

وعموما فى تخطيط هذه المشروعات، يجب مراعاة عوامل أخرى تعود بالفائدة من عملية تخزين المياه وهى:

- تحسين خواص المياه البكتريولوجية.

- خفض بعض المغذيات.
- الاستفادة من خزانات المياه الكبيرة فى عملية الاستنبات المائى، وتربية الأسماك.
- وجود أجسام مائية بهذه السعة حجما ومساحة، يوفر مجالات واسعة للبحث العلمى للأحياء المائية واستخدام هذه الخزانات أو البحيرات فى تحسين حالة المياه وتنوع استخدامها.

ويمكن استخدام خزانات المياه للتخزين والمعالجة المتقدمة فى نفس الوقت. ويفضل أن تكون الخزانات عميقة ما أمكن لخفض كمية المياه المفقودة بالبخر، حيث يصل عمقها إلى عشرة أمتار، ويعتمد تحديد العمق على خصائص التربة والمياه الجوفية. وتعمل هذه الخزانات كمرحلة مكملة للمعالجة المتقدمة بعد بحيرات الأكسدة، ولذلك فخزانات المياه التى تصل سعتها لمئات الملايين من الأمتار المكعبة تعتبر ضرورية فى حالة إعادة استعمال مياه الصرف الصحى، ولا غرابة فى ذلك، فالمياه ... حياة ... وهى ثروة طبيعية فى نفس الوقت.

خصائص المياه بعد التخزين :

تعتمد جودة المياه على مدة التخزين، فتكون خصائص مياه الصرف المعالجة أفضل عندما يكون الخزان ممتلئا بسعته الكلية، وتقل جودة المياه عندما يكون فارغا، فتكون المياه الداخلة للخزان بنفس خصائص مياه الصرف المعالجة، فاستعمالها فى الرى فى هذه الحالة ، ربما لا يتمشى مع المعايير المطلوبة.

وحتى تكون الخزانات مساعدة فى تحسين خصائص مياه الصرف المعالجة، يجب أن تكون السعة كافية ليكون هناك دائما تخزين احتياطى دائم، بمدة مكث مناسبة مع

استخدام عدد من الخزانات بنفس السعة بدلا من خزان واحد، وتخطيط تشغيل هذه الخزانات على أساس أنها تقوم بعدة وظائف:

- الموازنة بين معدل الصرف الصحى المعالج والمستمر على مدار ساعات اليوم، وأيام السنة، وبين نوبات الرى التى تحتاج للمياه فى مواعيد محددة.
- تحسين خصائص المياه الطبيعية والكيماوية والميكروبيولوجية حتى نصل بها إلى معايير مياه الرى.
- الاستفادة من مدة التخزين الطويلة فى تربية بعض الأحياء المائية التى يمكن الاستفادة منها، وذلك فى منظومة يجب التحكم فيها، حيث ينتج عن هذه العملية تحسين أكبر فى المياه. مثال على ذلك؛ تربية بعض النباتات المائية فى بعض هذه الخزانات.

وبتحليل ما سبق نجد أن خزانات الموازنة يمكن أن تكون حلا سريعا واقتصاديا لتنمية البيئة، والمحافظة على الصحة العامة، وإعادة استعمال مياه الصرف الصحى المعالجة كمصدر إضافى للمياه العذبة. وطالما توافرت مساحة الأراضى المطلوبة بالقرب من عمليات المعالجة، فإن عملية إنشاء الخزانات تعتمد على خصائص التربة، ومنسوب المياه الجوفية فى المنطقة.

ولتشغيل الخزانات بصورة ناجحة يجب دراسة سعة الخزانات، ومساحتها السطحية، لتناسب فترة التخزين، والحمل العضوى، والتصرف الهيدروليكى، بحيث لا يحدث تفاعل لا هوائى، أو تغير فى الأحياء المائية بما يؤثر تأثيرا سلبيا على المنطقة، وعلى قدرة الخزانات فى تحسين خصائص مياه الصرف الصحى المعالجة، حيث تلعب الأحياء المائية دورا كبيرا فى استكمال عملية المعالجة شبه الكلية لمياه الصرف المعالجة ثانويا.

المداخل والمخارج :

يكون المدخل فى بداية الخزان، والمخرج فى الطرف الآخر. ويكون المحور الواصل بين المدخل والمخرج عموديا على الاتجاه السائد للرياح لتلافى تأثير الرياح على الطبقة السطحية للخزان وخروجها قبل مدة البقاء المصممة عليها.

مدة المكث :

تتراوح بين (٦٠-١٥٠) يوم، حسب العوامل التى تؤثر على تشغيل العملية وهى:

- خصائص المخلفات السائلة.
- طريقة المعالجة وكفاءتها.
- كثافة الأمطار.
- درجة الحرارة.
- طبيعة الأراضى المزروعة، والمحاصيل الزراعية المطلوب زراعتها.
- مساحة الأراضى المتاحة لتنفيذ وتشغيل الخزانات.
- الاستفادة الجانبية من خزانات المياه فى تربية نباتات وأحياء مائية ذات قيمة غذائية فى المراحل الأخيرة من الخزانات التى تعمل على التوالى، وذلك قبل خروج المياه للرى.
- إمكانية زيادة مدة بقاء المياه فى الخزانات بحيث يكون هناك مخزون دائم تم حجزه لمدة كافية فى الخزانات لضمان القضاء على بويضات الديدان المعوية، وزيادة كفاءة إزالة المواد العضوية، والمواد العالقة، والنتروجين، والفسفور.

الحمل العضوى للخزانات :

يمكن فرضها فى حدود (١٢-٢٤) كيلو جرام أكسجين حيوى مستهلك للفدان فى اليوم. ويمكن زيادة هذا الحمل بنسب كبيرة فى حالة الاعتماد على تهوية

ميكانيكية ضعيفة، تعتمد على ظروف المشروع من جميع جوانبه وهى: خصائص مياه الصرف، ودرجة الحرارة، ودرجة المعالجة قبل الخزانات، وجودة المياه المطلوبة بعد الخزانات.

مخرج المياه من الخزان :

يفضل أن تخرج المياه من الطبقة العلوية من الحوض، على بعد لا يزيد عن ١,٢ م من سطح المياه بحيث تكون الطبقة العلوية ذات خصائص أفضل من الطبقات السفلية، ويكون العد البكتيرى أقل، وتركيز الأكسجين الحيوى المستهلك والمواد العالقة أقل أيضا.

إنشاء الخزانات :

يمكن إنشاء الخزانات بنفس طرق إنشاء بحيرات الأكسدة، وتتحدد الطريقة الأفضل والأقل تكلفة حسب خصائص التربة، ومنسوب المياه الجوفية.

الأمونيا فى الخزانات :

مصادر الأمونيا فى مياه الصرف الصحى هى، البول، والبروتينات، وبعض السكريات الأمينية، وتحتاج الأمونيا إلى عملية تهوية فى حالة زيادة تركيزها فى المياه ونقص الأكسجين الذائب، حتى يمكن أكسدتها وتحويلها إلى نيتريت ثم نترات، ويعتمد معدل هذه العملية على درجة الحرارة. وتؤثر الأمونيا فى عملية التمثيل الضوئى اللازمة لنمو وحياة كائنات حية مثل الطحالب والنباتات المائية، خاصة فى الطبقة السطحية التى يمكن أن تخترقها أشعة الشمس فى ساعات النهار، وعلى ذلك يجب معالجة التركيز العالى من الأمونيا فى مياه الخزانات حتى ولو كانت المياه على درجة عالية من الجودة، لأن عملية تحويل الأمونيا إلى نيتريت ثم نترات فى الخزانات عملية بطيئة. وهذا

ربما يكون له جانب إيجابى فى حالة استعمال المياه فى الرى لأن المياه تحتفظ بتركيز من النتروجين الذى تستفيد منه التربة، وتوفر من الأسمدة اللازمة للزراعة.

تربية الأسماك فى مياه المجارى المعالجة :

تستخدم هذه الطريقة فى بلاد كثيرة، وقد استخدمها قدماء المصريين منذ أكثر من أربعة آلاف سنة، واستخدمت فى الصين منذ حوالى ألفين وأربعمائة عام.

كما استخدمت أيضا فى بلاد كثيرة ولا زالت، وزاد استخدام هذه الطريقة مع استخدام بحيرات الأكسدة فى معالجة مياه المجارى حيث يزيد تركيز الطحالب بالبحيرات التى تعتبر مصدراً أساسياً لطعام أنواع كثيرة من الأسماك. ويمكن استخدام بعض وحدات بحيرات الأكسدة فى نهاية مراحلها لتربية الأسماك ويساعد ذلك على زيادة تحسين خواص المياه من جهة، والتحكم فى نمو الحشائش على جوانب البحيرات، وفى بعض الأحيان تبقى الأسماك فى بحيرة تلى بحيرات الأكسدة بها مياه عذبة لمدة من أسبوعين إلى أربعة أسابيع قبل السماح بتناولها.

وتتغير إنتاجية البحيرات من الأسماك حسب العناصر الغذائية بالمخلفات، ويضاف أحيانا بعض مواد الأعلاف لزيادة إنتاجية الفدان إلى حوالى ٤ طن فى السنة، ويصل الإنتاج لحوالى ربع هذه القيمة فى حالة الاعتماد على العناصر الطبيعية فى البحيرات.

وفى بلاد العالم ذات الأجواء الحارة تستخدم نسبة كبيرة من بحيرات الأكسدة فى تربية الأسماك على أساس أن هذه البحيرات تحتوى على عناصر كغذاء طبيعى للأسماك؛ ولكن يجب الاحتياط لضمان تهيئة البيئة الملائمة للأسماك قبل استخدام المياه المعالجة أو جزء منها فى بحيرات لتربية الأسماك، وذلك بمداومة عمل التحليلات الكيمائية والبكتريولوجية التى تعكس الطريقة المناسبة للتشغيل.

ويمكن عمل بحيرات خاصة لتربية الأسماك تحتوى على نصف أو ثلث مياهها من المجارى المعالجة فى بحيرات الأكسدة، حيث يزيد هذا النظام من إنتاجية الأسماك عن

نظيراتها التى تستخدم مياه سطحية فقط، وفى حالة إنشاء خزانات بسعات كبيرة بعد بحيرات الأكسدة، يتم دراسة خصائص مياه التخزين حيث تكون أنسب لإمداد بحيرات تربية الأسماك. علما بأن حوالى ٧٠ ٪ من الأسماك المستوردة من آسيا، تستخدم فيها المزارع السمكية المخلفات الآدمية كغذاء للأسماك.

أنواع الأسماك التى يمكن تربيتها :

- ١. يمكن تربية أنواع من البلطى الهندى مثل:

L. rohita – Catla Catla,

L. Calbasu – C. mrigala

ويمكن تربيتها بعد المرحلة الأولى فى بحيرات الأكسدة التى تعمل على التوالى.

- ٢. فى حالة عدم توافر الأكسجين الذائب على مدار ساعات اليوم وخاصة أثناء الليل حيث ينخفض الأكسجين الذائب حتى يصل للصفر أحيانا، وفى هذه الحالة يمكن تربية أنواع معينة فى هذه البحيرات (Surface Breather) وهى أنواع يمكنها الإستعانة بالأكسجين من الهواء الجوى بالقفز لأعلى سطح المياه.
- ٣. يمكن تربية Brine Shrimp فى بحيرات الأكسدة لقابليتها على البقاء فى البحيرة فى تركيزات متغيرة من الملوحة والأس الايدروجينى، ولذلك يمكن تشغيل هذه الطريقة فى المناطق الساحلية والداخلية على السواء. كما أن سمك Brine Shrimp والطحالب تقلل من تركيزات العكارى والرائحة والفوسفور والنتريت والنترات وكذلك خفض الأكسجين الحيوى المستهلك.

كما أن سمك Brine Shrimp يمكن الاستفادة منها كمصدر غذائى.

- ٤. تركز الصين وبلاد جنوب شرقى آسيا على استراتيجية تربية الأسماك فى مياه المجارى المعالجة فى بحيرات الأكسدة وتربى فى المراحل الأخيرة من البحيرات الآتية:

a. Carb (Cyprinus Carpio), b. Milkfish (Chanos),

والتى تتغذى على الطحالب وبعض الكائنات الحية المعلقة بالمياه وجزئيات المواد العضوية.

- ٥. تستخدم المخلفات السائلة المعالجة ثانويا فى بحيرات تستخدم الأسماك فيها الأحياء المائية الآتية:

Flounder, Lobster

Abalone & Seaweeds

ومع الإنتاج السمكى من هذه البحيرات تتحسن نوعية المياه الخارجة منها.

- ٦. وفى مدينة Oklahoma، بأمريكا الشمالية وفى وحدات بحيرات الأكسدة تستخدم أنواع متعددة من الأسماك:

Channel Catfish,

Tilapia

Fathead minnows, &

Golden Shiners

وذلك فى ٦ بحيرات متتالية لتحسين نوعية المياه المعالجة، وهذه الطريقة تساعد على التخلص من الطحالب والبكتريا الضارة أيضا بالإضافة إلى العائد المادى من بيع الأسماك.

ويجب مراعاة الشروط والمعايير الصحية فى الأسماك المستخرجة من البحيرات وخاصة تركيزات لمعادن الثقيلة والتى يجب عمل تحليلات مستمرة لمياه البحيرات والأسماك للتأكد من سلامة الأسماك من تركيزات المعادن الثقيلة.

وتشير الأبحاث عموماً إلى أن الرواسب هى التى تحتوى على تركيزات عالية من المعادن الثقيلة. وتحتوى المياه المعالجة ببحيرات الأكسدة على تركيزات من المعادن الثقيلة أقل بكثير من التركيزات الموجودة فى المخلفات المعالجة ثانوياً بالطرق الأخرى.
كما أن أسماك Tilapia التى تنمو فى بحيرات الأكسدة لا تكتنز المعادن الثقيلة بدرجة تزيد بهذه المعادن عن الحدود المسموح بها فى المواد الغذائية.

عيوب الرى بمياه المجارى :

مقدمة :

قبل توضيح الآثار السلبية للرى بمياه المجارى المعالجة، يجب التنويه إلى ما عانت منه المسطحات المائية المحيطة بالإسكندرية – فالشواطىء التى كانت متميزة إلى وقت قريب أصبحت مرتعا لسياحة البكتريا الممرضة، وبحيرة مريوط التى كانت تجود بآلاف الأطنان من الأسماك الممتازة ... يخرج منها فى هذه الأعوام نسبة ضئيلة تصل ١٠ ٪ فقط وأسماكها أصبحت ملوثة كيماويا بالمعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية، وبكتريولوجيا بالجراثيم. وقد سبق توضيح كل ذلك حتى وصل عمق الترسبات الضارة بها إلى أكثر من عمق المياه أى يزيد عن واحد متر فى المتوسط.
وإذا كان هناك بعض الآثار السلبية من رى الأراضى الصحراوية بمياه المجارى المعالجة فيمكن التحكم فيها، ولكن يجب ألا ننسى أن صب المجارى فى بحيرة مريوط ومنها إلى البحر سوف يتوقف وتستعيد هذه المسطحات المائية صفاءها فمهما وصلت درجة التلوث فالعلاج ممكن .. طالما أننا منعنا سبب هذا التلوث. وفى نفس الوقت مرت أنهار عالمية وبحيرات بظروف مشابهة وأمكن علاجها وإزالة التلوث منها، بل وتحسينها عما كانت عليه.

مثال لمعالجة تلوث البحيرات، وترسباتها، ما تم بالنسبة لبحيرة كتلمير، التى تقع شمال أمستردام، وأنشئت سنة ١٩٣٢، حيث يصب فيها نهران، ويصل مساحة هذه البحيرة حوالى ٩٠٠٠ فدان، وتتمثل المشكلة فى ترسبات ملوثة بالمعادن الثقيلة، والمبيدات، والمواد السامة يصل حجمها إلى ١٤ مليون مترمكعب فى مسطح قاع البحيرة.

وتوقعت الدراسة الهندسية لإزالة الترسبات الملوثة مدة حوالى عشرون عاما، علاوة على ستة سنوات من الدراسات والتصميمات. واعتمدت الدراسة على تخزين أو تصريف الترسبات إما فى البحيرة، أو بجوارها، لأن عملية النقل ومشاكل تعفن الترسبات يرجح عدم تصريفها بعيدا عن موقع البحيرة.

ولمنع انتشار التلوث يفضل أن يكون حجم ومساحة موقع التخلص أقل ما يمكن، ولذلك فكر المصمم فى حفرة عميقة حتى يكون التأثير البيئى على المساحة المحيطة بها أقل ما يمكن. وتم إنشاء مساحات مردومة ومرصوفة حول حفرة الرواسب للتحكم فى تلوث مياه البحيرة، وتستخدم المواد الناتجة من الحفر لمكان التخلص فى ردم المساحة الممكنة، ولهذه الأسباب تم اختيار منتصف البحيرة ومركزها كموقع ملائم لحفر حجم مناسب لتخزين الرواسب.

وإذا كانت مساحة هذه البحيرة نصف مساحة بحيرة مريوط، فإن الحل قد يكون أكثر مرونة حيث المناطق التى تحيط بالموقع جنوب وغرب الإسكندرية تجعل من الممكن التفكير فى بدائل أخرى سواء بعيدا عن بحيرة مريوط أو فى داخلها أو حولها فى إطار مشروع سياحى استثمارى قومى يغير مظهر الكآبة البيئية التى تغطى منطقة مريوط ويعيد لعروس البحر الأبيض شبابها ونضارتها.

الآثار السلبية والتحكم فيها :

لاستخدام مياه الصرف الصحى فى الرى بعض المحاذير منها:

- تعرض العمالة الزراعية والمواشى لأخطار التلوث بالجراثيم والطفيليات.
- احتمال تلوث المياه الجوفية بالنترات نتيجة تسرب المخلفات السائلة.
- احتمال تلوث المياه السطحية.
- تغير خصائص التربة وتلوثها وتراكم المعادن الثقيلة فيها.
- تلوث المحاصيل المنزرعة.
- التحكم فى الحشرات الضارة.

ويمكن تناول هذه المحاذير بالتفصيل كما يلى:

التحكم فى تلوث المياه الجوفية :

قبل اختيار أى موقع للرى أو لصرف المجارى عليه يجب إجراء دراسة مفصلة لهذا الموقع تشمل:

- بعد المياه الجوفية عن سطح الأرض للموقع.
- طبيعة الأرض وسمك الطبقات الحاملة للمياه على مستوى الموقع.
- احتمالات التغير الموسمى لبعد المياه الجوفية عن سطح الأرض وتغير عمقها.
- اتجاه سير المياه الجوفية.
- تحليلات كاملة لمعرفة طبيعة وخواص ومكونات المياه الجوفية على مستوى الموقع.
- نفاذية التربة واحتمالات انخفاض معدلات الترشيح خلالها حيث يؤدى ذلك إلى التأثير على فعالية العوامل الميكروبيولوجية والطبيعية والكيميائية وينعكس ذلك على كفاءة المعالجة خلال طبقات التربة. وفى جميع الأحوال يجب الأخذ فى الاعتبار أن يكون سطح المياه الجوفية بعيدا عن سطح الأرض بمسافة لا تقل عن ١٥٠ سم لتوفير منطقة هوائية لجذور النباتات.

ويكون نظام الصرف الزراعى جزء من النظام المتكامل للرى، وذلك للتحكم فى أى متغيرات تؤثر على المياه الجوفية، وفى نفس الوقت يكون من الأيسر تجميع مياه الصرف الزراعى وإعادة استخدامها بدلا من ترشيحها للمياه الجوفية ثم إعادة رفعها من الأعماق البعيدة.

وفى حالة الترشيح السريع يجب عمل الاحتياطات الواجبة للحد من انتشار مياه المجارى المرشحة خلال الخزان الجوفى فى حالة استعماله للشرب أو التحكم فى منسوب المياه الجوفية. وفى بعض الحالات تؤخذ المياه المرشحة بعيدا عن موقع الخزان الجوفى ليكون اتصالها بالمياه الجوفية غير مباشرا، وفى هذه الحالة إذا لم تساعد ظروف التربة الطبيعية على سريان المياه المرشحة بعيدا عن الخزان الجوفى، يمكن تجميعها بطرق الصرف الزراعى أو الآبار حسب بعد الطبقات التى تتجمع فيها المياه بعد عملية الترشيح السريع.

المحافظة على الصحة العامة :

كانت تقديرات الأمم المتحدة عام ١٩٧٣ لمعدلات الوفيات ومتوسط الأعمار فى العالم وبعض المناطق فيه كالتالى:

- على مستوى العالم نسبة الوفيات ١٤ فى الألف ومتوسط العمر ٥٣ سنة
- المناطق النامية نسبة الوفيات ١٦ فى الألف ومتوسط العمر ٥٠ سنة
- فى الدول المتقدمة نسبة الوفيات ٩ فى الألف ومتوسط العمر ٧٠ سنة
- فى أفريقيا نسبة الوفيات ٢١ فى الألف ومتوسط العمر ٤٣ سنة
- شرق آسيا نسبة الوفيات ١٤ فى الألف ومتوسط العمر ٥٢ سنة
- جنوب آسيا نسبة الوفيات ١٧ فى الألف ومتوسط العمر ٤٩ سنة
- اليابان نسبة الوفيات ٧ فى الألف ومتوسط العمر ٧١ سنة
- أوروبا نسبة الوفيات ١٠ فى الألف ومتوسط العمر ٧١ سنة

- أمريكا اللاتينية نسبة الوفيات ١٠ فى الألف ومتوسط العمر ٦٠ سنة
- أمريكان الشمالية نسبة الوفيات ٩ فى الألف ومتوسط العمر ٧٠ سنة
- الاتحاد السوفيتى نسبة الوفيات ٨ فى الألف ومتوسط العمر ٧٠ سنة

والرى بمياه المجارى مثله كمثل أى طريقة أخرى فى المعالجة والتخلص والتى يكون الهدف منها تحسين الخواص الكيمائية والبيولوجية لمياه المجارى حتى يقل أثرها على الصحة العامة. وعلى ذلك يعتمد استخدام مياه المجارى فى الرى على درجة المعالجة قبل عملية الرى، حتى لا تؤثر بصورة سلبية على المياه الجوفية أو المصارف المجاورة، وحتى لا يكون هناك خطورة منها على الصحة العامة، إلا أن الناتج من ترشيح مياه المجارى المستخدمة فى الرى خلال مسافة (٩٠-١٢٠) سم من التربة يعطى مياه لا رائحة لها خالية من المواد العالقة تقريبا ومواصفاتها أفضل بكثير من مواصفات مياه المجارى المعالجة ثانويا، سواء من الناحية الكيمائية أو البكتريولوجية، وفى التعرض لمياه المجارى أثناء استخدامها فى الرى احتمالات قائمة فى التلوث بهذه المياه، ولذلك يجب مراعاة الآتى:

- وقاية العمالة الزراعية من الإصابة بالبكتريا الممرضة والأمراض الوبائية باتباع الآتى:
  - فحص دورى للأمراض الطفيلية.
  - توعية صحية.
  - تشجيع العاملين بوسائل مناسبة.
  - إمداد العاملين بالملابس والأحذية الواقية.
  - تطعيم العاملين ضد الأمراض المعدية والمحتمل الإصابة بها مثل التيفود والباراتيفود وغيرها.

- متابعة الحالة الصحية للمواشى الموجودة بالمزارع، رغم أن الدراسات التى تمت فى الولايات المتحدة والهند أظهرت عدم تأثر بعض أنواع الحيوانات باستخدامها المياه الملوثة بالمجارى فى الشرب.
- التأكد من أن المحاصيل الزراعية ليست ملوثة خاصة التى تؤكل طازجة، ومراعاة ذلك عند اختيار نوعية المحاصيل وكيفية التعامل معها، ويمكن بذلك منع الإصابة بالأمراض أو انتشارها.
- إستمرت الهيئات الدولية والمحلية المعنية بحماية البيئة فى دراساتها فى العشرون سنة الأخيرة من القرن العشرين، وبذلت جهدا علميا مشكورا فى هذا المجال حتى وصل بعض هذه الهيئات بمعايير مياه الرى بمياه المجارى إلى مستويات تقارب معايير مياه الشرب، من حيث العد البكتيرى ... ثم تصل بتوصياتها إلى أن الأهم من عدد القولونيات البرازية هو عدد الديدان والبويضات المعوية الوبائية، على أساس أن الوباء الذى قد يحدث من الرى بمياه المجارى التى تحتوى على الطفيليات يكون أكثر خطورة من الإصابة بالبكتريا الممرضة.
- تسرب النترات Nitrate ووصولها للمياه الجوفية، وتراكم المواد السامة فى التربة هى أهم المشاكل الناتجة من استعمال المياه المعالجة فى الرى.

وإذا تم تخزين المياه مدة طويلة قبل استعمالها فى الرى، فإن ذلك يساعد على خفض عدد البكتريا الممرضة بدرجة كبيرة كما أن هناك طرق كثيرة لتحسين خواص هذه المياه فى أحواض التخزين باستخدام أنواع من النباتات المائية التى تقوم بدور كبير فى خفض العد البكتيرى.

وإذا وضعت العوامل السابقة فى الاعتبار فإنه ليس هناك أى احتمال لوصول التلوث لداخل خلايا النبات لأن التلوث البكتيرى لا يسلك طريقه إلى خلايا النباتات الحية. وليس هناك خطورة لزراعة الذرة والشعير والقمح وبعض الفواكه مثل المانجو، والموز، وجوز الهند، والخوخ باستخدام مياه المجارى.

وقد أصبح رى النباتات المعرضة للتلوث والخضروات بمياه المجارى الخام أمرا مرفوضا رغم أنه استعمل فى بعض الدول النامية، ولا زال يستعمل فى بعضها. وتدل التقارير البحثية للجهات البيئية الدولية على تعرض المواشى والمزارعين لأمراض وبائية ومتوطنة، مثل ديدان الاسكارس، والدودة الشريطية، والتيفود، والكوليرا.

وتعتبر بويضات الديدان المعوية الأكثر خطورة لتأثيرها على المصابين بديدانها، وهذه الأمراض فى حالة عدم علاجها فوقتها قد تترك آثار مزمنة، ولذلك تعتبر أكثر خطورة من الأمراض الأخرى بما فيها التيفود والاسهال والكوليرا. ولذلك يجب أن يراعى المهندس الصحى فى تصميم عمليات معالجة مياه الصرف الصحى، أن إزالة وحجز بويضات الديدان المعوية هى العامل الأول فى اختيار طريقة المعالجة، حتى ولو كانت كفاءتها فى إزالة البكتريا والفيروسات أقل.

وعموما يفضل ألا تروى الخضروات ومزروعات السلاطة بمياه الصرف الصحى، وتكون الرقابة عليها شديدة حتى ولو كانت تروى من الترع والبحيرات والأنهار لأن هذه المسطحات العذبة تلقى فيها غالبا مياه صرف صحى وصناعى معالجة أو غير معالجة، وتحتوى مياهها أحيانا على عد بكتيرى يزيد عن خمسة آلاف خلية لبكتريا القولون فى كل مائة سنتيمتر مكعب تعتبر واقعية، بالنسبة للعد البكتيرى فى المسطحات المائية العذبة.

ويصل عدد البكتريا الممرضة والفيروسات فى براز الشخص المريض إلى حوالى مائة مليون جرثومة فى كل جرام من براز المصاب بالمرض. ويصل تركيز الأوليات إلى حوالى مائة ألف فى نفس الكمية، كما تصل بويضات الطفيليات إلى عشرة آلاف. وتستطيع هذه الكائنات الحية أن تعيش لفترات طويلة فى منطقة جذور النبات، وفى الخضروات الورقية، وفى أجزاء الساق الملامسة للتربة، وعلى سطح النبات إذا كان به تشققات ويمكن للكائنات الحية الممرضة الدقيقة أن تعيش فى المياه والتربة، والمخلفات السائلة وعلى المحاصيل لفترات متفاوتة تتراوح بين أيام إلى شهور تبعا لنوعية الكائن

الحى الدقيق، والظروف البيئية التى تعيش فيها وهى وجود مواد عضوية وأشعة الشمس ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة، وبالنسبة للتربة قد تتداخل ميكروبيولوجيا الطبقة العلوية للتربة ونسبة المياه فيها. وبالنسبة لبويضات الطفيليات المعوية فإنها يمكن أن تعيش لفترات قد تصل إلى عام كامل إلا أنها فى حالة تعرضها للبيئة الأرضية أو الأحياء المائية فإنها لا يمكنها الحياة لفترات طويلة.

وعند استخدام الرى بمياه المجارى فى المناطق المنعزلة والتجمعات السكنية النائية يراعى أنه فى هذه المناطق يكون من الصعب متابعة التلوث البكتريولوجى ورصده، ولذلك يجب وضع هذه العوامل فى الاعتبار خاصة أن الوعى الصحى ليس بالقدر الذى يحمى الصحة العامة. ويفضل توعية الناس دوريا بأخطار التلوث من عمليات الرى بأى مياه ملوثة، فقد أصبحت الترع والمصارف وربما نهر النيل المقدس، وسيلة لاستقبال المخلفات بجميع أنواعها بدون أى مراعاة لا للقوانين البيئية، ولا للعرف الإنسانى أو الصحى. وحتى مياه الترع أو مياه الصرف الزراعى التى تستقبل مياه المجارى تحتوى على ميكروبات ممرضة من بكتريا، وفيروسات، وبرتوزوا، وديدان معوية وبويضاتها، يمكن لها أن تعيش لأيام وربما لشهور طويلة فى طبقة التربة السطحية. وهذا بدوره يسبب تلوثا للمزروعات والمحاصيل يستوجب استعمال طرق للرى تقلل من احتمالات التلوث.

وبالنسبة لتلوث المحاصيل بالجراثيم والفيروسات والأوليات فإنها يمكن أن تبقى على سطح ثمار المحاصيل لأيام وربما لشهر أو أكثر، وهذا يجعل من الممكن تعرض من يتداولون المواد الغذائية للإصابة بهذه الآفات، سواء من يأكلونها أو يقوموا بطهيها أو تعبئتها.

وعموما يجب مراعاة المعايير والدلائل الخاصة بالرى بمياه الصرف الصحى، والتسميد بالحمأة.

الديدان الطفيلية بمياه المجارى

النوع	دورة الانتقال
الانكلستوما	الإنسان — التربة — الإنسان
الاسكارس	الإنسان — التربة — النبات
الدودة الدبوسية	الإنسان — الإنسان
الدودة الشريطية	الإنسان — البقرة — الإنسان
الدودة الوحيدة (تتبع الشريطيات)	الإنسان — الخنزير — الإنسان
الدودة السوطية	الإنسان — التربة — الإنسان
البلهارسيا	الإنسان — القوقع — المياه – الإنسان

تأثير مياه المجارى على التربة والنبات :

الطبقة السطحية من التربة :

الحياة على الأرض مستمرة ومتجددة بفاعلية الأحياء الدقيقة من كائنات دقيقة غير مرئية أو منظورة، حيوان أو نبات أو بشر — والأنشطة البكتيرية مع سائر الكائنات الدقيقة الأخرى هى الفاعلة فى استمرار دورة العناصر الأساسية وتحويلها من صورة لأخرى لاكتمالها كدورة الكربون والنتروجين وغيرها.

والطبقة السطحية لكوكب الأرض والتى نعيش عليها — نبات أو إنسان أو حيوان — لها خصائص طبيعية وكيميائية وميكروبيولوجية تختلف باختلاف الموقع وطوبوغرافية الأرض ودرجة الحرارة والرطوبة ومصادر المياه — وعموما تتكون هذه الطبقة عموما من الآتى:

- أ. مواد عضوية بمكوناتها المتغيرة والتى تمثل المكون العضوى للتربة.
- ب. مواد غير عضوية من السيليكا والألومنيوم ومعادن أخرى فى صورة تربة طينية يتراوح قطرها من ٠,٠٠٢ مم إلى حبيبات الرمال والحصى. ويحدد نسب هذه

المواد فى التربة مدى صلاحيتها لاختزان المياه فيها أو ملاءمتها للزراعة والتى تعتمد أيضا على التدرج الحبيبى للتربة ووجود نسبة من المعادن والفجوات بين الحبيبات تلائم البيئة اللازمة والتى تمثل حوالى ٢٠٪ من التربة، حيث يحتوى الجرام الواحد من التربة الزراعية الغنية على حوالى مليونين من البكتريا، ونصف مليون من الفطريات وعشرات الآلاف من الطحالب والأوليات، وتمثل البكتريا والفطريات النسبة الأكبر من الكائنات الحية.

- ج. نسبة المياه وهى ضرورية للكائنات الحية الدقيقة وتعتمد على عوامل منها الأمطار وطبيعة التربة ومنسوبها بالنسبة لمصادر المياه القريبة – والمياه ضرورية لإذابة المعادن اللازمة للكائنات الحية بالتربة –كما أن مسام التربة تتكون بها غازات مثل الأكسجين والنتروجين وثانى أكسيد الكربون نتيجة الأنشطة الميكروبيولوجية بالتربة، سواء الأنشطة الهوائية أو اللاهوائية، كما أن الفطريات تحلل الأليياف وبقايا النبات وأنسجتها القريبة من سطح الأرض ويكون بها أكسجين ذائب فى مكوناتها الرطبة ويعتمد نمو الكائنات الحية فى التربة على نفس العوامل فى حالة نموها فى المياه، وهى وجود العناصر اللازمة لغذائها – ودرجة الحرارة – والأس الايدروجينى والرطوبة اللازمة لتواجدها ونموها.

ولا توجد على الإطلاق أى طريقة صرف لمياه المجارى بدون عيوب، وليست طريقة الصرف على الأرض استثناء من هذه القاعدة. ومن المشاكل المصاحبة لهذه الطريقة:

- مدى فعالية هذه الطريقة فى إمداد النبات بالعناصر الغذائية اللازمة لنموه.
- مدى تأثير الرى بمياه المجارى على التربة، ويجب متابعة التغير فى خصائص التربة، بالتحليلات الدورية اللازمة. وفى حالة الرى بالتنقيط، تكون خصائص المياه كالتالى:
  - العد البكتيرى أقل من ١٠ فى كل ١٠٠سم^{٣}.

- المواد الذائبة أقل من ٥٠٠ مجم/لتر.
- المواد العالقة أقل من ٥٠ مجم/لتر.
- كبريتيد الايدروجين أقل من ٠,٥ مجم/لتر.
- الحديد أقل من ٠,١ مجم/لتر.
- المنجنيز أقل من ٠,١ مجم/لتر.

ويبدأ حدوث مشاكل فى هذه الطريقة تدريجيا مع زيادة تركيزات العناصر السابقة فى المياه.

ويرى بعض الباحثون أن مياه المجارى تحتوى على تركيزات عالية من العناصر التسميدية وخاصة النتروجين والتى وإن تسببت فى زيادة طول النبات وأوراقه إلا أنها تقلل من إنتاجية محاصيله وتؤخر من نضج ثماره. ويكون من الأفضل أو الضرورى خلط مياه المجارى بنسب كافية من المياه الجوفية أو السطحية حتى لا تؤثر على إنتاجية المحاصيل.

ويرى البعض الآخر وجهة نظر معاكسة فى أن القيمة التسميدية فى مياه المجارى أقل بكثير من المطلوب، وأن نجاح طرق الرى بمياه المجارى يعتمد أساسا على القيمة المائية أكثر من اعتماده على المواد التسميدية فى المياه.

ويجب أخذ وجهتى النظر السابقتين بشىء من الحذر لأن عددا كبيرا من المزارع فى جميع أنحاء العالم يتم تشغيلها بنجاح حتى بدون استخدام أى مواد تسميدية إضافية، وتدر هذه المزارع إنتاجا وافرا من المحاصيل ومثال لذلك المزارع الموجودة فى مناطق هندية كثيرة مثل أحمد أباد، وبارودا، وبنجالور، وميسور، ودوهاد، وغيرها، وهذه المزارع لم يظهر فيها أى عيوب أو قصور فى إنتاجيتها من تلك التى سبق أن أشار إليها الباحثون. وقد أظهرت نتائج بعض الدراسات التى أجريت على قصب السكر فى هذه المزارع أن السكر المنتج منه وكذلك عصير قصب السكر لم تتغير جودته رغم أن قصب السكر حساس بالنسبة للتسميد النتروجينى.

ويعتبر فريق آخر من العلماء أن الصرف البرى ما هو إلا طريقة من طرق المعالجة التى تختلف عن طرق المعالجة الأخرى فى أنها تؤدى غرضين:

- عملية المعالجة والتخلص من المياه الملوثة.
- الإنتاج الزراعى من عملية الاستزراع بمياه المجارى وبهذا يمكن الاستفادة من مصدر من المصادر الطبيعية، بدلا من إهدارها.

فبالنسبة للعامل الأول الذى يتعلق بالصحة العامة والذى يحتاج إلى درجة كافية من المعالجة، فإنه باستخدام مياه المجارى فى الرى، فإن الفائض من المياه يصل إما إلى المصارف الزراعية المجاورة بعد مروره فى طبقات التربة وترشيحه خلالها، وإما أن يصل إلى المياه الجوفية بعد مروره خلال حبيبات التربة وحجز المواد العالقة والبكتريا منه.

وبالنسبة للعامل الثانى فإن المواد الملوثة بمياه المجارى تتحول بالتربة إلى مواد نافعة وضرورية لنمو النبات وتدر إنتاجا زراعيا وفيرا. ويبقى فى هذه الحالة أن تكون عملية الصيانة كافية لضمان استمرارية خصوبة التربة، ومتابعة التغير فى خصائص التربة وعلاقة ذلك بمكونات المياه المستخدمة حتى يمكن التحكم فى طريقة المعالجة وتعديلها حسب نوعية المحاصيل المطلوب زراعتها، أو تخفيفها بمصادر مياه أخرى.

والرى بمياه المجارى مثل الرى بأى نوعية مياه أخرى له تأثيره على التربة، فالمواد العالقة والذائبة يتم حجز بعضها ويمر البعض الآخر إلى مياه الصرف الزراعى، كما أن الرى يمكن أيضا أن يرشح من التربة بعض الأملاح القابلة للذوبان، وبعض العناصر الضرورية لنمو النبات. وتتأثر نفاذية التربة أيضا بعملية الرى، إلا أن ذلك يعتمد أساسا على مكونات مياه المجارى، ودرجة معالجتها، ويمكن التحكم فى ملوحة التربة بالتحكم فى تركيز الأملاح بمياه الرى.

وفى بعض المناطق التى تتعرض المسطحات المائية فيها للتلوث بالدلتا والنلتا يصعب أن نفرق بين مياه الترع والمصارف الزراعية فكليهما ربما يستقبل مخلفات آدمية وحيوانية

وصناعية وزراعية – وتكون المياه المستخدمة فى الرى أو الشرب أو الصناعة خليط من جميع مصادر المياه والمخلفات السائلة الملوثة.

وبالإضافة إلى ما سبق يجب مراعاة العوامل الآتية:

تأثير الرى بمياه المجارى على التربة والمحاصيل الزراعية :

- تراكم الأملاح، حيث تمتص جذور النبات المياه مع بعض العناصر، ويتبخر جزء من المياه، ولذلك فإن خلط مياه الصرف مع مياه الترع والأمطار إن وجدت، يمكن أن يتحكم فى هذه الظاهرة.
- تؤثر أملاح الصوديوم فى أشجار الفواكه، وتتسبب فى تمليح التربة وتغيير تكوينها الحبيبى حيث تقلل من مساميتها، وبالتالى تؤثر على تهوية الطبقة العلوية من التربة.
- تؤثر تركيزات النتروجين العالية فى نمو النبات، فقد تتسبب فى زيادة طول النبات وفروعه وأوراقه، ولكنها تقلل إنتاجية ثماره. ولذلك يجب موازنة تركيزات النتروجين والفسفور، وكذلك النسب بينهما قبل استخدام المياه فى الرى. وهذا يؤيد عملية خلط المياه السطحية مع مياه الصرف المعالجة.
- وأقصى معدلات لاستهلاك النتروجين على مدار العام هو (٩٠-١٨٠) كجم/فدان/سنة. – وتكون الكمية أقل بالنسبة للمحصول الواحد فتصل إلى ثلث هذه الكمية لمحاصيل الذرة وفول الصويا والقطن، والأعلاف الخضراء والبرسيم.
- وفى حالة تشغيل عملية الرى بكفاءة فإن النتروجين العضوى الذى يتم أكسدته إلى نترات يمتص النبات نسبة كبيرة منه – ويمكن فى مناطق التربة التى يختفى منها الأكسجين يتحول بعض من النترات إلى غاز نتروجين يتصاعد فى الجو – ويمكن أن يصل نسبة من النترات إلى المياه الجوفية –

وتختلف النباتات من حيث احتياجها إلى النتروجين، فالأعلاف مثل البرسيم الحجازى والعشب تحتاج إلى (٩٠-١٨٠) كجم نتروجين/الفدان/عام – وبالنسبة لمحاصيل الحبوب والقطن التى تستمر لموسم زراعى فقط تحتاج لحوالى (٣٠-٧٠) كجم نتروجين للفدان فى العام – ويراعى ألا يزيد تركيز النتروجين فى المياه التى تتسرب خلال التربة للمياه الجوفية أو السطحية عن ١٠ مجم/لتر وهو أعلى تركيز مسموح به فى مياه الشرب.

- فى تحليل هذه الآراء يرى البعض أن المكون النتروجينى ليس ضروريا أن يكون فى صورة النترات حتى يمتصه النبات، فالنباتات التى تحتوى على نسبة عالية من الكربوهيدرات مثل الذرة، والشعير والقمح، والأرز والبطاطس، تمتص الأمونيا.
- بالنسبة للمعادن الثقيلة والعناصر الأخرى يجب مراجعة تركيزاتها حتى تتمشى مع معايير الهيئات الدولية لمياه الرى، والتى سيأتى ذكرها تفصيلا بعد ذلك.

عوامل يجب دراستها عند إعادة استعمال مياه الصرف الصحى :

١. طبيعة التربة :

يشمل تفاصيل خصائص التربة والجسات ومكوناتها والتدرج الحبيبى، ومنسوب سطح المياه الجوفية.

٢. التخطيط العام لاستعمال الأراضى :

ويشمل الاستخدامات الحالية والمخطط المستقبلى الزراعى للمنطقة، والتركيب المحصولى المقترح للرى بمياه الصرف المعالجة والتى تناسب مكوناتها وتأثير الملوحة

والمعادن الثقيلة والملوثات السامة على التربة والنبات. ويشمل التخطيط عمليات تخزين المياه قبل الرى وطرق الرى المناسبة.

٣. العوامل الجوية :

وتشمل ظروف المنطقة المؤثرة فى الزراعة والرى مثل درجات الحرارة، ومعدلات سقوط الأمطار ومواسمها – والمياه الجوفية والطبقات الحاملة لها، واتجاه سريانها وخصائص المياه الجوفية واحتمالات تأثير مياه الصرف المتسربة من الرى عليها.

٤. مصادر المياه :

دراسة المياه الجوفية والمياه السطحية المستخدمة كمصادر للشرب والرى فى المنطقة المخطط ريها بمياه الصرف وكذلك المناطق المحيطة بها.

٥. تقييم المشروع :

وذلك لمعرفة تأثير عمليات الرى على التربة والمنطقة على المدى الطويل – وتغيير منسوب المياه الجوفية واحتمالات وصولها للمياه السطحية – ويساعد ذلك على موازنة معدلات الرى، والمواد العضوية ومكونات مياه الصرف الصحى الأخرى التى لها تأثير إيجابى أو سلبى من الناحية البيئية سواء على المياه الجوفية والسطحية والتربة.

٦. بالنسبة لإعادة الاستعمال فى الأغراض الصناعية يتم دراسة المراحل الإضافية المطلوبة لمياه الصرف الصحى المعالجة قبل إعادة استعمالها حسب الخصائص المطلوبة فى هذه المياه

معايير وإرشادات ودلائل الرى بمياه الصرف الصحى :

إرشادات عامة :

١. تستخدم طرق الرى التى تناسب كل من:

- نوعية وخصائص التربة.
- النباتات والأشجار والمحاصيل المزروعة.
- خصائص مياه الصرف المعالجة.
- ميول سطح الأرض.
- الظروف المناخية فى المنطقة.

٢. معدلات الرى بمياه المجارى.

المعدلات الآتية مأخوذة من مصادر متنوعة، هندية، وأمريكية، وصينية، واسترالية وشرق أوسطية، سنذكرها للإسترشاد بها مع مراعاة الظروف المحلية لكل منطقة:

- ا. يختلف معدل الرى السطحى تبعا لظروف كل منطقة، ويتراوح عموما بين (٢,٥-٢٥) مم فى اليوم، والمعدل السائد هو ٥٠ مم فى الأسبوع.
- ب. بالنسبة للرى السطحى للاستزراع تكون معدلات الرى فى المتوسط فى حدود ٦,٣ لتر / م^{٢} / يوم وتتغير هذه المعدلات اعتمادا على طبيعة التربة. ويشير هذا المعدل إلى المتوسطات المحسوبة من الكمية الكلية التى يروى بها على مرات متتالية لفترات طويلة، وتكون المعدلات الفعلية خلال يوم واحد أكبر من ذلك بكثير، اعتمادا على نوعية التربة.

وعموما يجب دراسة العوامل الآتية:

- احتياجات المحاصيل والمساحة المزروعة من كل منها.
- عمق مياه الرى.
- الدورات الزراعية.

- فترة بقاء النبات فى التربة.

- ج. يتراوح معدل الرى بمياه المجارى من (١-١٠) سم فى الأسبوع خلال الدورة الزراعية، ويعتمد معدل الرى على:
  - نوعية التربة.
  - ميول سطح الأرض.
  - معدلات تسرب المياه خلال التربة.
  - الأحوال والظروف الجوية.
  - نوعية المحصول.

وتشمل المحاصيل التى يمكن زراعتها بهذه المياه: القمح، الشعير، والذرة، البرسيم الحجازى، القطن، ونوعيات مختلفة من أعشاب الأعلاف.

٣. المصارف الزراعية :

يعتمد تخطيط المصارف على طوبوغرافية المنطقة وطبيعتها، وتكون ما أمكن عمودية على اتجاه المياه المطلوب صرفها، فطوبوغرافية السطح تحدد كميات الحفر وتكاليفه، وظروف الطبقات التى تحت سطح الأرض تحدد كفاءة عملية الصرف، ويتم تحديد تصرف المصرف بالتقريب بمعرفة المساحة المطلوب صرفها، ومعدلات مياه الرى، وطبيعة التربة الزراعية. وعموما تتراوح مياه الصرف من (٣٠-٤٠) ٪ من معدلات مياه الرى.

ويكون عمق المصارف (٢-٢,٥) متر وفى حالات خاصة يمكن أن يزيد العمق إلى ٣ متر، ويمكن أن يقل العمق بحيث يزيد عدد المصارف الفرعية.

ويمكن استخدام مصارف مغطاة بعمق (١٢٠-٢٤٠) سم من سطح الأرض، ويعتمد تحديد المسافات بينها على نفاذية التربة، ففى حالة معدلات الترشيح الكبيرة، تكون المسافات بين خطوط الصرف المغطى (١٥-٣٠) متر. وعلى العكس إذا كان معدل الترشيح صغير أو إذا كانت نفاذية التربة كبيرة تصل المسافة بين خطوط

الصرف المغطى إلى ١٥٠ متر وعموما يجب عمل دراسة شاملة لطبيعة الموقع قبل تحديد نظام الصرف الزراعى وتفاصيله التنفيذية.

٤. الأراضى المناسبة للاستزراع :

يتم اختيار الموقع المناسب بواسطة خبراء التخطيط والزراعة والهندسة والاقتصاد والجيولوجيا حيث يحتاج ذلك إلى دراسة شاملة للعوامل الآتية:

- ا. نوعية التربة، واتجاهات ميولها.
- ب. عمق التربة، ومكونات طبقاتها المختلفة.
- ج. خاصية تصريف التربة.
- د. بعد المياه الجوفية عن سطح التربة واتجاه سيرها.

٥. المكون العضوى فى التربة الزراعية :

يتراوح تركيز المواد العضوية فى التربة من (٢-٦) ٪، ويمثل المكون الغير عضوى (٩٤-٩٨) ٪. والمكون العضوى رغم صغره، فهو المصدر الذى يعتمد عليه النبات فى غذائه، وتحتاجه الكائنات الحية الدقيقة التى تساعد النبات، وحينما تتحلل هذه المواد تترك فراغات صغيرة فى التربة والمكون العضوى يحسِّن من التدرج الحبيبى للتربة ويزيد من امتصاص التربة للمياه بين حبيباتها وترتبط العوامل السابقة بدرجة تهوية التربة المطلوبة واللازمة لعملية نمو النبات، علما بأن ضعف التهوية أو انعدامها يزيد من ثانى أكسيد الكربون ويؤثر فى نمو الشعيرات الجذرية للنبات. كما يؤثر ضعف التهوية فى دور التربة فى معالجة مياه المجارى، حيث أن البكتريا الهوائية التى تؤكسد المواد العضوية فى مياه المجارى لا يمكنها القيام بوظيفتها فى غياب الأكسجين.

٦. تأثير جذور النبات على خواص التربة :

تتفرع من جذور النبات شعيرات دقيقة بأطوال كبيرة تكوِّن نسيجا يزيد من رباط بعضاً من حبيبات التربة، وهذه الظاهرة تزيد فى فجوات التربة وتساعد على تهويتها، حيث أن جذور النبات لها القدرة على اختراق غالبية أنواع التربة بما فى

ذلك الطبقات الصماء، واستمرار نمو هذه النباتات وتشعب جذورها فى التربة يساعد على عملية التهوية والصرف الزراعى. ولذلك فإنه يمكن المحافظة على جودة نفاذية التربة بزراعة محاصيل ملائمة طويلة الجذور، وهذه النباتات، إضافة إلى أنها تفتح قنوات دقيقة خلال التربة، فإنها تساعد على تثبيت مكونات التربة.

٧. الكائنات الحية الدقيقة فى التربة :

تعتبر الكائنات الحية الدقيقة وجذور النباتات هى العوامل الأساسية فى تكوين المظهر الحبيبى للتربة. وتساعد الكائنات الحية الدقيقة فى تحسين نفاذية التربة والمحافظة عليها فى الطبقات السطحية.

٨. عناصر مفيدة بمياه الرى :

١. المواد العضوية :

هى المواد التى تتكون منها أجساد وخلايا الكائنات الحية التى تعيش فى البيئة الأرضية والمائية، وكذلك جزيئات البروتينات، والدهون، والشحوم والكربوهيدرات. ومن المواد العضوية ما هو ناتج عن النباتات مثل الأوراق والأخشاب ومن الحيوانات التى تموت مثل الجلود، ومن المنتجات الزراعية المتعددة. وتتكون المواد العضوية أساسا من جزيئات مترابطة من الكربون والهيدروجين.

وفى التمثيل الضوئى تعتبر النباتات الخضراء من الأحياء المنتجة التى تستخدم الطاقة الضوئية من الشمس لتحويل ثانى أكسيد الكربون المتواجد فى الهواء أو الماء إلى جلوكوز، وتخرج الأكسجين. وتسمى هذه الظاهرة، التمثيل الضوئى، ويتم خلالها نمو النباتات بمساعدة بعض المعادن والمغذيات مثل الفسفور، والبوتاسيوم، والكبريت، والنتروجين التى تمتصها من التربة أو الماء.

ب. المواد الغير عضوية :

هى مواد وكيماويات وعناصر من الهواء والماء والتربة الصخرية والمعادن، ويكون بعضها ناتج من نشاط الكائنات الحية الدقيقة.

ج. المواد التسميدية بمياه المجارى :

يوجد الفوسفور والبوتاسيوم مع النتروجين فى مياه المجارى، بالإضافة إلى كميات أخرى من المواد العضوية تجعل من مكونات المجارى سمادا مثاليا ومتكاملا.

وتحتوى مياه المجارى المنزلية على المواد التسميدية الآتية لكل شخص فى العام:

٣-٢,٥٠	كيلو جرام نتروجين	(N)
١-٠,٨٠	كيلو جرام فوسفور	(P_2O_4)
١,٦٠-١,٣٠	كيلو جرام بوتاسيوم	(K_2O_2)
١٢-١٠	كيلو جرام مواد عضوية	

وفى عمليات معالجة مياه المجارى ينخفض تركيز هذه المواد لأنها تتحول إلى مكونات أخرى فى رواسب المجارى التى تستخدم أيضا كسماد. وعلى أساس أن المعالجة الكاملة تقلل كثيرا من تركيزات المواد التسميدية فإنه فى حالة استخدام مياه المجارى فى الرى يتحتم اختيار طرق المعالجة التى لا تتسبب فى خفض المواد التسميدية فى مياه المجارى، والتى تكون اقتصادية فى إنشائها وعملية وسهلة فى تشغيلها، والطريقة التى تفى بهذه الشروط جميعها، هى طريقة بحيرات الأكسدة والبحيرات المهواة.

ويجب دراسة المكونات التسميدية بمياه المجارى التى تستخدم فى الرى لاختيار المحاصيل الزراعية الملائمة لأن زيادة هذه المواد قد يضر بالمحاصيل ولذلك يمكن زراعة نباتات الأعلاف بنجاح فى مثل هذه الظروف وتزيد إنتاجية المحاصيل التى تروى بمياه المجارى عادة عن التى تروى بمياه الرى العادية، وتسمد بالأسمدة الكيمائية. وتساعد المواد العضوية بمياه المجارى على تحسن التكوين الحبيبى للتربة،

مما يساعد على أداء التربة لوظيفتها بصورة أفضل فى عمليات الرى وتغذية النبات. ويمكن تحويل الأراضى الرملية إلى أراضى زراعية بريها بمياه المجارى فقط.

معايير الرى بمياه الصرف الصحى :

الهدف الرئيسى فى معالجة المخلفات السائلة لإعادة استخدامها هو إزالة البكتريا الممرضة – وعليه تركز المعايير المطلوبة لإعادة الاستخدام على أقصى عد لبكتريا القولون مسموح به فى المياه المعالجة قبل استخدامها. والمعايير التى أشارت إليها هيئة الصحة العالمية تتطلب المعالجة الثانوية يليها عملية كلورة وذلك لضمان حماية العمالة، وعدم تلوث التربة والمحاصيل الزراعية. ويجب أن يوضع فى الاعتبار أنه لضمان فاعلية عملية الكلورة يتم ترشيح المياه بعد المعالجة الثانوية لحجز المواد العالقة، وتستخدم المرشحات الرملية لهذا الغرض.

وعلى أساس احتمالات انتشار الأوبئة فى حالة الرى بمياه المجارى المعالجة، قامت هيئات علمية فى دول كثيرة بدراسات مستمرة لوضع معايير ودلائل تساعد فى اتباع وسائل يراعى فيها العوامل البيئية كالمحافظة على الصحة العامة وعدم التلوث سواء للمحاصيل أو للتربة، ومن الهيئات العلمية التى اهتمت بهذا الموضوع: وكالة حماية البيئة الأمريكية – هيئة الصحة العالمية – البنك الدولى – برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة – مركز بحوث التنمية الدولية بكندا – المركز الدولى للتخلص من المخلفات بسويسرا – منظمة الأغذية والزراعة التابع للأمم المتحدة.

واهتمت هذه التقارير والدراسات والمعايير بالأمراض الناتجة عن الطفيليات أكثر من العد البكتيرى – وعليه نصت هذه المعايير على ضوابط أكثر بالنسبة لعدد بويضات الطفيليات التى لها تأثير وبائى أو خطير على الصحة العامة حيث وصلت المعايير إلى أقل من بويضة واحدة فى اللتر فى المناطق التى تأخذ الأمراض الطفيلية صورة وبائية ... فى حين شملت الدلائل عدد بكتريا القولون يصل إلى

١٠٠٠ خلية فى كل ١٠٠سم٣ للرى بدون أى قيود بالنسبة للمحاصيل المزروعة – على أساس أن البكتريا الممرضة عند تعرضها للأشعة ووصولها للتربة والمحاصيل تموت طبيعيا بنسبة تصل إلى حوالى ٩٩ ٪، حيث أن هذه البيئة لا تناسب نشاطها وتكاثرها – هذا بالإضافة إلى أن العد البكتيرى التى أشارت إليه القيم الدليلة وهو ١٠٠٠ خلية قد يحتوى عدداً محدودا جدا من البكتريا الممرضة أو ربما لا يحتوى. ويعتمد هذا على الظروف الوبائية والصحة العامة فى كل منطقة – ولذلك سميت قيم دليلة ولم يطلق عليها معايير، حتى لا تأخذ الصبغة القانونية – وكذلك تعطى مرونة لكل دولة أو منطقة لتحدد المعايير المناسبة لها.

وفى اختيار القيمة الدليلة للعد البكتيرى ١٠٠٠ خلية فى كل ١٠٠سم٣، إعتمد الباحثون على أن عدد بكتريا القولون فى حوالى ٥٠ ٪ من أنهار العالم يصل لهذا الرقم، وهذه الأنهار تستخدم مياهها فى الرى عموما بدون أى قيود، كما أن هذا التركيز من بكتريا القولون يتمشى مع المعايير الميكربيولوجية لشواطىء الاستحمام، وهذا ما شجع الباحثون إلى إمكانية استخدام مياه المجارى المعالجة فى الرى بدون قيود إذا توافرت فيه القيم الدليلة التى سبق الإشارة إليها وهى ١٠٠٠ خلية بكتريا قولون فى كل ١٠٠سم٣. والخلاصة أن هذه القيم يمكن الحصول عليها بعد عملية المعالجة الثانوية يليها تطهير المياه بطريقة تعطى المستوى المطلوب.

أما بالنسبة للمسطحات المائية سواء شواطىء، أو بحيرات أو غيرها وتعتبر كمصدر للثروة السمكية، فقد حدد الباحثون أكبر تركيز ممكن قبوله بحوالى ١٠٠٠٠ خلية بكتريا قولون، ١٠٠,٠٠٠ خلية سالمونيلا فى كل ١٠٠سم٣ إلا أن البعض الآخر يرى أنه عند تركيزات حوالى ١٠ ٪ من السابقة، يمكن أن تتواجد أعداد من البكتريا الممرضة فى الجهاز الهضمى للأسماك علاوة على ما يمكن أن يخترق الخلايا الداخلية ويعيش فيها ويمكن أن يتسبب فى الإصابة بالأمراض إذا لم يتم طهى السمك جيدا.

دلائل هيئة الصحة العالمية :

اقترحت منظمة الصحة العالمية دلائل لجودة مياه الرى يمكن الأخذ بها فى حالة إعادة استعمال مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى وهى مطابقة لمعايير هيئة الفاو، والمعايير المعمول بها تقريبا فى مصر، وتتلخص فى الآتى:

أولا: بالنسبة للمساحات الخضراء فى الميادين العامة، والحدائق، والفنادق. والأندية الرياضية:

- لا يزيد العد البكتيرى للمجموعة القولونية فى كل ١٠٠سم^{٣} عن ٢٠٠.
- لا تزيد عدد الديدان المعوية أو بويضاتها عن واحد فى كل لتر.

ثانيا: بالنسبة للمحاصيل التى تؤكل ثمارها طازجة:

- لا يزيد عدد المجموعة القولونية البكتيرية عن ١٠٠٠ فى كل ١٠٠سم^{٣}.
- لا تزيد عدد الديدان المعوية أو بويضاتها عن واحد فى اللتر.

ثالثا: بالنسبة لمحاصيل الحبوب والغلال، والأعلاف، والأشجار والمحاصيل التى يتم تصنيع ثمارها، فليس هناك معايير بكتريولوجية محددة بخلاف المحافظة على المزارعين لعدم تعرضهم للتلوث، مع ضرورة الالتزام بنفس المعايير المنصوص عليها فى البند ثانيا بالنسبة للديدان المعوية وبويضاتها.

وقد وضعت منظمة الصحة العالمية دلائل وليست معايير، حتى لا تأخذ الطابع القانونى، وتترك لكل دولة حرية تطبيق ما تراه فى ظل ظروفها الاقتصادية، والبيئية، ومصادرها الطبيعية، وطريقة الرى. فنرى مثلا أن ولاية كاليفورنيا فى الولايات المتحدة وضعت حدودا لعدد بكتريا المجموعة القولونية لا يزيد عن ٢٣ فى كل ١٠٠سم^{٣} فى حالة الرى بالرش للمياه المكلورة، وذلك للمحاصيل التى تمر بمراحل الطهى لقتل أى بكتريا بها. كما وضعت نفس الولاية عد بكتيرى لا يزيد عن ٢,٢ فى كل ١٠٠سم٣ فى مياه الرى بالرش المكلورة، بعد المعالجة الثلاثية – وذلك للرى بدون أى قيود للمحاصيل التى تؤكل ثمارها طازجة

ومن جهة أخرى تتبع بعض البلدان الأوروبية معايير أقل تشددا. ويبقى فى النهاية رأى العلماء ذوى الخبرة، مثل الدكتور / مارا أستاذ الهندسة الصحية بجامعة ليدز، الذى أوجز رأيه فى اتباع طرق معالجة قليلة التكاليف تناسب عملية إعادة استعمال المياه فى الرى. وسنوجز رأيه بصراحة وإيجاز بعد ذلك.

ويبين جدول (١٠-١) معايير مصرية للمخلفات السائلة المعالجة المستخدمة فى الزراعة.

كما يبين جدول (١٠-٢) العلاقة بين درجة المعالجة والمحاصيل التى يمكن زراعتها، كدلائل استرشادية. ويبين جدول (١٠-٣) (التركيزات المقبولة للمعادن الثقيلة فى مياه الرى على وجه العموم.

جدول (١٠-١)

معايير مصرية للمخلفات السائلة المعالجة المستخدمة فى الرى

خصائص أو مكونات المياه	الوحدات	درجة المعالجة		
		أولية وابتدائية درجة (أ)	ثانوية درجة (ب)	متقدمة درجة (ج)
أكسجين حيوى مستهلك	مجم/لتر	٢٠٠	٤٠	٢٠
أكسجين كيماوى مستهلك	مجم/لتر	٦٠٠	٨٠	٤٠
المواد العالقة	مجم/لتر	٢٠٠	٤٠	٢٠
المواد الصلبة الذائبة	مجم/لتر	٢٥٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
الزيوت والشحوم	مجم/لتر	لم تحدد	١٠	٥
نسبة الصوديوم الممتص من الصوديوم	نسبة مئوية	٢٥	٢٠	٢٠
كلورايد	مجم/لتر	٣٥٠	٣٠٠	٣٠٠
زرنيخ	مجم/لتر	لم تحدد	لم تحدد	٠,١

خصائص أو مكونات المياه	الوحدات	درجة المعالجة		
		أولية وابتدائية درجة (أ)	ثانوية درجة (ب)	متقدمة درجة (ج)
البورون	مجم/لتر	٥	٣	٣
كادميوم	مجم/لتر	٠,٠٥	٠,٠١	٠,٠١
كروميوم	مجم/لتر	لم يحدد	لم يحدد	٠,١
كوبالت	مجم/لتر	لم يحدد	٠,٠٥	٠,٠٥
نحاس	مجم/لتر	لم يحدد	٠,٢	٠,٢
الحديد	مجم/لتر	لم يحدد	٥	٥
المنجنيز	مجم/لتر	٠,٢	٠,٢	٠,٢
موليدنوم	مجم/لتر	لم يحدد	٠,٠١	٠,٠١
النيكل	مجم/لتر	٠,٥	٠,٢	٠,٢
رصاص	مجم/لتر	١٠	٥	٥
زنك	مجم/لتر	لم يحدد	٢	٢
الألومنيوم	مجم/لتر	لم يحدد	٥	٥
السلينوم	مجم/لتر	٠,٢	٠,٢	٠,٢
الليثيوم	مجم/لتر	٢,٥٠	٢,٥٠	٢,٥٠

يشير الجدول إلى ثلاث درجات لمياه الصرف الصحى المعالجة:

- درجة (أ) وتناسب زراعة الأشجار، والأعلاف والغلال والحبوب والمحاصيل التى يتم تصنيع منتجاتها، وتحتاج لحماية المزارعين.
- درجة (ب) تناسب المحاصيل التى لا تؤكل ثمارها طازجة، وتخضع للمعايير البكتريولوجية السابقة.
- درجة (ج) تناسب الرى بدون قيود بحيث تتوافق مع المعايير البكتريولوجية لهيئة الصحة العالمية والتى سبق الإشارة إليها.

جدول (١٠-٢)

العلاقة بين درجة المعالجة والمحاصيل التى يمكن زراعتها (دلائل)

التركيزات جزء فى المليون .. ما لم يذكر غير ذلك

خصائص المياه	درجة المعالجة		
	مجارى خام أو معالجة إبتدائيا	بعد المعالجة الثانوية	بعد المعالجة المتقدمة
الأكسجين الحيوى المستهلك	٣٥٠	٥٠-٣٠	٢٠-١٠
الأكسجين الكيماوى المستهلك	٧٠٠	٧٠	٤٠
المواد العالقة	٣٥٠	٣٠	٢٠-١٠
الزيوت	٢٠	١٠	٥
ديدان معوية أو بويضاتها واحدة/لتر	٥	١	١
العد البكتيرى / ١٠٠سم^{3}	--	١٠٠	١٠٠
الصوديوم	٢٥٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
النحاس	--	٠,٢	٠,٢
الزنك	--	٢	٢
كروميوم	--	--	٠,١
نيكل	٠,٥٠	٠,٢٠	٠,٢٠
كادميوم	٠,٠٥	٠,٠١	٠,٠١
بورون	٥	٣	٣
كلوريدات	٣٥٠	٣٠٠	٣٠٠

دلائل لعلاقة طرق الرى بالمحاصيل المزروعة

خصائص المياه	درجة المعالجة		
	مجارى خام أو معالجة إبتدائيا	بعد المعالجة الثانوية	بعد المعالجة المتقدمة
طرق الرى	سطحى	سطحى وتنقيط	جميع الطرق ما عدا الرش
المزروعات	أشجار خشبية	قطن، كتان، نخيل، أعلاف، فواكه	جميع أنواع المحاصيل والخضروات والفواكه بحيث لا تلامس

خصائص المياه	درجة المعالجة		
	مجارى خام أو معالجة إبتدائيا	بعد المعالجة الثانوية	بعد المعالجة المتقدمة
		وخضروات لا تؤكل طازجة، نباتات الزينة واستخلاص الزيوت	مياه الرى قبل الحصاد بوقت كافى
الاحتياطات الوقائية	عدم السماح بدخول غير العاملين والمواشى لمنطقة الرى	عدم تربية المواشى التى تربى لإنتاج اللحوم والألبان داخل حدود المزروعات	لا توجد قيود محددة

جدول (١٠-٣)

التركيزات المقبولة للمعادن الثقيلة فى مياه الرى (مجم / لتر)

العنصر	للمياه التى تستخدم بمعدل ٩٠سم/عام	للمياه التى تستخدم حتى ٢٠ عام على التربة ذات الحبيبات الدقيقة، والتى لها PH بين ٦، ٨,٥

	على جميع أنواع الأراضى بصفة مستمرة	معدلات الرى ٩٠سم / عام	معدلات الرى ٢٤٠سم / عام	معدلات الرى ٢٤متر / عام
الألومنيوم	٥,٠٠٠	٢٠,٠٠٠	٨,٠٠٠	٨,٠٠٠
الزرنيخ	٠,١٠٠	٢,٠٠٠	٠,٨٠٠	٠,٠٨٠
البيريليوم	٠,١٠٠	٠,٥٠٠	٠,٢٠٠	٠,٠٢٠
البورون	٠,٧٥٠	٢-١٠	٢	٢
الكادميوم	٠,٠١٠	٠,٠٥٠	٠,٠٢٠	٠,٠٠٢
الكروميوم	٠,١٠٠	١	٠,٤٠٠	٠,٠٤٠
الكوبلت	٠,٠٥٠	٥	٢	٠,٢٠٠
النحاس	٠,٢٠٠	٥	٢	٠,٢٠٠
الفلوريد	١,٠٠٠	١٥	٦	٠,٦٠٠
الحديد	٥,٠٠٠	٢٠	٨	٠,٨٠٠
الرصاص	٥,٠٠٠	١٠	٤	٠,٤٠٠
الليثيوم	٢,٥٠٠	٢,٥٠٠	٢,٥٠٠	٢,٥٠٠
المنجنيز	٠,٢٠٠	١٠	٤	٠,٤٠٠
الزئبق	--	--	--	--
الموليبدنيوم	٠,٠١٠	٠,٠٥٠	٠,٠٢٠	٠,٠٠٢
النيكل	٠,٢٠٠	٢	٠,٨٠٠	٠,٠٨٠
السلنيوم	٠,٠٢٠	٠,٠٢٠	٠,٠٢٠	٠,٠٢٠
الفضة	--	--	--	--
الزنك	٢,٠٠٠	١٠	٤	٠,٤٠٠

محاذير وعوامل يجب مراعاتها للرى بمياه الصرف الصحى المعالجة :

- يحظر رى الخضروات الورقية التى لا يمكن تفادى تلوثها مثل: الكرنب، والخس، والبقدونس، والجرجير، والسبانخ، والملوخية، والفجل، والكزبرة، والفلفل، والجزر.

- الفيروسات والبكتريا، والبروتوزوا والديدان المعوية وبويضاتها التى تصل للمياه والتربة من الأشخاص المصابين بالأمراض، يمكن أن تصيب الإنسان والحيوان إما عن طريق تناول الأطعمة والثمار أو شرب المياه الملوثة بهذه الآفات أو عن طريق الجلد كما يحدث فى ديدان البلهارسيا والانكلستوما.
- العد الكلى البكتيرى يفضل عدم الاعتماد عليه كمؤشر للبكتريا الممرضة، لأن مصدره ليس الفضلات القولونية وحدها، خصوصا فى الأجواء الدافئة، حيث تكون نسبة البكتريا الغير معوية عالية ولا تعطى دلالة كافية على الفيروسات والبروتوزوا والديدان المعوية.
- للتحكم فى الطفيليات المعوية، تعتبر بحيرات الأكسدة بمدة بقاء لا تقل عن ١٠ أيام هى الطريقة الأفضل.
- المعايير البكتريولوجية المقترحة من الهيئات الدولية للرى بمياه المجارى المعالجة قد تكون أفضل من العد البكتيرى فى أنهار كثيرة فى العالم. وعلى سبيل المثال نجد أنه فى أكثر من نصف الأنهار على مستوى العالم يزيد العد البكتيرى عن ١٠٠٠ فى كل ١٠٠سم^{٣}، وهو المعيار التى أوصت به الهيئات المعنية بالرى والبيئة. وفى أفريقيا مثلا توجد أنهار وصلت لدرجة من التلوث البكتيرى تتخطى حدود أى معايير خاصة بزراعة أى محاصيل، رغم أن هذه الأنهار هى مصدر الشرب للسواد الأعظم من السكان.
- بالنسبة للإنتاج السمكى فى بحيرات مياه الصرف الصحى المعالجة يجب مراجعة تأثير العد البكتيرى فى المياه على احتمالات تلوث الأسماك ورغم أن الهيئات الدولية تفضل استخدام نفس المعايير البكتريولوجية للرى بالنسبة لبحيرات تربية الأسماك، إلا أنه يجب دراسة هذا الأمر مع مراعاة ظروف

الـوعى والقبـول النفسـى والتوعيـة الصـحية وإدارة عمليـة الإنتـاج السـمكى بطريقة علمية، يضاف إلى ذلك اختيار طريقة لطهى الأسماك تقضى على أى تلوث محتمل.

- يجب النظر إلى أى معايير أو دلائل على أنها إرشادية فقط، بحيث أنها تساعد على وضع معايير فى كل منطقة تناسب ظروفها وتناسب حالة الصحة العامة، والأمراض الوبائية التى يمكن أن تنتشر من استعمال المياه الملوثة. كما أن عملية استعمال الكلور لخفض العد البكتيرى لا يؤثر مطلقا فى بويضات الديدان المعوية.
- للمحافظة على الصحة العامة يجب:
  - اختيار طريقة معالجة مناسبة.
  - اختيار محاصيل تتحكم فى إصابة الناس بالجراثيم المعدية.
  - اختيار طرق رى يمكن بها عدم التعرض المباشر للتلوث.
- نشر الوعى الصحى بين المزارعين والمستهلكين وتجار وشركات توزيع المنتجات الزراعية.
- يفضل زراعة الأعلاف ومحاصيل القطن والكتان والحبوب حيث عمليات الرى تقلل من تعرض المزارعين لمياه الرى.

خفض العد البكتيرى باستخدام مواد مطهرة :

يستخدم فى تطهير مياه الصرف الصحى المواد والطرق الآتية:

- كلور سائل.
- هيبوكلوريت الصوديوم.
- كلورامين.
- الأشعة فوق البنفسجية.

- الأوزون.
- ثانى أكسيد الكلورين.
- كلوريد البروم.
- أشعة جاما.

ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة من هذه الطرق على العوامل الآتية:

- الفاعلية والكفاءة.
- الأمان فى الاستخدام.
- التأثير على البيئة.
- التكاليف.

ورغم أن البعض يتجه إلى استعمال الكلور لخض العد البكتيرى فى مياه الصرف الصحى المعالجة لتلائم الدلائل والمعايير المطلوبة لمياه الرى، إلا أن عدم استعمالها أفضل خاصة إذا كانت المعالجة بطريقة بحيرات الأكسدة. وفى استعمال الكلور عيوب يجب وضعها فى الاعتبار، وهى احتمال تكوين مواد ضارة من تفاعل المواد العضوية مع الكلور، كما أنه بمجرد أن يتطاير الكلور المتبقى، تبدأ البكتريا فى التكاثر من جديد، طالما كانت البيئة المائية ملائمة. ويوضع فى الاعتبار أيضا أنه ليس مؤكدا حجز بويضات الديان المعوية فى المرشحات الرملية السريعة التى يعتبرها البعض مرحلة ثالثة للمعالجة، فى حين أن الرأى العلمى لكثير من المتخصصين يكرر دائما النظر لمراحل متتابعة من بحيرات الأكسدة بعد المعالجة الابتدائية أو الثانوية، ولمزيد من التفاصيل يرجع إلى آراء ومؤلفات دكتور (مارا) العديدة فى هذا المجال.

استخدام الحمأة فى تسميد وتحسين التربة الزراعية :

التخطيط الابتدائى :

- ١. تحديد المكونات والخصائص الطبيعية والكيماوية والبيولوجية للحمأة.
- ٢. دراسة الاشتراطات والدلائل المطلوبة لاستعمال الحمأة.
- ٣. مقارنة الطرق التى يمكن استعمالها لتطابق خصائص الحمأة.
- ٤. تحديد مساحة الأراضى المطلوبة.
- ٥. تحديد الطرق المناسبة لنقل الحمأة.

دراسات استكشافية لمواقع استعمال الحمأة :

- ١. طوبوغرافية الأرض والمناطق المحيطة بها وخصائص التربة.
- ٢. الصرف الزراعى المقترح ونوعيته مغطى أو مكشوف.
- ٣. بعد الموقع عن المياه السطحية والمياه الجوفية وتحليلات هذه المياه.
- ٤. شبكة الطرق والمواصلات بالمناطق المحيطة.
- ٥. نوعيات الزراعات الحالية.
- ٦. تتغير الخصائص الكيماوية للحمأة بدرجة كبيرة وكذلك تركيزات العناصر الأساسية فى الحمأة تبعا لخصائص المخلفات السائلة نفسها، ونسبة وطبيعة المخلفات الصناعية التى تصل لشبكة الصرف الصحى.
- ٧. يجب أن يوضع فى الاعتبار فى حالة الاستفادة من الحمأة أن بويضات الديدان المعوية تبقى فى رواسب المجارى فترات تمتد لشهور طويلة، ولكى تكون الحمأة آمنة فى استخدامها لأغراض التسميد يجب تخزينها لمدة طويلة تمتد لعام كامل فى الأجواء الدافئة نسبيا.

- ٨. تكون الاشتراطات والتوصيات النهائية بعد دراسة كل حالة من جميع جوانبها بما فى ذلك المحاصيل المقترحة، وخصائص الحمأة ومكوناتها وطبيعة التربة، والعوامل المناخية، وطريقة نشر الحمأة على التربة.
- ٩. لا تقل المسافة بين آبار مياه الشرب والمساحة المستخدمة فيها الحمأة عن ٦٠م ولا تقل المسافة عن المياه السطحية عن ١٥ متر.
- ١٠. لا يقل عمق التربة الزراعية المطلوبة لجذور النبات عن ٦٠سم.
- ١١. لا يقل البعد عن سطح المياه الجوفية عن ١٢٠سم.
- ١٢. يجب عمل تحليلات دورية على المحاصيل الزراعية لمعرفة تركيزات عناصر الكادميوم والرصاص والزرنيخ والزنك والنيكل والنحاس والمغنسيوم والمولوبيدنوم والسلنيوم.

معدلات استخدام الحمأة :

- ١. يتراوح معدل استخدام الحمأة للأراضى الزراعية من (١-٣٠) طن حمأة جافة للفدان فى السنة، تبعا لنوعية التربة، والمحاصيل الزراعية. وخصائص الحمأة بحيث تكون تركيزات المواد السامة والمعادن الثقيلة للحمأة التى تصرف على الأراضى الزراعية فى الحدود الآتية:
  - لا يزيد تركيز الموليبدنيوم عن ١٨ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
  - لا يزيد تركيز الزئبق عن ١٧ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
  - لا يزيد تركيز الكادميوم عن ٣٩ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
  - لا يزيد تركيز الزرنيخ عن ٤١ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
  - لا يزيد تركيز الرصاص عن ٣٠٠ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
  - لا يزيد النيكل عن ٤٢٠ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
  - لا يزيد الكروميوم عن ١٢٠٠ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.

- لا يزيد النحاس عن ١٥٠٠ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.
- لا يزيد الزنك عن ٢٨٠٠ مجم /كيلو جرام حمأة جافة.

ويعتمد معدل الحمأة المستخدم فى التسميد على مكونات وخصائص الحمأة، وطبيعة التربة – وكمية النتروجين اللازمة كسماد للمحاصيل التى ستزرع، والتركيزات التى يجب التقيد بها بالنسبة للمعادن الثقيلة مثل الكادميوم، والمواد الضارة والسامة، ومنها الرصاص، والزنك، والنحاس والنيكل والكادميوم – ويحتاج النبات عادة إلى تركيز من النتروجين أكبر من الفسفور (٢–٥) مرات فى حين تحتوى الحمأة على تركيزات متقاربة من العنصرين، ولذلك يكون احتياج النبات للفسفور هو الذى يحدد الكمية التى تستخدم من الحمأة. وتستخدم سنويا فى الوقت بين الحصاد والزرع، وتستمر لفترة تصل إلى عشرون عاما أو أكثر حسب الحدود المسموح بها لتراكم المعادن الثقيلة والأملاح.

- ٢. فى الغابات والحزام الأخضر الشجرى يكون معدل استخدام الحمأة (٤–١٠٠) طن/فدان/سنة والمعدل الشائع ٢٠ طن/فدان/سنة اعتمادا على أنواع الأشجار، وطبيعة التربة، ومكونات الحمأة، وتستخدم إما مرة واحدة أو كل (١–٥) سنوات.
- ٣. فى استصلاح الأراضى يكون معدل استخدام الحمأة (٤–٢٠٠) طن/فدان/سنة يتم إضافتها عادة مرة واحدة والمعدل الشائع ٥٠ طن/فدان/سنة.
- ٤. يجب معرفة معدلات النتروجين والفسفور المطلوبة حتى لا يؤثر إضافة الحمأة على جودة المحصول، واستخدام الحمأة فى التسميد يعتبر طريقة اقتصادية بالنسبة لطرق التخلص التقليدية سواء بالحرق أو الدفن أو التخلص فى المحيطات أو حتى فى مصادر المياه العذبة السطحية والجوفية.

- ٥. يفضل معالجة الحمأة بهضمها لاهوائيا أو هوائيا قبل تجفيفها حيث يساعد ذلك على خفض الكائنات الدقيقة الممرضة.

دلائل فى استخدام الحمأة فى تسميد زراعات الفاكهة والخضر :

- ١. لا تزيد كمية الكادميوم عن ٢٠٠ جم / فدان / سنة – ولا تزيد كمية الكادميوم المتراكم بالتربة عن (٢ – ٨) كجم / فدان حسب نوعية التربة، ويفضل ألا يزيد عن ٢٥مجم لكل كيلوجرام جاف من التربة.
- ٢. فى عملية إضافة الحمأة يجب أن يكون الأس الايدروجينى PH أكبر من ٦,٥ فى طبقة التربة العلوية بسمك ١٥سم.
- ٣. لا يزيد الرصاص المتراكم عن ٣٠٠ كجم/فدان. ويفضل ألا يزيد عن ١٠٠٠مجم فى كل كيلو جرام جاف من التربة.
- ٤. يجب اتباع الاشتراطات بالنسبة لزراعة المحاصيل التى تؤكل طازجة بحيث يمر مدة (١٢–١٨) شهر بعد التسميد بالحمأة قبل السماح بتناولها، مع الأخذ فى الاعتبار أن الحمأة للتربة وليست للمحصول، ويفضل زراعة المحاصيل التى تمر منتجاتها بعمليات تصنيع بما فى ذلك ما تنمو ثماره بالتربة نفسها مثل بنجر السكر.
- ٥. يجب إجراء تجارب سنوية لمعرفة الأس الايدروجينى للتربة. وكل سنتين إلى ثلاث سنوات يتم قياس تركيز الرصاص والكادميوم بالتربة.
- ٦. يجب الأخذ فى الاعتبار اختيار نوعيات المحاصيل التى لا تمتص المعادن الثقيلة وكذلك التى تساعد على تراكم هذه العناصر فيها.
- ٧. يجب عدم التسميد بالحمأة أو التخلص منها على أراضى مجاورة أو قريبة من المدارس.

ويراعى عند إضافة حمأة للأراضى الزراعية ألا يزيد تركيز العناصر السامة عن الحدود الآتية لكل كيلو جرام من التربة الجافة:

- لا يزيد تركيز الزنك فى التربة عن ٢٠٠ مجم إذا كان الأس الايدروجينى لا يزيد عن ٧، ويسمح بتركيز ٣٠٠ مجم إذا زاد الأس الايدروجينى عن ٧.
- لا يزيد تركيز النحاس عن ٨٠ مجم إذا كان الاس الايدروجينى بين (٥-٥,٥).
- لا يزيد تركيز النحاس عن ١٠٠ مجم إذا كان الاس الايدروجينى بين (٥,٥-٦).
- لا يزيد تركيز النحاس عن ١٣٥ مجم إذا كان الاس الايدروجينى بين (٦-٧).
- لا يزيد تركيز النحاس عن ٢٠٠ مجم إذا كان الأس الايدروجينى أكبر من ٧.
- فى حالة الأس الايدروجينى للتربة ٥ فأكثر تكون الحدود القصوى لكل كجم من التربة الجافة للعناصر الآتية هى:
  - ١ مجم للزئبق.
  - ٣ مجم للسلينوم.
  - ٤ مجم للموليبدنيوم.
  - ٣ مجم للكادميوم.
  - ٥٠ مجم للزرنيخ.
  - ٣٠٠ مجم للرصاص.
  - ٤٠٠ مجم للكروميوم.
  - ٥٠٠ مجم للفلورايد.

يضاف للمعايير السابقة أقصى تركيز مسموح به للعناصر السامة فى الحمأة المستخدمة فى التسميد ومياه الصرف المستخدمة فى رى الأراضى الزراعية، كمتوسط سنوى لفترة حتى ١٠ سنوات، وهذه الحدود القصوى هى:

- ٠,٠٤ كجم زئبق / فدان / سنة.
- ٠,٠٦ كجم سيلينوم / فدان / سنة.
- ٠,٠٦ كجم كادميوم / فدان / سنة.
- ٠,٠٨ كجم مولوبيدنيوم / فدان / سنة.
- ٠,٢٨ كجم زرنيخ / فدان / سنة.
- ١,٢ كجم نيكل / فدان / سنة.
- ٣ كجم نحاس / فدان / سنة.
- ٦ كجم رصاص / فدان / سنة.
- ٦ كجم كروميوم / فدان / سنة.
- ٦ كجم زنك / فدان / سنة.
- ٨ كجم فلورايد / فدان / سنة.

وبالنسبة للمساحات الخضراء المزروعة بالحشائش يسمح بالآتى:

أولا: بالنسبة لعناصر النحاس، والنيكل، والزئبق، والكروميوم، يمكن زيادة تركيزات هذه العناصر بحوالى ١٥٠ ٪ عن التركيزات المستخدمة فى الأراضى الزراعية.

ثانيا: بالنسبة لعناصر الرصاص، والكادميوم والفلورايد، لا يزيد تركيز هذه العناصر فى أى سنة عن ثلاثة أضعاف المسموح به فى المعدلات السنوية، وذلك لعدم وصول هذه العناصر بطريق مباشر للمواشى التى ترعى هذه الحشائش.

عوامل يجب مراعاتها فى استخدام الحمأة فى التسميد :

المحاصيل التى لها أولوية فى التسميد بالحمأة هى: الذرة، فول الصويا، الحبوب، القطن، الكتان، والأعلاف. ويمكن تحديد معدلات استخدام الحمأة على أساس احتياج

محصول معين للنتروجين أو الفسفور لتربة معينة، وطبقا للاشتراطات المعمول بها فى هذه المنطقة. ويجب الأخذ فى الاعتبار العناصر الضارة والخطرة مثل:

Polychlorinated biphenyls – PCBs – هيدروكربونات مكلورة وتعتبر مادة سامة – ويوجد منها أكثر من مائتى مركب تحتوى على (٤٠-٦٠) ٪ كلور وتستخدم عادة فى الأجهزة الكهربية خاصة المحولات والمكثفات – وتضع الهيئات المعنية بحماية البيئة قيود على استخدام هذه المواد والتحكم فى تركيزاتها.

وعموما فالزنك، والنحاس، والنيكل، عندما ترتفع تركيزاته، يكون ساما للمحصول قبل أن يزيد تركيزه فى النبات بحيث يكون ساما للإنسان أو الحيوان.

محاصيل الذرة :

- يتراوح انتاج الفدان من (٣-٥) طن / فدان.
- احتياجاته من النتروجين N = (٥٠-١٠٠) كجم / فدان.
- احتياجاته من الفسفور P = (١٠-١٦) كجم / فدان.
- احتياجاته من البوتاسيوم K = (١٩-٤٥) كجم / فدان.

فول الصويا :

- يتراوح الانتاج بين (١-٢) طن / فدان.
- النتروجين المطلوب للتسميد N = (٦٠-١٣٠) كجم / فدان.
- الفسفور المطلوب P = (٨-١٦) كجم / فدان.
- البوتاسيوم K = (٢٠-٤٨) كجم / فدان.

القمح :

- يتراوح الانتاج بين (١-٢) طن / فدان.
- النتروجين المطلوب N = (٢٥-٤٠) كجم / فدان.
- الفسفور المطلوب P = (٦-١٨) كجم / فدان.
- البوتاسيوم K = (١١-٢٢) كجم / فدان.

- فى حالة إضافة كمية النتروجين المطلوبة للنبات، فإن تلوث المياه الجوفية من الحمأة لا يكون أكبر من التلوث الناتج من الأسمدة الأخرى.
- فى زراعة الغابات والحزام الأخضر بالأشجار الخشبية تكون المشاكل الناتجة من الحمأة أقل من استخدامها فى زراعة المحاصيل الغذائية.

مثال لحالة دراسة :

- ١. كانت الحمأة تستخدم مرة واحدة فى السنة – وكانت الحمأة الابتدائية والثانوية يتم خلطها قبل أكسدتها فى هاضمات لاهوائية – وكانت خصائص الحمأة بعد الهضم كالتالى:
  - PH = ٧,٣
  - المواد الصلبة الكلية = ٢,٥ ٪
  - النتروجين الكلى N = ١٠,٣ ٪
  - أمونيا $N - NH_3$ ٥,٩ ٪ عالية نسبيا بسبب مخلفات صناعية
  - فسفور P = ٢ ٪
  - بوتاسيوم K = ٠,٩٦ ٪
  - زنك = ٩٨٠ مجم / كجم
  - النحاس = ٤٧٠ مجم / كجم
  - النيكل = ٤٣ مجم / كجم
  - الكادميوم = ٧ مجم / كجم
  - الحديد = ٢١٠٠٠ مجم / كجم
  - الرصاص = ٢٣٠ مجم / كجم
  - الباريوم = ٧٢٠ مجم / كجم
  - الكروم = ٦٠ مجم / كجم
  - الماغنسيوم = ٢٠٠ مجم / كجم

- الكالسيوم = ١٢٠٠٠ مجم /كجم
- الصوديوم = ٣٠٠٠ مجم /كجم
- الزرنيخ = أقل من واحد مجم /كجم
- الكوبالت CO = ٨ مجم /كجم

وتم حساب كمية الحمأة حسب احتياج النبات من النتروجين وكانت فى المتوسط = ١,٥ طن كوزن جاف للفدان سنويا بحيث كانت كمية النتروجين فى حدود (٣٦-١٠٧) كجم/فدان/سنة. لزراعات الحبوب والأعلاف والحشائش والمراعى، والبذور وشجر البندق والمحاصيل الشجرية الأخرى – وعموما يتم اختيار مواعيد استخدام الحمأة حسب ظروف الطقس والأمطار ومواعيد زراعة المحاصيل، والأفضل بعد انتهاء موسم الأمطار مباشرة.

وتعتمد المدة التى يمكن فيها استخدام الحمأة على تراكم المعادن الثقيلة المسموح بها بحيث يمكن أن تزيد هذه المدة عن عشرون عاما إذا كانت تركيزات المعادن صغيرة.

الملاحـق

$١٠^{١٨}$	= إكسا Exa
$١٠^{١٥}$	= بيتا Peta
$١٠^{١٢}$	= تيرا tera
$١٠^{٩}$	= جبجا giga
$١٠^{٦}$	= ميجا mega
$١٠^{٣}$	= كيلو kilo
$١٠^{٢}$	= هيكتو hecto
١٠	= ديكا deka
$١٠^{-١}$	= ديسى deci
$١٠^{-٢}$	= سنتى centi
$١٠^{-٣}$	= مللى milli
$١٠^{-٦}$	= ميكرو micro
$١٠^{-٩}$	= نانو nano
$١٠^{-١٢}$	= بيكو pico
$١٠^{-١٥}$	= فيمتو fento
$١٠^{-١٨}$	= أتو atto
١ كيلو متر	= ٠,٦٢٤١ ميل
١ ميل	= ١,٦٠٩ كيلو متر
١ متر	= ٣,٢٨١ قدم، ١,٠٩٤ ياردة
١ قدم	= ٠,٣٠٤٨ متر

١ ياردة	= ٠,٩١٤٤ متر
١ م^{٢}	= ١٠,٧٦ قدم مربع
١ هكتار	= ١٠٠٠٠ متر مربع
	= ٢,٤٧١ فدان
١ قدم مربع	= ٠,٠٩٣ م^{٢}
١ فدان	= ٤٠٤٦,٩ م^{٢}
	= ٠,٤٠٥ هكتار
١ م^{٣}	= ٣٥,٣١ قدم مكعب
١ قدم مكعب	= ٠,٠٢٨٣ م^{٣}
جالون إنجليزى	= ٤,٥٤٦ لتر
جالون أمريكى	= ٣,٧٨٥ لتر
١ نيوتن N	= ٠,٢٢٤٨ رطل
١ رطل	= ٤,٤٤٨ نيوتن N
١ طن	= ٩,٨١ كيلو نيوتن
١ كيلو جرام	= ٢,٢٠٥ رطل، ٩,٨١ نيوتن
١ رطل	= ٠,٤٥٤ كيلو جرام
١ كيلو جرام / م^{٢}	= ٠,٢٠٥ رطل / قدم مربع
١ كيلو جرام / م^{٣}	= ٠,٠٦٢٤ رطل / قدم مكعب
رطل / قدم مربع	= ٤,٨٨٢ كيلو جرام / م^{٢}
رطل / قدم مكعب	= ١٦,٠١٩ كيلو جرام / م^{٣}
١ ضغط جوى	= ١٤,٧ رطل / بوصة مربعة
١ كجم / سم^{٢}	= ١٤,٢٢٣ رطل / بوصة مربعة
١ N / مم^{٢}	= ١٤٥,٠٣٨ رطل / بوصة مربعة

١ رطل / بوصة مربعة	= ٠,٠٧٠٣ كجم / سم^{٢}
	= ٠,٠٠٦٩٥ N / مم^{٢}
١ N (نيوتن) / مم^{٢}	= ١٠,١٩٨كجم / سم^{٢}
١ م^{٣} / ثانية	= ٣٥,٣١ قدم مكعب / ثانية
	= ١٩ مليون جالون / يوم
١ قدم مكعب / ثانية	= ٠,٠٢٨٣ م^{٣} / ثانية
١ مليون جالون فى اليوم	= ٠,٠٥٢٦٢م^{٣} / ثانية
١ مم مياه أمطار /كم^{٢}	= ١٠٠٠ م^{٣}
١ درجة مئوية	= ١,٨ درجة فهرنهيت
١ درجة فهرنهيت	= ٠,٥٥ درجة مئوية
درجة مئوية	= ٩\٥ (درجة فهرنهيت – ٣٢)
درجة فهرنهيت	= (درجة مئوية × ٩\٥) + ٣٢
BTU	= ٠,٠٠٠٢٩٣ كيلوات ساعة (KW – hr)
	= ١,٠٦ كيلو جول (KJ)
	= ٢٥٢ كالورى
كالورى	= ٤,٢ جول
	= ٠,٠٠٣٩٧ BTU
جول	= ٠,٢٣٩ كالورى
	= ٠,٧٣٧ قدم – رطل
	= ٠,٠٠٠٢٧٨ وات – ساعة (W-hr.)
	= ٠,٠٠٠٩٤٨ BTU
كيلوات ساعة	= ٣,٦٠ ميجا جول
	= ٣٤١٢ BTU

وات	= ٣,٤ BTU/hr
كيلو باسكال	= ٠,٠٠٩٨٧ ضغط جوى
	= ٠,١٤٥ رطل / بوصة مربعة
١ متر ضغط	= ٩,٨ كيلو باسكال
= 0.2931 W	1 BTU / h
= 1055.1 W	1 BTU / s
= 3.1525 W / m^2	1 BTU / (h. Ft^2)
طاقة الفرد البشرى	= ٨٠ وات
طاقة الحمار	= ١٨٠ وات
طاقة البغل	= ٣٧٠ وات
طاقة الثور	= ٥٠٠ وات
طاقة الحصان	= ٧٥٠ وات
١ حصان HP	= ٧٤٥,٧ وات
	= ٠,٧٤٦ كيلو وات
١ كيلو وات	= ١,٣٤١ حصان

المراجـع

١. د. محمد صادق العدوى – "مبادىء فى هندسة الصرف الصحى" ١٩٨٠.
٢. د. محمد صادق العدوى – "التركيبات الصحية للهندسة المدنية والهندسة المعمارية" ١٩٨٩.
٣. د. محمد صادق العدوى – "معدلات الأمطار بمدينة الإسكندرية وعلاقتها بتصميم شبكات الصرف الصحى" ١٩٨٠.
٤. د. محمد على عبد الله – التلوث البيئى والهندسة الوراثية – ١٩٩٨.
٥. عبد المنصف محمود – على ضفاف بحيرات مصر – ١٩٦٧.
٦. د. محمد صادق العدوى – هندسة الإمداد بالمياه – (هندسة صحية ١) ١٩٩٠.
٧. د. محمد صادق العدوى – هندسة الصرف الصحى – (هندسة صحية ٢) ١٩٩٠.
٨. د. محمد صادق العدوى – علوم البيئة – مذكرات شخصية – ١٩٩٨.
٩. بيار عطا الله – (النفايات السامة فى بلاد الأرز) .. القصة الكاملة – دار النهار – بيروت ١٩٩٨.
١٠. د. محمد صادق العدوى – قضية مجارى الإسكندرية – جريمة العصر – ٢٠٠٣.

11. Snell, M. J., "Decision Aids For Planning In The Real World". – JIWEM, 1994, 8, August.
12. Process design manual for Land Treatment of Municipal Wastewater U. S. Army Corps of Eng. U. S. E. P. A. EPA 625/1 – 77 – 008 (COE EM 1110 – 1 – 501)
13. Initial Environmental Impact Statement – Vol. II Alexandria Wastewater Master Plan Study – June 22, 1979. – CDM.
14. Eng. Samia M. S. Dardir, "Env. Study on Qarun lake as a closed final disposal basin" – M. Sc. Thesis – Apr. 2000.
15. Guidelines for Drinking Water Quality – vol. 1, 2, 3. WHO – 1985.
16. Water Supply & sewerage – Terence – 1991.
17. Waste Stabilization Ponds – WHO – 1987.
18. Guide to Environmental Analytical Methods – Robert – 1998
19. Technology of water and wastewater, systems – Edward – 1991.
20. Introduction to the economics of water resources – stephen – 1997.
21. Henze, - Wastewater treatment, 1996.
22. Paul, - Wast treatment and disposal. 1998.
23. Mara, - Design manual for waste stab. Ponds – 1998.
24. International Private sewage disposal code – 1995.

25. Cliff, - Theory and Practice of water and wastewater treatment. 1997.
26. Joha, - sewage & industrial Effluent treatment, 2000.
27. Charles,. "Biomass Conversion" – 1996.
28. Liverpool Univ. study, "Alexandria wastewater disposal" – 1985
29. Bernard, "Env. Science" – 1998.
30. Paul, "Env. Impact Ass". – 1994.
31. Sharma, "Dictionary of pollution". 1994.
32. Michael, - "Hazardous waste management", - 1994.
33. Glynn, - Env. Science & Eng." 1996.
34. Duggal, - Elements of Env. Eng. – 1998.
35. World Bank, - Rural Energy, - 1996.
36. Karkainem, - Energy storage systems in developing countries. – 1988.
37. Richard, - Managing the Env., Managing ourselves – 1999.
38. Martin, - Greenhouse gase – CO2 mitigation – 1999.
39. Eckenfelder, - Industrial water pollution control. – 1989.
40. Env. Federation, - wastewater collection – 1994.
41. Pizarro, D.R., "Alternative sludge handling and disposal" JWPCF, Apr. 1985.
42. Schwart, M., & Others; "Models For water re-use, and wastewater planning" Journal of Environmental Eng." Oct. 1983.
43. Forster, D.L., - Feature – "Social Institutions Influencing Land Application of Wastewater and Sludge," – JWPCF May. 1984.
44. Munksgaard, D.G., and others, "Flow and load Variations at wastewater treatments JWPCF, August 1980.
45. Mckinney, R.E "Evaluation of Two Aerated Lagoons" J. SED., ASCE, Dec. 1965.
46. Ellis, K.V, "Stabilization Ponds – Effects of Climate, Design criterria Land Requirements", 1980.
47. Hess, M.L "Pond Construction, Lining and other Construction Detaials". 1980.
48. Ping – Wha Lim, "Algae in Wastewater Treatment and Upgrading of Stabilization Ponds Effluent" 1980.
49. Tariq, N., and Ahmed, K., Ecology of Waste stabilization Ponds" 1980.
50. Siddiqi, R.H., Design and Operation of Low cost Waste Treatment in India". 1973.
51. Ansary, M.Y., "stabilization Ponds" 1970.

52. Kharkar, C.B., and Other, Review of Performance of stabilization Ponds at Bhilai" 1969.
53. Raman, A. and other, "studies on Facultative Sewage Lagoons At Kodungaiyur, Madras", 1969.
54. Siddiqi, R.H., and Sehgal, J.R. Some observations on operation of facultative stabilization Pond; 1969.
55. Arcivala, S.J., and others, "Design and Construction of Aerated Lagoons in India" 1969.
56. Arceivala, S.J. "Simple Waste Treatment Methods" 1973.
57. Arceivala, S.J. and others, "Waste stabilization Ponds" – 1970.
58. Gloyna, E,F., "Waste Stabilization Ponds" 1971.
59. Mara, D., Sewage Treatment in Hot Climates. 1978.
60. Feachem, R, and other, Water Wastes and Health in Hot Climates 1978.
61. Popel, F.W., "Assignment Report to the Minstry of Housing"- 1964.
62. El Adawy, M.S., Sludge Wasting control in EAASP, bulliten of the Faculty of Eng. Vol. 13, 1974.
63. Schroder, E.D "water and wastewater Treatment". 1977.
64. Sen, R,N., "Water supply and sewerage" 1981.
65. National Environment Researh Coucil (1975) Flood Studies Report.
66. Road Research Laboratory (1963), a guide for enginneers to the design of storm sewer systems. Road note No. 35.
67. Transport and road research laboratory (1976), a guide for engineers to the design of storm sewer systems. Road note No. 35.
68. Helliwell, P.R. "Urban storm drainage" proceedings of the intermotional conference held at the university of southampton, April 1978.
69. Culb, R.L. & others, "Advanced wastewater treatment" 1978.
70. Morales, L. "Full scale evaluation of aerated grit chambers" – JWPCF. April, 1984.
71. Parker, D.S., "Assessment of secondary clarification design concepts" JWPCF, April 1983.
72. Stukenberg, J.R., "Activated sludge clarifier design improvements" JWPCF, April 1983.
73. Mahida, U.N., "Water Pollution and disposal of wastewater on land" 1981.
74. Hershkovitz, S.Z., "Utilization of sewage for Agricultural Purposes". J. Water & sewerage works, May 1967.

75. Ellis K.V., Stabilization Ponds – water Quality preliminary Treatment and pre – Treatment. 1980.
76. Hess, M.L., “Construction, operation and Maintenance” Costs,”. 1980
77. IDRC – 167e. “Rural Water Supply in Developing Countries” 1980.
78. Barnes, D., and Others, “Water and Waste Water Engineering systems” 1981.
79. Eckenfelder, Jr, W.W., “Principles of water Quality Management” 1980.
80. Escritt, L.B., “Sewerage and Sewage Disposal”. 1965.
81. Clark, R.M., “Cost studies for Renovated Wastewater.” JWPCF, April, 1978.
82. Gilbert, W.G., “Relation of Operation and Maintenance To Treatment Plant Efficiency.” – JWPCF, July, 1976.
83. Hegg, B.A., “Evaluation of Operation and Maintenance Factors Limting Municipal Wastewater Treatment Plant performance” – JWPCF – March 1978.
84. Roop, R.D., “Biomonitoring for Toxics Control” JWPCF, April 1985.
85. Flynn, K.C., “Secondary Treatment: Regulatory Reality” JWPCF, March 1984.
86. Healy, K.A., “Site Evaluation and Design of Seepage Fields.” JEED, Oct. 1974.
87. Williamson, K.J., “Settling Rate of Algae from Wastewater Lagoons” JEED, April, 1979.
88. Young, C.E. “Land Treatment Versus Conventional Advanced Treatment of Municipal Wastewater.” JWPCF Nov, 1975.
89. Grace R.A. “Sea Outfalls – a Review of Failure, Damage and impairment Mechanisms.” Proc. Instr. Civ. Eng. Feb. 1985.
90. Brisou, J., “An environmental Sanitation plan for the mediterranean Seaboard” – WHO – Geneva – 76.
91. Cleaning Up The Med. – Newsweek, Sep, 3 – 1979.
92. Dalpra, C., “Mediterranean Cleanup – Nations Join Forces” – JWPCF, Feb. 1981.
93. “Toning Down The Mediterranean Blues Science and Technology” – J, The Economist, June, 11 – 1983.
94. Borrego, J.J., “Study Of Microbial Inactivation In The Marine Environment”, JWPCF, March 1983.
95. Abdel – Ghaffar, A.S., El. Attar, H.A.: & El – Sokkary, I.H., “Egyptian Experience In The Treatment and Use Of Sewage and Sluge in Agriculture.” Fao Regional Seminar on The Treatment and Use Of Sewage Eff. For Irrigation” – Cyprus, 1985.

96. Bouwer, H., “Ground Water Recharge Design For Renovating Wastewarer.” – JSED – ASCE, Feb, 1970.
97. Demirjian, Y.A., & others., “Land Treatment of Contaminated Sludge With Wastewater Irrigation.” JWPCF – Apr. 1984.
98. EPA, Tech. Report, “Land Application of Wastewater Australia” – 1975.
99. UNEP, Report about Alexandria Wastewater Project” Feb 1984.
100. Mara, D., “Waste Stabilization Ponds: The Production Of High Quality Effluents for Crop Irrigation” – Fao Regional Seminar On The Treatment and Use Of Sewage Effluent For Irrigation.” Oct. 1985.
101. Shende, G.B. “Status of Wastewater Treatment and Agricultural Re Use”., FAO Regional Seminar On The Treatment and Use Of Sewage Effluent For Irrigation”. Oct. 1985.
102. Bishop, B., “Water Reuse Systems Analysis” JSED – ASCE, Feb. 1971.
103. Overcash, M.R., “Overland Flow Pretreatment Of Poultry Manure” – JEED – ASCE, Apr. 1978.
104. Bowles, D.S., “Coliform Decay Rates In Waste Stabilization Ponds.” JWPCF, Jan. 1979.
105. Vasconcelos, G,J., “Microbiological Quality of Recreational Waters In The Pacific Northwest” JWPCF, May 1985.
106. Hovsenius, G., “Composting and Use of Composr In Sweden” JWPCF, Apr. 1975.
107. General Accounting Office (GAO) Survey Finds Extensive Treatment Plant Noncompliance. Report (14 – 11 – 1980) – JWPCF – Feb. 1981.
108. Whipple, W. “Instream Aerators For Polluted Rivers.” SED., ASCE, Oct. 1970.
109. Murphy K.L., “Characterization Of Mixing In Aerated Lagoons.” SED – JASCE, Oct. 1974.
110. Smith, R. “Cost of Conventional and Advanced Treatment Of Wastewater.” JWPCF, Sept. 1968.
111. Eckenfeldler, W.W., “Comparative Biological Waste Treatment Design”. JSED, ASCE. – Dec. 1967.
112. Case,. F.E., “Economics of Water Quality and Wastewater Control”. JSED – ASCE – Apr. 1972.
113. Stephen, C. Ko., “Cost – Effectiveness Analysis of Wastewater Reuse”. JSED – ASCE – Dec. 1972.

114. Tihansky, D.P., “Historical Development of Water Pollution Control Cost Functions.” JWPCF – May 1974.
115. Suffern, J.S., “Trace Metal Concentrations In Oxidation Ponds”. JWPCF, Nov. 1981.
116. Reed, S.C., “Nitrogen Removal In Wastewater Stabilization ponds” – JWPCF, Jan. 1985.
117. Weber, A.S., “Amonia Conversion in Water Hyacinth Treatment systems”. JWPCF, April 1985.
118. Washngtion Notebook – JWPCF, Jan. 1984 – P. 21 A.
119. Monitor – JWPCF – Mar. 1984.
120. Mangelson, K.A., “Treatment Efficiency of Waste Stabilization Ponds” JASCE, Apr. 1972.
121. Davis, E.M., “Bacterial Dieoff In Ponds” JASCE, Feb. 1972.
122. Arthur, J.P., “Design, and Operation Of Waste Stabilization Ponds In Warm Climates Of Developing Countries”. 1983.
123. El – Arabawy, I.F., “Generation Of Electricity From Wind Energy In North Coast.” PH. D. Thesis Supervision Faom 1984 – Faculty of Eng – Alex.
124. Stutz – Mc Donald, S.E., “Setting Rates of Algae from Wastewater Lagoons” JASCE: April 1979.
125. Logan, J.A., & Others, “An Analysis Of The Economics of Wastewater Treatment”. JWPCF, Sep. 1962.
126. Mulbarger, M.C., “Pipeline Friction Loss For Wastewater Sludges.” JWPCF, August 1981.
127. Okun, D.A., & Ponghis, G., “Community Wastewater Collection and Disposal” WHO, Geneva – 1975.
128. Ya. S.L., “Aerator Performance In Natural Streams”. SED. JASCE. – Oct. 1970.
129. Benjes. H.H., “Specifying & Evaluating Aeration Equipment” J. SED. ASCE., Dec. 1967.
130. Whipple. W., “Aeration Systems For large navigable rivers” JSED – ASCE. – Dec. 1971.
131. Siddiqi. R.H., “Evaluation of Some Stabilization Ponds In India” JAED – ASCE., Feb. 1971.
132. Pfeffer. J.T., “Extended Aeration” J. Water & Sewage Works – June. 1966.
133. Carter, K.B., “30/30 Hindsight: JWPCF, April 1984.

134. Jnkins; S.H., “Water Quality Mangement and Pollution Control Problems”. 1963.
135. Witherow, J.L. “Algae Removal By The Overland Flow Processes.” JWPCF, - Oct. 1983.
136. Bell,. C., & Others. “Land Application Of Wastewater; Water Rights Issues” JWRPM – ASCE, - Oct. 19983.
137. Smith, R.G. & Schroeder, E.D., “Physical Design of overland Flow Systems”. JWPCF Maecl. 1983.
138. Wang, H.K. “Sewage Irrigation in China” International Center For Technical Research, 1984.
139. El – Shenawy, M.E, (Incidence of isteria Monocytogenes In Seafood Enhanced by prolonged cold Enrichment.) JMRI, Alex., Vol. 16. No. 3 – 1995.
140. El – Shenawy, M.E., (Listeria in some Aquatic Environments in Alexandria, Egypt). IJ. Env. H.R. 1996.
141. A. Lackany, M.D., Department of Bacteriology, Faculty of Medicine, Alex. University, “Further study on Pollution of the coastal Waters of Alexandria”. Alex. Medical J., Vol. IX – No. 5 – 1963.
142. Brisou, J. – Public Health Papers – WHO – 1976 – “An Environmental Sanitation Plan for the Mediterranean Seaboard”.
143. Rudd, T., & Others,. “Comparison of Disinfection Techniques for sewage & sewage Effluents”. J. IWEM, 1989, 3. December.
144. Silvey, J.K.G. & Others, “Bacteriology of Chlorinated and unchlorinated Wastewater effluents”. JWPCF, Sept. 1974.
145. Gross, T.S.C., & others, “Disinfection of Sewage Effluents” – J. IWEM, Oct. 1993.
146. Eman, E.S., “synoptic surcwy on Bacterial Number in Eastern Harbour of Alexandria, Egypt”. ISA – 1997.
147. Pike, E.B., “Recreational Use of Coastal Waters: Development of Health – Related standards” JIWEM – Apr. 93.
148. Kubo, T., “Historical Factors and Recent Developments in Wastewater Treatment Management in Japan”.JIWEM, Oct. 91.
149. Miyakoshi, S., “The Wastewater Disposal system of the city of Yokohame, Japan, - J. IWEM, August, 1991.
150. Silver Birch – A voice in the wilderness”. 1973.
151. Water Quality International – Sept. 1997.

152. Protection of the Human Environmental water, Sanitation and Health Series, Who – Geneva No. 99.1.
153. El Adawy M. S., Personal Notes in water and Sewerage works – 2002.
154. Trevelhic,. Env. And Industrial Health Hazards – 1973.
155. Mihelcic J. R. Fundamental s of Environmental Eng. – 1999.
156. A. I. Ibrahim Abdel fattah – 'Wind Energy….." Alex. Eng. J. July 1997.
157. Aarne, Env. Pollution and Control – 1983.
158. Hammer, Water and Wastewater Technology – 2003.
159. Curds, Ecological Aspects of Used – Water Treatment – 1975.
160. Dickinson, D., and others, Treatment and Disposal of Wastes & Wastewater – 1974.
161. Imhoff, K. Sewage Treatment – 1956.
162. Suresh, K. Env. Eng. And Management – 2006.
163. Khitoliya, R. – Env. Pollution. – 2004.
164. Gerald, A. – Constructed Wetlands – 1993.