

المحتوى

مفهوم التلوث

| | |
|---|--|
| ٤ | المقدمة |
| ٤ | علم البيئة وصحة البيئة |
| ٥ | صحة البيئة |
| ٥ | درجات التلوث |
| ٥ | طبيعة وخواص مياه الصرف الصناعي |
| ٦ | مفاهيم ومصطلحات عامة لدراسة التلوث المائي |
| ٦ | الطلب الكيمائي الحيوي للأكسجين |
| ٦ | أسباب قصور اختبارات الأكسجين الحيوي الممتص |
| ٧ | الطلب الكيمائي للأكسجين |
| ٨ | المواد الصلبة المعلقة |
| ٨ | المواد الصلبة المنحلة |
| ٨ | المواد الصلبة الكلية |
| ٨ | المؤشرات القياسية المحددة لخواص مياه الصرف الصناعي |

تلوث الهواء

| | |
|----|-------------------------------------|
| ١٠ | تركيب الغلاف الجوي |
| ١٠ | تركيب الهواء |
| ١٠ | تلوث الهواء |
| ١١ | شوائب الهواء |
| ١١ | مصادر تلوث الهواء |
| ١١ | المصادر الطبيعية |
| ١١ | المصادر غير الطبيعية |
| ١١ | أثار تلوث الهواء |
| ١١ | ملوثات الهواء الخطرة |
| ١٢ | غاز أول أكسيد الكربون CO |
| ١٢ | غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 |
| ١٢ | غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S |
| ١٣ | ثاني أكسيد الكبريت SO_2 |
| ١٣ | ثالث أكسيد الكبريت SO_3 |
| ١٣ | غاز ثاني أكسيد الأوزون NO_2 |
| ١٣ | مركبات الكلورو فلورو كربون |
| ١٤ | الفحوم الهيدروجينية |
| ١٤ | الضباب الدخاني |
| ١٥ | بعض الشوائب والمعلقات |
| ١٥ | الكائنات الدقيقة أو الجراثيم |
| ١٥ | أضرار تلوث الهواء الداخلي |
| ١٦ | الأمطار الحمضية |
| ١٦ | الأوزون O_3 وتأثيره على البيئة |
| ١٧ | انتشار سرطان الجلد |
| ١٧ | التأثير الوراثي " تلف حمض $D.N.A$ " |
| ١٧ | حدوث المياه البيضاء في العين |
| ١٧ | اختلال جهاز المناعة عند الإنسان |
| ١٨ | أمراض أخرى |
| ١٨ | المحاصيل الزراعية |

| | |
|----|---|
| ١٨ | الثروة الحيوانية |
| ١٨ | الثروة السمكية |
| ١٨ | تغيير المناخ |
| | تلوث المياه |
| ١٩ | المقدمة |
| ١٩ | توفر وتوزيع الماء على الكرة الأرضية |
| ١٩ | محتوى المياه الصالحة للشرب من الشوارد المعدنية |
| ١٩ | مصادر تلوث المياه |
| ٢٠ | التلوث الطبيعي |
| ٢٠ | التلوث الحراري |
| ٢١ | مراحل معالجة المياه العادمة |
| ٢١ | التحلل الهوائي للسكر |
| ٢١ | التحلل الهوائي للبروتينات |
| ٢١ | النتيجة |
| ٢١ | تصنيف ملوثات الماء |
| ٢١ | الفضلات المستهلكة للأكسجين |
| ٢١ | العوامل الممرضة |
| ٢١ | المركبات العضوية التركيبية |
| ٢٢ | الأسمدة أو مغذيات النبات |
| ٢٢ | الكيمويات اللاعضوية والمركبات المعدنية |
| ٢٢ | الرواسب |
| ٢٢ | المواد المشعة |
| ٢٢ | التفريغ الحراري |
| ٢٢ | أضرار تلوث الماء كيميائياً على صحة الإنسان |
| ٢٢ | الحديد والمغنيزيوم |
| ٢٢ | المركبات العضوية |
| ٢٢ | الهالوجينات |
| | تقنيات معالجة المياه العادمة في المصانع |
| ٢٣ | المعالجة الأولية |
| ٢٣ | حوض التصفية الرملي |
| ٢٣ | حوض الترسيب الأولي |
| ٢٣ | المعالجة الأولية |
| ٢٤ | الكلس الحي |
| ٢٤ | كبريتات الألمنيوم " الشبة |
| ٢٤ | أملاح كلور الحديد أو كبريتات الحديدي |
| ٢٤ | البوليميرات الموجبة والسالبة |
| ٢٥ | المعالجة الحيوية |
| ٢٦ | المرشحات الحيوية |
| ٢٦ | الأقراص الحيوية الدوارة |
| ٢٦ | الحمأة المنشطة |
| ٢٧ | التهوية المطولة |
| ٢٨ | أحواض الأكسدة |
| ٢٨ | بحيرات الأكسدة |
| ٣٠ | البحيرات المهواة وميزاتها |
| ٣٠ | الأبراج الحيوية |
| ٣١ | المعالجة بطريقة الفيلم الحيوي الثابت |
| ٣١ | المفاعلات الحيوية البرجية ذات الفلم الثابت على حوامل متحركة |
| ٣٢ | طريقة الأرض الرطبة |
| ٣٢ | التعقيم |
| ٣٢ | المعالجة المتقدمة |

| | |
|----|---|
| ٣٢ | الامتصاص بالفحم النشط |
| ٣٢ | التبادل الشاردي |
| ٣٢ | التناضح العكسي |
| ٣٣ | المؤكسدات |
| ٣٣ | المُرجعات |
| ٣٤ | معالجة المياه الصناعية بطريقة التناضح العكسي |
| | وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٦ | مقدمة |
| ٣٦ | وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٦ | المخلفات العضوية المنتجة لوحدة الغاز الحيوي |
| ٣٧ | مكونات وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٧ | حجم وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٧ | حجم المخمر |
| ٣٧ | حجم اللقيم اليومي |
| ٣٧ | زمن التخمر |
| ٣٨ | هدف إنشاء وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٨ | خطوات انشاء وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٩ | تشغيل وحدة الغاز الحيوي |
| ٣٩ | وحدة الغاز الحيوي كمصدر للطاقة |
| ٣٩ | سماد وحدة الغاز الحيوي |
| ٤٠ | معدلات إضافة سماد وحدة الغاز الحيوي للمحاصيل المختلفة |
| ٤٠ | عوامل الأمان بوحدات الغاز الحيوي |
| | تقليل الحمأة في محطات معالجة مياه الصرف |
| ٤١ | مقدمة |
| ٤٢ | الحمأة المنشطة التهوية المديدة |
| ٤٢ | طرق في تقليل الحمأة المنشطة |
| | الصباغة وتلوث المياه " ١ " |
| ٤٤ | المقدمة |
| ٤٤ | محتوى المياه العادمة الخارجة من المصانع |
| ٤٦ | الأصبغة |
| ٤٦ | تصنيف الأصبغة كيميائياً |
| ٤٧ | التصنيف التطبيقي للأصبغة |
| ٤٨ | قابلية التحلل الحيوي للمركبات العضوية |
| ٤٩ | مبدأ معالجة مياه الصرف الصناعية |
| ٥٠ | التصفية |
| ٥٠ | الترسيب بالمكثلات |
| ٥٠ | المعالجة الكيماوية الحيوية |
| ٥١ | مواصفات الماء الصالحة للاستخدام في العمليات الصباغية |
| ٥١ | الصباغة وتلوث المياه ٢ |
| ٥٤ | محطة معالجة التلوث في شركة جيدا GIDA الإيطالية |

١- المقدمة: بدأ البشر بتلويث البيئة عن قصد أو غير قصد، فبدأوا بتلويث الطبيعة بشكل محدود لا يتعدى محيطهم الذي يعيشون فيه منذ أن عرفوا النار واستخدموها لأغراضهم، وبدأ خطر التلوث البيئي على صحة الإنسان وحياته مع التطور الصناعي والمدنية. وبدأ الانتباه حوالي ١٩٦٠ لظاهرة تلوث البيئة يأخذ طريقاً جدياً، لظهور مؤشرات على بدء تلوث البيئة ما يهدد جميع الكائنات على سطح الكرة الأرضية.

ويختلف علماء البيئة والمناخ في تعريف دقيق ومحدد للمفهوم العلمي للتلوث البيئي، وأياً كان التعريف فهو يرتبط بالدرجة الأولى بمبادئ وقوانين صداقة البيئة، وبالتالي فإن أي تغير في كم أو نوعية بعض مكونات البيئة يعني تلوثاً بيئياً بصورة أو بأخرى، ونفهم من هذا أن التلوث البيئي يمس واحدة من الحالتين التاليتين:

١. تشكل عنصر جديد خطر صحياً.

٢. ارتفاع أو انخفاض عنصر صديق للبيئة كأن يرتفع وبصورة ملموسة تركيز غاز الأوكسجين أو الأوزون في الغلاف الجوي المحيط بالأرض، والذي قد يؤدي لانقلاب في توازن الحليتين الحيوانية والنباتية على سطح المعمورة.

٢- علم البيئة وصحة البيئة: ينبغي حتى نتمكن من فهم تلوث البيئة وماذا تعني مشاكل تلوث البيئة أن نلق نظرة على علم البيئة *Ecology* الذي يدرس الكائنات الحية وعلاقتها بالبيئة المحيطة بها، وهو علم قديم ولكنه لم يظهر للعيان إلا في القرن التاسع عشر وفي النصف الأخير من القرن العشرين لتطوره السريع.

ويهتم علم البيئة بالعلاقة المعقدة بين الحياة واللاحيات، أما مصطلح الغلاف الجوي *Biosphere* فيشير للعالم الحي ويتكون من عدة أنظمة بيئية، ويوفر النظام البيئي الظروف المناسبة لحياة النباتات والحيوانات، ويجدد العناصر اللازمة لإبقائهم أحياء لتأمين التوازن البيئي، وعلى هذا الأساس تتكون دورة الحياة من أربعة عناصر.

١-١- ضوء الشمس، الماء، الأوكسجين، ثاني أكسيد الكربون والمركبات العضوية وبعض المركبات الغذائية غير الحية التي تحتاجها النباتات للنمو.

١-٢- النباتات البرية أو المائية والتي تحول ثاني أكسيد الكربون والماء بعملية التمثيل الضوئي للفحوم الهيدروجينية التي تحتاجها النباتات نفسها أو الكائنات الحية الأخرى في النظام البيئي وعليه فإن النبات كائن منتج.

١-٣- المستهلك الذي يتغذى على النبات مثل الحيوانات أكلة الأعشاب والتي تعتبر مستهلك أولي للنباتات كونها تتغذى عليها بصفة رئيسية، ثم أكلة اللحوم والتي تعتبر مستهلك ثانوي لأنها تأكل الحيوانات أكلة الأعشاب.

١-٤- كائنات التحلل الحية مثل البكتيريا والفطريات والحشرات التي تقوم بتحليل المنتجات الميتة لعناصرها الكيميائية وتعيدها للنظام البيئي ليتم إعادة استخدامها ثانية.

يتكون النظام البيئي من دورة حياة تتحول فيها فضلات الحيوانات إلى غذاء للتربة والبكتيريا، والبكتيريا تنتج مواد غذائية للنبات والحيوانات التي تستهلك النباتات.

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأنظمة البيئية تتكون من دورة حياة معقدة ومتفرعة تعيقها حياتنا المدنية بسبب ما يعرف بصناعة الإنسان للمواد السامة التي يلقيها في دورة الحياة، والتي تسبب تلوث البيئة وتسممها ويرتد أثرها الضار عليه، مثل استخراج واستخدام النفط مخلفاً غازات كيميائية سامة أو ملوثة وهو ما يعرف بتلوث الهواء، ويعتقد أن من أهم أسباب التلوث البيئي:

١. المبالغة في استخدام المنتجات والتقنيات التي تولد تلوثاً كبيراً.

٢. سوء استخدام الموارد.

٣. زيادة معدلات النمو السكاني.

٣- صحة البيئة: عُرِفَت علاقة الصحة بالبيئة منذ زمن، عندما ربط الإنسان بين انتشار الأمراض والبيئة، فاكتشفت البكتريا المسببة لأمراض معدية في القرن السابع عشر ما قاد لتفعيل صحة البيئة للحد من انتشار بعض الأمراض، ووضعت برامج المحافظة على البيئة النظيفة والصحية لتأمين مياه شرب نقية وشبكات صرف الصحي، أو بستره الحليب واللبن، وتحضير المواد الغذائية تحت الرقابة الصحية. وأصبحت المواد الكيميائية المنتشرة والمستخدمة اليوم والتي يزيد عددها عن مليوني مادة تبعاً للتطور الحضاري مصدراً خطيراً لتلوث البيئة، وبخاصة أننا لا نملك المعرفة الدقيقة والكاملة عن مدى أضرارها على البيئة والصحة.

وتم رصد الكثير من الكيماويات وأضرارها في قوائم خاصة ليصار لتعميمها، مثل أمراض الرئة الناجمة عن تلوث الهواء، أمراض القلب وعلاقتها بأول أكسيد الكربون، والكثير من الكيماويات التي يُحتمل علاقتها بالسرطان، كالعلاقة بين نوع من سرطان الرئة وغبار الاسبتوس، وسرطان الكبد الناجم عن بلمرة فينيل كلورايد إلى بولي فينيل كلورايد.

وقد وضع ما يقارب الألف مادة كعوامل مسببة للسرطان عند الحيوانات، ومائتين فقط مسببة للسرطان عند الإنسان.

٤- درجات التلوث: ويصنف العلماء التلوث بدرجات ثلاث: مقبول - خطر - مدمر:

أ- التلوث المقبول: لا تكاد تخلو منطقة ما من مناطق الكرة الأرضية من هذه الدرجة من التلوث، إذ لا نجد بقعة من سطح الكرة الأرضية إلا على درجة ما من درجات التلوث بسبب سهولة انتقال التلوث الهوائي بفعل الرياح أو الأمطار من بقعة إلى أخرى، بكل ما تحمله هذه الرياح والأمطار من غازات وأبخرة قد تسبب الأمطار الحامضية مثلاً كما هي حال الكثير من الغابات والمنتجعات السياحية البعيدة عن المناطق الصناعية في أوربة، والتي اختفت فيها بعض الغابات والبحيرات بما فيها من حياة برية ومائية.

ب- التلوث الخطر: تعاني أكثر الدول الصناعية من التلوث الخطر الناتج بالدرجة الأولى من نشاطها الصناعي وبالتالي استهلاكها الكبير للفحم والنفط كمصدر للطاقة، وتعتبر هذه المرحلة مرحلة متقدمة من مراحل التلوث، إذ تتعدى كمية ونوعية الملوثات الحدود الحرجة لصدقة البيئة بما يؤدي لتأثير سلبي على عناصر البيئة البشرية والطبيعية من حيوانية ونباتية، وتتطلب هذه المرحلة تطبيق تقنيات خاصة كإنشاء وحدات معالجة كفيلة بخفض معدلات التلوث وصولاً للحدود المسموحة عالمياً.

ج- التلوث المدمر: يمثل التلوث المدمر المرحلة التي تنهار فيها البيئة الآمنة للحياة، وتصبح معها غير قادرة على العطاء بسبب اختلاف التوازن البيئي لحدود كبيرة جداً، كما هي حالات تداول تجارب الأسلحة النووية أو التلوث الناشئ عن تشغيل المفاعلات النووية بإجراءات أمان مهترئة...

لذلك نجد أنه يتبع علم التلوث مجموعة علوم أخرى تتفرع عنه أو علوم مستقلة تغذيه وبحيث ترتبط مجموعة العلوم التالية على الشكل المبين في الجدول التالي:

| العلوم المتفرعة عن علم التلوث | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------|
| التربة | المواد السامة | المياه | الغلاف الجوي | الأحياء الدقيقة | النفائات المنزلية | النفائات الخطرة | البيئة |
| الصحة المهنية | التقنية الحيوية | | | | | | |

٥- طبيعة وخواص مياه الصرف الصناعي: تفضل الشركات الصناعية التخلص من مخلفاتها الصناعية السائلة بصرفها مباشرة في المجاري العامة، لذلك لا تسمح الحكومات بصرف أية مياه صناعية على شبكات مجاري الصرف الصحي قبل الكشف عن تركيبها وخواصها، وإمكانية الشبكات على استيعابها وتأثير هذه المياه على تركيب مياه الشبكة.

وتعتمد الحكومات عادة لوضع جداول بتركيبيات المياه المسموح بصرفها في الشبكات، وتتضمن هذه الجداول قيم الاحتياج الحيوي الكيميائي BOD لمياه الصرف ومحتواها من مختلف الشوارد الراسبة والمنحلة كما يبين الجدول ١:

الجدول ١

| القيم المثالية لأحمال الأكسجين الحيوي الممتص والمواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصحي والصناعي | | |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|
| مصدر المخلفات | الأكسجين الحيوي الممتص: ملغ/ل " BOD " | المواد الصلبة العالقة ملغ/ل " TSS " |
| الصرف الصحي | ٠,٠٢٥ (كجم/يوم/شخص) | ٠,٠٢٢ (كجم/يوم/شخص) |
| صناعة الغزل والنسيج | ٣١٤-٣٠ | ١٩٦١٣,٤-٥٥ |
| صناعة الألبان | ٥,٣ | ٢,٢ |
| صناعة النشاء والجلوكوز | ١٣,٤ | ٩,٧ |
| صناعة الخميرة | ١٢٥ | ١٨,٧ |
| صناعة حفظ وتعليب الفواكه والخضراوات | ١٢,٥ | ٤,٣ |
| صناعة الورق ولب الورق | ١٣٠-٤ | ٢٦-١١,٥ |
| صناعة المشروبات | ٢٢٠-٢,٥ | ٢٥٧-١,٣ |
| صناعة دباغة الجلود | ٨٦-٤٨ | ١٥٥-٨٥ |

كما نرى في الجدول ٢ مقارنة بين القيم المختلفة للتركيز:

الجدول ٢

| القيم المثالية للتركيزات المختلفة لمياه الصرف الصحي والصناعي | | | | | | |
|--|---------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| مصدر المخلفات | الحموضة pH | المواد الصلبة العالقة ملغ/ل | الأكسجين الحيوي المتص: BOD | الأكسجين الكيميائي المستهلك: COD | المواد المنحلة الكليّة: TSS | زيوت وشحوم ملغ/ل |
| الصرف الصحي | ٧ | ٢٢٠ | ٢٥٠ | ٥٠٠ | ٥٠٠ | - |
| صناعة الغزل والنسيج | ٦,٥ | ١,٨٠٠ | ٨٤٠ | ١,٥٠٠ | ١٧,٠٠٠ | ١٥٥ |
| صناعة الألبان | ٤ | ١٢,١٥٠ | ١٤,٠٠٠ | ٢١,١٠٠ | ١٩,٠٠٠ | ٣٢٠ |
| صناعة الخميرة | ٥,٣ | ٥٤٠ | ٢,١٠٠ | ٣,٤٠٠ | ٣,٥٠٠ | ٩ |
| حفظ وتعليب الفواكه والخضراوات | ٥,٥ | ٢,٢٠٠ | ٨٠٠ | ١,٤٠٠ | ١,٢٧٠ | ٩٤ |
| صناعة الورق ولب الورق | ٨ | ١,٦٤٠ | ٣٦٠ | ٢,٣٠٠ | ١,٩٨٠ | - |
| صناعة المشروبات | ٩ | ٧٦٠ | ٦٢٠ | ١,١٥٠ | ١,٢٩٠ | - |
| صناعة دباغة الجلود | ١٠ | ٢,٦٠٠ | ٢,٣٧٠ | ٤,٩٥٠ | ٨,٥٠٠ | ١١٥ |

كما يبين الجدول ٣ أهم الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصناعي، وغالبا ما تهتم المعالجة الثانوية القياسية لمياه الصرف بالتخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد العالقة والبكتريا الممرضة، وتم مؤخراً وضع معايير أكثر تشدداً بالنسبة للمواد الغذائية والملوثات الرئيسية قبل الصرف، أما إذا أريد إعادة استخدام المياه فتشمل المواصفات حدوداً معينة للمواد العضوية صعبة التحلل والمعادن الثقيلة وأحياناً الأملاح غير العضوية المنحلة.

جدول ٣

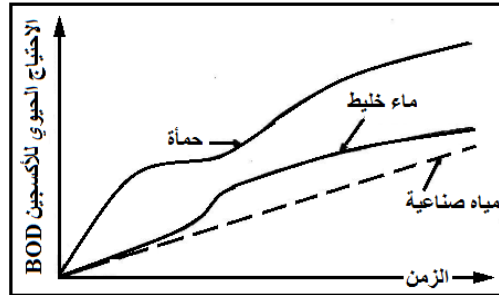
| أهم الملوثات في مياه الصرف الصناعي | |
|------------------------------------|---|
| الملوثات | أهميتها |
| المواد العالقة | يتسبب وجود المواد العالقة في مياه الصرف غير المعالجة لزيادة ترسبات الحمأة وتكوين ظروف لا هوائية في البيئة المائية عند صرفها. |
| المواد المغذية | يعتبر الأزوت والفوسفات من المغذيات الأساسية للنمو بجانب الكربون لذلك يؤدي صرفها في البيئة المائية لنمو كائنات مائية غير مرغوب فيها، كما يؤدي صرفها على الأرض بكميات كبيرة لتلوث المياه الجوفية. |
| ملوثات ذات أهمية قصوى | مركبات عضوية ولاعضوية مسرطنة أو تسبب تشوهات خلقية أو تغير في الجينات أو ذات سمية عالية، وتوجد العديد من هذه المركبات في مياه الصرف. |
| مواد عضوية صعبة التحلل | مواد لها القدرة على مقاومة طرق المعالجة التقليدية مثل المنظفات الصناعية والفينول والمبيدات الزراعية. |
| شوارد المعادن الثقيلة | غالباً ما يتم صرف المعادن الثقيلة إلى المياه عن طريق الأنشطة التجارية والصناعية وفي حالة إعادة استخدام المياه يجب إزالتها تماماً. |
| الأملاح اللاعضوية المنحلة | تتواجد الأملاح اللاعضوية مثل أملاح الكالسيوم والصوديوم والكبريتات في مياه الصرف كنتيجة طبيعية لاستخدامات المياه، لذلك وفي حالة إعادة استخدام المياه يجب إزالة هذه المواد. |

٦ - مفاهيم ومصطلحات عامة لدراسة التلوث المائي: اعتمدت لدراسة التلوث المائي مجموعة من المقاييس الرقمية التي تمكننا من تقدير درجات التلوث :

٢-١- الطلب الكيماوي الحيوي للأكسجين B.O.D: وهو كمية الأكسجين اللازمة للبكتيريا من أجل معدنة المواد العضوية في لتر واحد من الماء الملوث، وقد اتفق على إجراء هذا الاختبار بدرجة حرارة ٢٠ م° ولمدة خمسة أيام في الظلام، وبالتالي فإنه قد أصبح يرمز لها وفق شروطها النظامية على الشكل:

الطلب البيولوجي أو الكيماوي الحيوي للأكسجين خلال خمسة أيام بدرجة حرارة ٢٠ م°: $(BOD)_5^{20}$

ويعتبر هذا المؤشر من أكثر مؤشرات التلوث العضوية الواسعة الاستخدام في مجال مياه الصرف الصناعي، ويتكون الأكسجين الحيوي الممتص عادةً بسبب المواد العضوية الرغوية والذائبة مما يشكل حملاً على الوحدات الحيوية في محطات المعالجة، ويلزم توفير الأكسجين اللازم لنمو البكتيريا لتقوم بأكسدة المواد العضوية، ويحتاج الحمل الزائد للأكسجين الحيوي الممتص الناتج من الزيادة في المخلفات العضوية إلى زيادة النشاط البكتيري والأكسجيني بالإضافة إلى زيادة في قدرة وحدة المعالجة الحيوية. ويوضح الشكل ١ إحدى التأثيرات المتوقعة من صرف المخلفات الصناعية السائلة على محطة معالجة للصرف الصحي، ويبين هذا المثال المنحى الثابت لمعدلات تحلل مياه الصرف الصناعي، في حين يقل المنحني الممثل لمعدل التحلل للصرف الصحي، ويكون ثابتاً لفترة ثم تبدأ بعدها عملية أكسدة المواد الآزوتية، أما المنحني الخاص بخليط الصرف الصناعي والصحي فإنه يوضح تأثير الصرف الصناعي على إبطاء عملية الأكسدة السريعة في حالة الصرف الصحي.



شكل ١: معدل استهلاك الأكسجين للصرف الصحي ولصرف صناعي معين بالإضافة إلى كليهما معا

يتم تحديد الأكسجين الحيوي الممتص لقياس الأكسجين الذائب المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة في عملية الأكسدة الحيوية للمواد العضوية، ولقياس الأكسجين الحيوي الممتص تمدد مياه الصرف بماء مشبع بالأكسجين في زجاجات خاصة وتضاف إليها البكتيريا، تحضر أيضاً زجاجة تحكم معبئة بماء وبكتيريا فقط. يتم وضع الزجاجات في حاضنة لمدة خمسة أيام عند درجة ٢٠ م°، وتسمى العملية باختبارات الخمسة أيام للأكسجين الحيوي الممتص $(BOD)_5^{20}$ ، ويستخدم الفرق بين تركيز الأكسجين في زجاجة التحكم والأكسجين المتبقي في الزجاجات الأخرى بعد خمسة أيام في حساب الأكسجين الحيوي الممتص مقدراً بـ ملغ/لتر. وتستخدم نتائج الأكسجين الحيوي الممتص $(BOD)_5^{20}$ في:

١. تحديد كمية الأكسجين اللازمة للتثبيت الحيوي للمادة العضوية الموجودة بمياه الصرف.

٢. تحديد قدرة محطات معالجة مياه الصرف.

٣. قياس كفاءة بعض عمليات المعالجة.

٤. تحديد مدى التوافق مع الحدود القانونية للصرف الصناعي.

أسباب قصور اختبارات الأكسجين الحيوي الممتص:

١. ارتفاع تركيز البكتيريا البادئة النشطة.

٢. الحاجة للمعالجة الأولية عند التعامل مع المخلفات السامة أو الكائنات الحية.

٣. يتم قياس المواد العضوية القابلة للتحلل حيوياً فقط بهذه الطريقة.

٤. لا يوجد صلاحية للاختبار بعد استهلاك المواد العضوية الذائبة في المياه.

٥. زمن الاختبار ٥ أيام لأخذ النتائج.

٢-٢- الطلب الكيماوي للأكسجين " C.O.D " : وهو وزن الأكسجين الذائب اللازم لتفاعلات الأكسدة الكيماوية التي تؤدي للتقية، ويقاس عادة بتهضيم " تخمير " لتر من العينة بحمض الكروم " حمض الكبريت الكثيف وزيادة من ثاني كرومات البوتاسيوم " ومادة وسيطة بحيث تتأكسد جميع العضويات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء، وجميع مركبات الأزوت إلى نشادر ليصار فيما بعد إلى تحديد كمية البيكرومات المرجعة وبالتالي كمية الأكسجين اللازمة للتفكك مقدرة بوحدات ج.م.م أي *p.p.m* والمعادلة لـ: ملغ / لتر.

وبشكل عام فإن قيمة الأكسجين الكيماوي المستهلك لمياه الصرف أعلى من قيمة الأكسجين الحيوي الممتص لقابلية جميع يمكن للتأكسد كيميائياً في حين أن بعضها فقط يمكنه التأكسد حيوياً، وبالنسبة لأنواع كثيرة من مياه الصرف فإنه من السهل الربط بين الأكسجين الكيماوي المستهلك والأكسجين الحيوي الممتص، ويعتبر هذا الربط مفيداً لأن الأكسجين الكيماوي المستهلك يمكن تعيينه خلال ٣ ساعات فقط بالمقارنة بالأكسجين الحيوي الممتص والذي يلزم لتقديره ٥ أيام، وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأكسجين الكيماوي المستهلك يمكن استخدامها كمؤشر لكفاءة عمليات التشغيل والتحكم في محطات المعالجة.

وغالبا ما نجد أن نسبة الأكسجين الكيماوي المستهلك إلى الأكسجين الحيوي الممتص ١,٥ : ٢ في مياه الصرف الصناعي التي تحتوي على مواد قابلة للتحلل الحيوي، أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من ٣، فإنه يمكن اعتبار أن المواد المؤكسدة الموجودة في العينة ليست حيوية التحلل.

٢-٣- المواد الصلبة المعلقة T.S.S: وهي عدد ميلي غرامات المواد الصلبة المعلقة " غير المنحلة " في لتر واحد من الماء الملوث.

٢-٤- المواد الصلبة المنحلة T.D.S: وهي عدد ميلي غرامات المواد الصلبة المنحلة في لتر واحد من الماء الملوث بعد تجفيف عينة مرشحة .

٢-٥- المواد الصلبة الكلية T.S: وهي مجموع المواد الصلبة المعلقة والمنحلة.

٢-٦- المؤشرات القياسية المحددة لخواص مياه الصرف الصناعي:

الجدول ٤: المؤشرات القياسية المحددة لخواص مياه الصرف الصناعي

| الصناعة | | | | | | | | | | | المؤشر | | | |
|---------|-------|-------|-------------|-----------------|-----------|---------|---------------|-------------------|---------------------|---------|--------|---------|-----------|--|
| الألبان | التبج | الصلب | تكرير النفط | الورق ولب الورق | البلاستيك | التعدين | منتجات اللحوم | الكيمويات العضوية | الكيمويات اللاعضوية | الأسمدة | | التعليب | المشروبات | السيارات |
| X | X | | X | X | X | | X | X | X | | X | X | X | الأكسجين الحيوي الممتص (BOD ₅) |
| X | X | | X | X | X | X | | X | X | X | X | | X | الأكسجين الكيماوي المستهلك (COD) |
| X | | | X | X | | | | X | | | X | | | الكربون الكمي العضوي (TOC) |
| | | | | | | | | | X | | | | | الاحتياج الكلي للأكسجين (TOD) |
| X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | الحموضة (pH) |
| | | | | | | | | | X | | | | X | المواد الصلبة الكلية |
| X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | المواد الصلبة العالقة |
| | | | | | | | X | | | | | X | | المواد الصلبة القابلة للترسيب |
| | X | | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | | المواد الصلبة الذائبة |
| | | | X | | | | | | | | | | | المواد الصلبة العالقة المتطايرة |

تابع الجدول ٤: المؤشرات القياسية المحددة لخواص مياه الصرف الصناعي

| الصناعة | المؤشر |
|---------|--------|
|---------|--------|

| الأيان | النسيج | الصلب | تكرير النفط | الورق ولب الورق | البلاستيك | التعدين | منتجات اللحوم | الكيمويات العضوية | الكيمويات اللاعضوية | الأسمدة | التعليب | المشروبات | السيارات | |
|--------|--------|-------|-------------|-----------------|-----------|---------|---------------|-------------------|---------------------|---------|---------|-----------|----------|--|
| | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | | X | X | الزيوت والشحوم |
| | X | | | X | | X | | X | | | | | | المعادن الثقيلة (عام) |
| | X | X | X | | | | | | X | X | | | X | الكروم |
| | | | X | | | | | | | | | | | النحاس |
| | | | | | | | | | | | | X | | النيكل |
| | | X | X | | | | | X | X | | | X | | الحديد |
| | | X | X | | | X | | | X | | | X | | التوتياء |
| | | | | | | | | X | | | | | | الزرنينخ |
| | | | | | | | | X | X | | | | | الزئبق |
| | | | X | | | | | X | | | | X | | الرصاص |
| | | X | | | | | | | | | | X | | قصدير |
| | | | | | | | | | | | | X | | الكاديوم |
| | | | | | | | | | X | | | | | الكالسيوم |
| | | | | | | | | X | X | | | | | الفلوريدات |
| | | X | X | | X | X | | X | X | | | | | السيانيد |
| X | | X | X | | | | | X | X | X | | | X | الكلوريدات |
| | | X | X | | X | | | X | X | | | | X | الكبريتات |
| | | X | X | X | X | | X | X | | X | | | X | النشادر |
| | | | | | | | | | | X | | | | الصوديوم |
| | | | | | | | | X | | | | | | السييكات |
| | | | | X | | | | | | | | | | الكبريتيت |
| X | | | X | X | X | | | X | | X | | | X | النترات |
| X | | | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | الفسفور |
| | | | | | | | | | | X | | | | البولة أو الأزوت العضوي |
| X | X | | X | X | | | X | | | | X | X | | اللون |
| | | | | X | | | X | | | | | X | | الحد الاحتمالي للمجموعة القولونية |
| | | | | X | | | | | | | X | | | البكتريا القولونية |
| X | X | | X | X | X | | X | | | | | X | | المواد السامة |
| X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | X | | درجة الحرارة |
| X | | | X | X | | | X | | | | | X | | العكارة |
| | | | | | | | | | | | | | X | الرغوة |
| | | | X | | | | | | | | | | | الروائح |
| | X | X | X | X | X | | | X | X | | | | X | الفينولات |
| | | | | | X | | | X | | | | | | البنزوات الكلورة والمركبات العطرية |
| X | | X | | X | | | | | | | | | | المركبات والكبريتيد Mercaptans / sulfide |

١- تركيب الغلاف الجوي: يتكون الغلاف الجوي أو الهواء من عدة مئات من الكيلومترات فوق سطح الأرض ويتوزع بين عدة طبقات كما في الجدول ٥:

الجدول ٥

| تركيب الغلاف الجوي <i>Atmosphere</i> | | | | |
|---|-------------------------|----------------|---------------------|--------------|
| ملاحظات | درجة الحرارة | الارتفاع | الطبقة | |
| تكون جزيئات الهواء فيها سريعة جداً لذا فقد تفلت وتخرج للفضاء الخارجي، وبخاصة الهيدروجين والهليوم اللذان يشكلان المكون الأساسي لهذه الطبقة | / | أكثر من ٤٠٠ كم | <i>Exosphere</i> | الأكزوسفير |
| تحدث فيها تفاعلات التشرّد | مرتفعة جداً | ٤٠٠-١٠٠ كم | <i>Thermosphere</i> | الثيرموسفير |
| | عشرات الدرجات تحت الصفر | ١٠٠-٣٠ كم | <i>Mesosphere</i> | الميزوسفير |
| يعود ارتفاع درجة حرارتها لاحتوائها على أكثر من ٦٠% من الأوزون | ٣٠-١٠ م | ٣٠-١١ كم | <i>Stratosphere</i> | الستراتوسفير |
| | ٥٠ - حتى ٦٠ م | ١١-١٠ كم | <i>Troposphere</i> | التروبوسفير |
| | الدرجات العادية | ٣٠-١٠ م | <i>Biogeosphere</i> | البيوسفير |
| سطح الأرض | | | | |

يتكون الهواء الجوي النقي غير الملوث من ٧٨% آزوت، و٢١% أكسجين وحوالي ٠,٩% غاز أرجون والبقية عبارة عن تراكيز شحيحة من ثاني أكسيد الكربون والنيون والهليوم والهيدروجين وغيرها بالإضافة لبخار الماء.

ولولا الهواء لارتفعت درجة حرارة الجو على سطح الأرض نهائياً حتى ١١٠ م، وانخفضت ليلاً حتى ١٤٨ م تحت الصفر، وبالتالي يحافظ الغلاف الجوي على الأرض بحالتها الطبيعية حتى لا تصبح مشابهة للقمر الذي لا يملك غلاًفاً جويّاً، والذي تبلغ تقلبات درجة الحرارة على سطحه مدى واسعاً لا تسمح بوجود الحياة إلا اللهم لكائنات تتمتع بميزات لا نمتلكها.

ويحتفظ الهواء بمكوناته في الظروف الطبيعية وفق نظام دورة الحياة في النظام البيئي السابق ذكره، فيأخذ النبات مثلاً ثاني أكسيد الكربون من الجو ويحتفظ بالكربون مطلقاً الأوكسجين، وتتنفس الكائنات الحية الأوكسجين، ويذوب ثاني أكسيد الكربون الجوي في البحار والمحيطات ويتفاعل مع أملاح الكالسيوم مكوناً كربونات الكالسيوم على شكل أحجار كلسية، وبذلك تحافظ الطبيعة على ذاتها.

٢- تركيب الهواء: توصل العلماء بتحليل الهواء حجماً لتركيبه على الشكل المبين في الجدول ٢:

الجدول ٢

| تركيب الهواء "الامتوسفير <i>Atmosphere</i> " : % حجماً | | | | | |
|---|-------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| المكون | % | المكون | % | المكون | % |
| آزوت | 78.09 | ثاني أكسيد الكربون | 0.03 | كربتون | 1.14×10^{-4} |
| أكسجين | 20.95 | نيون <i>Neon</i> | 1.82×10^{-3} | هيدروجين | 5.0×10^{-5} |
| أرغون | 0.93 | هليوم | 5.24×10^{-4} | كسينون <i>Xenon</i> | 8.7×10^{-5} |
| وقد يحوي على بخار الماء بنسبة بين ٠-٤% والغبار وحبوب الطلع والأبواغ | | | | | |

٣- تلوث الهواء: يُقصد بتلوث الهواء احتوائه مواد بتراكيز ضارة بصحة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو التربة أو البيئة.

٤- شوائب الهواء: يبين الجدول ٦ متوسط كميات الشوائب في الهواء بحسب ميرنوف ولياخوف " ١٩٧٣:

الجدول ٦

| متوسط كميات الشوائب في الهواء بحسب ميرنوف ولياخوف " ١٩٧٣ " | | | |
|--|--|---------------------------|--|
| المادة | % حجماً | المادة | % حجماً |
| ميثان CH_4 | 1.5×10^{-4} | ثاني أكسيد الأوزون NO_2 | $5.0 \times 10^{-8} \sim 2.0 \times 10^{-6}$ |
| أول أكسيد الكربون CO | $4 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6}$ | الرودون | 6.0×10^{-18} |
| ثاني أكسيد الكبريت SO_2 | 1.0×10^{-4} | أول أكسيد الأوزون NO | أثار |
| أوزون O_3 | $1.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ | بخار الماء H_2O | 0~4% |

٥- مصادر تلوث الهواء: هناك مصدرين لتلوث الهواء: مصادر طبيعية وغير طبيعية.

٥-١- المصادر الطبيعية: وهي المصادر التي لا علاقة للإنسان بها ولم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها مثل غازات البراكين وحرائق الغابات والأترية الناتجة عن العواصف، وتكون هذه المصادر عادة محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى، ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية:

١. غازات: ثاني أكسيد الكبريت، فلوريد الهيدروجين، وكلوريد الهيدروجين المتصاعدة من البراكين المضطربة.

٢. أكاسيد الأوزون الناتجة عن التفريغ الكهربائي للسحب الرعدية.

٣. كبريتيد الهيدروجين الناتج عن استخراج الغاز الطبيعي أو بسبب البراكين أو تواجد البكتريا الكبريتية.

٤. غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربائي للسحب.

٥. تساقط الأتربة المتخلقة عن الشهب والنيازك لطبقات الجو السطحية.

٦. الأملاح المنتشرة بالهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجبهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من الترب المعرضة لعمليات التعرية.

٧. حبيبات لقاح النباتات.

٨. الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الأدمية.

٩. المواد ذات النشاط الإشعاعي كذلك الموجودة في بعض ترب وصخور القشرة الأرضية، وكذلك الناتجة عن تشرد بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

٥-٢- المصادر غير الطبيعية: وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان، وهي أخطر من السابقة وتثير القلق لأن تنوع مكوناتها يتسبب بخلل في تركيب الهواء الطبيعي والتوازن البيئي، وتتميز بإمكانية خفض ضررها، ومن أهمها:

١. استخدام الوقود في الصناعة ووسائل النقل.

٢. النشاط الإشعاعي.

٦- أثار تلوث الهواء: تختلف ملوثات الهواء من مكان لآخر بحسب سرعة الرياح والظروف الجوية، فمثلاً تتفاعل أكاسيد الأوزون مع الفحوم الهيدروجينية بتأثير الأشعة فوق البنفسجية UV التي يحملها ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالباً ما تكون في فصل الصيف لتنتج كيماويات سامة يمكنها تشكيل ما يعرف بالضباب الدخاني ذي اللون المائل للبنّي غالباً، وخاصة في المدن المزدهمة، كذلك التي حدثت في لندن عام ١٩٥٢ وراح ضحيتها ٤,٠٠٠ إنسان.

٧- ملوثات الهواء الخطرة:

٧-١- غاز أول أكسيد الكربون CO : غاز لا لون له ولا رائحة، وأهم مصادره عملية الاحتراق غير الكامل للوقود، وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدّها سمية على الإنسان والحيوان، ويتميز بثباته إذ يبقى في الهواء شهرين لأربعة أشهر، يتحد مع هيموجلوبين الدم مكوناً كربوكسي هيموجلوبين $COHb$ الذي أقوى باتحاده مع الأكسجين بـ ٢١٠ مرات ما يمنع الأكسجين من

الاتحاد مع الهيموجلوبين وبالتالي يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين، وتعتمد سمية أول أكسيد الكربون على تركيزه في الهواء المستنشق فتركيز 0,01% يعادل 20% من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :

١. شعور بالتعب.

٢. صعوبة التنفس.

٣. طنين في الأذن.

في حين أن تركيز 0.1% م يعادل ٥٠% من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى:

١. ضعف في القوة، ارتخاء عضلات الجسم ما يعني عدم تمكن المصاب من المشي خارج المكان.

٢. ضعف السمع ونقص الرؤية.

٣. غثيان وقيء.

٤. انخفاض الحرارة وضغط الدم.

٥. ازدياد النبض مع ضعف في إحساسه.

٦. الإغماء والوفاة خلال ساعتين.

وبالتالي فإن النتيجة النهائية الوفاة لمن يتسم بهذا الغاز ما يجعل منه خطراً، وعادة يتخلص الجسم من أول أكسيد الكربون المتحد مع الهيموجلوبين عند التوقف عن تنفس الهواء الملوث به بمعدل نصف كميته خلال كل ثلاث إلى أربع ساعات.

٧-٢- غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 : يؤدي ارتفاع تركيزه لصعوبة في التنفس والشعور بالاحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية والتهاب القصبات الهوائية وتهيج الحلق.

يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق المواد العضوية، وتبلغ نسبته ٠,٠٣% تقريباً وتزداد شيئاً فشيئاً مع ازدياد حجم النشاط الصناعي، ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن احتراق الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء، إذ يتفاعل مع مياه البحيرات والمحيطات الطبيعية ليشكل حمض الكربون والذي يتفاعل مع بعض الرواسب مشكلاً كربونات وبيكربونات الكالسيوم، وتلعب النباتات دوراً مهماً جداً في امتصاص كميات كبيرة منه عبر عملية التمثيل الضوئي، ما يجعل من الغابات ضرورة قصوى لاستمرار الحياة على الأرض، وأدى تراجع المساحات الخضراء لتراجع معدلات امتصاصه ما أدى لارتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالاحتباس الحراري، ويبين الجدول ٤ علاقة زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون المتوقعة وزيادة درجة حرارة الستراتوسفير:

الجدول ٤

| السنة | 1974 | 2000 | 2025 |
|--|-------|-------------|-------------|
| تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_2\%$ | 0.033 | 0.038-0.041 | 0.052-0.064 |
| متوسط زيادة درجة حرارة الستراتوسفير مقارنة بعام ١٩٦٠ | 0.5 | 1.0-1.5 | 2.0-3.2 |

٧-٣- غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S : غاز، رائحته تشبه رائحة البيض الفاسد، ويتكون من تحلل المواد العضوية كمياه الصرف الصحي *Sewage*، وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين إذ يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأوكسجين ما يتسبب بـ:

١. التأثير على الجهاز العصبي المركزي.

٢. تثبيط عملية الأوكسدة الخمائرية ما يؤدي لحدوث اضطرابات وصعوبة في التنفس.

٣. خمول في القدرة على التفكير.

٤. تهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحة العين.

لذا لا يجوز أن يزيد تركيزه في الهواء الجوي عند بعض الدول عن ٠,٠٠٣-٠,٠٠٨ جزء بالمليون "

" p.p.m

٤-٧- ثاني أكسيد الكبريت SO_2 : تعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية، وتتكون عند احتراق أنواع الوقود كالفحم والنفط إضافة لانطلاقها مع مجموعة الغازات البركانية. ويزيد ثاني أكسيد الكبريت من تآكل المعادن وخاصة مع ارتفاع رطوبة الهواء، ويزيد تآكل المعادن في المدن الملوثة بغاز ثاني أكسيد الكبريت عنه في الأرياف بمعدل خمس مرات، كما يزداد تآكل الألمنيوم في المدن عن الأرياف ما بين ١٤-١٧ مرة، إضافة لتأثيره على مواد البناء بما فيها الحجر الكلسي والمرمر.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض، فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية مسبباً إخلالاً بالتوازن البيئي، إضافة لاختلاطه بالضباب الدخاني محدثاً أضرار بالغة، ومن أهم أضراره المباشرة نجد:

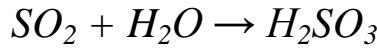
١. يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان محدثاً آلام في الصدر والتهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس.

٢. يسبب تركيزه العالي تشنج الحبال الصوتية وقد يؤدي لتشنج مفاجئ واختناق.

٣. يؤثر التعرض الطويل للغاز على حاسة الذوق والشم والتصلب الرئوي.

٤. يسبب تهيج العيون والجلد.

٥. يسبب تشكل الأمطار الحمضية الكبريتية:



٥-٧- ثالث أكسيد الكبريت SO_3 : ينتج هذا الغاز بفعل التفاعلات الكيمياءضوئية التي تؤدي لأكسدة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 ، ينحل ثالث أكسيد الكبريت بقطرات مياه الأمطار مكوناً حمض الكبريت المكون الأساس للأمطار الحمضية التي تؤثر على المباني والتربة برفع حموضتها ما يؤدي لقتل أو انخفاض نشاط الكائنات الحية كالبكتريا المثبتة للأزوت مثلاً، وأدت هذه التأثيرات لتراجع تحلل البقايا النباتية على سطح التربة ما جعل منها كتومة لنفاذ الماء إلى داخل التربة، وبالتالي تراجع معدلات إنتاج الغابات والحياة المائية في البحيرات.

٦-٧- غاز ثاني أكسيد الأزوت NO_2 : ينتج هذا الغاز مع مجموعة أكاسيد الغازات الأزوتية الأخرى من احتراق المركبات العضوية ومنتجات احتراق أنواع الوقود وبعض المنشآت الصناعية مشكلاً مع بخار الماء الجوي حمض الأزوت ما يتسبب بتشكيل الأمطار الحمضية، وبوصوله لطبقات الجو العليا يتفاعل مع الأوزون مسبباً تخرّب طبقة الأوزون، ومن أهم أضرار غاز ثاني أكسيد الأزوت:

١. يؤدي لتهيج الأغشية المخاطية التنفسية وأضراراً في الرئة.

٢. يؤدي لتهيج الأغشية المخاطية للعين.

٣. يحدث ضرراً في طبقة الأوزون.

٤. يكون الأمطار الحمضية.

٧-٧- مركبات الكلورو فلورو كربون: تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول *Aerosol* التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق، وكذلك تستخدم كسائل تبريد في أجهزة التكييف والتبريد، كما أن يؤدي الاحتراق غير الكامل للنفايات المنزلية لانتشارها في الجو.

ويحتوي الهواء الجوي على تراكيز من هذه الغازات على بعد ١٨ كم فوق المناطق القطبية، إذ تقدر كمية ما ينطلق منها سنوياً للهواء الجوي بما يزيد على مليون طن سنوياً، وعند وصولها لطبقة الإستراتوسفير *Stratosphere* الحاوية على طبقة الأوزون فإنها تتسبب بتحللها بتأثير الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون، وقد تنبّهت العديد من الدول لخطورة هذه المركبات

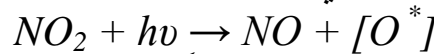
وبدأ بعضها بحظر إنتاجها، وهناك محاولات لاستبدالها بمواد أخرى مثل خليط غاز البوتان والماء المسمى اكواسول *Aquasol* الخالي من الكلور والفلور.

٧-٨- الفحوم الهيدروجينية: ونجد منها غازات الميثان والإيثان والإيثيلين وغيرها، وتتشكل عموماً من:
١. الاحتراق غير الكامل للوقود في وسائط النقل والصناعة: إذ تحوي عوادم السيارات على ما يزيد عن المائة صنف من الفحوم الهيدروجينية " بحسب توماس ١٩٧٤ " .

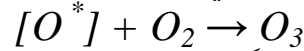
٢. تبخر أنواع الوقود

٧-٩- الضباب الدخاني: إن من أخطر الملوثات التي ينفثها الإنسان عبر وسائط النقل والصناعة و... تلك الملوثات القادرة على الدخول بتفاعلات تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، والتي تؤدي لنشوء الضباب الدخاني الذي يغطي المدن في الساعات الأولى للصباح غالباً.

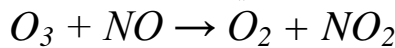
ويعتبر غاز ثاني أكسيد الآزوت المفتاح الذي يدخل في سلسلة التفاعلات الكيمياءضوئية التي تتسبب بنشوء الضباب الدخاني بوجود الفحوم الهيدروجينية وثاني أكسيد الكبريت والأشعة الشمسية. وتبدأ سلسلة التفاعلات بامتصاص غاز ثاني أكسيد الآزوت للأشعة فوق البنفسجية من الأشعة الشمسية ليتكون أول أكسيد الآزوت والأكسجين الذري الوليد:



ويتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي مكوناً الآزوت:



ويعود الأوزون مع أول أكسيد الآزوت مكوناً ثاني أكسيد الآزوت من جديد:



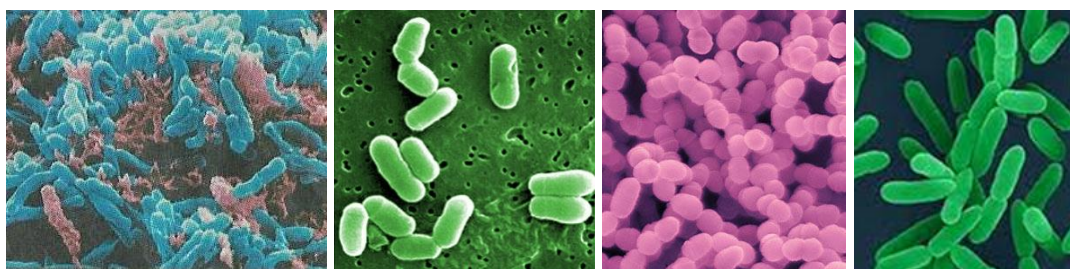
وتتفاعل الفحوم الهيدروجينية مع أول أكسيد الآزوت وتوقف تحول وتفكك الأوزون، ومن جهة ثانية يتفاعل الأكسجين الوليد مع الفحوم الهيدروجينية ليشكل جذوراً حرة *Radicals* يمكنها الدخول في سلسلة تفاعلات مع أكاسيد الآزوت من جديد، فيختفي أول أكسيد الآزوت ويبدأ الأوزون بالتراكم والتفاعل مع الفحوم الهيدروجينية، وتتكون في النهاية ملوثات غازية متعددة كالألدهيدات والكيثونات والفورم ألدهيد وحمض النمل والكاربونيل والأوزون والآيروزول في حال وجود ثاني أكسيد الكبريت، كما تتشكل مركبات نترات البيروكسي أسيل *PAN* التي تتفاعل مع الأوزون معطية ما يسمى بالمؤكسدات الكيمياءضوئية ذات التأثير الضار على الإنسان وخاصة على العيون، ويمكننا استعراض مجمل هذه التفاعلات على الشكل :

| تفاعلات تشكل الضباب الدخاني |
|--|
| $NO_2 + hv \rightarrow NO + [O^*]$ |
| $O_2 + [O^*] \rightarrow O_3$ |
| $O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$ |
| $[O^*] + HC \rightarrow [HCO^*]$ |
| $[HCO^*] + O_2 \rightarrow [HCO_3^*]$ |
| وغيره \rightarrow كيثونات وألدهيدات $[HCO_3^*] + HC \rightarrow$ |
| $[HCO_3^*] + NO \rightarrow [HCO_2^*] + NO_2$ |
| $[HCO_3^*] + O_2 \rightarrow O_3 + [HCO_2^*]$ |
| $[HCO_3^*] + NO_2 \rightarrow Peroxyacyl nitrates$ |
| HCO: الجذور ، HC: الفحوم الهيدروجينية |

٧-١٠- بعض الشوائب والمعلقات: تطلق الكثير من المصانع أبخرة في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفسفور والكبريت والسيلينيوم، كما تحمل بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكاديوم وغيرها، وتبقى هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف، ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع وقد تحمله الرياح إلى أماكن أخرى.

وتحمل الرياح القوية الهائجة فوق البحار بعضاً من الأملاح الذائبة على شكل رذاذ لمسافات بعيدة داخل الشواطئ، وتصل بعدها لطبقة التروبوسفير ثم تعود وتسقط على الأرض مع الأمطار أو الجليد، وتبين من تحليل الجليد القطبي احتوائه على أملاح الكلوريدات والنترات والكبريتات للعديد من المعادن مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم التي لا تتوفر إلا في البحار، وأيضاً وجدت في الجليد شوائب مثل النحاس والحديد والتوتياء والكوبالت والرصاص ولا بد أنها ناتجة عن النشاط الصناعي.

٧-١١- الكائنات الدقيقة أو الجراثيم: تنتشر في الهواء أنواع عديدة من البكتريا والفطريات في حالة ساكنة، وتصيب الإنسان إذا توفرت الظروف الملائمة لعملها، ومن أجناس البكتريا *Yersina*, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*, *Streptococcus*, أما الفطريات *Pentium*, *Candida*, *Aspergillus*، ويعتبر فيروس الأنفلونزا أكثر الفيروسات انتشاراً في الهواء، وتستخدم الجراثيم في الحروب الجرثومية لسهولة انتشارها في الهواء مسببة أمراضاً فتاكة بالإنسان، ومن أشهر الجراثيم في وقتنا الحاضر الجمره الخبيثة التي تسببها *Bacillus anthrax*، ويمكن انتشار غيرها عن طريق الهواء مثل الطاعون *Pasture plague Upsets* والجدي الذي يسببه فيروس *Small pox*.

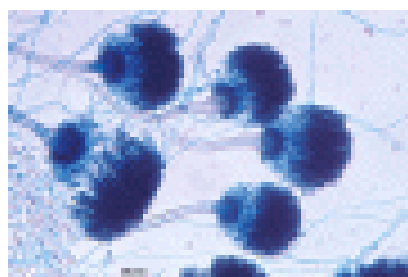


Mycobacterium

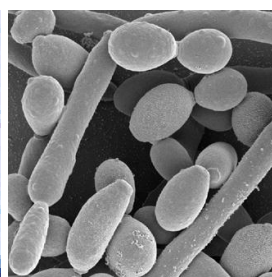
Corynebacterium

Streptococcus

Yersina



Aspergillus



Candida



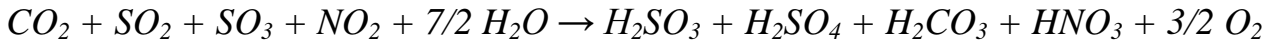
الجمرة الخبيثة *Bacillus anthrax*

٨- أضرار تلوث الهواء الداخلي: يقضي معظم الناس وقتاً طويلاً في المباني قد يصل إلى ٨٠ - ٩٠% من وقتهم، فالكثير يعمل ويأكل وينام ويشرب داخل المباني ذوات دورة الهواء المغلقة ما جعل الكثير من الناس يعتقد أن تلوث الهواء الداخلي أخطر من الخارجي، ومنذ السبعينات بدأ البحث في تلوث الهواء

الداخلي، ومن أهم مصادر تلوث الهواء الداخلي: التدخين، الأبخرة الناتجة عن المفروشات أو الدهانات، بالإضافة إلى الفريون المتسرب من أجهزة التكييف.

ولوحظ في الولايات المتحدة انبعاث غاز الرادون *Radon* النشط إشعاعياً *Radioactive gas* من الأرض وتواجده في الدهاليز، إضافة لبعض الجراثيم أو الكائنات الدقيقة التي تلوث الهواء الداخلي.

٩- الأمطار الحمضية: تنتج الأمطار الحمضية من تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد الآزوت الناتجة عن حرق كميات ضخمة من الوقود في المصانع، والتي تحملها الرياح لمسافات بعيدة، ويعتقد أن تشكل الأمطار الحمضية يتم وفق تفاعلات تشكل غازات ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد الآزوت مع بخار الماء الجوي على الشكل:



وتبقى هذه الحموض معلقة في الهواء على هيئة رذاذ وتسقط مع الأمطار لتتفاعل مع الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسبات الحمضية الجافة، ما يسبب:

أ- مع التربة القلوية: تتفاعل وتتعاقد معها، فتحرر الكالسيوم من الأرض الكلسية وتجرفه إلى الأنهار، وتتسبب بانحلال بعض الشوارد المعدنية الهامة للنبات وتبعدها عن جذور النبات ومن أمثلة ذلك الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيزيوم التي يحملها مياه الأمطار الحمضية بعيداً عن جذور النباتات إلى المياه الجوفية ما يتسبب بتراجع جودة المحاصيل الزراعية.

ب- مع التربة الغرائبية: تفتت الصخور وترفع من درجة حموضة البحيرات.

ج- مع مياه البحيرات: ترفع حموضة مياه البحيرات وبالتالي قد تسبب عدم صلاحيتها لحياة الأسماك والكائنات الدقيقة.

د- مع المحاصيل الزراعية والغابات: تتسبب بتموت الكثير من النباتات التي لا تستطيع العيش مع الأمطار الحمضية فتذبل وتموت، ما يؤدي لفقدان المحاصيل الزراعية والأخشاب من الغابات.

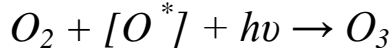
هـ- التأثير على الأحجار الكلسية: تتسبب في تآكل الأحجار الكلسية الداخلة في عمليات إنشاء بعض الأبنية وخاصة الأبنية الأثرية ذات القيم الحضارية الكبيرة.

١٠- الأوزون O_3 وتأثيره على البيئة: الأوزون غاز سام وشفاف يميل إلى الزرقة ويتكون الجزيء منه من ثلاث ذرات أوكسجين، ويتواجد في طبقتي الجو السفلية التروبوسفير *Troposphere* والجو العليا الأستراتوسفير *Stratosphere*، أي من ارتفاع ١٠ حتى ٥٠ كم فوق سطح الأرض، ويكون أعلى تركيز له عند ارتفاع ٢٢-٢٥ كم، وتسمى الطبقة التي يكون فيها تركيز الأوزون أعظماً باسم طبقة الأوزون *Ozonsphere*، وتبلغ سماكة هذه الطبقة ٢-٣ ملم، ومع ذلك فهي تلعب دوراً عظيم الأهمية في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية *UV* ذات الطول ٢٨٠-٣٢٠ ميلي ميكرون، والتي لو وصلت الأرض لسببت ضرراً بالغاً لكافة الكائنات الحية.

ينتشر الأوزون في الهواء تحت تأثير الأشعة الشمسية والبرق وبخاصة بوجود ثاني أكسيد الآزوت ولو بتركيز ضعيفة، ويعتبر الأوزون من أخطر الملوثات الهوائية المؤكسدة، إذ أن وجوده ولو بتركيز قليلة يؤدي لتحسس الأغشية المخاطية للعيون وجهاز التنفس ويسبب السعال، كما يؤدي لنشوء الأورام في أنسجة الرئتين.

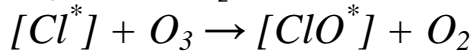
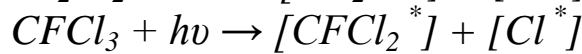
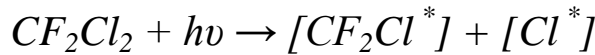
كما يتكون الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل أو بعض المركبات التي تحوي الفحوم الهيدروجينية مثل بعض الفحوم الهيدروجينية المستخدمة في دارات التبريد.

أما الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأوكسجين مع الأكسجين الحر الذي ينتج من هذه انشطارات هذه الجزيئات بفعل الأشعة فوق البنفسجية:



ومع بداية السبعينيات بدأ الاهتمام بالملوثات الصادرة من نشاط الإنسان على طبقة الأوزون فقد وجد أن أكاسيد الآزوت تتسبب بتفكك جزيئات الأوزون وفق التفاعلات التي سبق واستعرضناها عند الحديث عن أكاسيد الآزوت.

وكذلك تقوم مركبات الكلوروفلورو كربون المعروفة صناعياً باسم الفريونات بتحليل جزيء الأوزون، ونظراً لازدياد استخدامها في الكثير من الصناعات مثل البخاخات المعطرة والمزيلات لرائحة العرق باسم آيروسول، وعلى هيئة سائل في معدات تبريد وتكييف الهواء وفي الصناعات الإلكترونية من حاسبات وتلفزيونات وأجهزة استقبال وإرسال وغيرها، فإن خطرهما يتجسد في انطلاقها للهواء الجوي وصعودها لطبقات الجو العليا ليتحرر الكلور بفعل الأشعة فوق البنفسجية والذي يعمل على تدمير الأوزون، وهو أحد أسباب ثقب الأوزون وتقليل نسبته في الغلاف الجوي.



وتجدر الإشارة إلى أن لغازات الكلوروفلورو كربون عمر طويل يصل حتى ٧٥-١٠٠ سنة، كما أنه لغازات أخرى غير الكلور مثل الهيدروجين والآزوت تأثير مدمر على الأوزون. ونجد أيضاً أن عوادم الطائرات النفاثة والطائرات فوق صوتية تؤدي من جهة أخرى وبما تلفظه من آزوت من العادم الذي يدفعها للأمام لحدوث التلوث.

كما يحرق إطلاق الصواريخ للفضاء كميات كبيرة من الوقود السائل أو الصلب مخلفاً أطناناً من الغازات الضارة بطبقة الأوزون، فقد ورد في إحصائية روسية أن كل عملية إطلاق مكوك فضائي تدمر مليون طن من غاز الأوزون، كما ثبت أن الدقيقتين الأوليتين من إطلاق المكوك الأمريكي والتي تحترق خلالها صواريخ الدفع الابتدائية العاملة بالوقود الجاف والتي تمثل المرحلة الأولى في الصواريخ الحاملة للمكوك ينتج عنها ١٨٧ طناً من غاز الكلور ومركباته، إضافة لـ ١٧ طناً من أكسيد الألمنيوم.

وينتج عن تآكل طبقة الأوزون أو وجود ثقب أضراراً يمكن تلخيصها على الشكل:

١-١٠- انتشار سرطان الجلد: يؤدي تآكل طبقة الأوزون بمعدل ١% لزيادة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض بنسبة تعادل ٢% وبالتالي فإن معدل الإصابات بسرطان الجلد يزداد ٤%، وهناك إحصائية أمريكية تقول بأن نقصان قدرة ٣% يعني حدوث ثمانية عشر ألف إصابة بسرطان الجلد.

١٠-٢- التأثير الوراثي " تلف حمض *D.N.A* ": يحدث تعرض الجلد للأشعة فوق البنفسجية لتلف *Epidermal* تحت البشرة الخارجية للجلد مباشرة بسبب تلف الحمض النووي *D.N.A*، وينتج عن ذلك انقسام الخلايا وحدث الأورام، ولأن حمض *D.N.A* هو المسؤول عن نقل الصفات الوراثية فإن إصابته تكون نتيجة الإسراف في تعرضه للأشعة فوق البنفسجية إذ ينتقل من جيل لجيل.

١٠-٣- حدوث المياه البيضاء في العين: يؤدي تسرب الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض بسبب تآكل طبقة الأوزون لحدوث العتامة في العين المعروفة بالمياه البيضاء، ما يؤدي لزيادة نسبة الأشخاص المصابين بالعمى.



١٠-٤- اختلال جهاز المناعة عند الإنسان: تؤدي أيضاً زيادة الأشعة فوق البنفسجية لاختلال جهاز المناعة لدى الإنسان ما يزيد من إمكانية تعرضه للأمراض المعدية المختلفة وخاصة الجهاز التنفسي.

١٠-٥- أمراض أخرى: الشخوخة المبكرة وتسمم الدم والإرهاق العصبي، العمى الجليدي *Snow Blindness*، شخوخة الجلد وأمراض جلدية أخرى.



العمى الجليدي

١٠-٦- المحاصيل الزراعية: يلحق تسرب الأشعة فوق البنفسجية أضراراً بالمحاصيل الزراعية مثل الخضراوات وفول الصويا والقطن وقد يقلل من إنتاجها ما يهدد الموارد الزراعية.
١٠-٧- الثروة الحيوانية: إذ تتغذى الحيوانات على النباتات والأعشاب وهذا يعني أن الضرر سيلحق بها نتيجة تضرر النباتات.

١٠-٨- الثروة السمكية: تقلل زيادة الأشعة فوق البنفسجية من الطحالب والنباتات ذات الخلية الواحدة التي تتغذى عليها الأسماك، كما تهلك يرقات الأسماك التي تعيش قريباً من سطح الماء.

١٠-٩- تغيير المناخ: تسبب زيادة الأوزون في التروبوسفير *Troposphere* نتيجة التلوث ونقص في طبقة الاستراتوسفير خلافاً في توازن الغلاف الجوي يؤدي لارتفاع درجة الحرارة في الأرض أو الغلاف الجوي، ولا يعتبر الأوزون هو الوحيد في تسبب ارتفاع درجة حرارة الأرض بل يشارك وبنسبة رئيسة غاز ثاني أكسيد الكربون ومركبات الكلوروفلورو كربون وأكاسيد الأوزون وغاز الميثان، ويقول العلماء أن درجة الحرارة على الأرض سوف ترتفع بمقدار ٣ - ٥ درجات حتى عام ٢٠٥٠ م، وتعرف الغازات السابق ذكرها بغازات الاحتباس الحراري كونها تؤدي لارتفاع درجة حرارة الأرض.

وقد يكون ارتفاع درجة حرارة الأرض وما يصاحبها من تغيرات مناخية مفيداً وضاراً في نفس الوقت، إذ ستزيد معدلات الأمطار وإنتاج بعض المناطق من الغابات والمحاصيل الزراعية، بينما تندهر في مناطق أخرى، وفي الآن عينه سيزيد من ارتفاع سطح البحر ما يهدد الجزر وبعض المناطق المنخفضة بالغرق.

تلوث المياه Water pollution

١- المقدمة: يعتبر الماء عنصر أساسي لجميع الكائنات الحية، إذ تغطي المياه حوالي ٧١% من الأرض، وحوالي ٩٧% من وزن الطفل الرضيع، ٦٠-٨٠% من جسم الرجل، ٧٠% من الخضروات، وحوالي ٩٠% من الفواكه.

فبعد أن اتسع نطاق القطاع الصناعي وانتشرت المنشآت الصناعية المتنوعة، أصبحت البيئة أكثر تعرضاً للضرر من جراء الملوثات المختلفة التي تطرحها تلك المنشآت ومنها مياه الصرف الصناعية والتي يختلف وضعها من صناعة لأخرى نتيجة لاختلاف المواد الأولية اللازمة للصناعة والمواد الناتجة أو المصنعة... وهناك عدة طرق لمعالجة المياه الصناعية الملوثة...

فالماء مذيب جيد للكثير من المواد وحتى أن بعض المواد غير الذوابة فيه تشكل معلقات غروية تشبه المحاليل، وينزل الماء على هيئة أمطار أو ثلج بصورة نقية خالية تقريباً من الجراثيم أو الملوثات الأخرى، لكن ونتيجة للتطور الصناعي الكبير يتعرض لكثير من ملوثات الهواء أو محتوى التربة من آثار المخلفات الصناعية ما يجعله غير صالح للشرب أو يصبح مطراً حمضياً ما يجعله عامل تلوث بدلاً عن عامل إرواء.

٢- توفر وتوزيع الماء على الكرة الأرضية: يتواجد الماء على سطح المعمورة بأشكال ثلاث: بخار، سائل، جليد، ويقدر ما يتبخر من المحيطات والبحار للمساحات الأرضية يومياً بـ ٨٧٥ كم^٣، يعود منها لمصادره ٧٧٥ كم^٣ على هيئة أمطار، والباقي والذي يعادل ١٠٠ كم^٣ تحمله الرياح على شكل بخار إلى اليابسة، ويتبخر من سطح اليابسة يومياً ما يعادل ١٦٠ كم^٣.

تشكل المحيطات والبحار ٩٧% من كمية المياه على سطح الكرة الأرضية، والماء العذب ٣% فقط، ويشكل الجليد ما يعادل ٩٧% من هذا الماء العذب يتوزع بين القطبين وأعلى الجبال، ولو ذاب هذا الجليد لارتفع مستوى سطح مياه البحار والمحطات بمعدل يتجاوز الخمسين متراً.

كان الناس سابقاً يلقون المخلفات في مياه الأنهار والمحيطات ظناً منهم أنها تنقي نفسها بنفسها، فانتشر بين عامي ١٨٤٩ و ١٨٥٣ وباء الكوليرا في لندن لتلوث مياه نهر التايمز ما أدى لوفاة عدد كبير من سكان لندن وما جاورها، وتكررت نفس المأساة في مدن أوروبية أخرى كما انتشر في بعض المدن الأمريكية وباء التيفوئيد في الفترة ذاتها ما نبّه العالم لمشكلة التلوث.

وكذلك ظهر تلوث مياه البحار والأنهار والمياه الجوفية بالمواد البترولية والمواد المشعة والمعادن الثقيلة وغيرها، ويشكل التلوث بالمواد البترولية خطراً على المياه، إذ يكون طبقة رقيقة فوق سطح الماء تمنع اختراق الهواء وثنائي أكسيد الكربون والضوء إلى الماء، ما يجعل الحياة المائية شبه مستحيلة، وتدوم الفحوم الهيدروجينية الناتجة من التلوث النفطي طويلاً في الماء ولا تتحلل بالبكتيريا وتتراكم في القاع البحر، ويحتوي النفط على مواد مسرطنة مثل بنزوبيرين Benzopyrene الذي يؤثر على النباتات والحيوانات التي تتغذى عليها، وهناك مواد كيميائية أخرى تسبب تلوث المياه مثل مبيدات D.D.T والمعادن الثقيلة.

٣- محتوى المياه الصالحة للشرب من الشوارد المعدنية: تحوي المياه الطبيعية على شوارد معدنية مختلفة بحسب طبيعة وتركيب التربة الحاوية على الماء في باطن الأرض، وقد تكون لبعض الشوارد أهميتها وضرورتها على صحة الإنسان إن لم تتجاوز حدوداً معينة كي لا تتحول لضارة، في حين أن هناك من الشوارد ما نجده ضاراً ولو بحدود صغيرة جداً، وتم تحديد القيم الحدية من قبل منظمة الصحة العالمية وبعض الدول على الشكل المبين في الجدول ٥.

٤- مصادر تلوث المياه: يتم تجميع مياه الصرف الصحي والمياه الصناعية العادمة من عدة مصادر، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها، ومن مصادر تلك المياه:

الجدول ٥

| تحديد القيم الحدية لمحتوى المياه الصالحة للشرب من قِبَل منظمة الصحة العالمية وبعض الدول: ملغ/م ³ | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| الشاردة | منظمة الصحة العالمية | الاتحاد الأوروبي | سويسرا | فرنسة | الولايات المتحدة | ألمانيا |
| الألمنيوم Al | - | 50 | 500 | - | - | 200 |
| الزرنيخ As | 50 | 50 | - | 5 | 50 | 40 |
| الباريوم Ba | - | 100 | - | - | 1000 | - |
| الرصاص Pb | 100 | 50 | 50 | 50 | 50 | 40 |
| الكادميوم Cd | 10 | 5 | 10 | 5 | 10 | 6 |
| الكروم Cr | - | 50 | 20 (Cr ⁶⁺) | 50 (Cr ⁶⁺) | 500 (Cr ⁶⁺) | 50 (Cr ⁶⁺) |
| الحديد Fe | 100/1000* | 300 | 100 | 100 | 50-300 | 200 |
| الفلور F | 600/1700* | 700-1500 | 1500 | 1500 | 1400-2400 | 1500 |
| النحاس Cu | 50/1500* | 50 | 1500 | 50 | 200-1000 | - |
| منغنيز Mn | 50/500* | 50 | 50 | 50 | 10-50 | 100 |
| النترات NO ₃ | 45 | 50 | 40 | 50/100 | 45 | 50-90 |
| النترت NO ₂ | - | 1 | - | - | - | - |
| الزئبق Hg | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| السيلينيوم Se | 10 | 10 | - | 10 | 10 | 8 |
| الفضة Ag | - | 10 | 200 | 10 | 50 | 100 |
| التوتياء Zn | 5000/15000* | 100/2000 | 1500 | - | 5000 | 100/2000 |

* : القيمة الموصى بها / القيمة الحدية العظمى

١. مياه استعمالات الأغراض المنزلية والتجارية العادية.
 ٢. مياه الاستعمالات الصناعية.
 ٣. مياه الأمطار عند دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول.
 ٤. المياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية.
- تحتوي هذه المياه على عدة عناصر صلبة وذائبة ، يمثل الماء فيها نسبة ٩٩,٩% والبقية عبارة عن ملوثات أهمها:

- ١- معوقات.
 - ٢- مواد عضوية قابلة أو مقاومة للتحلل.
 - ٣- كائنات حية مسببة للأمراض.
 - ٤- مواد مغذية للنبات مثل: المركبات الأزوتية، الفوسفور، البوتاسيوم.
 - ٥- معادن ثقيلة وأملاح معدنية منحلة.
- ٤-١- التلوث الطبيعي: نشأ التلوث الطبيعي للمياه مع نشوء الخليقة، من خلال تناثر الكائنات الحية النباتية والحيوانية الميتة ومخلفاتها الطبيعية وأخذها طريقها إلى الماء، وزادت مسؤولية الإنسان عندما ركب من المواد الطبيعية مواداً سامة أو ملوثة كالمبيدات والأسمدة أو المضادات الحيوية والمتفجرات و... إضافة لتخريبه مساحات شاسعة من الغابات التي تنظم جريان الأمطار وتمنع انجراف التربة، إذ أن وصول التربة للماء وتشكيلها الطين يرفع معدلات عكارة الماء ما يخفض معدلات نسبة الأشعة الشمسية التي يمكنها اختراق الماء وبالتالي انخفاض معدلات التمثيل الضوئي وتراجع أعداد الحيوانات المائية.
- ٤-٢- التلوث الحراري: يحدث التلوث الحراري عادة من المنشآت الصناعية ذوات الحاجة لمعدلات تبريد عالية كما هو حال بعض مصانع التعدين ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وبعض المعامل، إذ تطرح مثل هذه المنشآت كميات كبيرة من مياه التبريد التي ترفع من درجة حرارة الوسط المائي ما يؤثر سلباً على الحياة المائية لسببين:

- عدم موافقة درجة حرارة المسطح المائي للحياة المائية.
- تراجع معدلات محتوى الماء من الغازات عموماً والأكسجين خصوصاً، لتراجع معدلات امتصاص الغازات مع ارتفاع درجة حرارة الماء كما يبين الجدول التالي من جهة، ولارتفاع

معدلات التحلل المائي التي ستستهلك الأوكسجين المنحل من جهة أخرى إذ تتضاعف سرعة التفاعلات الكيميائية في مدى حراري معين مع كل ارتفاع للحرارة يعادل عشر درجات:

| علاقة درجة الحرارة بكميات الأوكسجين الذائب بالمياه العذبة | | | | | |
|---|-----|-----|-----|------|------|
| درجة الحرارة | | | | | |
| ٣٥ | ٣٠ | ٢٥ | ٢٠ | ١٠ | ٠ |
| ٧,١ | ٧,٦ | ٨,٤ | ٩,٤ | ١١,٣ | ١٤,٦ |

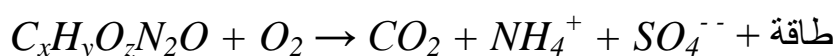
وتتباين قدرات الكائنات الحية في مدى احتمالها لتغيرات درجات الحرارة فيما بين كائنات الدم الحار التي يمكنها أن تتأقلم معها، وبين نوات الدم البارد كالأسمك التي لا تستطيع أن تعيش في وسط درجة حرارته أعلى من ٣٤°م، فسمك الترويت مثلاً يكون في أعلى درجات نشاطه بدرجة حرارة ٤,٥-٩°م، وتراجع قدرته على السباحة بين ٩-١٥°م ويصبح غير قادر على ملاحقة والنقاط السمك ليتغذى. مراحل معالجة المياه العادمة: تتم معالجة المياه العادمة على ثلاث مراحل:

المرحلة الأولى: مرحلة التصفية، ويتم فيها التخلص من المعوقات والمواد الصلبة بالترشيح والترسيب. المرحلة الثانية: مرحلة المعالجة البيولوجية التي تعتمد على البكتيريا لأكسدة المواد العضوية وتخريبها. المرحلة الثالثة: المعالجة النهائية والتي يتم فيها التخلص من البكتيريا والفيروسات ومنتجات تخرب المركبات العضوية.

ويمكن أن يتم التحلل بوجود الأوكسجين الجوي فنسميه التحلل الهوائي، أو بمعزل عن الأوكسجين فنسميه التحلل اللاهوائي، ويجري وفق التفاعلات:
أ- التحلل الهوائي للسكر:



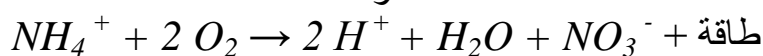
ب- التحلل الهوائي للبروتينات:



ج- النترجة: وتعني التحول الحيوي للنشادر إلى نترات ثم إلى نترات حيث تتم أكسدة النشادر إلى نترات بواسطة أنزيم تحويه بكتيريا النتروروموناس في الأوحال المنشطة، ويكون معدل نمو هذه البكتيريا بطيئاً، لذا يتوجب ولأجل استمرار عملية النترجة أن يكون معدل النمو أكبر من معدل ضياع الكائنات الحية في الأوحال الفائضة أو الأوحال المعدة للتصريف:



أو



٦- تصنيف ملوثات الماء: يعتبر التصنيف التالي التصنيف المعتمد من معظم وكالات حماية البيئة في العالم:

٦-١- الفضلات المستهلكة للأوكسجين: وهي مجموعة المركبات القابلة للتفكك والتحلل بوجود الأوكسجين، ويتطلب تفككها احتواء الماء على بكتيريا خاصة، وفي هذه الحالة سيستهلك تحللها موجود الماء من الأوكسجين ما يؤدي لتراجع الحياة المائية.

٦-٢- العوامل الممرضة: وتشمل الكائنات الدقيقة الممرضة المختلفة التي تدخل الماء مع فضلات البشر عادة.

٦-٣- المركبات العضوية التركيبية: وتشمل المبيدات والمنظفات وبعض المواد الكيميائية الأخرى، ويعتبر قسم كبير منها سام للأحياء المائية، وقد يكون ضاراً بالإنسان.

٦-٤- الأسمدة أو مغذيات النبات: مثل الأزوت والفوسفور التي تنصرف من الأراضي المسمدة والمواد الناتجة عن محطات معالجة التلوث والمجاري، وتلعب دورها السلبي في تنشيطها لنمو الطحالب والأعشاب المائية.

٦-٥- الكيماويات اللاعضوية والمركبات المعدنية: وتشمل الحموض والمعادن الثقيلة كالزئبق والكاديوم.

٦-٦- الرواسب: وهي عبارة عن الرمال والأترربة التي تنجرف من اليابسة، وتؤدي لأضرار كبيرة في قاع البحار بتأثيرها على المحار والشعب المرجانية.

٦-٧- المواد المشعة: وتصل للماء بعد عمليات استخراج ومعالجة المواد المشعة، والعمليات الطبية النووية والتفجيرات النووية أيضاً، وتتركز بصورة نموذجية في سلسلة الغذاء.

٦-٨- التفريغ الحراري: يؤدي تفريغ مياه التبريد الصناعية الحارة لرفع درجة حرارة المجاري المائية ما يؤدي لتغيرات متنوعة في النظام البيئي.

٧- أضرار تلوث الماء كيميائياً على صحة الإنسان: يشكل تلوث الماء بالمواد الكيميائية خطراً على البيئة وصحة الإنسان، ويمكن تلخيص أهم المركبات التي تلوث الماء على الشكل:

٧-٤- الحديد والمغنيزيوم: يسبب الحديد والمغنيزيوم تغير لون الماء إلى أشبه بالصدأ *Rust-colored* ولا يسبب ضرراً إلا إذا كان بكمية كبيرة وأكثر وجودهما في المياه الجوفية.

٧-٥- المركبات العضوية: يسبب الكثير من المركبات العضوية الداخلة في تحضير مواد بناء الحمامات الصباغية كالعوامل الخافضة للتوتر السطحي وأنواع عوامل التسوية والمبثرات ومواد الإنهاء ...

٧-٦- الهالوجينات: يستخدم الكلور والفلور لتنقية المياه من الجراثيم، وقد ساهما كثيراً في تنقية المياه، ولكن قدرة الكلور على التفاعل مع الفحوم الهيدروجينية يعطي فحوم هيدروجينية مكلورة مسرطنة، ويستخدم الفلور في الولايات المتحدة لتنقية المياه ووجد أنه بتركيز ١٠ ميلي غرام/ لتر يحمي الأسنان من التسوس.

تقنيات معالجة المياه العادمة في المصانع

تجري عمليات معالجة المياه العادمة الصناعية وفق آليتين: معالجة كيميائية، نتبعها بمعالجة حيوية للتخلص من المركبات العضوية غير القابلة للترسب، وصولاً لمياه عادمة يمكننا إعادة استخدامها أو الاستفادة منها لأغراض أخرى كالزراعة أو حتى للشرب.

تشمل معالجة المياه العادمة كيميائياً مجموعة من العمليات الطبيعية والكيميائية بهدف التخلص من المواد الصلبة والمعلقات والمركبات العضوية والكائنات الدقيقة أو تقليلها لدرجة مقبولة، وقد يشمل ذلك إزالة بعض العناصر الغذائية العالية التركيز مثل الفوسفور والازوت.

١- المعالجة الأولية: تستخدم في هذه المرحلة من المعالجة وسائل لفصل وتقطيع الأجزاء الكبيرة الموجودة في المياه لحماية أجهزة المحطة ومنع انسداد الأنابيب، وتقوم على منخل متسع الفتحات، نتبعها بفصل فيزيائي للأطوار، وخصوصاً فصل الطورين الصلب والزيتي عن السائل المائي، أما فصل الغاز فليس له كبير أهمية إلا في بعض المعالجات الخاصة، وتعد عملية فصل المواد الصلبة الخطوة الرئيسة في كل أنظمة معالجة التلوث.

وتعتبر تقنية التصفية تقنية محدودة، لأنها تفصل الجزيئات الكبيرة الحجم فقط، وتستخدم المصافي الخشنة عند مداخل وحدات المعالجة، وبحيث يلائم قياس فتحاتها أقطار المواد الصلبة المراد عزلها، ونتبعها بمصافي ومرشحات أكثر دقة وصولاً للدقائق الناعمة التي يمكننا ترسيبها بأحواض الترسيب ما يخلصنا من مشاكل الانسدادات في أنابيب أحواض الترقيد، ويتم فصل المواد الصلبة عن طريق الترسيب بالاستفادة من الجاذبية لتحقيق عملية الترقيد، ويمكن أن تتم هذه العملية على مرحلتين:

- **حوض التصفية الرملي:** حوض ذو زمن مكوث قصير نسبياً لإزالة الرمال الثقيلة سريعة الترسيب والتي تتراوح أقطارها بين ٠,١-٠,٢ ملم، وتصمم بحيث تكون سرعة الجريان ٠,٣ م/ثانية.

- **حوض الترسيب الأولي:** لإزالة المواد الصلبة بطيئة الترقيد، إذ يبلغ زمن المكوث هنا أكثر من ساعتين، أما القطرات الزيتية الأخف من الماء فتطفو على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء إلى قاع الحوض، ويجب إزالة كلا الطبقتين السفلى التي تشكل الحمأة العلوية التي تشكل الفيلم الزيتي أو الزبد بألية مناسبة تعمل بشكل مستمر أو متقطع.

ويمكننا من خلال هذه العملية إزالة ٥-١٠% من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى ٢-٢٠% من المعلقات.

٢- المعالجة الأولية: أو مرحلة التخثر الكيميائي والترسيب، والغرض منها إزالة المواد العضوية والصلبة اللاعضوية القابلة للانفصال بالترسيب، ويمكننا في هذه المرحلة إزالة ٣٥ - ٥٠% من المواد العضوية القابلة للتحلل إضافة إلى ٥٠-٧٠% من المعلقات.

وتحتوي الوحدة الخاصة بالمعالجة الأولية على أحواض للترسيب بالإضافة إلى المرافق الموجودة في وحدة المعالجة الأولية، وقد تحتوي على وحدات تغذية لبعض المواد الكيميائية إضافة لأجهزة مزج تلك المواد مع المياه.

ويتم التخثر الكيميائي بإضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيائي للجسيمات ينتج عنه تلاحقها مع بعضها، وبالتالي تجمعها وازدياد حجمها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب، وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمنيوم والكالسيوم والبوليميرات. أو أننا نلجأ لزيادة زمن الترقيد، ولكن الخيار الأخير يتطلب أحواضاً كبيرة بالإضافة إلى أنه قد ينشأ عنه مشكلة تحول منطقة الحمأة إلى منطقة لا هوائية.

تعتمد المعالجة الكيماوية على ترسيب الكيماويات الناتجة عن العمليات الصباغية والتي نجدها في المياه العادمة، وتختلف تقنيات الترسيب عادةً باختلاف نوعيات الأصبغة المختلفة ما بين أصبغة معلقة أم

أصبغة فعالة... مثلاً، وهذا ما يوجب إجراء بعض التجارب المخبرية على العوامل المُرسِبة " نوعاً وتركيزاً " للوصول للنتائج المثلى في الإزالة، ومن المُرسِبات المستخدمة نجد:

٢-١- الكلس الحي CaO: والذي يتحول بإذابته بالماء لماءات الكالسيوم " الكلس المطفأ $Ca(OH)_2$ "، فيتفاعل مع الجزيئات الصباغية محولاً إياها لأملحها الكلسية الراسبة بأحواض الترسيب الخاصة مع ارتفاع لدرجة الحموضة حتى 11-12: pH، لذا فإنه لا بد من تعديلها قبل صرفها بإضافة حمض ما أو مادة حمضية أو بغازات حرق الوقود الحاوية على ثاني أكسيد الكربون حتى تصبح 5.8-5: pH، ومن الضروري تجنب التعديل بالكلس عند احتواء مياه الصرف على شوارد الكبريتات تجنباً لتشكل كبريتات الكالسيوم " الجص " الذي قد يتسبب ببناء طبقات تسد أنابيب شبكة المعالجة.

٢-٢- كبريتات الألمنيوم " الشبة " والتي يمكنها تشكيل كتل هلامية مع الماء ما يُمكنها من تشكيل كتل هلامية ضخمة مع الجزيئات الكيماوية والصباغية المنحلة أو المعلقة بالماء لتصل لوزن نوعي عالٍ تبدأ معه بالترسب لقاع أحواض الترسيب.

٢-٣- أملاح كلور الحديد أو كبريتات الحديد: وتعمل أيضاً على مبدأ تشكيلها أملاحاً غير ذوابة للصبغ.

وقد بينت الدراسات على بعض الأصبغة أن لكل صبغ قيمة مثلى لدرجة الحموضة ليحقق أعلى نسبة ترسب ممكنة، فمن الأصبغة ما يتوافق ترسيبه بأملاح الألمنيوم، ومنها ما يناسبه كلور أو كبريتات الحديد، كما يبين لنا الجدول ٦:

الجدول ٦: المقارنة بين استخدام محلول كبريتات الألمنيوم ١٠% ومحلول كلور الحديد ١٠%

| لون الرشاحة | وزن الراسب " غ " | pH بعد إضافة الكاشف | كلور الحديد " مل " | كبريتات الألمنيوم " مل " | الصبغ |
|---------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| غامق *** | ٠,٠٢٠٨ | ٤,١٠ | ١ | ١ | الأحمر الفعال |
| - | ٠,٠٠٤٧ | ٢,٦٤ | ١ | ١ | Reactive Red 195 |
| برتقالي | ٠,٠١٣٩ | ٤,٠٦ | ١ | ١ | الأصفر الفعال |
| أصفر فاتح * | ٠,٠٢٩١ | ٢,٥٨ | ١ | ١ | Reactive Yellow 145 |
| غامق | ٠,٠٠٥٦ | ٤,١٥ | ١ | ١ | الأزرق الفعال |
| غامق *** | ٠,٠٠١١ | ٢,٦٥ | ١ | ١ | Reactive Black 5 |
| أزرق فاتح | ٠,٠٢٤ | ٤,١٤ | ١ | ١ | الأزرق تركواز الفعال |
| أزرق باهت * | ٠,٠٢٦٢ | ٢,٧٢ | ١ | ١ | Reactive Blue 21 |
| شفاف | ٠,٠١٧٠ | ٤,٢٥ | ١ | ١ | الأسود المباشر |
| شفاف مصفر ** | ٠,٠١١٢ | ٢,٧٥ | ١ | ١ | Direct Black 22 |
| بنفسجي فاتح | ٠,٠٠٤٤ | ٤,٢٣ | ١ | ١ | الأزرق كلحي المباشر |
| شفاف * | ٠,٠٠٨٣ | ٢,٧٠ | ١ | ١ | Direct N. Blue UBL |
| برتقالي فاتح | ٠,٠٠١٩ | ٤,١٧ | ١ | ١ | الأصفر المباشر |
| أصفر مخضر *** | ٠,٠١١٥ | ٢,٨٤ | ١ | ١ | Direct Yellow PG |
| أحمر فاتح | ٠,٠٠٤٤ | ٤,٢٤ | ١ | ١ | الأحمر المباشر |
| أصفر فاتح * | ٠,٠١٤٤ | ٢,٧٤ | ١ | ١ | Direct Red 80 |
| رمادي | ٠,١٤٢٢ | ٤,٠٠ | ١ | ١ | الأسود الحمضي |
| شفاف * | ٠,٠٠٤٢ | ٢,٤١ | ١ | ١ | Acid Black 172 |
| أزرق فاتح | ٠,٠٢١٢ | ٣,٩٩ | ١ | ١ | الأزرق الحمضي |
| شفاف * | ٠,٠٠٥٩ | ٢,٣٦ | ١ | ١ | Acid Blue 113 |
| أحمر خفيف | ٠,٠١٩١ | ٤,٠١ | ١ | ١ | الأحمر الحمضي |
| أحمر خفيف *** | ٠,٠٥١٥ | ٢,٤٥ | ١ | ١ | Acid Red 114 |

*: يفضل استخدام محلول كلور الحديد، **: يفضل استخدام محلول كبريتات الألمنيوم، ***: لا يوجد فرق واضح بين الكاشفين

من دراسة: د. مروان البحرة، د. هيفاء العظمة، أ. إغناطيوس رزق الله - مجلة جامعة دمشق، المجلد ١٧ - العدد الثاني - ٢٠٠١

٢-٤- البوليميرات الموجبة والسالبة: وتشكل شوارد هذه المركبات بنى هلامية راسبة مع شوارد المواد الكيماوية والجزيئات الصباغية، ويشترط لاستخدامها معالجة كل منهما مع المياه العادمة على انفراد، تداركاً لتفاعلها مع بعضهما البعض وبالتالي ترسيبهما بدلاً عن ترسيب الأصبغة والكيماويات الأخرى،

ويطلق على البوليميرات الموجبة والتي نجد منها مثلاً مشتقات بعض الحموض البولي كربوكسيلية اسم المكتلات، وعلى البوليميرات الموجبة الشحنة والتي نجد منها بعض المشتقات الأمينية اسم المزغبات كونها تشكل مع الشوارد السالبة الشحنة للأصبغة المنحلة كشوارد الأصبغة المباشرة أو الفعالة أو الحمضية والتي لا يمكننا ترسيبها عادة مراكز موجبة يمكنها استقطاب هذه الشارسات ما يتسبب في تجمعها وتشكيلها أوزاناً نوعية عالية لا تلبث أن تبدأ بالترسب، لذا نعالج بالمزغب الموجب أولاً لنعالج وبمرحلة لاحقة بالمكتل الذي يعمل على ترسيب الأصبغة والمواد الكيماوية معاً.

يمكننا استخدام نفس تقنيات فصل المواد الصلبة للترسيب النهائي بعد المعالجتين الكيماوية أو الحيوية عن طريق أحواض الترسيب النهائية التي تهدف إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية والتي استطاعت العبور من خلال أحواض الترقيد الأولية، والأهم من ذلك أنها تزيل المواد الصلبة الجديدة المتشكلة بالتفاعلات الكيماوية والحوية، ويجب أن يتم الترقيد النهائي على مرحلتين: الأولى في أحواض تقليدية تزال الحمأة فيها بطرق ميكانيكية، والثانية في أحواض كبيرة على مساحات كبيرة من الأرض.

يمكننا إضافة مروبات لأنظمة المعالجة في مختلف مراحل الترسيب إذا كانت كمية المواد الصلبة كبيرة، أو يمكننا الاستغناء عن الترقيد الأولي إذا كانت نسبة المواد الصلبة منخفضة، أما إزالة الزيت فتتم في أجهزة فصل صممت من قبل معهد البترول الأمريكي *API* لاستخدامها مع المياه ذات المحتوى الكبير من الزيوت، ولا يمكننا إزالة الزيوت المنحلة والمستحلبة بالترقيد مثل المواد الصلبة المنحلة وإنما تحتاج لمعالجة كيميائية مسبقة.

وبما أن كل تقنيات الترسيب تعتمد على فارق الوزن النوعي بين المواد الصلبة " أو الزيتية " والماء، لذا فإن كان الفرق صغيراً تراجع كفاءة الترسيب وتطلبت زمناً طويلاً، ويمكننا حل هذه المشكلة باستخدام تقنية التعويم، بضخ الهواء المضغوط في الماء ومن ثم إزالة الضغط ليتحرر الهواء من المحلول ويشكل فقاعات تحمل على سطوحها جزيئات المواد الصلبة.

وقد نتبع العملية أخيراً بالمرور من خلال مرشح رملي *Sand Filtration* يسمح بنفوذ الماء من خلال طبقة رملية بسماكة لا تقل عن ٥٠ سم، ويتم من خلالها إزالة معظم الجسيمات العالقة والتي لم يتم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لصغر حجمها، إضافة إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية بعد عملية التخثر الكيماوي، كما أنها ضرورية لتنقية المياه قبل معالجتها في عمليات لاحقة مثل المعالجة الحيوية والامتصاص بالفحم النشط والتبادل الشاردي والتناضح العكسي.

٣- المعالجة الحيوية: تعتبر المعالجة الحيوية للمياه العادمة مرحلة أساسية من مراحل المعالجة الواجب تطبيقها في محطة المعالجة، وتهدف لأكسدة المواد العضوية المختلفة الموجودة في المياه وتحويلها لمركبات موائمة بيئياً، وتقوم المعالجة على كتلة حيوية من البكتريا وبعض أنواع البكتريا التي يمكننا فصلها عن المياه ومعالجتها على انفراد، وبالتالي الحصول على مياه خالية عملياً من التلوث العضوي، ويمكن أن تكون المعالجة الحيوية للماء الملوث هوائية أو لا هوائية، ولكل نوع سلالاته الخاصة من البكتريا، وتختلف النتائج النهائية بمواصفاتها عن النوع الآخر برغم أن الهدف في الحالتين تحويل المكونات العضوية لنواتج نهائية: غازات وماء ومواد صلبة سهلة الفصل.

تتطلب المعالجة الحيوية الهوائية ضخ كمية كافية من الأكسجين في المياه العادمة لتستهلكها البكتريا في أكسدة المواد العضوية وتحويلها لكتلة حيوية ومواد بسيطة أخرى، ومن الطرق الشائعة: الحمأة المنشطة والأقراص والمرشحات الحيوية... الخ.

أما المعالجة اللاهوائية فتستخدم عند احتواء المياه الملوثة على تراكيز عالية من المواد العضوية، وتتطلب أحواض لا هوائية بحيث تعمل البكتريا اللاهوائية على تحويل المواد العضوية لغازات الميثان والهيدروجين والنشادر وكبريت الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون ونمو الكتلة الحيوية، وللنواتج الغازية روائح كريهة وبعضها قابل للاشتعال ما يوجب جمعها والتحكم بها.

ويعتبر وجود الأوكسجين والبكتيريا أهم عنصرين من العناصر المطلوبة لإنجاح المعالجة الحيوية إضافة لشروط أخرى مثل درجة الحرارة ووجود بعض الأغذية المساعدة، ومن الطرق الشائعة للمعالجة الحيوية نذكر:

٣-١- المرشحات الحيوية: تعتبر طريقة المرشحات الحيوية من أقدم طرق المعالجة الحيوية، ويتألف المرشح الحيوي من سرير من المواد الحصوية أو البلاستيكية الخشنة، توزع فوقه المياه العادمة عبر ذراع رشاش دوار فتتسرب المياه عبر فراغات الوسط المرشح الحامل للبكتيريا التي تفكك المواد العضوية وتؤكسدها بمساعدة الهواء الجوي، وتخرج المياه المرشحة من أسفل المرشح إلى حوض ترسيب ثانوي لفصل وإزالة الحمأة عن المياه.

وتحتاج الحمأة الناتجة للتجفيف فقط، ومن أهم مساوئ هذه الطريقة انتشار الذباب والبعوض في موقع المرشح وعدم ثبات مردود المعالجة.

٣-٢- الأقراص الحيوية الدوارة *Bio disk*: وتعتبر هذه الطريقة إحدى طرق النمو بالغشاء الثابت كما هو الحال في المرشحات الحيوية، فيما عدا أن الكتلة الحيوية هي التي تلامس الماء أثناء دوران الأقراص وليس الماء هو الذي يلامس الكتلة الحيوية.

تتألف وحدة المعالجة من مجموعة أقراص " غالباً ما تكون بلاستيكية " تدور حول محور مركزي ومغمورة لنصف قطرها تقريباً ضمن المياه العادمة، وبعد خروجها يدخل الهواء بينها ملامساً الغشاء الحيوي " طبقة حيوية تنمو على سطح الأقراص " لتبدأ المعالجة.

تستعمل هذه الطريقة في محطات المعالجة الصغيرة، ويبني عدد من صفوف أقراص التماس بشكل متتابع خلف بعضها في حوض التهوية، وتمتاز باستهلاكها القليل للطاقة وبقلة الحمأة الناتجة عنها.

| الطريقة | مرشحات الفيلم الثابت |
|---------------------------------|----------------------|
| الحمل الهيدروليكي: م / يوم / م | ٠,١٥ |
| الحمل العضوي <i>BOD</i> : ل / م | ١٠-٥ |
| تدوير الحمأة | لا يوجد |
| الطاقة: واط / م | ٣٠٠-٢٠٠ |
| النتيجة | قليلة |
| كمية الحمأة من <i>BOD</i> | أقل من ١ - ٥% |

٣-٣- الحمأة المنشطة: تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعاً في الوقت الحاضر بسبب فاعليتها العالية في المعالجة، وسميت بهذا الاسم لأنه يتم وبشكل مستمر إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى حوض التهوية، ما يساعد على تسريع المعالجة وزيادة كفاءتها بسبب زيادة كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية، وبالتالي زيادة معدلات الأوكسدة وتفكيك المواد العضوية إلى مكوناتها الأساسية، وتدخل المياه العادمة إلى أحواض التهوية بعد مرورها على أحواض الترسيب الأولية.

وبالرغم من أنها أكثر كفاءة من المرشحات الحيوية فهي تحتاج لمهارة عالية في التشغيل، ومن أهم الأمور الواجب متابعتها:

١. تغيير معدلات التصريف للمياه العادمة الداخلة للمحطة.
 ٢. تغيير تراكيز المواد الملوثة الموجودة في المياه العادمة.
 ٣. تركيز المواد المعلقة في أحواض التهوية ونسبة المواد المتطايرة فيها.
 ٤. نسبة الرواسب المعادة وتركيز المواد المعلقة فيها.
 ٥. تركيز الأوكسجين الذائب في أحواض التهوية.
 ٦. كفاءة المزج في أحواض التهوية، ولعامل المزج أهمية أساسية لعدة أسباب :
- يساعد على إمداد المياه العادمة في أحواض التهوية بالأوكسجين ويساعد على مزج الأوكسجين مع محتويات أحواض التهوية.

• يساعد التقليل على استمرار التلامس بين الكائنات الحية الدقيقة والأكسجين الذائب والمواد العضوية.

• يمنع المواد المعلقة من الترسب لقاع الحوض.

ويتم المزج إما بالتهوية الميكانيكية أو بالهواء المضغوط ولطريقة الحمأة المنشطة محاسن عديدة نذكر منها:

١. لا تحتاج لمساحات واسعة من الأرض مقارنة مع طرق المعالجة الأخرى.

٢. مردود عالي.

٣. لا تحتاج لأيدي عاملة كثيرة.

٤. يمكن إنشاؤها قرب المدن.

٥. لا تؤدي لانتشار الروائح وتجمع الحشرات الضارة كالذباب خاصة بتوفر التشغيل المثالي.

أما أهم مساوئها فنجد:

١. احتواء الحمأة الثانوية على نسبة رطوبة عالية ما يؤدي لزيادة كبيرة في حجمها ولصعوبة تجفيفها.

٢. كلف عالية.

٣. تحتاج لتجهيزات كهربائية وميكانيكية مرتفعة الكلفة.

٤. تحتاج لكوادر فنية متخصصة للتشغيل.

وتندرج ضمنها طريقة التهوية المطولة وخنادق الأكسدة.

٣-٤- التهوية المطولة: إحدى طرق الحمأة المنشطة المستخدمة لمعالجة المنصرفات الصغيرة، تتميز بسهولة ومرونة تشغيلها، ويمكننا معها الاستغناء عن مرحلة الترسيب الأولي، ومعالجة المياه العادمة بعد ترشيح المواد الطافية والرمال إن أمكن، ومن مزايا هذه الطريقة تفكيك المواد العضوية والاستغناء عن معالجة الرواسب قبل تجفيفها أو استعمالها.

تدخل المياه العادمة الخام في طريقة المعالجة بالتهوية المطولة بعد ترشيح المواد الطافية والرمال لأحواض التهوية حيث تنشط البكتريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية، ويساعد على ذلك عملية التهوية الميكانيكية التي تمنح الأوكسجين الذائب للمياه، وتؤدي عمليات المزج والتحرك المستمرة للسائل ضمن الحوض لرفع فعالية المعالجة، وتخرج المياه من أحواض التهوية لأحواض الترسيب حيث ترسب المعلقات والكائنات الحية الدقيقة، ثم يعاد نسبة كبيرة من هذه الرواسب " الحمأة المنشطة الثانوية " لأحواض التهوية للحفاظ على التركيز المناسب من المعلقات وما تحمله من البكتريا التي تقوم بعملية الأكسدة.

ويلزم للحفاظ على تراكيز ثابتة من المواد العالقة في أحواض التهوية أن يتم تصريف نسبة من المواد المترسبة في أحواض الترسيب بدون مشاكل الرائحة حيث تكون هذه الحمأة مؤكسدة لبقائها في أحواض التهوية مدة طويلة.

ويمكن التخلص من الحمأة الزائدة من هذه العملية بإحدى الطرق التالية:

١. تجفيف الحمأة الزائدة ضمن أحواض تجفيف ثم استخدامها كسماد، وتصرف الحمأة الزائدة كنسبة

من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية، أو كنسبة من تصريف مياه أحواض التهوية.

٢. التشغيل بدون صرف حمأة، أي بإعادة جميع الرواسب من أحواض الترسيب إلى مدخل أحواض

التهوية، على أساس افتراضه بعض الباحثون وهو أن الكائنات الحية الدقيقة تتغذى على جزء من

مكونات الخلايا البكتيرية غير قابلة للتحلل، بالإضافة إلى المواد غير العضوية الموجودة أصلاً

في المياه العادمة، وتتراكم كل المواد التي لم تتأكسد في أحواض التهوية، ويزيد تبعاً لذلك

وبالتدريج تركيز المعلقات في المياه الخارجة من أحواض الترسيب، ورغم زيادة هذه المعلقات

في المياه المعالجة إلا أن هذه المواد تكون مؤكسدة.

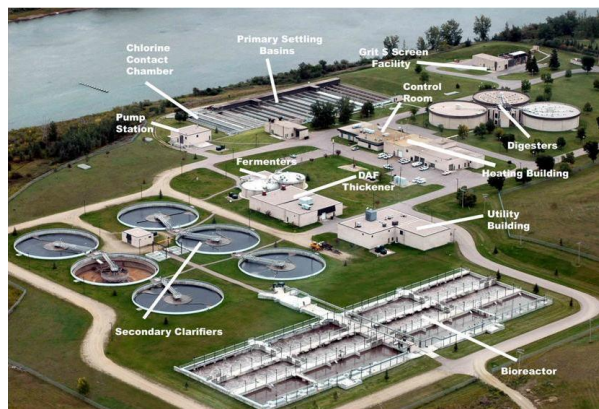
٣. إذابة الحمأة الزائدة كيميائياً وإدخالها لأحواض التهوية لتتم أكسدتها مع المياه العادمة، ويمكن إجراء الإذابة بصورة مستمرة أو متقطعة حسب سعة المحطة، ولكن هذه الطريقة تشكل عبئاً فنياً إضافياً على التشغيل.

يمكننا عموماً تحديد طريقة التخلص من الحمأة الزائدة بحسب مجالات الاستعمال اللاحق للمياه المعالجة، إذ لا يؤثر ارتفاع نسب المعلقة في حال استعمالها في الري أو استصلاح الأراضي. التحكم في صرف الحمأة: من أهم أسس اختيار هذه الطريقة إمكانية تشغيلها بسهولة وبساطة، لأن المعالجة بالتهوية المطولة تستخدم حيث عدم توفر المهارة الفنية، وأبسط هذه الطرق المحافظة على تركيز شبه ثابت للمعلقة في أحواض التهوية، وتصريف الزائد من الحمأة. ولهذه الطريقة كفاءة عالية بشرط عدم تغيير تركيز المواد العضوية بدرجة كبيرة، ويمكن المحافظة على كفاءة المعالجة بالمحافظة على نسبة ثابتة بين الأوكسجين الحيوي المستهلك للمياه العادمة الداخلة لأحواض التهوية، وتركيز المعلقة في هذه الأحواض سواء للمعلقة الكلية أو المواد الطيارة، ولكنها تحتاج لتحاليل مخبرية يومية.

٣-٥- أحواض الأكسدة: وهي طريقة من طرق التهوية المطولة وتصمم بنفس الأسلوب ولكنها تعتمد على البساطة في الإنشاء والتشغيل وتتكون من واحدة أكثر من القنوات التي يتم فيها تهوية وتقليب المياه العادمة ميكانيكياً، ومن مميزات الأساسية أن كمية الرواسب الزائدة المصروفة من أحواض الترسيب النهائية صغيرة نسبياً ومؤكسدة وتعالج فيها المياه العادمة بعد المصافي، ويمكن استخدام القنوات للترسيب أيضاً مدة معينة مرة إلى ثلاث مرات يومياً بوقف التهوية للسماح بالترسيب وبعد ذلك يتم تصريف المياه الرائقة بعد الترسيب ويعاد تشغيل العملية.

ويتم حجز المياه العادمة أثناء فترة الترسيب في خطوط التجميع أو باستخدام وحدتين من قنوات الأكسدة أو بتقسيم القناة إلى جزأين، ولا يستخدم هذا التشغيل في التدفقات الصغيرة نسبياً، أما في التشغيل العادي فيجب إنشاء حوض ترسيب نهائي بعد قنوات الأكسدة.

٣-٦- بحيرات الأكسدة: تعتبر أحواض الأكسدة أبسط الطرق على الإطلاق لمعالجة المياه العادمة، وتمثل أحواض الأكسدة ثلث محطات معالجة المجاري في الولايات المتحدة، وتنشأ هذه البحيرات بطرق هندسية بسيطة تتعدى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية إذا كانت التربة قوية متماسكة وتكون قليلة العمق عادة ومساحتها كبيرة، كما يظهر لنا من الشكل التالي:



وتتم المعالجة في هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بوجود أشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في المياه العادمة. ويفضل قبل أعمال التصميم والتنفيذ دراسة: طبوغرافية المنطقة وما يحيط بها، طبيعة المياه الجوفية، خواص التربة ومكوناتها، درجة الحرارة والرياح السائدة ومعدلات السطوح الشمسي، خواص المياه العادمة، شكل البحيرات المناسب وأسلوب تشغيلها الأمثل، تكاليف الإنشاء والأرض والتشغيل، مجالات استعمال المخلفات السائلة بعد المعالجة، ويجب أن يحقق شكل البحيرات وعددها الأمور التالية:

- مرونة التشغيل.
- إمكانية وقف تشغيل أي وحدة دون التأثير على باقي الوحدات لتنفيذ أعمال الصيانة وتفريغ الرواسب.
- الشكل الطويل للأحواض مع مدخل عميق لمرونة التشغيل إن ساعدت طبوغرافية الأرض على ذلك.

ويمكننا عموماً استخدام أحواض الأكسدة بعد مرحلة أو أكثر من مراحل المعالجة التالية:

- تصفية المواد الطافية.
 - حجز الرمال في أحواض منفصلة.
 - أحواض التحليل.
 - أحواض الترسيب الأولي.
 - بحيرات لا هوائية.
 - أحواض حجز الزيوت والشحوم.
- ميزات بحيرات الأكسدة وأهميتها: بدأ الاهتمام بمعالجة المخلفات السائلة بهذه الطريقة من أجل المناطق الصحراوية الجافة والحارة خصوصاً، إذ تساعد درجات الحرارة وأشعة الشمس على نمو الطحالب التي تمد البحيرات بالأكسجين الذائب، ولهذه الطريقة مزايا لا يمكن توفيرها في طرق المعالجة الأخرى، وأهم هذه المزايا:

- إمكانية تشغيلها بطرق كثيرة.
 - إمكانية تغيير طريقة التشغيل في حالة زيادة الأحمال الهيدروليكية والعضوية بدون الحاجة لإضافة وحدات جديدة ويتم ذلك باستخدام نظام أو أكثر من النظم المستخدمة في محطة معالجة واحدة: بحيرات أكسدة لا هوائية " تعمل كمعالجة تمهيدية للمياه العادمة"، بحيرات أكسدة اختيارية، بحيرات أكسدة هوائية، بحيرات أكسدة بالهواء المضغوط، بحيرات الإنضاج.
- ويمكننا ربط أكثر من طريقة من هذه الطرق في عملية معالجة واحدة حسب درجة المعالجة المطلوبة والتي ترتبط باستعمال المياه الجوفية.
- يمكن استخدام هذه الطريقة في الحالات التالية:

- المناطق ذات المساحات الشاسعة من الأراضي بسعر رخيص.
 - عدم توفر الاعتمادات اللازمة لطرق المعالجة التقليدية المكلفة.
 - عدم توافر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرق الأخرى.
 - الرغبة بمعالجة المياه العادمة معالجة أولية وثانوية، معالجة الحمأة الزائدة.
- وتتم عمليات الإنشاء والتشغيل والصيانة في هذه الطريقة بأقل التكاليف.
- فعالية بحيرات الأكسدة في القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات وبيض الديدان الممرضة : ويتم بسبب:

١. زمن التخزين الطويل الذي يسبب الترسيب المستمر للملقات فيها.
٢. تضارب الظروف البيئية لأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة وتأثير بعض هذه الأنواع على الأخرى.
٣. تأثير أشعة الشمس.
٤. ارتفاع حموضة pH المياه في البرك لاستهلاك الطحالب لثاني أكسيد الكربون.
٥. المواد السامة التي تفرزها الطحالب والتي تقاوم الكائنات الحية الضارة.
٦. استنفاد المواد المغذية للبكتريا.


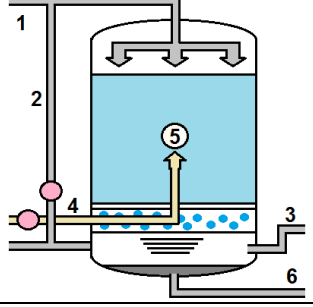
استيعاب التغيرات الفجائية في الأحمال الهيدروليكية والعضوية: يقل تركيز المواد الذائبة الكلية نتيجة المعالجة في بحيرات التخثير.
مساوى بحيرات الأكسدة:

- انتشار الروائح والبعوض.
 - المحتوى العالي للمواد الصلبة المعلقة.
 - الحاجة لمساحات واسعة.
 - تبخر كميات كبيرة من المياه.
 - تلوث المياه الجوفية بسبب الرشح وهذا يتعلق بعامل النفوذية.
- البحيرات المهواة وميزاتها: تزداد أهمية هذه الطريقة مع الوقت لأنها تعطي درجة عالية من الكفاءة وتشجع على إعادة استعمال المياه المعالجة والأهم من ذلك تجعل التخلص من الحمأة أمراً بسيطاً وسهلاً لا يمكن مقارنته بطرق المعالجة الأخرى والتي تمثل الحمأة فيها مشكلة رئيسية، والمزايا التالية تجعل لهذه الطريقة أهمية خاصة في الدول النامية:

١. استخدام التهوية في البحيرات يتميز عن برك الأكسدة الطبيعية بصغر مساحات الأرض التي تحتاجها، والتخلص من مشاكل الحشرات الضارة والرائحة.
٢. يمكننا الاعتماد على تهوية البرك كطريقة متكاملة لمعالجة المخلفات السائلة الحاوية على تراكيز عالية من المواد العضوية أو تستخدم كمرحلة أولى قبل بحيرات الأكسدة في حال عدم توفر مساحة كافية من الأرض.
٣. في حال وجود المعوقات بتراكيز كبيرة نوعاً ما بسبب عملية التهوية والمزج، فإنها لا تؤثر عند استخدام هذه المياه في الري، أما إذا تطلب الأمر خفض تركيز المواد العالقة فيمكننا استخدام بحيرات قليلة العمق للترسيب، ويمكن استخدام هذه البحيرات لتربية الأسماك حيث تكون هذه المياه مناسبة لهذا الغرض.
٤. ملائمة هذه الطريقة لجميع مجالات إعادة استعمال المياه والتي توفرها طرق التشغيل المرنة الممكنة فمثلاً:

- إمكانية زيادة معدلات التهوية.
- إمكانية تعديل نسبة الحمأة المعادة.
- إمكانية إضافة أحواض ترسيب إذا كانت البحيرات أصلاً تعمل بدون وجودها ما يزيد من سعة البحيرات في استيعاب الأحمال الهيدروليكية والعضوية المتغيرة والمتزايدة.
- ٥. تشغيل البحيرات المهواة له ميزات كثيرة منها:
 - في حالة تشغيلها كبحيرات اختيارية تكون أرخص في التكاليف وأسهل في التشغيل، ولكنها تحتاج إلى مساحة أرض كبيرة وفي الدول النامية تتواجد الأراضي عموماً بمساحات كبيرة.
 - يبلغ عمق بحيرات التثبيت المهواة بمعدل ضعفي أو ثلاثة أو أربعة أضعاف عمق بحيرات الأكسدة الطبيعية كما أن مدة بقاء المياه في البرك المهواة يقل بمقدار النصف أو الثلث عن مدة بقاء المياه في بحيرات الأكسدة الطبيعية وعلى سبيل المثال فإن البحيرات المهواة تحتاج لمساحة تصل إلى ١٠٪ من مساحة البحيرات الطبيعية، وهذا شيء هام بالنسبة للمدن المتوسطة والكبيرة.

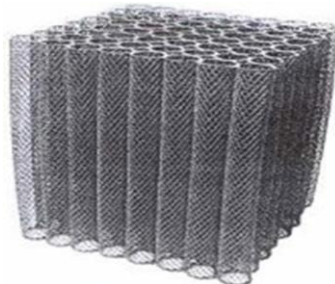
٣-٧- الأبراج الحيوية: تستعمل هذه الطريقة للمياه العادمة بعد إمرارها على مصافٍ ناعمة، ويمكننا معها الاستغناء عن حوض الترسيب النهائي، وقد تصل نسبة الإزالة حتى ٨٠٪، ويمكننا فقط ترسيب مرحلة غسيل الحوامل ونقل الحمأة إلى حوض تكثيف، ونلاحظ أن الحمأة تحتوي على المعوقات العضوية التي تتساقط أثناء عمليات غسيل المفاعل اليومية.
ملاحظة: لا تحتاج هذه العملية لإعادة تدوير حمأة لوجود حمأة معلقة على الحوامل.

| مخطط المفاعل الحيوي البرجي | | م | التفصيل |
|---|--|---|---------------------|
|  <p>تشكيلات البكتريا على الحوامل</p> |  | ١ | دخول المياه العادمة |
| | | ٢ | تدوير الماء |
| | | ٣ | خروج المياه العادمة |
| | | ٤ | هواء |
| | | ٥ | حامل |
| | | ٦ | حمأة |



محطة معالجة لمياه صرف من أجل تخفيض الحمولات المختلفة " عضوية معادن ثقيلة " بالمفاعلات الحيوية " الحمأة الناتجة صفر تقريبا "

٣-٨- المعالجة بطريقة الفيليم الحيوي الثابت: تطورت معالجة مياه الصرف وأدخلت عليها تقنيات كبيرة وخصوصا للتجمعات الصغيرة والمتوسطة، ويتم إضافة سطوح ثابتة غاطسة في حوض التهوية وذات سطح نوعي كبير جداً، ما يمكننا من تصغير حجم أحواض التهوية أكثر من أربع مرات، وتحتاج هذه النماذج لأحواض ترسيب أولية ومصافي ناعمة ذات تنظيف ذاتي، ويمكننا أحياناً الاستغناء عن أحواض الترسيب الأولية، ولا ينتج حمأة عن القسم الحيوي، وبالتالي لا حمأة معادة لوجود الحمأة المعلقة على سطوح التبادل " *Biobloc* ".



٣-٩- المفاعلات الحيوية البرجية ذات الفلم الثابت على حوامل متحركة: بدأ في الآونة الأخيرة انتشار مفاعلات حيوية عمودية تستعمل عدة طرق في المعالجة والغرض الأساسي منها:

١. معالجة حمولات كبيرة.
 ٢. تخفيض المساحة اللازمة.
 ٣. الحصول على حمأة قليلة أو معدومة.
 ٤. إمكانية استخدام كبيرة في الصناعة.
- وفيما عدا حوض التفاعل فإن المعالجة بهذه الطريقة تشبه طريقة الحمأة المنشطة التهوية المتقدمة، إذ يتم تدوير المياه عدة مرات عبر مرذذ على فيلم ثابت من مواد خفيفة متحركة، ويتم تزويد الهواء بمعدلات عالية تصل إلى ٧٠٠ م^٣/ساعة عن طريق أجهزة تهوية مزودة بضواغط، وتتم المعالجة بمفاعلات مستمرة التدفق، أو عن طريق دفعات وسوف نلاحظ الحمل العالي الذي يعالجه على واحدة المتر المربع، وتقوم البكتريا باستهلاك المواد العضوية وكثير من المركبات في وسط من الأوكسجين والحركة الدائمة للحوامل.

| الطريقة | الحمل الهيدروليكي | الحمل العضوي BOD | تدوير حمأة | الطاقة m ³ /w | نترجة | كمية الحمأة من BOD |
|-------------------|--|----------------------------|------------|--------------------------|-------|--------------------|
| مرشحات فيلم متحرك | ٢٤ م ^٣ /م ^٢ /يوم | ١-٣ كغ/م ^٣ /يوم | لا يوجد | ١٥٠ | يوجد | أقل من ٥% |

٣-١٠- طريقة الأرض الرطبة *Wet land:SFS*: تعطي هذه الطريقة معالجة بدون أثر للحمأة، وتستعمل الأراضي الرطبة لمعالجة مياه صرف لتجمعات صغيرة أو حتى كبيرة نسبياً. إذ تمرر المياه من خلال مصافي ناعمة ومن ثم إلى حوض توازن، وتضخ وتوزع بشكل منتظم إلى حوض يتألف من أرضية كتيمة وطبقات خاصة نفوذة من المواد العضوية والرمال ومزروعة بنباتات خاصة وأن النباتات المستعملة متوفرة في كل المناطق في العالم " وتتم المعالجة وإعطاء الأوكسجين واستهلاك المواد العضوية من خلال الجزء المغمور في الماء والترربة. والمعالجة بالأراضي الرطبة لا تعطي حمأة بسبب استهلاكها من البكتيريا الموجودة على الجذور والترربة، وعموماً فإن هذه الطريقة رخيصة ولكن تحتاج لتصميم جيد ولمراقبة دائمة حتى لا تغلق المسامات ضمن الرمل:



كيفية مد شبكة توزيع مياه الصرف في حوض المعالجة للطريقة الرطبة *SFS*

٤- **التعقيم:** يتم التعقيم بحقن محلول الكلور بجرعة تعادل ٥ - ١٠ ملغ/ل، وعادة ما تكون فترة التعقيم لمدة ١٥ دقيقة كحد أدنى في حالة عدم استخدام الماء لاحقاً، وفي حالات استخدامها للزراعة فإن مدة التطهير تصل إلى ١٢٠ دقيقة.

٥- **المعالجة المتقدمة:** يتم تطبيق هذه المرحلة من المعالجة عندما تكون هناك حاجة إلى ماء عالي النقاوة، وتتضمن هذه المرحلة عمليات مختلفة لإزالة الملوثات التي لا يمكن إزالتها بالطرق التقليدية سابقة الذكر كالأزوت والفوسفور والمواد العضوية والمعلقات الزائدة إضافة للمواد التي يصعب تحللها بسهولة والمواد السامة وتتضمن هذه العمليات:

٥-١- الامتصاص بالفحم النشط *Carbon adsorption*: ويتم في هذه العملية استخدام كربون منشط لإزالة المواد العضوية المنحلة، إذ تمر المياه من خلال أبراج تحوي الفحم الفعال لامتصاص المواد العضوية المنحلة الموجودة في المياه العادمة، وبعد تشبع الفحم يتم إعادة تنشيطه بالحرق أو استخدام مواد كيميائية.

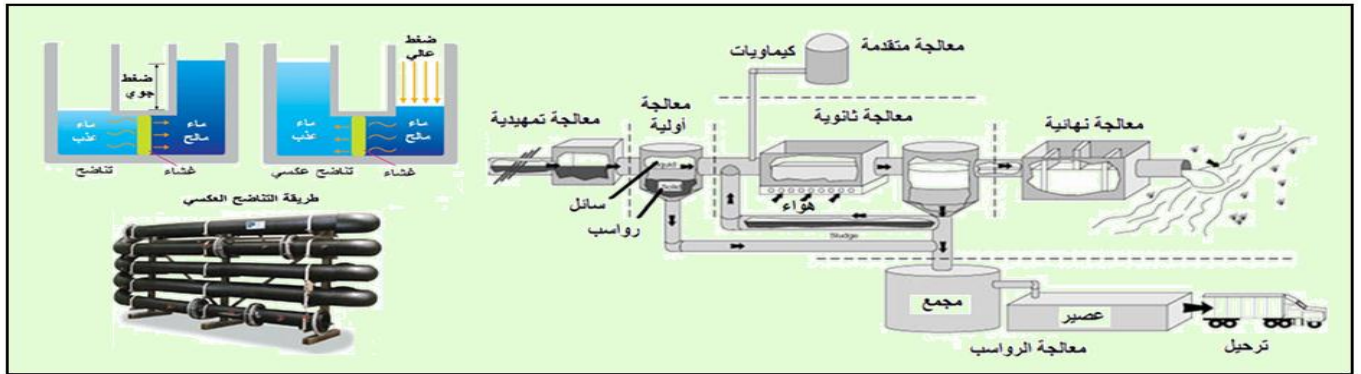
٥-٢- التبادل الشاردي *Ion exchange*: يتم من خلال هذه العملية التخلص من شوارد معينة في الماء بحسب نوعية الرززين المستخدم، وتشابه هذه العملية عملية الامتصاص بالفحم الفعال، إلا أنها تستخدم لإزالة المواد غير العضوية.

٥-٣- التناضح العكسي *Reverse osmosis*: يتم في هذه العملية ضخ الماء تحت ضغط عال من خلال غشاء رقيق ذو فتحات غاية في الدقة بحيث تسمح بمرور جزيئات الماء فقط وتمنع مرور جزيئات الأملاح والمواد الأخرى:

ويوضح الجدول ٧ نسب إزالة بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي من خلال طرق المعالجة المختلفة الأولية والثانوية والمتقدمة:

الجدول ٧

| نسب إزالة بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي من خلال طرق المعالجة المختلفة الأولية والثانوية والمتقدمة | | | المعالجة الثانوية الحمأة المنشطة % | المعالجة الأولية % | الطريقة عنصر الإزالة |
|---|-------------------------|--------------|--|--------------------------|-------------------------|
| % معالجة متقدمة باستخدام | | | | | |
| أكسدة كيميائية وتناضح عكسي | امتصاص بالفحم الفعال | ترشيح رمل | | | |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ٩٦ | ٩٤ | ٤٢ | الأكسجين البيو كيميائي |
| ١٠٠ | ٩٨ | ٨٨ | ٨٣ | ٣٨ | الأكسجين الكيميائي |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ٩٩ | ٩١ | ٦٣ | المعلقات الصلبة |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ٨٠ | ٧٠ | ١٨ | أزوت نشادر |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ٨٣ | ٦٠ | ٢٧ | الفوسفور |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ٩٠ | ٨٩ | ٣٤ | الفحم العضوي |
| ١٠٠ | ٩٧ | ٩٤ | ٩٤ | ٦٥ | الزيوت والدهون |
| ١٠٠ | ١٠٠ | ٩٧ | ٩٠ | ١١ | العكر |
| لا تغيير | لا تغيير | ٨٩ | ٣٨ | تزداد | القلوية |
| ٩٣ | ٩٣ | ٧٠ | ٥٦ | ١٥ | اللون |
| ٩٢ | ٩٢ | ٧٩ | ٧٩ | ٢٧ | مسيبات الزبد |



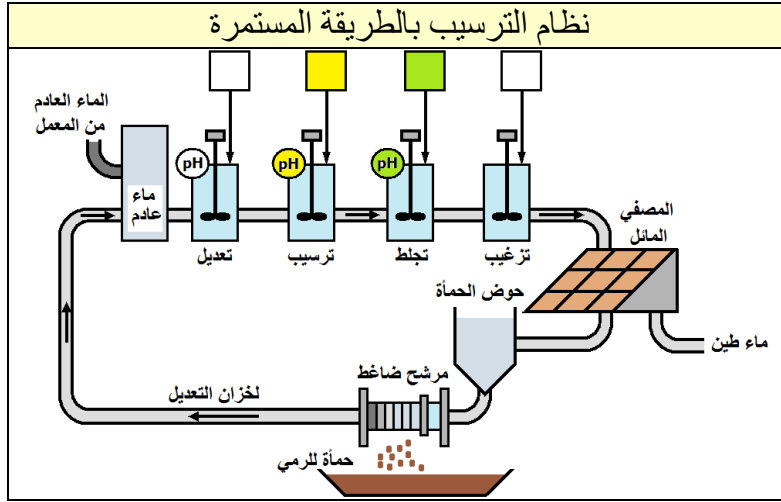
٤-٥- المؤكسدات: وتقوم هذه الطريقة على أكسدة المواد الكيميائية العضوية والجزيئات الصبغية في المياه العادمة، ونجد من أهم المؤكسدات المعتمدة في هذا المجال: الأوزون O_3 والماء الأكسجيني H_2O_2 وفوق الأكاسيد الأخرى.

٥-٦- المُرَجَعَات: وتقوم هذه الطريقة على استخدام بعض العوامل المرجعة مثل هيدروسلفيت الصوديوم $Na_2S_2O_4$ الذي يفكك الأصبغة لمركبات عطرية متنوعة عديمة اللون، ولكن يبقى هنا رقما الـ COD & BOD عاليين إن لم تترسب منتجات العمليات الإرجاعية، ونرى في الجدول ٨ مواصفات المياه اللازمة لمختلف الأغراض:

الجدول ٨

| مواصفات المياه اللازمة لمختلف الأغراض | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----|---|--------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| مرافق عامة | استحمام | | | صناعية | زراعية | | | أغراض الاستعمال طرق المعالجة |
| | أغراض أخرى | شرب | نشاط بدون ملامسة مثل ركوب القوارب | | نشاط ملامسة كالسباحة | محاصيل تؤكل طازجة | محاصيل تؤكل بعد الطبخ | |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | أولية |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ثانوية |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | مرشحات رملية |
| | ○ | | | | | | | امتصاص بالفحم |
| | ○ | | | ○ | | | | تبادل شاردي |
| ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | تعقيم |

○ : مطلوبة أحيانا - ○ : ضرورية - ○ : مطلوبة أحيانا



خطوات المعالجة بدون المعالجة الحيوية

| المرحلة | المياه العادمة الواردة | إضافة المكثلات أو العوامل المخثرة | مرشح رملي | الفحم النشط | تقويم بالكلور |
|---------|---|--|----------------------------|-------------------|---------------|
| المحتوى | معلقات صغيرة وكبيرة الحجم، بكتيريا، مكونات ذوات روائح | معلقات صغيرة الحجم، بكتيريا، مكونات ذوات روائح | بكتيريا، مكونات ذوات روائح | مكونات ذوات روائح | / |
| الإزالة | المعلقات الكبيرة الحجم | المعلقات الصغيرة الحجم | مكونات ذوات روائح | بكتيريا | |

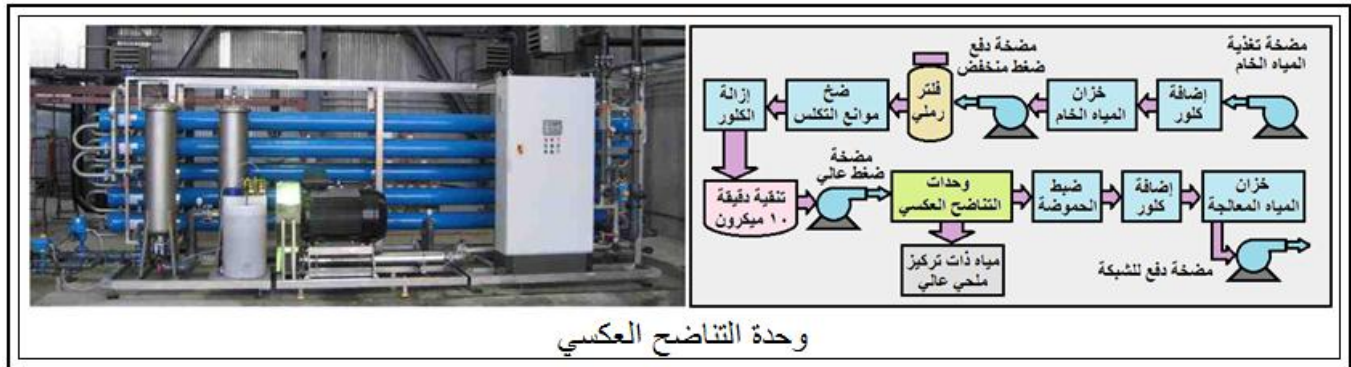
٦- معالجة المياه الصناعية بطريقة التناضح العكسي RO: Reverse Osmosis: تعتبر عملية التناضح العكسي تقنية حديثة بالمقارنة مع عمليتي التقطير والترشيح، فقد تم طرحها تجارياً في السبعينات، وتعرف على أنها عملية فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء، ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل، والطاقة المطلوبة للتخلية هي لضغط مياه التغذية. ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ المياه الخام في وحدة مغلقة لضغطه على الغشاء، ما يرفع من تركيز الملح في باقي المياه الخام، كما يمر في الآن عينه جزء من الماء الخام دون مروره على الغشاء منعاً للارتفاع العالي للأملاح في باقي الماء الخام، وبالتالي التسبب بمشاكل كبيرة لاحقة مثل ضرورة رفع الضغط عالياً على الغشاء والترسبات، وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين ٢٠ إلى ٧٠% من مياه التغذية بحسب محتوى المياه الخام من الأملاح، ويتكون نظام التناضح العكسي من المكونات الأساسية التالية:

معالجة أولية ← مضخة ضغط عالي ← مجمع أغشية ← معالجة نهائية

ويتم في المعالجة الأولية التخلص من العوالق والكائنات الحية لمنع نموها على الأغشية، وقد تضاف بعض الحموض أو الكيماويات منعاً لأي ترسب غير مرغوب به. وتوفر المضخة ذات الضغط العالي الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح، ويتراوح الضغط بين (١٧-٢٧) بار " لمياه الآبار و(٥٠-٨٠) بار لمياه البحر. ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فارق الضغط فيه، والأغشية نصف المنفذة قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح، وليس هناك غشاء محكم إحكاماً كاملاً في طرد الأملاح، ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه الناتجة.

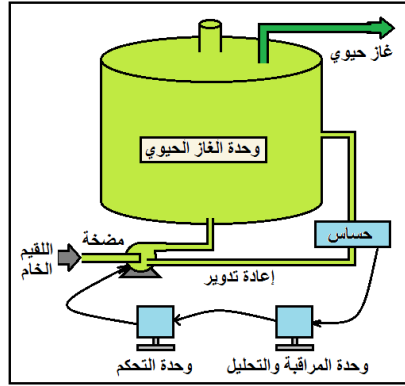
وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماطٍ مختلفة، وهناك اثنان منها ناجحين تجارياً، وهما اللوح الحلزوني والشعيرات الدقيقة المجوفة، ويستخدم هذان النوعان لتخلية مياه الآبار ومياه البحر على الرغم من اختلاف تكوين الغشاء الإنشائي ووعاء الضغط اعتماداً على المصنع وملوحة المياه المراد تحليتها. وتهدف المعالجة النهائية للمحافظة على خواص الماء، وقد يتم فيها التخلص من بعض الغازات المنحلة وتعديل الحموضة.

وقد ساعد تطور ان على خفض كلفة هذه الوحدات في الآونة الأخيرة، أولهما تطوير الغشاء الذي يمكنه العمل عند ضغوط منخفضة بكفاءة ملائمة، وثانيهما إمكانية استعادة الطاقة المبذولة أثناء العمل، وتستخدم أغشية الضغط المنخفض لتحلية مياه الآبار على نطاق واسع، وتتصل تجهيزات استعادة الطاقة بالتدفق المركز عند خروجه من وحدة الضغط العالي، ويفقد الماء من (١-٤) بارات من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي، وتتكون تجهيزات استعادة الطاقة من مجموعة توربينات ومضخات التي يمكنها تحويل فارق الضغط لطاقة محرّكة.



وحدة الغاز الحيوي

١- مقدمة: أدى التقدم الحضاري للإنسان واهتمامه بالمحافظة على البيئة من التلوث وترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية والبحث عن مصادر بديلة للطاقة البترولية الناضبة إلى العودة للزراعة العضوية واستغلال المصادر الطبيعية لإنتاج الطاقة والغذاء والعلف لإنتاج منتجات زراعية ذات قدرة تنافسية عالمية، وذلك بالأخذ بتقنيات متطورة ونظيفة ورخيصة تحقق طموح المزارعين في استغلال المنتجات الزراعية الثانوية بطريقة اقتصادية وأمنة بيئياً لتحقيق دخل إضافي من وحدة المساحة الزراعية. وتهدف تقنية وحدة الغاز الحيوي لإعادة استخدام المخلفات العضوية كمخلفات المحاصيل وروث الماشية بطريقة اقتصادية وأمنة صحياً لإنتاج طاقة متجددة بديلة للطاقة التقليدية مع إنتاج سماد عضوي جيد وحماية البيئة من التلوث.



٢- وحدة الغاز الحيوي: تعد تقنية وحدة الغاز الحيوي والتي تعتمد علي التخمير اللاهوائي للمخلفات الصلبة والسائلة من التقنيات المنتشرة في العديد من دول العالم لمعالجة مخلفات الصرف الصحي والمخلفات النباتية والحيوانية والقمامة بطريقة اقتصادية وأمنة صحياً لحماية البيئة من التلوث مع إنتاج غاز الميثان كمصدر متجدد للطاقة ما يعزز من ترشيد استهلاك أنواع النفط عالمياً.

وتعطي وحدة الغاز الحيوي مزيج من غازي الميثان CH_4 بمعدل ٥٠-٧٠%، وثاني أكسيد الكربون CO_2 بمعدل ٢٠-٢٥% مع مجموعة غازات أخرى مثل كبريت الهيدروجين H_2S والأزوت والهيدروجين تتراوح نسبتها بين ٥-١٠٪، والغاز الحيوي غاز غير سام عديم اللون وله رائحة كبريتيد الهيدروجين، أخف من الهواء وليس هناك مخاطر أمنية عند استخدامه، وتتراوح قيمته الحرارية بين ٣١٧٠-٦٦٢٥ كيلو كالوري/م^٣ تبعاً لمحتواه من غاز الميثان والذي تختلف نسبته بالمخلوط الغازي تبعاً لنوع المواد المتخمرة وكفاءة تشغيل وحدة الغاز الحيوي.

يتخلف بعد إنتاج الغاز سماد عضوي جيد غني في محتواه العضوي وعناصر السماد الأساسية، وبالكميات الملائمة للنبات فضلاً عن محتواه من الهرمونات النباتية والفيتامينات ومنظمات النمو، وخلوه من الجراثيم المرضية والبرقات والبويضات وبذور الحشائش كونها تهلك تماماً أثناء تخمر المخلفات العضوية ما يجعله سماداً نظيفاً لا يلوث البيئة ولا خطورة من استخدامه في تسميد جميع المحاصيل. كما يستخدم كمصدر لعلف الحيوان والطيور المنزلية لاحتوائه على نسبة عالية من المواد البروتينية ولا يحتوي علي مركبات ضارة بالكائنات الحية.

٣- المخلفات العضوية المنتجة لوحدة الغاز الحيوي:

٣-١- مخلفات حيوانية: روث الماشية، سماد الدواجن، سبلة الخيول، روث الأغنام والماعز والجمال، مخلفات الطيور المنزلية... وغيرها.

٣-٢- مخلفات نباتية: الأحطاب مثل بقايا الذرة والقطن، قش الأرز، العروش الخضر، الثمار التالفة...

٣-٣- مخلفات آدمية: الصرف الصحي، خزانات التحليل، حمأة المجاري...

٣-٤- مخلفات منزلية: القمامة ومخلفات المطابخ، بقايا الطعام، بقايا تجهيز الخضر والفاكهة...

٣-٥- مخلفات صناعية: مخلفات صناعة الألبان، والأغذية، والمشروبات، وتجهيز الخضر والفاكهة، مخلفات المسالخ بأنواعها.

٣-٦- الحشائش: حشائش برية ومائية...

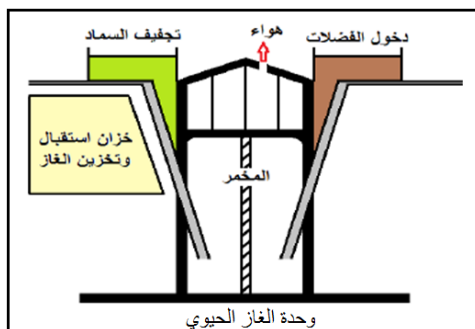
٤- مكونات وحدة الغاز الحيوي: تتكون وحدة الغاز الحيوي من أربعة أجزاء رئيسية:

١. المخمر أو الهاضم.

٢. خزان الغاز.

٣. حوض التغذية بالروث والمواد الخام (حوض الدخول).

٤. حوض خروج السماد العضوي (حوض الخروج).



ويتوجب لضمان الاستفادة القصوى من منتجات وحدة الغاز الحيوي تزويد الوحدة بـ:

١. حوض لفصل الجزء الصلب من السماد وتجفيفه هوائياً وتعبئته وخرنه لحين الاستخدام.

٢. شبكة توصيل غاز معدنية لا تصدأ أو من البولي إيثيلين.

٣. شبكة إيصال الغاز الحيوي لوحدة استثماره والمزودة بمصيدة بخار الماء.

ويتطلب نجاح تقنية وحدة الغاز الحيوي ضبط مكونات النظام لتتكامل مع بعضها محققة الهدف من إنشاء وحدة الغاز الحيوي، وهو إنتاج كمية ملائمة من الغاز وإنتاج سماد عضوي جيد ونظيف خال من الملوثات وبأقل تكلفة ممكنة مع تحقيق حماية البيئة من التلوث.

٥- حجم وحدة الغاز الحيوي: يرتبط حجم وحدة الغاز الحيوي بعوامل عديدة هي:

١. كمية ونوع المخلفات العضوية ونوع الماشية وطريقة إعدادها، ويعطي نظام الاسطبلات فكرة

عن كمية ونوع المخلفات المستهدف إدخالها دورة وحدة الغاز الحيوي.

٢. هدف معالجة المخلفات العضوية: إنتاج الطاقة أو السماد العضوي أم إنتاج الاثنان معاً.

٣. حجم الطلب على الغاز الناتج ونمط الاستهلاك المطلوب.

٤. طبيعة التربة بالموقع ومستوى المياه الجوفية.

٥. درجة حرارة الجو بمنطقة الوحدة واتجاه الرياح على مدار العام.

٦. كفاءة مستخدمي الغاز الحيوي.

٦- حجم المخمر: هو الحجم الكلي لوحدة الغاز الحيوي.

٧- حجم اللقيم اليومي: هو حجم مزيج الروث والماء التي تضاف للمخمر يومياً دفعةً واحدة أو على دفعات، ويكون متوسط تركيز المواد الصلبة الكلية ١٠٪، ويتوقف مزج المخلفات العضوية بالماء على محتواها من الرطوبة، فنسبة المزج في حالة المخلفات الحيوانية الرطبة مثل الروث تعادل ١:١

٨- زمن التخمير: وهو زمن المكوث اللازم للمخلفات العضوية لتتحول لسماد عضوي، وترتبط بعدة عوامل، مثل:

١. نوع وطبيعة المخلفات العضوية الملقمة: فالمخلفات الحيوانية والأدمية أسرع تحللاً من المخلفات النباتية، والمخلفات الناعمة أسرع تحللاً من الخشنة.

٢. درجة الحرارة: تتراوح درجة الحرارة المثلى للتخمير بين ٢٥-٣٠م، وكلما انخفضت الحرارة عن هذا المعدل زاد زمن التخمير اللازم.

٩- **هدف إنشاء وحدة الغاز الحيوي:** يزداد زمن التخمر اللازم مع ازدياد الطلب على الغاز، وبالتالي سيكون السماد العضوي الناتج سيكون أقل محتوى من عناصر السماد العضوية. ولتوضيح ذلك فإن حساب وحدة الغاز الحيوي لمزرعة مزودة بحظيرة تحتوي على ١٥ رأس ماشية على الشكل:

| | |
|---|---|
| حساب وحدة الغاز الحيوي لمزرعة مزودة بحظيرة تحتوي على ١٥ رأس ماشية | |
| كمية المخلفات الحيوانية | ١٥ × ٢٠ كغ = ٣٠٠ كغ رطب |
| مخلوط التغذية اليومية | ٣٠٠ كغ روث + ٣٠٠ لتر ماء = ٠,٦ م ^٣ / يوم |
| زمن البقاء | ٤٠ يوم |
| حجم المخمر | ٤٠ × ٠,٦ = ٢٤ م ^٣ |

١٠- **خطوات إنشاء وحدة الغاز الحيوي:** يجب اتباع المتطلبات الأساسية لإنشاء وحدة الغاز الحيوي بحيث تتيح الاستخدام الأمثل للموقع الذي تم اختياره دون أي تأثير ضار علي المنشآت القائمة. **الحفر:** يحدد عمق الحفر طبقاً لطبيعة التربة، ويجب مراعاة الميل المناسب لجوانب الحفر ويكون قاع الحفر مقعر الشكل، وبحيث تكون نقطة مركز المخمر أكثر تفعراً. **القاعدة الاسمنتية:** يتم تنظيف الحفرة ومن ثم إضافة مواد البناء ودخلها لنتبعها بصب الأرضية الاسمنتية، وبحيث تكون نسب الاسمنت والرمل والبص بحدود ١:٢:٤، وبتراوح سمك القاعدة الاسمنتية بحدود ١٠-٢٥ سم تبعاً لنوع التربة ومستوى المياه الجوفية ١٠-٢٥ سم تبعاً لنوع التربة ومستوى الماء الأرضي.

جدار المخمر: يجب أن يتحمل جدار المخمر ضغطاً يعادل ١٠٠ كغ/سم^٢، وبحيث تكون نسبة الاسمنت للرمل بحدود ٤:١، وتثبيت مجاري الدخول والخروج على ارتفاع متر من القاع. يقسم المخمر في وحدات الغاز الحيوي الهندية الطراز ذات خزان الغاز العائم فوق سطح المواد المتخمرة إلى حجرتين بحائط نصفي حتى حوالي نصف ارتفاع المخمر، وتتصل إحدى الحجرتين بحوض الدخول والأخرى بحوض الخروج، ويثبت في جسم المخمر وفوق الحائط النصفي محور توجيه خزان الغاز ويكون المحور في مركز المخمر تماماً، ثم يكمل البناء حتي نهاية الارتفاع المطلوب. **عزل المخمر:** المقصود بهذه العملية تبطين المخمر بالاسمنت بعناية ودقة، وتعد من أهم مراحل الإنشاء، ويتم التبطين أو التكليل بإضافة الرمل السيليسي بنسبة ١٪ مع الاسمنت، ومن ثم يُعزل المخمر بعد انتهاء التبطين بالبيتومين.

حوض الدخول: يجب أن تكون قاعدته أعلى من نهاية ارتفاع المخمر، ويتصل بالمخمر بأنبوب ملائم القطر ومزود بسدادة للتحكم في عملية المزج، فعندما تفتح السدادة يندفع مزيج اللقيم مزيحاً المواد السابقة للتليم بالمخمر للخروج من حوض الخروج، ويتحدد حجمه طبقاً لمعدل التغذية اليومية للمخمر. **حوض الخروج:** حوض صغير قاعدته دون نهاية ارتفاع المخمر بحوالي ١٠ سم، ويتصل بالمخمر بأنبوب ملائم القطر لاستقبال المواد المتخمرة وتوزيعها علي أحواض السماد. **حوض السماد:** مساحة سطحية قليلة العمق، ومزودة في نهايتها بطبقة من البص الخشن التي تعمل كمرشح عندما يمرر عبرها محلول التخمر، ولنتبعها بتجفيف السماد بالهواء الطلق تحت سقف يحميها من ماء المطر وأشعة الشمس.

خزان الغاز: يرتبط حجم خزان الغاز بحجم المخمر، وكمية الغاز الناتجة يومياً، ومعدلات استهلاك الغاز وفترات الاستخدام، إذ يتولد الغاز بشكل مستمر وبمعدل بطيء، في حين أن يكون الاستهلاك عالياً لفترات محددة من اليوم وتتراوح السعة التخزينية للغاز ما بين ٣٠-٥٠٪ من حجم المواد المتخمرة. يصنع خزان الغاز من المعدن بسماكة ٣ ملم، ويزود بأذرع داخلية لتقطيع المواد الطافية على سطح المواد المتخمرة والتي تعوق تجميع الغاز بالخزان، ويجب أن يقل قطر الخزان عن قطر المخمر بحوالي

٥ سم لتسهيل حركته إلى أعلى وأسفل وكذلك الدوران حول محوره، ويركب خزان الغاز بعد الانتهاء من التغذية الأولى للمخمر.

١١- تشغيل وحدة الغاز الحيوي:

أ- تغذى وحدات الغاز الحيوي بمزيج المخلفات العضوية والماء بحيث يتراوح تركيز المادة الصلبة الكلية ١٠٪ تقريباً، وتختلف كمية المياه اللازم إضافتها للمخلفات العضوية طبقاً لمحتواها من الرطوبة.
ب- تُملأ الوحدة بعد الانتهاء من إنشائها واختبارها بمزيج المخلفات العضوية والماء، ويركب خزان الغاز أو تقفل جميع الفتحات بالمخمر وتترك لفترة ٢-٣ أسابيع دون أي تغذية مع مراعاة تنظيف المزيج من القش والمواد الكبيرة الحجم.

ج- يتم اختبار المخمر لإنتاج الغاز خلال مرحلة التغذية الأولى، وتركب مصائد المياه وموازن الحرارة على خط الغاز.

د- تتم التغذية اليومية بإغلاق أنبوب حوض الدخول ومزج المخلفات بالماء وتركها لما بعد منتصف النهار ليتمكن المحلول من امتصاص أكبر كمية من الأشعة الشمسية وبالتالي من حرارة الشمس.

هـ- يفتح أنبوب الدخول لتندفع المخلفات بقوة داخل المخمر، ويقابلها في نفس الوقت خروج السماد لحوض الخروج.

و- يخزن السماد في أحواض مكشوفة أو مغطاة أو يمرر على مرشح من البحص لفصل الجزء الصلب عن السائل، ومن ثم يجفف الجزء الصلب في مكان مظلل ويعبأ لحين استخدامه.

ز- يستخدم الغاز في أي وقت من خلال أجهزة استخدام الغاز.

١٢- وحدة الغاز الحيوي كمصدر للطاقة:

يستخدم الغاز استخداماً مباشراً في جميع الأعمال التي يستخدم فيها غاز البوتان المتداول، علاوةً عن إمكانية استثماره في محطات توليد الطاقة الكهربائية.

١٣- سماد وحدة الغاز الحيوي: يطلق على المزيج المتبقي من تخمير المخلفات العضوية والخارج من المخمر اسم سماد وحدة الغاز الحيوي، ويتميز هذا المحلول برائحته المقبولة، وعدم جذب الحشرات والذباب والبعوض، وخلوه من الميكروبات والطفيليات المرضية ما يجعل تداوله أكثر أمناً من الناحية الصحية عن التعامل مع المخلفات العضوية الأصلية قبل عملية التخمير.

كما تشير تحاليل سماد وحدات الغاز الحيوي لاحتوائه على بعض الفيتامينات ولا سيما فيتامين B12، إذ يتطلب نمو البكتيريا بالمخمر تواجد هذا الفيتامين، كما يحتوي السماد على منظمات النمو والهرمونات النباتية الطبيعية.

ويتكون سماد وحدة الغاز الحيوي الناتج بعد إنتاج الغاز من طبقتين:

الطبقة السائلة: وتحتوي على مركبات وأملاح منحلّة.

الطبقة الصلبة: وتحتوي على مركبات غير ذوابة ورواسب من أملاح لا عضوية.

وتحتوي الطبقة السائلة على قدر من العناصر الغذائية أقل بكثير عن تلك الموجودة في الطبقة الصلبة.

وفي حالة استخدام السماد في صورته المختلطة فهناك عدة وسائل للاستخدام هي:

١. استخدام مخلوط السماد في صورته السائلة مباشرة.

٢. التجفيف المباشر تحت الظروف الجوية العادية.

٣. تحميله على كمية من التربة (بنسبة ١:١ تقريباً).

٤. مزجه مع كمية من التربة وكمية من بعض المخلفات النباتية بنسبة (١:١:٢) وتركه لعملية

التخمير الهوائي لفترة ولحين الاستخدام.

وأوضحت التجارب الحقلية زيادة في إنتاجية المحاصيل المسمدة بسماد وحدات الغاز الحيوي عن تلك

المسمدة بالأسمدة البلدية والكيماوية، إذ بلغت الزيادة في محصول الذرة الشامية ٣٥,٧٪، القمح ١٢,٥٪.

للحبوب، التبن ٢٠٪، وزيادة محصول الأرز بنسبة ٥,٩٪، والبقول البلدي بنسبة ٦,٦٪، القطن ٢٧,٥٪، والخضر ما بين ١٤,١ - ٢٠,٦٪.

وكان للأثر المتبقي لسماذ وحدة الغاز الحيوي بعد جني المحصول الأول دوراً في زيادة إنتاجية المحصول التالي في الدورة الزراعية حيث بلغت الزيادة في محصول القمح غير المسمد بعد الأرز الذي تم تسميده بسماذ وحدة الغاز الحيوي ١١,٤٪ وكانت الزيادة للبقول البلدي بعد القطن ٢٢,٧٪.

١٤ - معدلات إضافة سماذ وحدة الغاز الحيوي للمحاصيل المختلفة: يحتوي سماذ وحدة الغاز الحيوي على مادة عضوية تماثل ٥-٧ أضعاف ما يحتويه السماذ البلدي العادي لذلك يجب الأخذ في الاعتبار هذا التفوق عند استخدام سماذ وحدة الغاز الحيوي للمحاصيل المختلفة، مع مراعاة أن المحاصيل ذات المعدلات العالية من التسميد الأزوتي يجب تعويض كميات الآزوت التي تحتاجها بإضافة أسمدة معدنية لاستكمال احتياجات النبات.

١٥ - عوامل الأمان بوحدات الغاز الحيوي:

١. عدم التدخين أو إشعال لهب فوق الأجزاء المكشوفة من وحدة الغاز الحيوي.
٢. عدم الطرق بأجسام صلبة فوق خزان الغاز أو على الوصلات المعدنية.
٣. عدم الكشف عن تسرب الغاز باستخدام اللهب، والتأكد من إغلاق المحابس عند عدم استخدام الغاز.
٤. أن يكون مستوي السائل بالمانومتر عند الصفر عند غلق محبس الغاز بالوحدة.

تقليل الحمأة في محطات معالجة مياه الصرف

١- مقدمة : تعد الحمأة الناتجة من محطات المعالجة المختلفة مصدر تلوث بيئي بعد النفايات الصلبة، ومن أهم استخدامات الحمأة الصادرة عن محطات المعالجة استعمالها كسماد عضوي أو مواد ردم أو لتوليد الطاقة، ويمكن أن نلاحظ الأضرار الناتجة عن تطبيق الحمأة التي سبق معالجتها على الأرض الزراعية كما يلي:

١- احتمال تلوث المياه الجوفية بأزوت النترات NO_3^- نتيجة الرش ضمن التربة.
٢- احتمال انتقال الأمراض إلى الحيوان الذي يتغذى على الأعلاف المزروعة في المناطق المسمدة بالحمأة نتيجة وجود العصيات ومن ثم إلى الإنسان، وتعالج هذه الحالة بإضافة الكلس إلى الحمأة أثناء عمليات تجفيفها.

٣- تراكم المعادن الثقيلة ضمن الكثير من النباتات بنسب كبيرة ومن ثم انتقالها للإنسان والحيوان.

٤- انخفاض الناتج الزراعي بسبب ارتفاع كمية المعادن الثقيلة.
ويعتبر تقليل الحمأة في محطات المعالجة وخصوصاً بالمعالجة الهوائية التي تطرح كميات حمأة أقل أو طرق أخرى تلغي الحمأة هي من أنجح السبل في تخفيف الضرر والعبء الناتج عنها، وسنعرض طرق التخفيض لمعالجات تعطي أساساً حمأة قليلة.

تعطي الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة يومياً بالمعادلة:

$$Q = K.S + (1 - K_2)Y \cdot BOD_5 \cdot K_3$$

حيث Q الجريان الوسطي

K عامل إزالة SS من الترسيب الأولي ويمكن اعتباره ٥٦%

S التركيز الوسطي للـ SS ملغ/ليتر

K_2 عامل إزالة BOD_5 في الترسيب الأولي ٣٥ %

Y عامل إنتاج الحمأة الزائدة في مراحل الأكسدة ويساوي ٠,١٥-١، أما في الحمأة المنشطة التقليدية فتساوي ٠,٥-٠,١٥.

B التركيز الوسطي للـ BOD_5 ملغ/ل

K_3 جزء BOD_5 المزال في مرحلة الأكسدة ٨٥% - ٩٥%

ونلاحظ أن حوض الترسيب الأولي يزيل الكثير من الملوثات ما يعني تسببه في رفع كميات الحمأة الناتجة عن هذه الترسبات العضوية واللاعضوية، دون أن تكون معرضة لأية عملية أكسدة وبالتالي فإن معالجتها بعد إضافتها للحمأة الناتجة عن أحواض التهوية تجعلنا نحصل على حمأة ذات حمل عضوي أكبر إضافة إلى الروائح التي تصدر من أحواض الترسيب والحمأة حتى يتم تثبيتها، عدا أنه يتطلب إضافة مواد مخثرة للمياه العادمة لإزالة نسبة من المواد المعلقة، والاحتياج الغذائي للبكتيريا أثناء المعالجة الحيوية يتراوح بين ١-٢ ملغ فيبقى لدينا بين ٤-٥ ملغ موجودة في حوض الترسيب النهائي.

ويجب الانتباه إلى أن إضافة ١ كغ من الشبة مثلاً يزيد الرواسب بمعدل ٤ كغ أما إضافة الكلس فيرفع القلوية إلى 11 pH، وهذا يتطلب تخفيضها مرة أخرى ولذلك يجب أن نكون حذرين إن أردنا الحصول على حمأة قليلة بأن تكون المياه المطروحة يستفاد منها في الأراضي الزراعية لحاجتها إلى الفوسفور والأزوت، وبالتالي يمكن أن نتجنب إضافة المروبات التي تتسبب في زيادة الحجم بنسب كبيرة، ويتم عادة الاستغناء عن أحواض الترسيب الأولي في محطات الحمأة المنشطة التهوية المديدة بسبب زمن التهوية الكبير والنتيجة التي تحدث عادة، ولو عدنا إلى المعادلة وتم إلغاء قسم الترسيب الأولي لأصبحت المعادلة على الشكل التالي:

$$[Q * Y * BOD_5 * K_3]$$

وسوف نعرض بعض طرق معالجة مياه الصرف التي تعطي عموماً حمأة قليلة، واختيار الطريقة يتبع التصميم العام للمحطة بالنسبة لنوعية المياه بشكل أساسي.

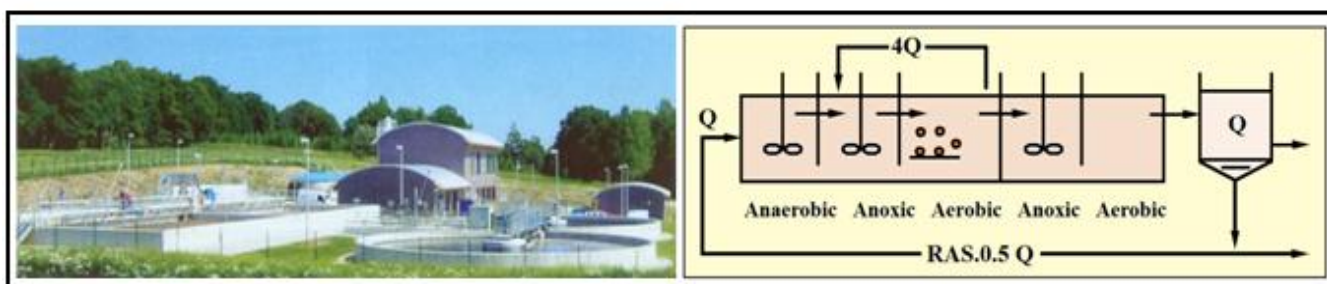
الحمأة المنشطة التهوية المديدة: تعطي المعالجات الهوائية عموماً حمأة قليلة فاستعمالنا لطريقة الحمأة المنشطة التهوية المديدة تعطي حمأة لا يزيد وزنها عن ١٥% من الحمولة المزالة، وتكون الحمأة مستقرة نظراً لطول مدة *Solid retention time SRT*، وطول فترة التهوية وحدوث النترجة، مع ملاحظة وجوب إمرارها على مصافي خشنة يتبعها مصاف ناعمة تصل إلى ٢ ملم لتجنب استعمال أحواض الترسيب الأولى، ويعرض الجدول التالي بعض ضوابط تصميم أحواض الحمأة المنشطة:

| بعض ضوابط تصميم أحواض الحمأة المنشطة | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|--------------|---------|-------|------------|----------------------------|
| الطريقة | <i>F/M</i> | نسبة الإزالة | التهوية | نترجة | MLSS ملغ/ل | الحمأة الزائدة: كغ/كغ Bodr |
| التهوية المديدة | ٠,٠٥ | %٩٥ | ٣٤-١٦ | نعم | ٦٠٠٠-٣٠٠٠ | %٣٠- %١٥ |

ويبين الشكل التالي المصافي الناعمة مع حلزون ساحب للأوساخ:



طرق في تقليل الحمأة المنشطة: تعتمد الطريقة على خمسة مراحل في المعالجة، ويبين الشكل التالي المبدأ العام للعملية حيث يتم إزالة الأزوت والفوسفور بدون الحاجة لمواد كيميائية تتسبب في زيادة كمية الحمأة، ويناسب النموذج محطات المعالجة التي تطرح مياه الصرف إلى المسطحات المائية:

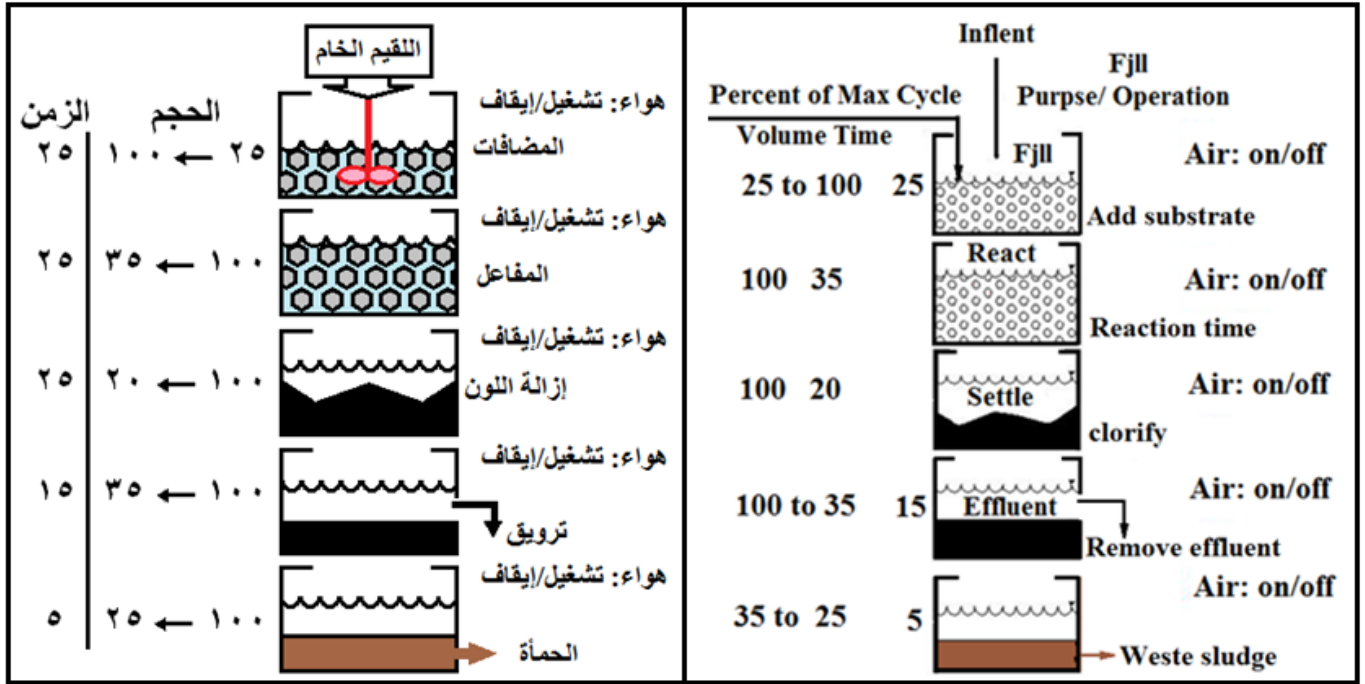


محطة معالجة تتخلص من الفوسفات والأزوت بطرق لا هوائية

يحقق استعمال طرق في المعالجة كالحمأة المنشطة بطريقة النترجة وإزالة النترجة *Nitrefication* & *Denitrefication: SBR* ويحدد كمية الفوسفور بدون إضافة مروبات إضافة للكلفة الإنشائية الأقل وكمية الحمأة الناتجة أقل



حوض *SBR* أثناء العمل بألمانيا



مخطط مراحل المعالجة في الـ SBR

ويظهر في الشكلين التاليين محطة معالجة SBR أثناء الإنشاء - في مدينة في بسورية، وحماة منشطة تهوية مديدة SBR في محطة ضاحية المجد



في هذه المحطة معالجة هوائية و *Anoxic* ولا هوائية لإزالة النترات والفوسفور، ونلاحظ في المسقط الأفقي لحوض التهوية مواقع الـ *Anoxic* أما الشكل التالي فيبين محطة معالجة مبيدات حشرية كومباكت بالحماة المنشطة التهوية المديدة في سورية - حلب .



معالجة مياه الصرف الصحي: حوض الترسيب النهائي - الكرامة - الرقة



محطة معالجة مبيدات حشرية كومباكت بالحماة المنشطة التهوية المديدة في سورية - حلب

١ - المقدمة: ما من شك في أن جميع من يعمل بحقل الصناعة النسيجية يدرك تماما أنه إن كان الصباغ قلب العملية الصباغية فإن الماء روحها، ولا يمكننا بأي حال من الأحوال الاستغناء عن الماء كـمقوم أساسي في الصناعة النسيجية، بدءاً من ري القطن وسقاية الخروف المنتج للصوف أو لاصطناع الخيوط التركيبية حتى صباغتها وطباعتها وتحضيرها بشكلها النهائي كسلعة قماشية نظرهما في الأسواق.

ولقد مرت الصناعة النسيجية في بلدنا بأطوار عديدة، إذ أنه وحتى سبعينات القرن الماضي كان جُل ما يتم صناعته وصباغته هو الأنسجة القطنية والصوفية والحريرية، ووفق أساليب وتجهيزات تستنزف نسباً عالية جداً من الماء قد تصل أحيانا لمائتي ضعف من وزن النسيج فيما بين تجهيز أولي فصباغة فتحضير نهائي، ومع ذلك فإن حجم الإنتاج الفعلي إذ ذاك لم يكن ليشكل خطراً على بيئتنا لوفرة المخزون المائي من جهة وضعف أرقام الإنتاج من جهة أخرى، ولكن آل الأمر اليوم لصورة سوداوية بتنامي أرقام الإنتاج وتراجع المخزون المائي علاوة عن أسباب التلوث البيئي للصناعات الأخرى والمشافي ووسائل النقل... وفوق هذا وذاك التلوث الإشعاعي الذي تسببه عشرات الأقمار الصناعية الفضائية التي تخدم التطور الإعلامي وعالم الاتصالات الخليوية... فنحن إلى أين؟

لقد انتبهت أوربة لما آلت إليه أرضها وأنهارها وبحيراتها وسماؤها... فكان الحل الذي ارتأته أن تتحول بصناعاتها الملوثة للبيئة نحو الشرق، ووضع أنظمة خاصة للمواصفات وربط دول العالم الصناعية الناشئة بجملة من الاتفاقيات والقوانين التي تضمن لها بقاء السيطرة عليها والتحكم بها، وضمن هذه الأطر اتسعت دائرة الصناعة النسيجية في بلدنا وتطورت الأساليب الأوربية في طريقة تعاملنا معها خوفاً من تلوث البحر الأبيض المتوسط الذي يعتبر بصورة أو بأخرى بحيرة مغلقة تطل عليها أوربة.

وهكذا نجد أنفسنا اليوم بين جزرة التطور وعصا التلوث، فاضطرت الدولة لوضع القوانين التي تنظم طريقة تعاملنا مع البيئة، فبدأ العمل وفق قوانين تحدد:

١. مواصفات المياه العادمة .
 ٢. الممنوع من الأصبغة والمواد المساعدة .
- ورافق ذلك إدخال آلات صباغة حديثة بنسب حمام منخفضة بما ييسر خفض نسب الاستهلاك المائية قدر الإمكان، إذ ترتبط معدلات الاستهلاك المائي بـ:
١. نوعية النسيج المراد صباغته.
 ٢. نوعية الصباغ المراد تطبيقه.
 ٣. مواصفات التحضير النهائي المطلوبة.
 ٤. نموذج آلات الصباغة والتحضير المتوفرة.
 ٥. الوزن النوعي للنسيج المراد صباغته وبالتالي نسب الحمام.
 ٦. إمكانية جمع أنواع الأصبغة المراد تطبيقها على المنسوجات المحاكة من خيوط وألياف مختلفة في حمام واحد، إضافة لعوامل أخرى أقل أهمية.

٢ - محتوى المياه العادمة الخارجة من المصاوغ: يتبع تركيب مياه الصرف الصناعية الخارجة المواد الداخلة في بناء الحمام الصباغي من:

١. المواد المساعدة.
٢. الأصبغة.
٣. مواد التحضير النهائي.

لذا فإننا سنعرض للمواد الكيماوية والمساعدة والتحضير أولاً، في مراحل: التجهيز فالصباغة فالتحضير، ومن ثم للأصبغة ثانياً:

٢-١- المواد الكيماوية: وتشمل الحموض والقلويات والأملاح.

٢-١-١- الحموض: حمض الخل، حمض النمل، حمض كلور الماء، حمض الفوسفور.

٢-١-٢- القلويات: ماءات الصوديوم، ماءات الأمونيوم، كربونات الصوديوم، ثلاثي فوسفات الصوديوم، ثلاثي بولي فوسفات الصوديوم.

٢-١-٣- الأملاح: كبريتات الصوديوم، كلور الصوديوم، خلات الصوديوم، كبريتات الأمونيوم، بعض الأملاح الممكن اعتمادها كحموض لتأمين محلول موقى حمضي .

٢-٢- المواد المرجعة: هيدروسلفيت الصوديوم، كبريتيت الصوديوم، كبريت الصوديوم.

٢-٣- المواد المؤكسدة: الماء الأكسجيني، هيبوكلوريت الكالسيوم أو الصوديوم، كلوريت الصوديوم، بربورات الصوديوم .

٢-٤- مواد تحلية المياه: أملاح الفوسفات، ايتيلين ثنائي الأمين، رباعي حمض الخل EDTA، مشتقات: بولي الكربوكسيليك، بولي الأكريلات، بولي الفوسفونات، بعض مشتقات حمض أو مركبات الفوسفور العضوية.

٢-٥- العوامل الفعالة سطحياً: وتشمل هنا الغوازل العضوية من مبللات ومنظفات ومزيلات بقع، وتتوزع بين مركبات شاردية سالبة أو موجبة ولاشاردية، ومذبذبة، ومن أهم الوظائف والمركبات الكيماوية في هذا السياق: ألكيل فوسفات، كبريتات الألكيل، ايتوكسيلات الأغوال الدسمة، استرات حمض الفوسفور، كبريتات ألكيل ايتر، كبريتات ألكيل أريل بولي غليكول ايتر، بعض مشتقات أميدات الحموض الدسمة، بعض الأغوال الدسمة، بعض أفراد مركبات الأمونيوم الرباعية، ثنائي أوكتيل سلفوسوكسينات الصوديوم، ومركبات أخرى أقل أهمية، وقد تدخل بعض المذيبات العضوية في تحضير بعض أنواع مزيلات البقع.

٢-٦- العوامل المبعثرة والمُسوية: سلفونات نفتالين، بعض الحموض الكربوكسيلية، ايتوكسيلات حموض عضوية، استرات عطرية، سلفونات ألكيل أريل، سلفونات عطرية، منتجات تكاثف حمض السلفونيك مع الفورم ألدهيد " السيتامول "، ألكيل أمين ايتوكسيلات، ايترات عطرية، مشتقات ايتوكسيلات أمين حمض دسم، بولي فينيل البيرليدون، بعض الاسترات العطرية لحموض فوسفورية وكربوكسيلية، بولي ايتوكسي ألكيل أمين، بولي الأمين.

٢-٧- الحوامل " الكارير ": مشتقات كلور البنزن (ممنوعة عالمياً)، أورتو فينيل فينول، ألكيل نفتالين، مشتقات الفحوم الهيدروجينية المكورة، الاسترات عالية الوزن الجزيئي، الاسترات العطرية.

ويضاف لها عوامل استحلاب " مواد فعالة سطحياً " لكونها جميعاً مركبات عضوية غير قابلة للانحلال بالماء.

٢-٨- مضادات التفسير: فوسفات الألكيل، أميدات حموض دسمة، بعض استرات حمض الفوسفور، حموض أميدية، بعض البوليميرات المشتركة مع البولي ايتر، بولي أكريل أميد.

٢-٩- مانعات الرغوة: بولي سيلوكسان، بعض استرات الحموض الدسمة، كبريتات ألكيل ايتر، بعض الأغوال الصناعية، مزيج بعض الفحوم الهيدروجينية الأليفاتية .

٢-١٠- مزيلات النشاء: أنزيم الأميلاز .

٢-١١- مثبتات أصبغة: حموض سلفون عطرية، ثنائي ميتيلول ثنائي هيدروكسي ايتيلين يوريا، يوريا فورم ألدهيد، ميلامين فورم ألدهيد.

٢-١٢- مضادات تكسير وتجدد: ثنائي ميتيلول ثنائي هيدروكسي ايتيلين يوريا معدلة.

٢-١٣- مطريات: منتجات تكاثف حموض دسمة مع شموع، بولي الايتيلين، منتجات تكاثف ألكيل أمين، استرات حموض دسمة، أميدات، حموض دسمة، مركبات البولي سيلوكسان، مركبات سيليكونية.

١٤-٢- مضادات الكهرباء الساكنة: بولي غليكول ايتير، ايتوكسيلات ألكيل أمين، فوسفات الألكيل، مركبات أمونيوم رابعة.

١٥-٢- المواد الكارهة للماء (الوتريروف): ريزينات فلوروكربونية مع منتجات تكاثف مركبات عالية الوزن الجزيئي وشموع، مجموعة ثنائيات سوكسيانات، مركبات أمونيوم رابعة، أغوال أليفاتية.

١٦-٢- مواد نقسية وتقوية: بولي فينيل أسيتات، بولي فينيل الأغوال، نشاء.

١٧-٢- مواد تلبيس: بولي أسترات أليفاتية مع بولي أوريتان، بوليميرات مشتركة من البوتادين واكلونتريل، بوليميرات مشتركة من البوتادين والستيرين.

٣- الأصبغة: تتنوع تراكيب الأصبغة تنوعاً كبيراً وتصنف وفق مبدئين: كيمائي وتطبيقي:

فالتصنيف الكيمائي اعتمده مراكز البحث، والتصنيف التطبيقي اعتمده المصانع، لذا فإننا سنعرض لكليهما:

١-٣- تصنيف الأصبغة كيمائياً: تنضوي الأصبغة تحت إحدى البنى الكيمائية المبينة في الجدول ٦:

الجدول ٦

| وحدة البناء الأساسية | المجموعة | وحدة البناء الأساسية | المجموعة |
|---------------------------------|------------------------|---|------------------------|
| $R-NO_2$ | نترو | $R-NO$ | نتروزو |
| $R-N=N-R^1-N=N-R^2$ | ثنائي الأزو | $R-N=N-R^1$ | أحادي الأزو |
| $R-N=N-R^1-N=N-R^2-N=N-R^3....$ | متعدد الأزو | $R-N=N-R^1-N=N-R^2-N=N-R^3$ | ثلاثي الأزو |
| | ستلين | $R-SO_2-CH_2-CH_2-O-SO_3H$ $R-SO_2-CH_2-CH_2-Cl$ | ريمازول |
| | ثلاثي أريل الميثان | | ثنائي أريل الميثان |
| | أزين | | انتراكينون |
| | أوكسازين | | تيازين |
| | اكسانتين | | كوينولين |
| | اكردين | | ميتين |
| $-N=C=N-$ | اندامين | $\begin{matrix} X & Y \\ & \\ -N=C-CH=R \end{matrix}$ | اندوفينول |
| | تيمازول | $-N=C=O$ | لاكتون |
| | أمينوكوينونز | | هيدروكسي كينون |
| $R-C(=O)-R'-NHR''$ | أمينو كوينونز | | انديكويد |
| | فتالوسيانين | | أحادي كلور التريازينيل |
| | ثنائي كلور التريازينيل | | كبريت |
| | | | |

ويرافق هذه المركبات أو الوظائف الفعالة عادة مجموعة مركبات ومواد مائة محسنة لمواصفات مساحيقها مثل المبعثرات ومانعات الرغوة ومضادات الأكسدة ومضادات التعفن.

٢-٣-٢- التصنيف التطبيقي للأصبغة: يتم تداول الأصبغة تجارياً وفق تطبيقاتها، فنقول أصبغة مبعثرة أو ديسبرس للبولي استر، أو أصبغة فعالة " رآكتيف " للألياف السيليلوزية أو الصوفية.

وتتباين الأصبغة فيما بينها وإن توافقت في رقم فهرس الألوان أي " Color Index: C.I " في:

١-٢-٣- التركيز: فنقول مثلاً ديسبرس أحمر ٦٠ : ١٠٠% أو ٢٠٠% .

٢-٢-٣- نوعية الزمر المساعدة: تتباين الأصبغة ذات فهرس الألوان الواحد عن بعضها بتركيب الزمر المساعدة " الأوكسوكروم " وعدد هذه الزمر بين شركة وأخرى بقصد تحسين درجة سطوع اللون أو الانحلال أو التبعثر...

٣-٢-٣- نوعية ونسب المواد المألثة: والتي تدخل في تركيب الصباغ المسحوق وبشكله التجاري ما بين شركة وأخرى .

٣-٢-٤- مكونات الأصبغة الممزوجة: كما هو حال أصبغة الكحلي والأسود والتي يتم تحضيرها من مجموعة أصبغة.

ونرى في الجدول ٧ التصنيف التطبيقي للأصبغة:

الجدول ٧

| التصنيف التطبيقي للأصبغة | |
|--|---------------------------------|
| نوعية الألياف والخيوط | الصباغ |
| بولي أميد ، بولي استر ، أسيتات وثلاثي أسيتات ، بولي فينيل كلوريد PVC | الديسبرس " المبعثرة " |
| بولي أميد ، صوف ، حرير | الأسيد " الحمضية " |
| بولي أميد ، صوف ، حرير | المعدنية المعقدة ٢:١ |
| بولي أميد ، صوف | المعدنية المعقدة ١:١ ، الكرومية |
| قطن | الأزو " النفتول " |
| قطن ، سيليلوز ، حرير ، بعضها للبولي أميد | الديركت " المباشرة " |
| بولي أميد ، قطن ، سيليلوز ، صوف ، حرير | الركتيف " الفعالة " |
| قطن ، بعضها للبولي أميد | الاندانترين " الأحواض " |
| قطن ، سيليلوز ، حرير ، بعضها للصوف | الليكو " اندانترين خاص " |
| قطن ، بعضها للبولي أميد | السلفور " الكبريتية " |
| أكريليك ، بعضها للبولي أميد | القاعدية " الأكريليك " |
| تضاف لعجينة الخيوط البولي أميد والبولي استر والخيوط التركيبية الأخرى | البيغمنت |

وعلاوة على ذلك يمكننا تصنيف الأصبغة حسب درجة حموضة حمامها:

١- قلوي 10-11 pH: الفعالة، الأحواض، الليكو.

٢- قلوي خفيف 8-9 pH: المباشرة، الكبريتية.

٣- حمضي: المبعثرة، الحمضية، القاعدية، المعدنية المعقدة ١:١ و ٢:٢، الكرومية.

٤- معتدل: البيغمنت " وهي ملونات غير حلولة بالماء تضاف لعجينة الخيوط التركيبية قبل غزلها.

وهكذا نجد أنفسنا أمام مجموعة ضخمة من الكيماويات علينا الفصل بينها وبين الماء أولاً، ومعرفة كيفية التخلص منها ككفايات دون أو بأقل أذى بيئي ممكن مما يضعنا أمام السؤال المهم: كيف نبدأ وكيف نعمل؟

لذا فإننا سنعرض هنا للمبادئ الأساسية لمخططات معالجة مياه المصانع في معالجة التلوث واضعين نصب أعيننا أولاً أن للصناعة النسيجية دورها الكبير في تأمين الدخل القومي لبلدنا الحبيب، لذا فإنه لا يجوز لنا وضع العراقيل في طريق عربتها.

ونرى في الجدول ٨ محضراً رسمياً لتحليل عينة ماء ملوث من مصبغة متخصصة بصباغة البولي
اكريلو نتريل وتم إجراؤه في مخبر كلية الهندسة بجامعة حلب:
الجدول ٨

| تحليل عينة ماء عادم ملوث مخبر كلية الهندسة بجامعة حلب من مصبغة متخصصة بالاكريليك | | |
|---|---------------------------|--|
| م | الموصفة | التركيز : ملغ/ل الحد المسموح : ملغ/ل |
| ١ | المواد الصلبة الكلية TS | ٨٦٦ |
| ٢ | المواد الصلبة المعلقة TSS | ٩٨ |
| ٣ | المواد الصلبة المنحلة TDS | ٧٦٨ |
| ٤ | طلب الأكسجين الكيماوي COD | ١٢١٠ |
| ٥ | طلب الأكسجين الحيوي BOD | ٥٢٠ |
| ٦ | الناقلية الكهربائية | ٩٢٠ |
| ٧ | الكروم الكلي | ٠,١٢ |
| ٨ | الزيوت والشحوم | ٢ |
| ٩ | التركيز الهيدروجيني | ٤,٣ |
| ١٠ | الكلور | ٨٨ |
| ١١ | الصوديوم | ٦٨ |
| ١٢ | النترت | ٤٠٧ |
| ١٣ | القلوية " البيكربونات " | ٢١٥ |
| ١٤ | الألمنيوم | ٠,٠١ |
| ١٥ | الأمونيوم | ٨ |
| ١٦ | الكبريتات | ٦٥,٨ |
| ١٧ | النترات | ٤٠ |
| ١٨ | الفوسفات | ١,٣٦ |
| ١٩ | الحديد | ٠,٠٠١ |
| ٢٠ | الرواسب بعد ٣٠ دقيقة | ١ |
| ٢١ | المواد الصلبة المتطايرة | ٢,١٧ |
| ٢٢ | المواد الصلبة المعدنية | ٦٤٩ |

٤- قابلية التحلل الحيوي للمركبات العضوية: تتم عمليات التحلل الحيوي عادة بالاعتماد على البكتريا
الموجودة في التربة أو ما نسميه بالوحل الحيوي، وتجري عادة على مرحلتين اثنتين:
أ- مرحلة الامتزاز السريع على الوحل الحيوي " الحمأة ".
ب- مرحلة الأكسدة البطيئة والتي يتم فيها تحول المركبات العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون وماء في
وسط هوائي.

وتتأثر هاتان المرحلتان عموماً بعوامل كثيرة من أهمها:

١. أعداد البكتريا وأنواعها والمحمولة على الوحل الحيوي.
٢. كمية الأكسجين المنحلة في الوحل أو السائل الملوث.
٣. درجة الحرارة.
٤. نوعية مياه الصرف ومحتواها من العناصر المثبطة للفعل البكتيري والتي نذكر منها: تناقص
فعالية البكتريا بشكل كبير عند احتواء مياه الصرف على شوارد النحاس أو الكروم أو
الكاديوم بنسبة ٠,١ ملغ / ل أي ٠,١ ج.م، توقف عمل البكتريا نهائياً عند احتواء مياه
الصرف على شوارد الكبريت بنسبة ٢٥ ملغ / ل أي ٢٥ ج.م، ومن المركبات السامة للبكتريا
نجد مركبات السيانور والمركبات الحلقية الهيدروكسيلية وبعض المضادات الحيوية.

وتتفاوت عموماً سرعة التحلل الحيوي لبعض المركبات العضوية عن بعضها البعض كما يبين الجدول ٩:

الجدول ٩

| قابلية بعض المركبات الكيماوية للتحلل الحيوي | | |
|---|---|----------|
| قابلية التحلل الحيوي | المركبات العضوية | |
| غير قابلة ، وتسم عملية التحلل أحياناً | الفحوم الهيدروجينية المشبعة " الالكانات " | |
| تتحلل بصعوبة | الفحوم الهيدروجينية الأوليفينية " الالكانات " | |
| غير قابلة للتحلل | الفحوم الهيدروجينية الكلورة | |
| يتحلل معظمها بشكل جيد | الأغوال | |
| تتحلل بشكل جيد عدا الفينول البطيء التحلل | الفينولات | |
| يتحلل معظمها بشكل جيد | الألدهيدات | |
| جيدة التحلل | الحموض العضوية وأملاحها | |
| غير قابلة أو بطيئة التحلل | الايثيرات | |
| تتحلل بسرعة متوسطة | السيتونات | |
| جيدة التحلل | الحموض الأمينية | |
| تتحلل بيكتريا خاصة وتتراكيز دون ٥٠ ملغ/ل | مركبات السيانور | |
| سهلة التحلل | كبريتات الألكيل | المنظفات |
| تتحلل بسرعة بوجود بكتريا مناسبة | سلفونات الألكيل | |
| سريعة التحلل | الأغوال والحموض الدسمة | |

ومن الجدير ذكره هنا أن بعض المركبات العضوية لا تبدأ بالتحلل مباشرة، إذ لا بد من مرور بعض الوقت عليها في الشروط المناسبة كي تبدأ البكتريا الخاصة بها بالتوالد والتكاثر، ويمكننا استقراء هذه الملاحظة من الجدول ١٠ الذي يبين قيمة B.O.D لبعض المركبات العضوية بدلالة زمن تلامسها مع البكتريا مقدرة باليوم وعند درجة الحرارة ٥°م، والذي يبين أن قيمة B.O.D لأحادي ايتانول أمين لم تعان من أي انخفاض خلال الخمسة أيام الأولى لتزيد عن الـ ٥٠% في الأيام الخمسة التالية ما يدل على أن ظهور البكتريا الخاصة بها يستغرق أكثر من خمسة أيام، بينما نجد أن ثلاثي إيثيل أمين ظل بطيء التحلل بحيث أنه لم يتحلل منه سوى ٦% خلال عشرين يوماً.

الجدول ١٠

| قيم ²⁰ (B.O.D) لبعض المركبات الكيماوية | | | | | |
|---|------|------|------|------|--------|
| المركب | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٥٠ يوم |
| أحادي ايتانول أمين | ٠ | ٥٨,٤ | ٦١,٢ | ٦٤ | ٧٥,٦ |
| ثنائي ايتانول أمين | ٠,٩ | ١,٤ | ٣,٢ | ٦,٨ | - |
| ثلاثي ايتانول أمين | ٠ | ٠,٨ | ٢,٦ | ٦,٢ | - |
| ميتانول | ٥٣,٤ | ٦٢,٧ | ٦٩,٤ | ٦٧ | ٩٧,٧ |
| أسيتون | ٥٥,٤ | ٧١,٨ | ٧٨,٢ | ٧٨,٢ | - |
| ميتيل إيزو بروبييل سيتون | ٤,٤ | ٤٩,٣ | ٥٥,٩ | ٥٦,٦ | ٦٤,٨ |
| أسيئات إيزو بروبييل | ١٢,٧ | ٤٠ | ٤٠ | ٤٠ | - |
| بوتانول - ٢ | ٠ | ٤٤,٢ | ٦٩,٢ | ٧٢,٣ | ٧٧,٩ |

ولا بد من الإشارة هنا إلى أن التركيز العالي للأحماض في مياه الصرف يؤثر سلباً على العمليات الحيوية وبخاصة على عمليات النترجة، كما أن تحولات قيم الحموضة تؤثر تأثيراً كبيراً أيضاً إذ يُفضل أن يكون الوسط قلوياً برغم قدرة بعضها على التلاؤم مع الأوساط الضعيفة الحموضة.

٥- مبدأ معالجة مياه الصرف الصناعية: تتم معالجة مياه الصرف الصناعية عبر مراحل أساسية ثلاث: التصفية، الترسيب بالمكثلات، المعالجة الكيماوية الحيوية.

٥-١- **التصفية:** وتهدف لفصل الرواسب الصلبة وبعض النفايات على شبك معدني بأقطار فتحات متباينة.

٥-٢- **الترسيب بالمكثلات:** تؤخذ المياه بعد التصفية إلى حوض الترقيد حيث يتم تجميعها ليصار إلى قياس معدل حموضتها وتعديله بما يلائم نوعية العامل المكثل الواجبة إضافته، فعند استخدامنا لأملاح الألمنيوم ككبريتات الألمنيوم المائية $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ أن أفضل درجة عمل عند pH: 5.5-7 إذ تتحول إلى هيدروكسيد الألمنيوم الذي يرفع سرعة الترسيب بإزالته للقوى الدافعة المتمركزة على سطح الدقائق الغروية المعلقة في الوسط المائي، ومن ثم تجميع هذه الدقائق بعضها إلى بعض نتيجة الحركة البروانية في السائل لتصبح دقائق ذات أبعاد ١, ٠ ميكرون لا تلبث أن تنمو شيئاً فشيئاً حتى تصبح قادرة على الرسوب السريع إلى قاع الحوض، ويتم الاعتماد عادة على الكلس الحي في تعديل درجات الحموضة المنخفضة لترتفع حتى pH: 5.5-7، ويمكننا الاستعاضة عن كبريتات الألمنيوم المائية بألومينات الصوديوم $NaAlO_3$.

أما عند استخدامنا لأملاح الحديد فيكون مجال درجة حموضة العمل بين pH: 5-10 لنحصل على مكثلات أثقل من مكثلات الألمنيوم مما يجعل سرعة ترسيبها أعلى، ويكمن عيبها بإعطائها كميات رواسب كبيرة يصعب علينا التخلص منها بسهولة، ومن أهم أملاح الحديد المستخدمة لهذه الغاية نجد: كلور الحديد $FeCl_3$ ، كبريتات الحديدي $FeSO_4$ ، كبريتات الحديد $Fe_2(SO_4)_3$.

وظهرت حالياً مكثلات عضوية ذات فعاليات عالية مثل مشتقات الحموض البولي كربوكسيلية السالبة الشحنة، وتتميز مثل هذه المواد بمجال حموضتها الواسع pH: 6-12، ويعيبها أنها لا تستخدم إلا مع المياه ذات الملوثات السالبة الشحنة أو اللاشاردية.

أما للملوثات السالبة المنحلة مثل الأصبغة الفعالة فنجد بعض الأمينات المتكاثفة الشاردية الموجبة، ويمكنها ترغيب الأصبغة السالبة بحيث تبدأ بالترسيب بعد ساعة أو ساعتين، وتتميز بإمكانية مزجها مع المكثلات العضوية والملاعضوية.

ولأحواض الترقيد أشكالها ومواصفاتها المختلفة، ولكن الشرط المهم في اختيارها هو زمن البقاء في الحوض بما يضمن فترة زمنية كافية لترسيب المتكثلات الناتجة وخروج المياه بدرجة النقاوة المطلوبة، وتصل سرعة الترقيد حتى ٢ م^٣/ساعة في حال استخدام الأملاح المعدنية كمكثلات، وتعطي عمليات الترقيد عادة مردوداً يتراوح بين ٣٥ - ٧٠ % من قيمة C.O.D و ١٠-٣٠ % من قيمة (B.O.D)₅، ومع ذلك فإنها تطبق وبانتشار واسع على مياه الصرف الصناعية في الصناعة النسيجية وغيرها على الرغم من انخفاض مردودها عموماً لاحتواء هذه المياه على مواد سامة للبكتريا ولا يمكننا التخلص منها إلا بالترقيد، ويُعد حصولنا على كميات رواسب كبيرة وعديمة الفائدة واحدة من أهم مساوئ هذه الطريقة ما يضطرنا لاستخدام المرشحات الضاغطة في تنشيف كتل الرواسب ليصار إلى طرحها فيما بعد في أماكن خاصة بالمخلفات الصناعية الصلبة.

٥-٣- **المعالجة الكيماوية الحيوية:** بعد الانتهاء من عمليات التصفية والترقيد نبدأ بتطبيق المعالجة الكيماوية الحيوية بأحواض تحوي مزارع بكتريا محمولة على الوحل المنشط بالهواء أو على سطوح مسامية خفيفة يمكنها احتواء مثل هذه المزارع.

وغالباً ما تتم المعالجة في أبراج يرذ فيها الماء الملوث من أعلى ويضخ فيها الهواء الجوي من الأسفل مع فتحات جدارية زجاجية تسمح لضوء الشمس بالدخول إلى البرج، وقد تتجاوز قيمة (B.O.D)₅ هنا نسبة ٨٠ % بحسب:

- زمن البقاء أو سرعة المرور.
- كمية ونوع البكتريا .
- كمية الضوء الداخلة إلى برج المعالجة أو الحوض، ودرجة الحرارة.
- غزارة الهواء الجوي الداخل للبرج.

• نوعية وطبيعة الملوثات الداخلة مع الماء.

وهذا ما يستوجب المراقبة المستمرة للشروط التي يعمل فيها البرج. ويبقى عموماً مردود إزالة الألوان ضعيفاً لضعف التحلل الحيوي للمواد الملونة عموماً، ولكي نضمن مياه صافية غير ملونة لا بد لنا من اللجوء لوحدة المعالجة بظاهرة الحلول عبر أغشية خاصة ترفع من التكاليف بشكل كبير نسبياً.

٦- مواصفات الماء الصالحة للاستخدام في العمليات الصباغية: طرحت شركة BASF مواصفات الماء الصالح للصباغة في ندوتها التي أقامتها في حلب ودمشق عام ١٩٩٧، كما طرحت شركة ICI مواصفات الماء اللازم لبناء حمام صباغة بروسياون اكسل وكما هو مبين في الجدول ١١:

الجدول ١١

| مواصفات مياه بناء الحمام الصباغي | | | |
|--|---|-----------------|--------------|
| عديم اللون ، خالي من الشحوم والدهون ، طري وخالي من شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم ومركبات الحديد والشوارد المعدنية الأخرى | | | |
| م | الموصفة | بحسب BASF | بحسب ICI |
| ١ | درجة الحموضة | pH: 6-8 | pH: 7 |
| ٢ | القساوة | 6°GB | 50 p.p.m |
| ٣ | المعلقات | > 1 p.p.m | |
| ٤ | الرصاص العضوي | > 20 p.p.m | |
| ٥ | بقايا الاحتراق | > 50 p.p.m | |
| ٦ | ثاني أكسيد الكربون الحر " خوفاً من التآكل " | صفر قدر الإمكان | |
| ٧ | الحديد | > 0.1 p.p.m | > 0.05 p.p.m |
| ٨ | المغنيز | > 0.05 p.p.m | |
| ٩ | النحاس | > 0.01 p.p.m | > 0.05 p.p.m |
| ١٠ | النترات | > 50 p.p.m | |
| ١١ | النترت | > 5 p.p.m | |
| ١٢ | شوارد الكلور | | > 300 p.p.m |
| وحدة القساوة البريطانية GB : ١٠ ملغ كربونات الكالسيوم في ٠,٧ ليتر ماء | | | |

الصباغة وتلوث المياه ٢: " مقابلة نشرت في مجلة النسيج السوري " Textil " ، العدد الأول ، كانون الأول ، عام : ٢٠٠٥ " إثر نشر بحث علمي بعنوان: الصباغة وتلوث المياه لكاتبه الكيميائي بلال الرفاعي في العدد الثاني من موسوعة الغزل والنسيج، تباينت ردود الأفعال بشكل لافت، وتوزعت المواقف بين حذر وخوف وسرور وإعجاب، وفيما بين مسؤولي تلوث وأصحاب مصانع ومطابع، وتجار أصبغة، لذا فقد وجدنا أنه من الضروري الاسترسال في هذا الموضوع مع كاتبه لبيان أكثر... وكان الحوار التالي:

كيف ترى التلوث وما دفعك للكتابة عنه، وتحت هذا العنوان ؟

التلوث أولاً يعني ارتفاع نسبة مكونات مادية أو لامادية بما يعود بالضرر على التوازن البيئي من حولنا، مادية بأشكالها الثلاثة: صلبة، سائلة، غازية، ولامادية كالإشعاعات النووية والأمواج الكهرومغناطيسية التي تزخر بها الأجواء من حولنا والتي تبثها مئات من الأقمار الصناعية، وأخيراً الضجيج على اختلاف درجاته التي تقدر بوحدة الديسبل وتؤدي لاعتلال في القلب.

وقد يكون للتلوث مفهوم نسبي... فازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو يعتبر تلوثاً من وجهة النظر الإنسانية، وعلى العكس من وجهة النظر النباتية التي تجد في تدني نسبته تلوثاً لا يمكنها من عملية التمثيل اليخضوري.

وتتجلى المشكلة الأساسية في تقييم التلوث بالسؤال: كيف يجب أن نفكر بالتلوث؟ وبمعنى أصح: إلى أي مدى يجب أن تكون نظرتنا سوداوية؟ فكلنا يحزن عندما يرى سبعا يأكل غزالاً، ولكن القليلين يدركون أنه لو لم يأكله لطغت قطعان الغزلان هائمةً في الأرض بحيث قد لا يكون هناك مكان لإنسان، وهكذا التلوث قد لا نعرف معنى لأرقامه على الأقل حتى الآن... فمن يدري قد يأتي المستقبل بعالم يقول

لنا: في أجواء ملوثة كهذه يموت كم هائل من الجراثيم والفيروسات !! وقد تكون هذه كلها جملاً فلسفية غير ذات معنى... فمن يدري؟

إن أهم ما يجب فهمه وإدراكه جيداً يمكننا اختزاله في نقطتين اثنتين:

١ - ما من نشاط إنساني إلا ويلزمه تلوث، سواءً أكان معيشياً أو صناعياً أو زراعياً، وما من صناعة إلا ويلزمها تلوث، من صناعات الأدوية والغذائية حتى البتروكيماوية والكيميائية والتعدينية، وزراعة اليوم بما تستلزم من آلات ومبيدات وأسمدة في مراحل اصطناعها أو استخدامها لا بد لها من تحدث تلوثاً... بل حتى فيما تخلفه المشافي من مياه ملوثة بما تحويه مياهها العادمة من مضادات حيوية ومعقمات تفتك بالبكتيريا اللازمة لتحلل المواد الملوثة العضوية.

٢ - يجب ألا نفكر بالقضاء على التلوث - لأننا نكون كمن يبحث عن المستحيل ليقبض عليه ويحاكمه - بل أن نفكر بكيفية تخفيض معدلاته عملاً بإرشاده تعالى " **ألا نكون من المفسدين في الأرض** "، وأظن أن أمراً كهذا يجعل من كل القوانين الوضعية الصالحة بمرتبة ما من مراتب التكليف الإلهي وبالتالي فإن فيه ما يكفي ليحرك وجدان كل فرد منا: **ليغير المنكر بيده أو بلسانه أو بقلبه وذلك أضعف الإيمان.**

ما الطريقة الأمثل لمحاربة التلوث؟

لا نستطيع وضع استراتيجية واحدة لمحاربة جميع أنواع التلوث، فالاستراتيجية تتأني من خصوصية كل مصدر وكل سبب، طبيعة الصناعة وحجم الإنتاج مثلاً، أما فيما يخص موضوع الصباغة فيبدأ الحل من تلاقي مسؤولي التلوث والصباغين على الحل الاقتصادي الأمثل لا على تجاذب القوانين والمخالفات، لأن المخالفات التي تؤدي بالمنشأة الصناعية إلى الإغلاق قد تؤدي لضرر اجتماعي وإنساني كبير فنكون كمن استجار من الرمضاء بالنار، فالاستراتيجية يجب أن تقوم إذاً على منع الأصبغة والمواد المساعدة ذات الأثر الضار بيئياً، وخاصة على البكتيريا في مياه الصرف الصحي والصناعي.

أما عن الأصبغة فقد صدرت عدة قوائم لأصبغة تم تحريمها عالمياً، ومن الجيد أن الدولة قد اعتمدتها ومنعت توريدها وبالتالي فإن نصف المشكلة قد تم حلها، وبقي أمامنا نصفها الآخر الذي يخص مواد بناء الحمام الصباغي أي المواد المساعدة.

إن أهم ما يجب الأخذ به لحل مشكلة المواد المساعدة هو تصنيفها إلى فئتين: صديق وغير صديق للبيئة، والأخذ بغير الصديق ووضع بدائله في عمليات شتى.

هل من مثال واضح في هذا السياق؟

يستخدم هيدروسلفيت الصوديوم $Na_2S_2O_3$ كعامل مرجع في الصباغة لعمليات الغسيل الإرجاعي وبناء حمام صباغة الأحواض VAT، ولاحتواء هذا المركب على الكبريت فإن أثره شديد الضرر بيئياً، لذا علينا البحث في قوائم العوامل المرجعة بحثاً عن البديل المناسب، وليكن الغلوكوز مثلاً الذي يتم انتاجه محلياً وبخطوط انتاج صناعية كبيرة، ولا شك في أننا نمتلك عدداً كبيراً من مراكز البحث والكفاءات التي يمكنها المشاركة في عمليات البحث مثل:

• هيئة المواصفات العربية السورية.

• مركز البحوث والاختبارات الصناعية.

• مركز البحوث العلمية.

• كليات العلوم والهندسة في الجامعات السورية.

وكلها مراكز يمكنها دراسة قابلية هذه المواد للتحلل وقيم BOD_5 و COD لكل منها، وتحديد بدائلها الممكنة بالتعاون مع خبراء الصباغة والقواعد العلمية المنتشرة في المصانع، وقد يكون من فوائد عمل كهذا تقديم مادة غنية لرسائل شهادات الدراسات العليا في كلية العلوم تحت شعار ربط الجامعة بالمجتمع.

ما الآلية الممكنة للتطبيق أو الأقرب للتطبيق العلمي؟

على الجهات المختصة - وخاصة هيئة المواصفات - وقبل منح أي إجازة استيراد الطلب من المورد تقديم شهادة من الشركة الصانعة للمادة على أنها:

- صديقة للبيئة.
- طلب عينة من المادة المراد توريدها وإجراء الاختبارات البيئية المعتمدة في مخابر هيئة المواصفات أو كليتي الهندسة والعلوم مثلاً وأخذ الموافقة على الصلاحية.
- تناول عينة من المادة الموردة عند وصولها المنطقة الحرة ومطابقتها مع العينة السابقة.
- السماح فقط للمواد غير المطابقة للمواصفات وليس لها بديل وذات ضرورة ملحة إنتاجياً بالتوريد، ومن الضروري هنا اعتماد بيت خبرة عن طريق برامج الأمم المتحدة الإنمائية أو مشروع تطوير صناعة الألبسة الجاهزة التابع للاتحاد الأوروبي للتقصي عن وجود بدائل في حالة الشك بالخبرات المحلية.

WHAT IS G.I.D.A.? *G.I.D.A. is the short name of:*

GESTIONE IMPIANTI DEPURAZIONE ACQUE SpA

(Management of Wastewater Treatment Plants), a mixed public-private company established by three partners:

- *the city council of Prato (46,9%),*
- *the local Industrial Association (45,1%)*
- *the Consiag Group (8%), a local company specialized mainly in supply of utilities.*

GIDA main goal is: managing and solving all the problems connected to the waste water treatment in the whole Prato District

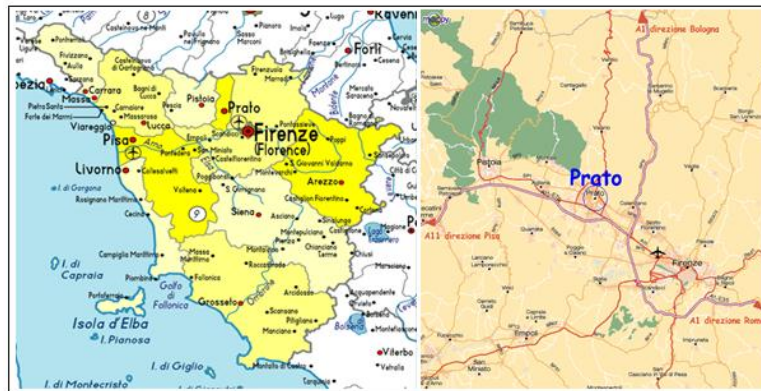
WHERE IS GIDA ?

The city of Prato is the european center of textile industry and it's very closed to Florence.

Late discoveries let think that it was an important centre of the ancient Etruscan culture (700-400 b.C.)

We suppose that Etruscan people, coming from the Middle East, chose to take up this area because it was a crossroad of ways of trading and because it was very rich of water.

Infact, Prato District is surrounded by two rivers

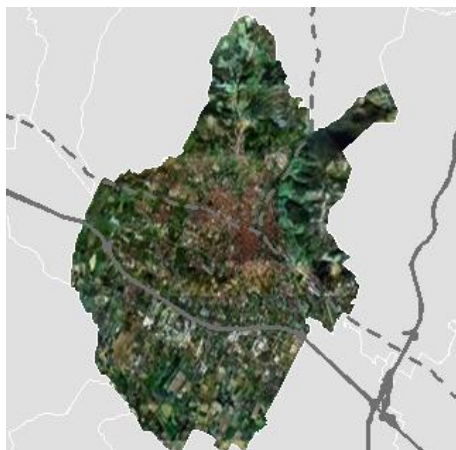


Now let's take a view on the land of Prato:

it's ideally bordered on the north-east by the Bisenzio river and on the south-west by the Ombrone river. They lie at different altitudes

Here we can see the two main rivers connected by a network of old open canals built during the Middle Ages: water flows from the upper river to the lower one crossing the whole area.

The little red spots are the sites of the two mains present WWTPs



The numbers of Industrial Prato District

- *Area: 700 kmq*
- *Inhabitants: 250,000 approx.*
- *N° of textile factories: 1,800 approx.*
- *N° of workers in textile industries: 40,000 approx.*
- *Turnover of Production in millions of Euro (2003): 4,948*
- *Turnover of Export in millions of Euro (2003): 2,700*
- *N° wet textile industries 220*
- *Amount of water used by industries: 13-18 millions of m³/y*

Amount of water reused by industries: 5 millions of m³/y

Now, let me give you these important statements that are coming from the experience of centuries of work on textiles:

(but I'm sure you know them already!!!)

1) WATER IS LIKE A RAW MATERIAL: IN DYEING AND FINISHING WATER TAKE A BIG PART IN TRANSFORMATION OF TEXTILES

2) WATER IS THE WAY TO MOVE DYE TO THE TEXTILE FIBRES AND TO MOVE EVERYTHING MAKES MORE IMPORTANT AND RICH

THE TEXTILE PRODUCT

Parameters to be respected in treated wastewater before to be discharged in to the river: (from Law n°152/99 of Italian Parliament):

| <i>COD</i> | <i>BOD₅</i> | <i>TSS</i> | <i>Ammonium</i> | <i>Nitrates</i> | <i>Nitrites</i> | <i>TP</i> | <i>Surfactants</i> |
|-----------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| <i>125 mg/l</i> | <i>25 mg/l</i> | <i>35 mg/l</i> | <i>15 mg/l</i> | <i>20 mg/l</i> | <i>0.6 mg/l</i> | <i>10 mg/l</i> | <i>2 mg/l</i> |

Categories of wet manufacturing plants assessed in terms of quality of water discharged:

| <i>Type of processing</i> | <i>COD: mg/l</i> | <i>BOD: mg/l</i> | <i>TSS: mg/l</i> |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Carbonizing</i> | <i>700</i> | <i>230</i> | <i>150</i> |
| <i>Dyeing</i> | <i>750</i> | <i>250</i> | <i>100</i> |
| <i>Finishing</i> | <i>1000</i> | <i>330</i> | <i>120</i> |
| <i>Scouring</i> | <i>1250</i> | <i>400</i> | <i>150</i> |
| <i>Other</i> | <i>1050</i> | <i>350</i> | <i>120</i> |

THE FARSIGHTED CHOICE: THE CENTRALIZED WATER TREATMENT SYSTEM (1981)

The production system of Prato consists of thousands of textile industries that do not use water and about 270 wet textile industries that consume a large amount of water and, of course, produce a large amount of waste water (13-18 million cubic meters a year).

On the basis of law respect, each of them would have been forced to equip itself with a WWTP to treat its own waste water.

The farsighted choice: in 1981 the City Council of Prato decided to build the centralized waste water treatment system that consists of a few large installations connected with the domestic and industrial users via a sewer system.

The farsighted choice: the advantages of a centralized WWTP system

- ✓ *saving of spaces inside the factories for uses more closely related to production;*
- ✓ *savings, thanks to economies of scale, on the costs of investment and operation of installation of plants;*

- ✓ homogenizing effect of the mixed sewer system;
- ✓ the use of specific professional skills for the management of the installations;
- ✓ the companies are relieved from any responsibilities connected with treatment of their wastewater.
- ✓ the possibility of agreement with local government for making more tolerable law limits on discharged wastewater

GIDA statistics:

GIDA has 65 employees and a turnover of about 13,000,000 €/year.

GIDA manages the following waste water plants in Prato District:

- WWTP of Prato-Baciacavallo (800,000 P.E.);
- WWTP of Prato-Calice (200,000 P.E.);
- WWTP of Vaiano (30,000 P.E.);
- WWTP of Cantagallo (35,000 P.E.);
- WWTP of Vernio (30,000 P.E.);
- Multiple-hearth incinerator for incineration of sludge

In total, the WWTPs of the company treat 55 million cubic meters of waste water a year

ECONOMIC RESOURCES (year 2004)

Earnings from treatment of overflow sewage: 1,600,000 €/year

Earnings from treatment of domestic waste water: 3,000,000 €/year

Earnings from treatment of industrial waste water: 7,500,000 €/year

Earnings from treatment of industrial waste water In 2004 industrial waste water amounts about 13,000,000 m³. and related earnings amount about 7,500,000 €.

GIDA calculates the average industrial rate on the basis of the global costs of management of the plants and provide to share, these costs according to percentages of pollutants coming out from every kind of industrial plants.

| Type of processing | COD: mg/l | Rate (€/m ³) |
|--------------------|-----------|--------------------------|
| Carbonzing | 700 | 0.5096 |
| Dyeing | 750 | 0.5390 |
| Finishing | 1000 | 0.6860 |
| Scouring | 1250 | 0.8330 |
| Other | 1050 | 0.7145 |

Example of calculations of the average industrial rate:

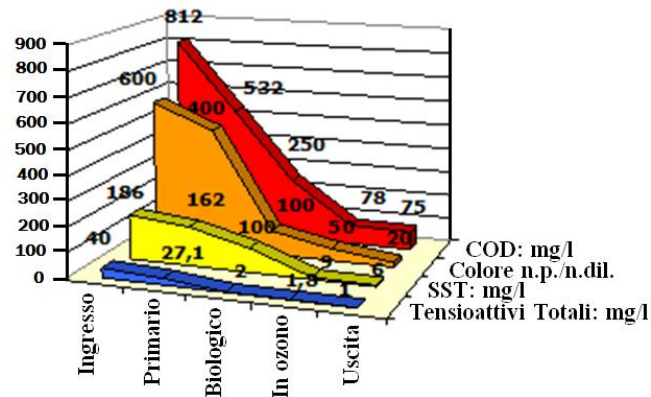
| | | |
|--|---|-------------------|
| GIDA overhead costs | € | 10.500.000 |
| Fixed & variable costs | € | 400.000 |
| Depreciation of loans | € | 2.300.000 |
| TOTAL COSTS (A) | € | 13.200.000 |
| GIDA Earnings | | |
| Earnings from management | € | 1.600.000 |
| Purchased of fixed assets | € | 530.000 |
| Contribution for the purchase of equipment | € | 570.000 |
| Earnings from domestic water treatment | € | 3.000.000 |
| TOTAL EARNINGS (B) | € | 5.700.000 |
| TOTAL A – TOTAL B | € | 7.500.000 |
| Average unit rate = (Total A – Total B)/Industrial Wastewater Amount= 0.577 €/m ³ | | |

The GIDA main plant, so called BACIACAVALLO plant:

Water treated: over 130,000 cubic meters/day, on a weekday

COD removal: about 100,000 kg/day on a weekday

Surfactants removal: about 4,000 kg/day.

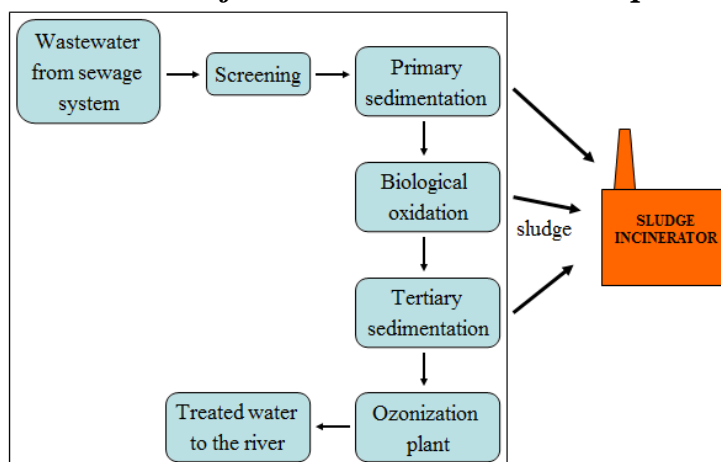


| | Ingresso | Primario | Biologico | In ozono | Uscita |
|---------------------------|----------|----------|-----------|----------|--------|
| Tensioattivi Totali: mg/l | 40 | 27,1 | 2 | 1,8 | 1 |
| SST: mg/l | 186 | 162 | 100 | 9 | 6 |
| Colore n.p./n.dil. | 600 | 500 | 100 | 50 | 20 |
| COD: mg/l | 812 | 532 | 250 | 78 | 75 |

The process in Baciacavallo plant consists mainly of equalization, primary sedimentation, biological oxidation, secondary sedimentation, clarification and flocculation and final refinement with ozone to abate the residual dyes and surfactants.



Flow-sheet of Baciacavallo wastewater plant



The sludge line consists of gravity thickening, mechanical dehydration with centrifuges and incineration of the sludge.

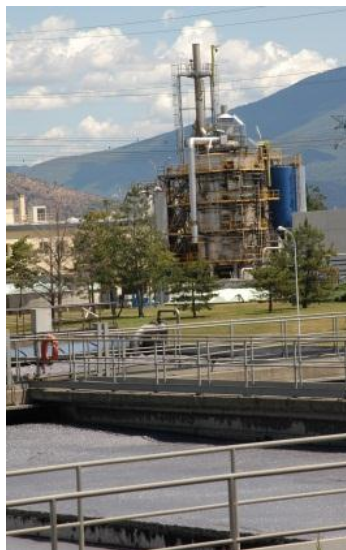
This last section is made by multiple-hearth incinerator capable of handling 100 tons/day of dehydrated sludge and equipped with after burning treatment (more than 850 °C), wet fume cleansing tower and sleeve deduster with continuous testing of emissions.



The closed cycle of the pollutants

The sludge resulting from the treatment process totals about 25,000 tons per year at 26% of dried solids of which slightly over 95% is incinerated.

We could say that all the pollutants incoming with sewage in Baciacavallo WWTP are transformed in gas and ashes..



| <i>How the WWTP works</i> | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|-------------|---------------|
| | <i>SST</i> | <i>COD</i> | <i>TT</i> | <i>Colour</i> |
| <i>water in:</i> | <i>186</i> | <i>812</i> | <i>40</i> | <i>600</i> |
| <i>out primary sedimentation</i> | <i>162</i> | <i>532</i> | <i>27.1</i> | <i>500</i> |
| <i>out biological oxidation</i> | <i>100</i> | <i>250</i> | <i>2</i> | <i>100</i> |
| <i>out tertiary sedimentation</i> | <i>9</i> | <i>78</i> | <i>1.8</i> | <i>50</i> |
| <i>out ozonation</i> | <i>6</i> | <i>75</i> | <i>1</i> | <i>20</i> |



THE NEW CHALLENGE: recovery and reuse of treated water

At the end of the '80, the city government realized that supply of water for industrial and domestic uses, largely from the ground table using wells, gradually impoverished this resource that is no longer able, alone, to satisfy the needs of the population.

WATER REQUIREMENTS from domestic and industrial uses

- Domestic uses: $13,000,000 \text{ m}^3/\text{year}$
- Industrial uses: $13 \div 18,000,000 \text{ m}^3/\text{year}$

AVAILABLE WATER RESOURCES FOR INDUSTRIAL USE:

- Ground water table
- Bisenzio river
- Waste Water Treatment Plants (WWTPs)
- To correct this critical situation the city government decided to built a plant of
- post-treatment and distribution of treated water.
- This kind of water can not be used for drinking
- but only for industrial use.
- In this way we can save the ground water table
- for drinkable water use only.
- And now GIDA is able to manage and solve every
- kind of water emergency could happen in the
- future

Reuse water for textile industries

The used sources are:

1. Baciacavallo WWTP
2. Bisenzio River

A percentage of the ozonized water treated in the

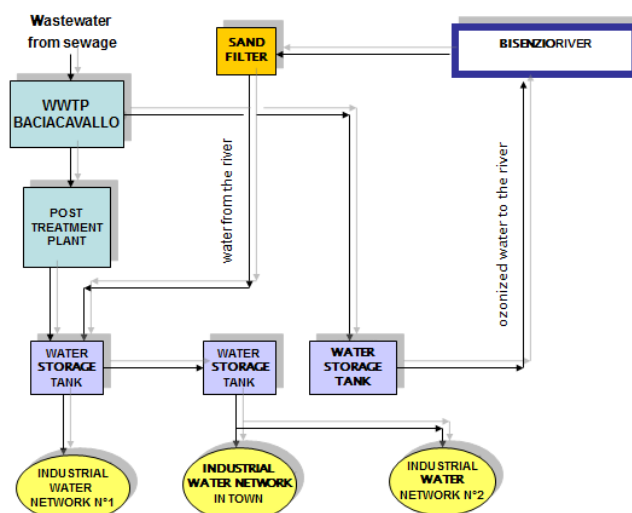
Baciacavallo WWTP ($3.5 \text{ million m}^3/\text{y}$) are refined in a post-treatment plant.

Then, this water is mixed with water coming from the river (30% of the total quantity) to reduce the saline content.

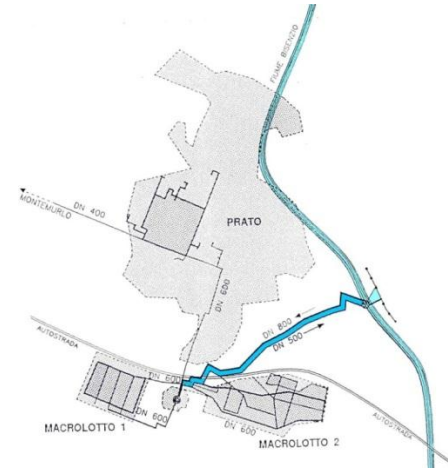
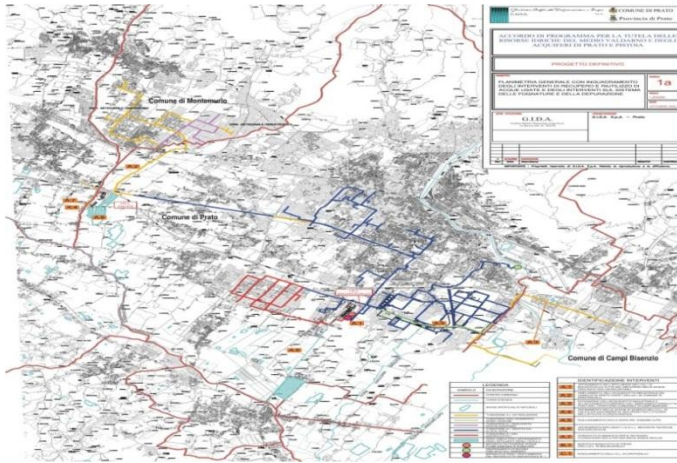
The numbers of the present situation

- Capacity $\cong 5,000,000 \text{ m}^3/\text{year}$
- Recycled water $\cong 3,500,000 \text{ m}^3/\text{year}$
- River water $\cong 1,500,000 \text{ m}^3/\text{year}$

FLOW-SHEET OF THE REUSE WATER



INDUSTRIAL ACQUEDUCT GENERAL MAP INDUSTRIAL WATER DISTRIBUTION SYSTEM GENERAL PLAN



The quality of water for industrial use coming out from Prato Industrial Aqueduct compared with law limits (D.M. 185/2003)

| | u.m | Winter | Summer | Medium | D.M. 185/03 |
|---------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--|
| Chemical & physical values | | | | | |
| SST | mg/l | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 10 |
| COD | mg/l | 15.8 | 33.7 | 24.8 | 100 |
| BOD ₅ | mg/l | | 10.0 | 10.0 | 20 |
| Conductivity | μS/cm | 1.431 | 2.523 | 1.977 | 3.000 |
| Cl | mg/l | | 485.0 | 485.0 | 250 |
| MBAS | mg/l | 0.12 | 0.08 | 0.10 | |
| BiAS | mg/l | 0.06 | 0.10 | 0.08 | |
| Surfactants | mg/l | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.5 |
| Colour | Abs | 0.005 | 0.012 | 0.009 | |
| Microbiological values | | | | | |
| E. coli | UFC/100ml | < 1 | < 1 | < 1 | 10 (80% of samples) 100 max value |

ECONOMIC RESOURCES AND INCENTIVES

Every industrial user of Centralized Waste Water Treatment System pays 0.062 €/m³ more than the price of waste water treatment.

Every cubic meter of recycled water costs 0.126 €.

Every user of recycled water is refunded by 0.0795 € for each m³ of water taken from industrial aqueduct and discharged in the sewer.

Every industrial user of Centralized Waste Water Treatment System pays 0.062 €/m³ more than the price of waste water treatment.

Every cubic meter of recycled water costs 0.126 €.

Every user of recycled water is refunded by 0.0795 € for each m³ of water taken from industrial aqueduct and discharged in the sewer.

Every industrial user of Centralized Waste Water Treatment System pays 0.062 €/m³ more than the price of waste water treatment.

Every cubic meter of recycled water costs 0.126 €.

Every user of recycled water is refunded by 0.0795 € for each m³ of water taken from industrial aqueduct and discharged in the sewer.

Cost and incentives

1. Total production costs (total): 1,137,734.35 €
2. Total incentives: 1,416,005.98 – 1,137,734.35 = 278,271.63 €
3. Unit incentive: 278,271.63 € / 4,340,127 m³ = 0.064 € / m³

GENERAL RULES:

for building and management the industrial aqueduct

GENERAL RULES: for building and management the industrial aqueduct

1. Agreement on project
2. Removal only of disagreeable substances
3. Change of users way of working
4. Low production and distribution costs

**WATER FOR TEXTILE INDUSTRIES
RESIDUAL DISAGREEABLE POLLUTANTS**

1. COLOUR: Makes more difficult the management of processes of dyeing, changing the expected colour of textiles.
2. T.S.S.: They change the uniformity of the colour on fibers.

**TEXTILE INDUSTRIES
RESIDUAL DISAGREEABLE POLLUTANTS
CLORIDES E SALTINESS**

3. Presence of chlorides can be stand until 300÷400 mg/l. Saltiness can be stand until 2.000 µS/cm.
4. HARDNESS: Hardness < 10 °F. Hardness for industrial water < 20 ÷ 35 °F. Hardness ground water < 40 ÷ 45 °F.
5. REDUCING AGENT: They react with coloring agent making more difficult their fixing on fibers (Red ox potential > 150 mV).

THE NEXT OBJECTIVES

The next projects of GIDA company concentrate on the reduction of the costs of production of the recycled water and on the expansion of the distribution network.

Next goal is to produce and distribute more than 9 million of m³ that will cover more than 50% of the requirement of the industrial users.

In addition, GIDA is working for the extension of the distribution network to the nearby towns of Montemurlo and Campi Bisenzio

WATER FOR FLOWER COLTIVATIONS

A new opportunity for the recovery and reuse of waste water comes from the many growers of ornamental plants in Pistoia area, at north-west of Prato area.

The idea of the reuse of treated water can be extended to solve the water problem of the vast metropolitan area of Florence-Prato-Pistoia

Research carried out in the years 2000, 2003 and 2004 by Gida, with the Department of Civil Engineering of Florence University, proved the substantial suitability of this kind of treated water

Gida projects in the next three years to refine till 5 million m³/y of water to the plant nurseries.

RESEARCH AND EXPERIMENTATION

The company is deeply committed to activities of research, study and experimentation. The research is carried out specially with Italian universities, to develop knowledge about both general and special scientific subjects. Some of these subjects are:

- *the study of qualitative and quantitative development of organic substances through the treatment stages of the Baciacavallo plant*
- *the composition and propagation of aerosols into atmosphere by WWTPs*
- *identification and selection of specific bacterial for the destruction of very hard to remove substances*
- *identification of hazardous substances in the water discharged by the WWTPs.*

These studies and experiments are useful mainly to better treatment processes and for introducing new techniques.

More recently, in addition to techniques relative to post-treatment and reuse of waste water, they concern:

- 1. renaturalization and refinement of water by means of an experimental system of phyto-treatment*
- 2. the use of membrane bioreactors (using flat and hollow membranes in processes with active sludge).*
- 3. oxygen treatment of the biological oxidation section with a current of oxygen containing ozone.*

THE FUTURE

Gida offers its know-how as a partner for designing and building wastewater treatment plants.

GIDA owns the capability to improve the management of WWTPs in different and local situations, specially in new or expanding industrial zones.

All the activities of Gida, in any case, developes in full respect of environmental safeguards and most advance laws against pollution.