8. معالجة مياه الصرف الصناعي.

إن تطور طرق معالجة مياه الصرف الصناعي لم يبدأ إلا حديثا ولكنه كان سريعا. إن تركيب وتركيز مياه الصرف الصناعي تختلف من صناعة إلى صناعة و من مصنع إلى آخر ضمن الصناعة الواحدة، ومن يوم إلى يوم بل من ساعة إلى ساعة ضمن المصنع الواحد . لقد كان هذا الاختلاف تحديا لمهندسي معالجة المياه ليعتمدوا طرقا و تكنولوجيا محددة لمعالجة مياه الصرف الصناعي. أصبح التركيز أكثر فأكثر على المواصفات النوعية للمياه، تركز الاهتمام بشكل أكبر على الصناعة كمستهلك رئيسي للمياه و مصدر رئيسي لتلوثها.

إن معالجة مياه الصرف الصناعي أمر لايمكن فصله عما يدعى "إدارة التلوث الصناعي أو إدارة النفايات الصناعية ".لأنه بعكس مسؤول التلوث الصحي فإن العامل في الصناعة يمكنه أن يمارس درجة من التحكم بكمية و نوعية ماء الصرف الصناعي و ذلك باختيار المواد الأولية و طرق التصنيع مناسبة . أن كمية و تركيز ماء الصرف الصناعي تختلف من مصنع إلى مصنع ومن وقت إلى آخر و لذلك فإن أكثر طرق المعالجة فعالية هي تلك التي تصمم كجزء من إدارة الحد من التلوث و معالجة ما لا يمكن منعه.

9- معالجة النفايات الصناعية

9-1 الدراسات الأولية

أ- **تصنف النفايات**: الخطوة الأولى في الدراسات الأولية هي تصنيف النفايات ,و كتصنيف أولي يمكننا القول أن هناك نفايات متجانسة و نفايات غير متجانسة المياه مع أنظمة المعالجة .

1- الملوثات المتجانسة:الملوثات المتجانسة هي المواد التي يمكن إزالتها أو إتلافها من قبل الهيئات المدنية، معظم الصناعات الغذائية وعدد من الصناعات العضوية تنتج نفايات خام تشبه بشكل أو بآخر النفايات البلدية ولو أن هناك اختلاف واسع في التركيز.

المعالجة الأولية تتضمن عادة تصفية و ترسيب. و اما المعالجة الثانوية فيمكن أن تتضمن معالجة بالحمأة المنشطة و الفلاتر البطيئة و يمكن أن تتضمن أيضا عمليات بيولوجية هوائية أخرى تهدف إلى أكسدة و إتلاف الجزء الأعظم من المواد العضوية .تقاس المواد العضوية و يعبر عنها عادة بعبارة الآوكسيجين العضوي المطلوب أو تقاس بطريقة غير مباشرة عن طريق معرفة الآوكسيجين الكيميائي المطلوب أو الكربون العضوي الكلي .المواد القابلة للتحلل البيولوجي يمكن أن تزال بنفس الطرق شريطة عدم الإضرار بالشروط اللازمة لعملية التحلل (مثل وجود سموم أو قيم حرجة منph و درجة الحرارة ...الخ).

التعقيم ليس عملية مطلوبة عادة في معالجة النفايات الصناعية ولكن وجود هذه النفايات في الصرف الصحي لا يتنافر عادة مع عملية الكلورة .هناك بعض الكيماويات المرجعة مثل السلفيدات

و السلفيتات و مركبات الحديدي التي تزيد من كمية الكلور اللازمة ,لكن هذه المواد يجب أن تكون قد أبعدت أو استهلكت قبل أن تصل النفايات إلى مرحلة الكلورة التي عادة ما تكون المرحلة الأخيرة .

2- الملوثات غير المتجانسة : بعكس نفايات الصناعات الغذائية و بعض الصناعات العضوية التي يمكن معالجتها بنفس العمليات التقليدية المتبعة لمعالجة الصرف فإن نفايات كثير من الصناعات تتضمن ملوثات لا تتلائم مع تلك الطرق من المعالجة .أخطر أنواع عدم المتجانسة هي تلك التي تتدخل في تشغيل عملية المعالجة كأن تحتوي على مواد سامة تحد أو تتلف الكائنات الحية التي تقوم بالعمليات البيولوجية .

هذه السموم تتضمن السيانيد و المعادن الثقيلة والحامض و الزيوت البترولية و الشحوم البترولية .

هذه المواد عندما تكون بتراكيز صغيرة تمثل نوعا آخر من عدم تجانس, ففي هذه الحالة فإن الملوثات لا تؤثر ولا تتأثر بعملية المعالجة وإنما تمر من خلال المحطة دون تغيير ما عدا أنها تخضع إلى درجة ما من التمديد .بالإضافة إلى الملوثات غير المتجانسة السابقة فإن هناك بعض المواد التي يحظر كليا دخولها إلى شبكة الصرف الصحي و هذه تتضمن :المواد القابلة للإشتعال و الإنفجار –النفايات الآكلة – المواد الصلبة أو اللزجة التي قد تسبب بعض الإنسدادات.

إن التصنيف النهائي للملوثات من حيث كونها المتجانسة أو غير المتجانسة يجب أن يعتمد على دراسة نظام الصرف الصحي المراد طرحها فيه. نظم المعالجة الحديثة أو إقامة وحدات كيميائية – فيزيائية مستقلة عند محطات معالجة الصرف الصحي تتضمن ضبط PH و إضافة بعض الكيماويات التي من شأنها إزالة بعض المواد اللاعضوية وهذة إجراءات يجب أخذها بعين الإعتبار عند تحديد التراكيز المقبولة من هذه المواد اللاعضوية المسموح بطرحها في تيارات الصرف .

إن تصنيف النفايات كخطوة أولى في الدراسة الأولية من شأنه أنه يساعد في إعداد طبيعة للملوثات المتوقع مواجهتها في الصناعة و هذه الانواع هامة في إعداد المسح ألمصنعي ,و ثانيا فهو يساعد في إختيار نوع عمليات المعالجة .

-**المسح الصناعي**:لا يوجد مصنعان لهما نفس الماء الملوث و لكي نعرف المشاكل المتعلقة بالماء الملوث لابد من دراسة خاصة للمصنع.الهدف الرئيس لمسح الماء الملوث هو الحصول على حقائق و معطيات ضرورية لتطوير برنامج إدارة متكامل للنفايات هذا البرنامج ينبغي أن يتضمن أكثر من نظام معالجة للنفايات ,فهو يجب أن يبدأ بوضع إدارة ماء فعالة تقود إلى التوفير في صرف الماء و إلى التقليل من الماء الملوث الواجب معالجته.زمن المسح يجب تحديده مسبقا و لكن يجب أن لا يقل هذا الزمن عن 24 ساعة ويمكن أن يمتد إلى أكثر من 14 يوم أو يمكن أن يشمل

فصلا كاملا. خلال المسح يجب قياس كل تدفقات الماء الملوث و أخذ عينات من عدة نقاط منها .يجب تسجيل المعطيات المتعلقة بالإنتاج في فترة المسح . أخيرا ففي مرحلة التخطيط للمسح يجب تدريب كادر المسح بحيث يعرف كل شخص مسؤولياته وواجباته و يحضر نفسه للقيام بها.

-التحليل: إن طرق التحليل الواجب إتباعها في تحليل المياه الملوثة الصناعية هي طرق موثقة ومحددة في طرق معيارية تحددها الجهات التشريعية في البلد .إذا كان أحد أهداف المسح الحصول على معطيات لفريق المعالجة فإن التحليل يمكن أن يشمل بعض الإختبارات المخبرية مثل إختبارات الترقيد لإزالة المعلقات الصلبة , تحديد منحني ph لتعديل الماء الملوث و إختبارات على التحلل البيولوجي .....إلخ.

2-9 طرق صناعية لمعالجة التلوث

آ- الحد من التلوث داخل المصنع

الخطوة الأولى في حل مشكلة التلوث هي منع التلوث في مصدره ,أي الغاء تشكل النفايات بدلا من معالجتها .إذا لم يكن ممكنا القضاء على التلوث بشكل كامل فمن المفيد التقليل من حجمه و شدته إلى أقصى حد ممكن .إذن يجب أن يكون من أولى أهداف مسح تلوث الماء الإشارة إلى إمكانات الحد من التلوث داخل المصنع. الحد من التلوث داخل المصنع يمكن تحقيقه بإجراء تعديلات على العمليات التصنيعية ,بتحسين نوعية المواد الاولية , وتجميع النفايات . يمكن اعتبار الماء مادة خام و أن الماء الملوث هو ناتج ثانوي لعملية التصنيع. إذا تم تقبل هذه الحقائق فمن المنطقي عندئذ تطبيق مبادئ ضبط الجودة على إنتاج الماء الملوث .

ب- معالجة التلوث داخل المصنع : تتنوع طرق معالجة التلوث تنوعا كبيرا و هذه التقنيات تتضمن عمليات تستخدم لمعالجة الصرف الصحي بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بكل صناعة و تعتمد اجراءت المعالجة –على نوع التلوث المراد إزالته وعلى درجة الإزالة .وهناك عوامل أخرى يجب أخذها بعين الإعتبار مثل كمية المياه الملوثة المراد معالجتها ,وتراكيز الملوثات في الماء ,والتغيرات التي تطرأ على كمية الماء و التراكيز ,.. المناخ.... الخ

المبادئ العامة للمعالجة هي – فصل الآطوار –المعالجة البيولوجية – المعالجة الكيمائية – و تقنيات متنوعة :

1. عملية فصل الأطوار : الفصل الفيزيائي للأطوار و خصوصا فصل الطور الصلب عن السائل ,و كذلك فصل الأطوار غير المائية –مثل الزيت –عن الطور المائي . فصل الغاز عن السائل ليس له كبير أهمية و لكنه قد يكون له أهمية في بعض أنواع التلوث . إن عملية فصل المواد الصلبة هي الخطوة الرئيسية في كل أنظمة معالجة التلوث . يتم فصل المواد الصلبة عن طريق الترسيب أي الإستفادة من الجاذبية لتحقيق عملية التركيد .يمكن لهذه العملية أن تتم في مرحلتين،

حوض إزالة الرمال وهو حوض ذو زمن مكوث قصير لإزالة الرمال الثقيلة سريعة الترسيب ذات القطر ما بين 0.1-0.2 مم وتصمم الأحواض الترسيب هذه بحيث تكون سرعة الجريان 0.3 م/ثانية , و الحوض الثاني حوض الترسيب الاولي لإزالة المواد الصلبة بطيئة التركيد إذ يبلغ زمن المكوث هنا أكثر من ساعتين .القطرات الزيتية الأخف من الماء تطفو على السطح في نفس الوقت الذي تترسب فيه المواد الصلبة الأثقل من الماء إلى قاع الحوض. كلا الطبقتين السفلى التي تشكل الحمأة والعلوية التي تشكل الطبقة الزيتية أو الزبد يجب أزلته بآلية مناسبة تعمل بشكل مستمر أو متقطع .يمكن تحسين فعالية التركيد بإضافة عوامل تخثير كيميائية تجمع الجزيئات الصغيرة في جزئيات كبيرة، او بزيادة زمن التركيد و لكن الخيار الأخير يتطلب أحواضا كبيرة بالإضافة الى انه قد ينشأ عنه مشكلة تحول منطقة الحمأة إلى منطقة لا هوائية .

نفس تقنيات فصل المواد الصلبة يمكن استخدامها من اجل الترسيب النهائي بعد المعالجة الكيميائية او المعالجة البيولوجية عن طريق احواض الترسيب النهائية التي تهدف إلى ازالة المواد الصلبة المتبقية التي استطاعت العبور من خلال أحواض التركيد الأولية، و الاهم من ذلك أنها تزيل المواد الصلبة الجديدة المتشكلة بالتفاعلات الكيميائية و البيولوجية. التركيد النهائي يمكن أن يتم على مرحلتين: الأولى في خزانات تقليدية تزال الحمأة فيها بطرق ميكانيكية و الثانية في برك صقل كبيرة بحيث يجب ان تتوفر مساحات كبيرة من الأرض.

في أنظمة المعالجة يمكن إضافة مروقات في مختلف مراحل الترسيب إذا كانت كمية المواد الصلبة كبيرة ,أو يمكننا الاستغناء عن التركيد الأولي إذا كانت نسبة المواد الصلبة منخفضة.إزالة الزيت بالترسيب يخضع إلى نفس المبادئ السابقة و يمكن أن يتم في نفس التجهيزات ,و هناك أجهزة فصل صممت من قبل معهد البترول الأمريكي (API) لاستخدامها مع المياه ذات المحتوى الكبير من الزيوت كتلك التي نواجهها في مصافي البترول .الزيوت المنحلة و المستحلبة لا يمكن إزالتها بالتركيد –مثلها مثل المواد الصلبة المنحلة – و إنما تحتاج إلى معالجة كيميائية مسبقة .

عملية الترسيب تعتمد على الفرق في الوزن النوعي بين المواد الصلبة (أو الزيتية) والماء لذلك فإن كان هذا الفرق صغيرا فإن كفاءة الترسيب سوف تكون منخفضة و يتطلب زمنا طويلا .يمكن حل هذه المشكلة باستخدام تقنية التعويم .في هذه التقنية يعمد الى ضخ هواء مضغوط في الماء و عند إزالة الضغط عن الماء يتحرر الهواء من المحلول بتشكيله فقاعات تحمل على سطوحها جزيئات المواد الصلبة .الصناعات ألأكثر استخداما لتقنية التعويم المصافي البترولية و المعامل الكيميائية حيث يعمد إلى معالجة الماء الملوث بالزيوت بهذه الطريقة .

عملية التصفية أبسط من التركيد لكنها محددة لأنها تفصل الجزيئات ذات الحجوم الكبيرة فقط. تستخدم المصافي الخشنة-كالحواجز ذات القضبان-عند مداخل وحدات المعالجة و هي ذات فتحات

كبيرة من مرتبة 12 إنش تقريبا يمكن الإستغناء عنها عندما لا توجد مواد صلبة بهذه الحجوم.
وهناك المصافي الناعمة تستخدم لإزالة الجزيئات الصغيرة وهذا يقلل من العبء على أحواض التركيد يحمي الانابيب من الانسداد والمضخات من العطب، والأهم من ذلك أن وجود الجزيئات الخشنة يعيق إزالة المواد الصلبة الناعمة بوحدات الترسيب . الجزيئات الصلبة الناعمة التي لا يمكن إزالتها بالمصافي ويتم فصلها بالفلترة.

أساس وسط الفلترة يكافئ المصافي الناعمة و هو يتألف من القماش أو الورق أوفرشة من المواد الصلبة نفسها على وسط الفلترة .الفلترة قلما تستخدم مع الماء الملوث الخام لأنها تحتاج في هذه الحالة إلى عمليات تنظيف متكررة ,و إنما تستخدم في عمليات الترويق النهائية خصوصا عندما لا يسمح ضيق المكان بإستخدام برك الصقل.

2. عملية المعالجة البيولوجية: طورت المعالجة البيولوجية أصلا من أجل الصرف الصحي ولكن هذه المعالجة تصلح في كثير من الأحيان لمعالجة المياه الملوثة من الصناعات العضوية مثل الصناعات الغذائية و صناعة الورق و الدباغة و الصناعات النسيجية وغيرها .

المعالجة البيولوجية للماء الملوث يمكن أن تكون هوائية أو لاهوائية ,و كل نوع له سلالاته الخاصة من الكائنات الدقيقة و النتائج النهائية لكل منهما ذات مواصفات تختلف عن النوع الآخر بالرغم من أن الهدف في كلتا الحالتين هو تحويل المكونات العضوية الى نواتج نهائية(غازات وماء و مواد صلبة سهلة الفصل).إن المعالجة البيولوجية الهوائية تتطلب تامين كمية كافية من الاكسجين عبر استخدام النافثات الهوائية من اجل استخدامها بواسطة الكائنات الدقيقة لأكسدة المواد العضوية و تحويلها الى كتلة بيولوجية ومواد بسيطة اخرى . و من الطرق الشائعة للمعالجة البيولوجية نذكر الحمأة المنشطة و الأقراص البيولوجية و المرشحات البيولوجية...الخ.بالنسبة للمعالجة الاهوائية فهي تستخدم عند احتواء المياه الملوثة على تراكيز عالية من المواد العضوية و تتضمن تأمين احواض لاهوائية بحيث تعمل الميكروبات اللاهوائية على تحويل المواد العضوية الى غاز الميثان و الهيدروجين و كبريت الهيدروجين و الامونيا وغاز ثاني اكسيد الكربون و نمو الكتلة البيولوجية. النواتج الغازية ذات روائح كريهة و بعضها قابل للاشتعال لذلك يجب جمعها و التحكم بها.

3. المعالجة الكيميائية: ظهرت المعالجة الفيزيائية-الكيميائية المستقلة كمنافس للمعالجة البيولوجية منذ حوالي 1970. إن المعالجة الكيميائية الأكثر انتشارا" هي ضبط PH المياه الملوثة و ذلك لان المياه الملوثة الصناعية لا يسمح بصرفها مباشرة إلى شبكات الصرف الصحي او المياه الطبيعية ما لم يتم تعديلها لقيم وسطية حوالي 7 لتجنب الضرر البيئي.

المياه الملوثة القلوية تعدل باستخدام حامض الكبريتيك مثلا، و المياه الحامضية تعدل باستخدام

كربونات الصوديوم او الكلس وهو الخيار الأرخص كلفة. يجنب استخدام الكلس بالنسبة للمياه الحاوية على الكبريت بسبب تشكل طبقة واقية توقف التفاعل. ان إزالة الأمونيا من الماء باستخدام الهواء او البخار تتطلب قيم PH عالية تؤمن بإضافة الكلس او الصودا الكاوية، كما ان ترسيب معظم المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيدات تتطلب قيم عالية من PH ، وعلى العكس يخفض ال PH بحمض الكبريت عند إزالة الفينول او تحويل السيانيدات الى مركب طيار كما ان قيم PH المنخفضة ضرورية لإرجاع الكرومات في صناعة الطلي الكهربائي.

هناك عمليات متنوعة تستخدم للمعالجة الكيميائية للمياه الملوثة، مثل التخثير الكيميائي و الأكسدة الكيمائية و استخدام الأوزون و الإرجاع الكيميائي(مثل إرجاع الكروم السداسي التكافؤ إلى ثلاثي التكافؤ مما يسهل إزالته). ان اختيار مراحل المعالجة الكيميائية المناسب يعتمد على كمية و نوعية المياه الملوثة و كذلك يعتمد على كلفة المعالجة و المواصفات النهائية المطلوبة للمياه المعالجة قبل إلقائها إلى المستقبلات النهائية. يمكن دمج عدد من تقنيات المعالجة مع بعضها لتحسن مواصفات المياه النهائية المعالجة . كما ان الحصول على مياه نقية اكثر باستخدام تكنولوجيا متقدمة مثل عمليات الفلترة و التناضح العكسي و التبادل ألشاردي سيزيد من كلفة المعالجة الى حد كبير.

10.دورة الماء على سطح الأرض : Hydrologic Cycle

الماء الموجود فوق الأرض، بالحركة الدائمة والدوران المستمر. فماء المحيطات والبحار يصعد إلى الهواء، عن طريق عملية التبخر(Evaporation) حيث يُكوّن السحاب، الذي تدفعه الرياح إلى مناطق الأرض المختلفة، ثم يتكثف ويهطل أمطاراً على الأرض، ومنها يرجع إلى المحيطات مرة أخرى . وتبلغ كمية المياه المتبخرة من الأرض، بفعل حرارة الشمس لتكّون السحاب، حوالي 500 ألف كيلو متر مكعب. ومعظم هذا السحاب المتكوّن، ينشأ من المحيطات عن طريق عملية البخر. كما أن هناك كمية قليلة من السحاب، الذي يتكّون من خلال عملية البخر من الرطوبة ،الموجودة في سطح التربة وعملية النتح (Transpiration) من أوراق النبات،حيث تعرف هاتان العمليتان معاً باسم "البخر - النتح"(Evapotranspiration) . ثم يتكثف هذا السحاب، ليسقط أمطاراً على الأرض. وتسقط معظم هذه الأمطار، مرة أخرى، في المحيطات و البحار، ويتبقى جزء قليل يسقط على اليابس. وبمقارنة كمية ماء الأمطار المتساقطة على اليابس، بالماء الذي تبخر منها عن طريق البخر والنتح، تعد كمية الأمطار أكثر بكثير من تلك التي تصاعدت من اليابسة. إلاّ أن هذه الزيادة ترجع مرة أخرى إلى المحيطات والبحار، عن طريق ظاهرة الجريان السطحي لمياه الأمطار (Runoff)، من خلال المياه الجوفية والأنهار الجارية. ثم تبدأ دورة جديدة للمياه من المحيطات، إلى الهواء، إلى الأرض، ثم إلى المحيط. وهذه الدورة الدائمة لمياه الأرض،