الفصل الثالث

الملوثات الصناعية

٣-١ . التلوث البيئي الناتج عن مصادر الطاقة التقليدية

٣-١-١ . المشكلات الناتجة عن استخدامات مصادر الطاقة :

٣-١-٢ . مخاطر مصادر الطاقة التقليدية

٣-١-٣ . التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية

٣-١-٤ . المخاطر والتأثيرات البيئية المصاحبة لعمليات استخراج وإنتاج واستهلاك الفحم.

٣-١-٥ . المخاطر والتأثيرات البيئية المصاحبة لعمليات استخراج وإنتاج واستهلاك البترول.

٣-١-٦ . المخاطر والتأثيرات البيئية المصاحبة لعمليات استخراج وإنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي.

٣-٢ . الملوثات البيئية الصناعية

٣-٢-١ . التلوث البيئى بالملوثات الصناعية

٣-٢-٢ . أثر الصناعة في البيئة

٣-٢-٣ . أنواع الملوثات المنتجة بالمصانع

٣-٢-٤ . طرق للحد من التلوث الهوائي في مصانع الأسمنت كأحد الأمثلة لمكافحة تلوث الهواء في المجال الصناعي

٣-٢-٥ . ثانيا المخلفات السائلة الصناعية

٣-٢-٦ . ثالثا المخلفات الصلبة الصناعية

٣-٢-٧ . التحكم والسيطرة على التلوث الصناعي

٣-٣ . التلوث الناشيء عن احتراق الوقود في وسائل النقل والمواصلات

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثالث

الملوثات الصناعية

الملوثات الصناعية هي الملوثات التي يتدخل الإنسان في إحداثها ، ويكون سببا في حدوثها وانتشارها ، وتتعدد الأنشطة الإنسانية المولدة للتلوث، وأهمها الآتية :

١ - التلوث الناتج عن محطات توليد الطاقة.

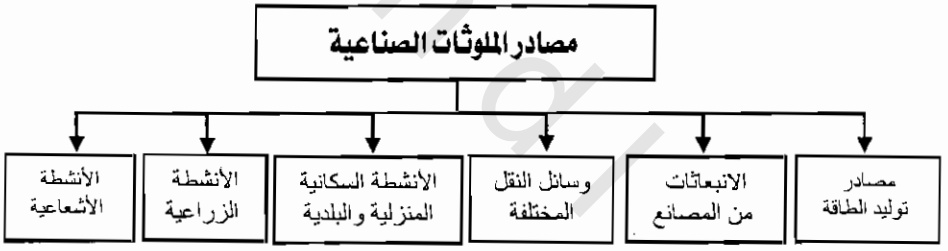
٢ - التلوث الناتج عن انبعاثات المصانع المختلفة.

٣ - عوادم وسائل النقل المختلفة مثل وسائل النقل البرى والبحري والجوى.

٤ - النشاط الإشعاعي .

٥ - النشاط السكاني ويتعلق بمخلفات المنازل من المواد الصلبة والسائلة وكذلك بسبب كثرة استخدام المبيدات الحشرية والمذيبات الصناعية.

٦-النشاط الزراعي وكثرة استخدام المواد الكيماوية المختلفة في أغراض التسميد والزراعة.



ويتولد عن النشاط الصناعي للإنسان العديد من التأثيرات البيئية السلبية التي تضر بالبيئة، والتي من أهمها:

١ - التأثيرات البيئة السلبية المؤثرة على البيئة البحرية : وتتولد هذه التأثيرات نتيجة وجود المنشأت الصناعية بالقرب من البحار والمحيطات المخلفات الصناعية السائلة الملوثة للماء إلى تلك البيئات المائية.

٢ - التأثيرات البيئة السلبية المؤثرة على البيئة المائية العذبة: وتتولد هذه التأثيرات نتيجة وجود المنشأت الصناعية بالقرب من مصبات ومجاري النهار والبحيرات العذبة، حيث تتسرب المخلفات السائلة الملوثة للماء إلى تلك المسطحات المائية .

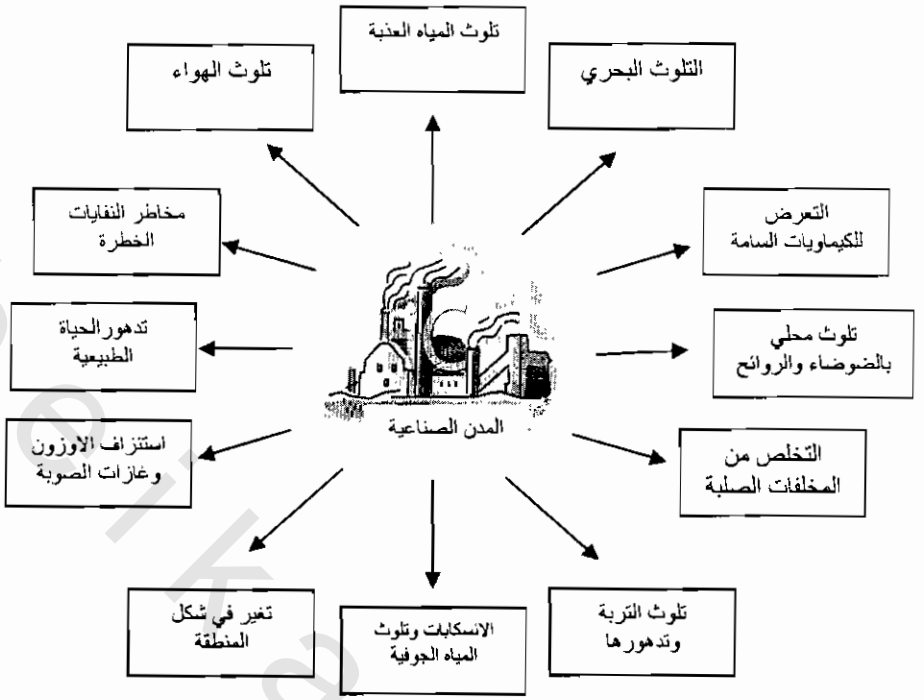
٣ - التأثيرات البيئة السلبية المؤثرة على المياه الجوفية وتتولد هذه التأثيرات نتيجة الانسكابات المختلفة للمخلفات السائلة على الارض ومنها تتسرب إلى المياه الجوفية .

٤ - التأثيرات البيئة السلبية المؤثرة على البيئة الهوائية : وتتولد هذه التأثيرات نتيجة الانبعاثات الجوية الملوثة للهواء ، وتنتشر تلك الملوثات بصورة كبيرة إلى درجة وصولها للمدن المجاورة للمنشأت الصناعية وقد تتخطى حدود الدول.

٥ - التأثيرات البيئة السلبية المؤثرة على التربة وتتولد هذه التأثيرات نتيجة الانبعاثات الجوية والمخلفات السائلة والصلبة المتولدة من المصانع.

٦ - التأثيرات البيئة السلبية المؤثرة على السكان والمتمثلة في الضوضاء الناتجة عن تشغيل المصانع، بالإضافة إلى تولد بعض الروائح الكريهة من بعض أنواع الأنشطة الصناعية.

ويبين الشكل التالي صور وأشكال التلوث المتوقع من المدن الصناعية.



شكل مخطط لأهم التأثيرات البيئية السلبية المتوقعة من المدن الصناعية.

وسوف نتناول بشيء من التفصيل كلا من التلوث الناتج عن مصادر الطاقة التقليدية والتلوث الناتج عن النشاط الصناعي والتلوث الناشيء عن وسائل النقل والمواصلات المختلفة، على اعتبار الأهمية النسبية لهذه الأنواع من الملوثات .

٣-١. التلوث البيئي الناتج عن مصادر الطاقة التقليدية

مقدمة عن مصادر الطاقة

إن أهمّ مصادر الطاقة المستخدمة حالياً، وتلك المتوقع أن يكون لها شأن في توفير الطاقة للبشرية على مدى العشرين سنة القادمة هي:

١- **الوقود الأحفوري**: ويتمثل في الفحم والنفط والغاز الطبيعي، ويختزن هذا الوقود طاقة كيميائية يمكن الاستفادة منها عند حرقه، والوقود الأحفوري هو مصدر

الطاقة الرئيس حيث يسهم بما يربو على ٩٠٪ من الطاقة المستخدمة اليوم، ولأنه مصدر قابل للنضوب، وبسبب مشكلات التلوث البيئي، فإن البحث حثيث لتوفير وتطوير مصادر أخرى للطاقة.

٢- **المصادر الميكانيكية**: وهي مساقط المياه والسدود وحركة المدّ والجزر وطاقة الرياح، ولذا تُقام محطات توليد الكهرباء عند السدود والشلالات ومناطق المد العالي وربوع الرياح الشديدة لاستغلال قوة الدفع الميكانيكية في تشغيل التوربينات.

٣ - **الطاقة الشمسية**: يُستفاد منها عبر التسخين المباشر في عمليات تسخين المياه والتدفئة والطهي، كما يمكن تحويلها مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية.

٤- **الطاقة الحرارية الجوفية** حيث يُستفاد من ارتفاع درجة الحرارة في جوف الأرض، وفي بعض المناطق تكون هذه الطاقة الجوفية قريبة من سطح الأرض فتوجد بالتالي الينابيع الحارة، ففي أيسلندة ـ مثلاً - تنتشر هذه الينابيع ويُستفاد منها لأغراض التدفئة والتسخين.

٥- **الكتل الحيوية (البيوماس)**: وهي المخلفات الحيوانية والزراعية التي يتم تخميرها في حفر خاصة ليتصاعد منها غاز الميثان وهو غاز قابل للاشتعال.

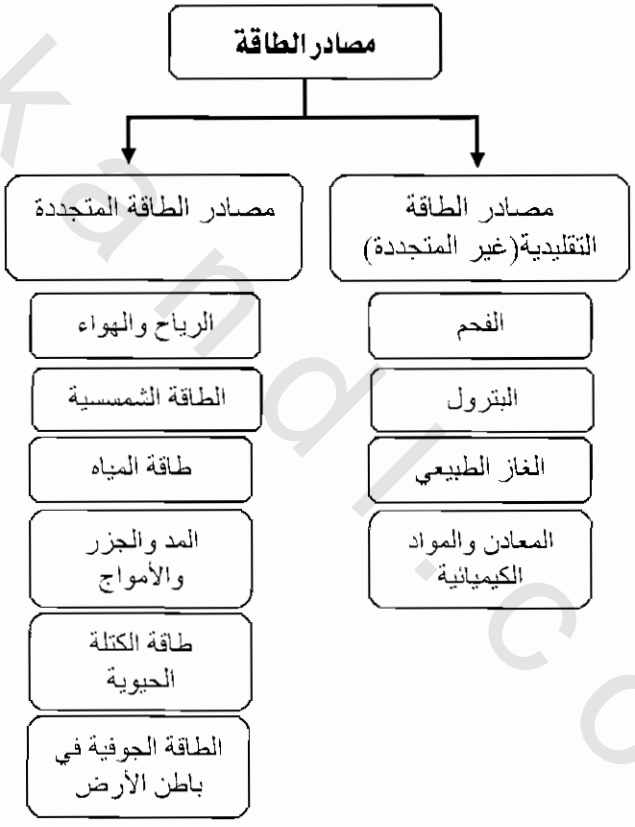
٦- **غاز الهيدروجين**: يمثّل نوعاً مهمًّا من أنواع الوقود، وهو مرشح لأن يكون له دور كبير في تأمين الطاقة في المستقبل، وقد ظهرت سيارات تعمل على غاز الهيدروجين، وأبرز تطبيقاته الاستفادة منه في خلايا الوقود، وهي خلايا واعـــدة بتطبيقات واسعة في المستقبل، ويتم توليد الكهرباء داخلها مباشرة بتمرير الهيدروجين والهواء بها، وعبر اتحاد الهيدروجين والاكسجين نحصل على طاقة كهربائية وأما مخلفات هذه العملية فهي الماء فقط ، اي ان خلايا الوقود لا تسهم في تلويث البيئة.

٧- **الطاقة النووية**: تنتج عن لانشطار النووي في المفاعلات النـــووية، ويُستفاد منها في تسيير السفن والغـواصات وتوليد الطاقة الكهربائية، وأبرز سلبياتها النفايات المشعة الناتجة، ومشكلة التخلص منها، وضوابط السلامة العالية اللازمة لمنع انفجار المفاعل أو تسرّب المواد المشعة منه.

وهناك تصنيف للطاقة ومصادرها يقوم على مدى إمكانية تجدد تلك الطاقة واستمراريتها، وهذا التصنيف يشمل :

١- **الطاقة التقليدية أو المستنفذة:** وتشمل الفحم والبترول والمعادن والغاز الطبيعي والمواد الكيميائية، وهي مستنفذة لأنها لا يمكن صنعها ثانية أو تعويضها مجدداً في زمن قصير.

٢- **الطاقة المتجددة أو النظيفة أو البديلة:** وتشمل طاقة الرياح والهواء والطاقة الشمسية وطاقة المياه أو الأمواج والطاقة الجوفية في باطن الأرض وطاقة الكتلة الحيوية، وهي طاقات لا تنضب.



٣-١-١. المشاكل الناتجة عن استخدامات مصادر الطاقة :

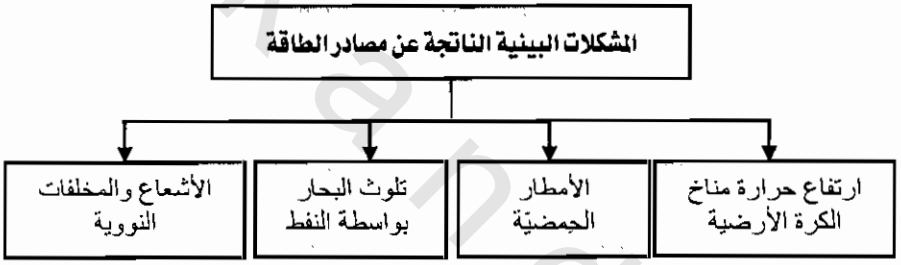
تتعد المشكلات الناتجة عن الاستخدام المفرط لمصادر الطاقة التقليدية نتيجة للثورة الصناعية لمختلف دول العالم ، إلا أن المشكلات البيئية هي المعنية بسلامة وصحة الإنسان على كوكب الأرض ، والمشكلات التالية تعد أشهر وأهم المشكلات البيئية الناجمة عن مصادر الطاقة التقليدية:

أ - ارتفاع حرارة مناخ الكرة الأرضية.

ب - الأمطار الحِمضيّة.

جـ - تلوث البحار بواسطة النفط.

د - الإشعاع والمخلفات النووية.



أ - ارتفاع حرارة مناخ الكرة الأرضية

معظم المشكلات الناتجة عن الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة التقليدية هي مشكلات بيئية وأهمها ارتفاع درجة حرارة المحيط الذي نعيش فيه . ويعتقد معظم العلماء أن درجة الحرارة ترتفع بمعدل ٠.٣ درجة مئوية في كل عقد وذلك نتيجة لزيادة تركيز بعض الغازات في الجو . ويزعم بعض الباحثين أن أكثر الغازات سبباً في رفع درجة الحرارة هو غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، الذي يتحرر نتيجة حرق الوقود التقليدي . إلاّ أن هناك نظريات حديثة تشير إلى أن الأشعة الكونية المرتبطة بدورة النشاط الشمسي هي أحد الأسباب الرئيسية لارتفاع مناخ الأرض ، وأن حرارته ستشهد انخفاضاً يليه ارتفاع وهكذا .

ب - الأمطار الحمضيّة

من المخاطر الجانبية لحرق الوقود هو تساقط الأمطار الحمضية . فبعض الغازات التي تتحرر عند احتراق الوقود ، وبالأخص ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين ، تتحد مع الماء في الجو مكونة حمض الكبريتيك وحمض النيتريك . ونتيجة لهذا فإن أي مطر يتساقط على منطقة ما ستكون حامضاً ويسبب ذلك تلفاً للنباتات وتعطيلاً لنمو الغابات ، وتفتيت بعض أجزاء الأبنية وصدأ للمعادن .

ومعظم غاز ثاني أكسيد الكبريت ينبعث من المحطات الكهربائية التي تستخدم الفحم وقوداً . وتوجد عدة تقنيات يمكن استخدامها في هذه المحطات لتقليل انبعاث ثاني أكسيد الكبريت . والطريقة الشائعة الاستخدام هي إمرار الغازات الخارجة خلال خليط من كاربونات الكالسيوم والماء التي تمتص الكبريت لإنتاج كبريتات الكالسيوم أو ما يسمى بالجبس . وهذه الطريقة لها مساوئ جانبية منها تقليل كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية ، وزيادة انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وزيادة كلفة الإنتاج. وهنالك طريقة أخرى هي بدفع الهواء خلال غرفة حرق الفحم وبوجود بعض الأحجار الكلسية .

جـ - تلوث البحار بواسطة النفط

إن محطات توليد الطاقة الكهربائية ، ومصافي النفط ، والمصانع الكبيرة يمكنها أن تكون أكثر الملوثات المنظورة ، بسبب روائحها المميزة. وليست كل الملوثات الضارة بالبيئة سببها حرق الوقود ، ولكن هنالك مسببات أخرى مثل نقل الوقود عبر البحار . إن معظم الطاقة المصدرة من الدول المنتجة تنقل بواسطة البحار والمحيطات إلى البلدان المستهلكة . وقد تطور أسلوب النقل وأصبحت الناقلات ذات سعة كبيرة جدًّا . وبقطع النظر عن الحوادث فإن هذه الناقلات تساهم بدرجة كبيرة في تلوث البحار إذ أنه عند عودتها إلى مكان التصدير بعد تفريغ شحنتها ، تملأ بالماء لغرض الموازنة وعند تفريغ الماء تخرج معه كمية من النفط المتبقي . وعلى الرغم من أن أساليب النقل في الوقت الحاضر أصبحت أكثر أماناً وضماناً فإنه عند حصول حادثة ما سيكون التأثير كبيراً . ففي الفترة ما

بين ١٩٧٠ و ١٩٨٥ وقعت ١٨٦ حادثة، تسرب في كل منها أكثر من ١٣٠٠ طن من النفط . وفي عام ١٩٨٩ تسرب من إحدى الناقلات ٣٩٠٠٠ طن من النفط وغطى مساحة ١٦٠٠ ميل مربع في ولاية الآسكا الأمريكية .

د - الأشعاع والمخلفات النووية

كان من المتوقع أن تكون الطاقة النووية أحد المصادر الرئيسية في إنتاج الطاقة الكهربائية، ولكن هذا لم يتم بسبب المعارضة الواسعة التي تواجه نصب هذه المحطات في مختلف أنحاء العالم . هذه المحطات تنتج حالياً ٦٪ من الطاقة الكهربائية في العالم . وبعد حادثة تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي السابق عام ١٩٨٦ أصبح نصب مثل هذه المحطات محدوداً . ومن المشكلات المتعلقة بمحطات الطاقة النووية أن المواد المستخدمة في الانشطار النووي ذات إشعاع عالٍ جدًّا ، وقسم منها يبقى مشعًا إشعاعًا نوويًا لعشرات الآلاف من السنين . كما أن طرق التخلص من النفايات النووية غير مضمونة ، وبالإضافة إلى ذلك فإن تفكيك المحطات التي انتهت أعمارها يسبب تسربًا إشعاعًا نوويًا أيضًا. وأن أخذ أقصى درجات الحيطة والحذر في عدم تسرب الاشعاع أدى إلى استخدام أجهزة معقدة وعالية الكلفة ،ولهذا السبب فإن كلفة إنشاء هذه المحطات أعلى من كلفة محطات توليد الطاقة بواسطة الوقــود ، وإن كلفة إنتاج الطاقة الكهربائية في هذه المحطات أعلى من المحطات الاعتيادية .

٣-١-٢. مخاطر مصادر الطاقة التقليدية

مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والبترول والغاز الطبيعي يصاحبها عادة أثناء استخراجها كثير من العمليات الملوثة للبيئة . نظرًا لطبيعة هذه المصادر الغازية والسائلة والصلبة، كما ينتج عن استهلاكها كمصادر للوقود انبعاث كميات هائلة من الملوثات البيئية، والتي تجد طريقها للبيئة مسببة أضرارًا على المدي القريب والبعيد للإنسان والحيوان والنبات .

٣-١-٣. التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية

مصادر الطاقة التقليدية تقع في مناطق بعيدة عن أماكن استخدامها واستهلاكها وبالتالي يتحتم نقلها إلى أماكن استهلاكها. وقد يصاحب هذا النقل العديد من المخاطر المتعلقة بالبيئة، مثل: غرق ناقلات البترول ، وتسرب السوائل المستخدمة في التعدين للمياه الجوفية، أو تسرب الغازات المصاحبة للاستخراج الي الجو المحيط، أو انسكاب البترول في الموانى ومنصات التكرير البحرية .

وتصنف التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية على أساس مدى هذه التأثيرات إقليميًا وعالميًا.كذلك تصنف هذه التأثيرات على أساس فترة تأثيرها من تأثيرات قصيرة الأجل ، ومتوسطة الأجل، وطويلة الأجل . ومن بين التأثيرات طويلة الأجل تدمير البيئة وغطاء التربة النباتي وهجرة بعض الكائنات الحيوانية وانقراض بعض الأجناس الإحيائية.

وتنتج غالبية التأثيرات البيئية من انطلاق العديد من المواد والمركبات الكيميائية والفيزيائية إلى البيئة وتتخذ مسارات خاصة لتصل إلى المياه الجوفية أو إلى باطن الأرض أو تتراكم فوق سطح الأرض مسببة العديد من الأضرار للإنسان والحيوان . ويتوقف مدى تأثير هذه الملوثات على كميتها، وقابليتها للانتشار داخل البيئة، وطبيعتها الكيميائية السامة أو غير السامة وقابليتها للتحلل وطبيعة تراكمها البيولوجي داخل الكائنات الحية. والجدول التالي يبين أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية.

جدول ٣-١

مصدر الطاقة	التأثيرات البيئية
النفط	تلوث البحار والمحيطات والشواطيء بالنفط المتسرب من منصات التكرير ومن غرق الناقلات.
	تلوث المياه الجوفية والسطحية بالنفط .
	موت العديد من الطيور والكائنات المائية فى مناطق الانسكاب البترولى.
	تدمير البيئة الطبيعية بالنفط المتسرب مثل إهلاك الشعاب المرجانية بالنفط الهابط إلى القاع.

	تدمير البيئة الأرضية بفعل سوائل الحفر المستخدمة في استخراج النفط في الصحراء.
	تغيير المناخ العالمي بسبب انبعاث الغازات الحابسة للحرارة مثل ثاني أكسيد الكربون .
	انبعاث العديد من الغازات الملوثة للبيئة مثل أكاسيد الكبريت والنتروجين وثاني أكسيد الكربون عند حرق النفط .
الغاز الطبيعي	انبعاث العديد من الغازات الملوثة للبيئة مثل أكاسيد الكبريت والنتروجين وثاني أكسيد الكربون عند حرق الغاز الطبيعي.
	تغيير المناخ العالمي بسبب انبعاث الغازات الحابسة للحرارة مثل ثاني أكسيد الكربون.
الفحم	تلوث البحار والمحيطات.
	تلوث المياه الجوفية والسطحية.
	اضطراب فى استخدام الأراضي وتخريب بعيد المدى للنظام البيئي .
	انبعاث العديد من الغازات الملوثة للبيئة مثل أكاسيد الكبريت والنتروجين وثاني أكسيد الكربون عند حرق الفحم.
	تلوث سطح التربة بالجسيمات المتساقطة ومخلفات الرماد والخبث .

وتتفاوت المخاطر والأضرار الصحية والبيئية الناتجة عن استخراج واستهلاك مصادر الطاقة التقليدية باختلاف المصدر وباختلاف طرق الاستخراج ، والأغراض التي تستخدم فيها تلك المصادر.

٣-١-٤. المخاطر والتأثيرات البيئية المصاحبة لعمليات استخراج وإنتاج واستهلاك الفحم

الفحم الحجري صخر أسود أو بني اللون قابل للاشتعال والاحتراق. وعند احتراق الفحم الحجري، فإنه يعطي طاقة على شكل حرارة. ويمكن استعمال الحرارة الصادرة عن احتراق الفحم الحجري في تدفئة المنازل، وفي عمل منتجات عديدة مختلفة. ولكن الاستخدام الأساسي لهذه الحرارة هو في إنتاج الكهرباء. وتعطي معامل إنتاج الطاقة باحتراق الفحم الحجري ثلثي الكهرباء المستهلكة في العالم. ويستعمل الفحم الحجري كذلك في إنتاج فحم الكوك وهو مادة خام أساسية في صناعة الحديد والفولاذ. وتنتج

مواد أخرى عن عملية إنتاج فحم الكوك، يمكن استعمالها بدورها في صناعة بعض المنتجات كالأدوية والأصباغ والأسمدة.

تتمثل المشكلات البيئية في كون تعدين الفحم بطريقة التجريد والكشط يؤدي إلى دفن التربة الخصبة تحت أكوام من الصخر. وتطلق هذه الصخور أحماضًا عند تعرضها للرطوبة. وتحمل مياه الأمطار الجارية عبر المنحدرات الجرداء الأحماض والأوحال معها، وتجرف التربة الخصبة من المناطق المجاورة. وتلوث هذه المياه الجارية مياه الجداول والأنهار بما تحمله من أوحال وأحماض.كما أن التعدين السطحي للفحم الْحَجَري يُخَلِّف وراءه أراضٍ وعِرَة، مما يؤدي إلى تشويه التربة، وعدم صلاحيتها للزراعة.

كذلك ، فإن الماء المستخدم في تفتيت رواسب الفحم يحمل معه كثيرًا من غبار الفحم وبعض الشوائب الأخرى. وعند إلقاء هذا الماء في المجاري المائية الطبيعية يؤدي إلى تلوثها والقضاء على ما بها من كائنات حية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الماء قد يساعد على تفتيت الصخور في جدارن المنجم وسقفه مما قد يؤدي إلى إنهياره .

ينطوي التعدين التحت أرضي على مخاطر أكثر من التعدين السطحي. فربما يتعرض عمال المناجم للإصابات أو يموتون بسبب انهيارات الكهوف والصخور الساقطة وحوادث التفجير والغازات السامة. ولمنع هذه الكوارث فإن كل خطوة من خطوات العمل في التعدين التحت أرضي يجب أن تُصمَّم بشكل يؤمن حماية العاملين .

يتطلب التعدين التحت أرضي أيد عاملة أكثر من التعدين السطحي. ولكن مع هذا، تكون المناجم التحت أرضية ذات ميكنة متقدمة، حيث تقوم الآلات بكل عمليات الحفر والاقتلاع والتحميل والنقل في المناجم الحديثة.

ويمثل الفحم من حيث المخاطر الصحية والبيئية أخطر مصادر الطاقة على الإطلاق، حيث يتخلف عنه كميات هائلة من النفايات الصلبة والسائلة الضارة بالإنسان والبيئة . كما تنطلق عند احتراقه كميات هائلة من الغازات الملوثة والحابسة للحرارة (مثل غازات

أكاسيد النتروجين والكبريت واول وثاني أكسيد الكربون)، فضلاً عن انطلاق كميات من النويات المشعة الطبيعية ، والتي تسهم في حدوث التلوث الإشعاعي للبيئة.

ويؤثر كل من غاز الميثان وغبار الفحم المتطاير عند عمليات استخراج الفحم من المناجم على سلامة ونظافة البيئة المحيطة بموقع المنجم. وقد يؤدي اشتعال خليط الغاز أو الغبار مع الهواء إلى انهيار المنجم وإلحاق الضرر بالمنطقة المحيطة به.

وتسبب هذه الفحوم الحجرية ذات المحتوى المتوسط وذات المحتوى العالي من عنصر الكبريت تلوثًا خطيرًا للهواء إذا أُحْرِقَت بكميات كبيرة دون أخذ تدابير الأمان المناسبة . وقد حدت صعوبة وارتفاع تكلفة تطوير تدابير الأمان من التلوث من استعمال الفحم الحجري كوقود. كما أن بعض الرماد الناتج عن احتراق مسحوق الفحم الحجري قد يتسرب في الهواء، ويلوثه شأنه في هذا شأن غاز ثاني أكسيد الكبريت.

الحد من التلوث بالفحم

بدأت الأمم المتقدمة في سنّ تشريعات بهدف التقليل من انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت من محطات توليد القدرة الكهربائية، التي تستخدم الفحم الحجري كوقود. تزيل عمليات تنظيف الفحم الحجري بعض الكبريت منه ولكنها لاتزيل كميات كافية من الكبريت من أنواع الفحم الحجري ذات المحتوى العالي، أو المحتوى المتوسط من الكبريت. ومن أجل الحصول على هواء بمواصفات جيدة، يمكن السيطرة على انطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت إلى حد ما باستخدام أجهزة، تسمى أجهزة غسل الغاز. يمتص جهاز غسل الغاز روائح وأبخرة غاز ثاني أكسيد الكبريت لدى تمرير الغازات خلال مجموعة مداخن خاصة.

يُجري الباحثون العلميون التجارب على عملية السيطرة على نسبة عنصر الكبريت في الفحم الحجري، وتعرف هذه العملية بإحراق الطبقة المُميعة. وتتلخص هذه العملية في حرق مسحوق الفحم الحجري في طبقة من حجر الجير، حيث يحجز الجير عنصر الكبريت الموجود فيه، وبالتالي يحول دون تشكّل غاز ثاني أكسيد الكبريت. وتُستعمل

الحرارة الناتجة عن الفحم الحجري لتسخين الماء إلى درجة الغليان. وينساب هذا الماء المسخن عبر أنابيب على شكل ملفات معدنية داخل طبقة الجير. أما بخار الماء الناتج فيمكن استعماله في محطات توليد القدرة الكهربائية.

٣-١-٥. المخاطر والتأثيرات البيئية المصاحبة لعمليات استخراج وإنتاج واستهلاك البترول

النفط أو البترول (كلمة مشتقة من الأصل اللاتيني "بيترا"، والذي يعني صخر، و"أوليوم" والتي تعني زيت)، ويطلق عليه أيضًا الزيت الخام، كما أن له اسمًا دارجًا "الذهب الأسود"، وهو عبارة عن سائل كثيف قابل للاشتعال بني غامق أو بني مخضر، يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية.وهو يتكون من خليط معقد من الهيدروكربورنات، وخاصة من سلسلة الألكانات، ولكنه يختلف في مظهره وتركيبه ونقاوته بشدة من مكان لأخر. وهو مصدر من مصادر الطاقة الأولية المهم للغاية، والبترول هو المادة الخام لعديد من المنتجات الكيميائية، بما فيها الأسمدة، مبيدات الحشرات، اللدائن.

التأثيرات البيئية للبترول

للبترول تأثير ملحوظ على الناحية البيئية والاجتماعية، وذلك من الحوادث والنشاطات الروتينية التي تصاحب إنتاجه وتشغيله مثل مخاطر التلوث البترولي الناجمة عن أنشطة البحث وعن استكشاف واستخراج البترول الخام وتكريره وتخزينه ونقله عبر شبكات من الأنابيب بالمناطق البحرية. ،مثل الانفجارات الزلزالية أثناء إنتاجه، الحفر، والانسكابات البترولية داخل المياه وغرق الناقلات وحوادث الانفجارات البترولية داخل مناطق الاستخراج البرية . كما أن استخراج البترول عملية مكلفة وأحيانا ضارة بالبيئة، بالرغم من أن (جون هنت من وودز هول) أشار في عام ١٩٨١ إلى أن أكثر من ٧٠٪ من الاحتياطي العالمي يصاحبه ترشحات كبيرة؛ أي إنه لا يستلزم الإضرار بالبيئة لاستخراجه، وعديد من حقول البترول تم العثور على العديد منها نتيجة للتسريب الطبيعي. كما أن استخراج البترول بالقرب من الشواطيء يزعج الكائنات البحرية ويؤثر

على بيئتها. كما أن استخراج البترول قد يتضمن الكسح، الذي يحرك قاع البحر، مما يقتل النباتات البحرية التي تحتاجها الكائنات البحرية للحياة. كما أن نفايات الزيت الخام والوقود المقطر التي تتناثر من حوادث ناقلات البترول أثرت على العلاقة التبادلية بين الكائنات الحية (بموت أحد هذه الكائنات) في ألاسكا، جزر جالاباجوس، إسبانيا، وعديد من الأماكن الأخرى.

ومثل أنواع الوقود الحفري الأخرى، يتسبب حرق البترول في انبعاث ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي، وهو ما يعتقد أنه يساهم في ظاهرة السخونة العالمية. وبوحدات الطاقة فإن البترول ينتج كميات CO_2 أقل من الفحم، ولكن أكثر من الغاز الطبيعي. ونظرا لدور البترول المتفرد في عمليات النقل، فإن تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 تعتبر من المسائل الشائكة في استخدامه. وتجرى محاولات لتحسين هذه الانبعثات عن طريق احتجازها في المصانع الكبيرة.

مصادر التلوث المائي بالنفط

هناك العديد من المصادر المسئولة عن التلوث البحري بالنفط ومنتجاته، وأهمها الآتي:

- إفراغ ماء التوازن لناقلات البترول في البحر .
- الحوادث التي تحدث أثناء عمليات الحفر والتنقيب والتي تسبب تلوث المياه بكميات هائلة.
- تسرب النفط إلى البحر أثناء عملية التحميل أو التفريغ في الموانيء النفطية.
- اشتعال النيران و الحرائق بناقلات النفط في عرض البحر.
- تسرب النفط الخام بسبب حوادث التآكل .
- التسرّب بانفجار آبار النفط في البحر أو بأجهزة إنتاج النفط الموجودة في البحر أو على الشواطئ أو حدوث تآكل كيميائي في خطوط أنابيب النفط البحرية.
- الحوادث البحرية والتي من أهمها ارتطام هذه الناقلات بالشعاب المرجانية أو بعضها ببعض؛ حيث تتسبب ناقلات النفط وحدها في تسرب الزيت الخام إلى

مياه البحار والمحيطات بمعدل يصل إلى ٢ مليون طن سنويًا، على الرغم من أنه تبين أن الحوادث البحرية الواقعة لناقلات النفط لا تساهم في هذا التلوث إلا بما لا يزيد على ٤.٨ ٪ فقط.

- تسرب النفط إلى البحر أثناء الحروب كما حدث في حرب الخليج الثانية.

مخاطر صناعة البترول الصحية

كانت صناعة البترول في جميع مراحلها صناعة خطرة، ومن هنا كان من المفروض أن تكون لها منذ البداية قواعدها وإجراءاتها الصارمة في مجال حماية البيئة من التلوث أو التسرب وتنفيذ إجراءات السلامة في التشغيل لحماية العاملين ووسائل الإنتاج والحفاظ على البيئة المحيطة. تعمقت مخاطر صناعة البترول في ظل عمليات التنمية والطلب المتزايد على استخدام البترول لتوفير احتياجات الطاقة الأولية كمنتجات بترولية وغاز طبيعي بحيث وصل الأمر إلى أن البترول كان يوفر أكثر من ٩٠٪ من احتياجات بعض الدول ولاسيما المكتظة بالسكان كما هو الحال في مصر، بالإضافة إلى أهمية ودور البترول كمصدر ودعامة أساسية للدخل القومي في الكثير من البلدان المنتجة له، مما ازداد الوعي العام على ضرورة حماية البيئة والإنسان؛ وخاصة العاملين في مجال الصناعة البترول من مخاطره. يتعرض العاملون في النفط لأربعة أنواع من المخاطر :

- المخاطر الطبيعية.
- المخاطر الكيميائية.
- المخاطر الآلية.
- المخاطر السيكولوجية – النفسية.

تكمن المخاطر الطبيعية بتعرض العاملين في مجال النفط إلى التعرض للشمس؛ أي للحرارة أثناء عمليات الحفر في العراء، سواء في الصحراء أو في البحار. التعرض للضوضاء، الاهتزازات الناجمة من الحفر ، التعرض للإشعاع إلى جانب التعرض الى الضوء المبهر وللكهرباء في عمليات اللحام . مسببة أمراضًا عديدة مثل (ضربة الشمس،

الأنيميا ،سرطان الدم، سرطان الجلد، عتامة عدسة العين). المخاطر الكيميائية : عن طريق الغازات والأدخنة والأبخرة والأتربة التي تتصاعد في جو العمل. تسبب الغازات أضرارًا بالغة تصل إلى حد الاختناق والالتهابات ، وقد تتسبب في حرائق أو انفجارات لأن مستخرجات البترول مواد ملتهبة ومتفجرة.

المخاطر الآلية تتعلق بالعمليات المتممة في الورش الملحقة بالمنشئات البترولية، بهدف صيانة آلاتها.

المخاطر النفسية : تكمن في عدم تكيف العامل مع جو العمل المعزول عن الأهل والأصدقاء في أماكن نائية بالصحراء أو البحار؛ مما يسبب للعامل الشعور بالغربة والوحدة والضياع.

الوقاية من مخاطر صناعة البترول

من اجل تقليل مخاطر صناعة البترول على العاملين في المشاريع النفطية من الضروري مراعاة ما يلي:

١ - توفير أماكن السكن الصحي للعمال إضافة إلى المرافق التي تجعل الحياة مقبولة في الصحاري أو عند البحار والمناطق المهجورة .

٢ - توفير وسائل الترفيه والطعام الصحي ومياه الشرب النظيفة والملابس الواقية للعمال.

٣ - توفير وسائل نقل جيدة لنقل العمال إلى حقول البترول ومنشآت النفط .

٤ - تنظيم فترات العمل والراحة والأجازات الأسبوعية والسنوية لتغطية الشعور بالغربة والحرمان الذين يعانون منه.

٥ - العناية بتنظيم وصيانة مصافي النفط لمنع تسرب الأبخرة والغازات إلى جانب إبعاد المصافي عن المدن والأماكن الزراعية حماية للبيئة المجاورة لمصافي البترول.

٦ - توفير كل وسائل الوقاية من الحريق والتجهيزات اللازمة لحماية العمال وخزانات تجميع البترول التي قد تتعرض للحرائق، ويجب أن تكون هناك مسافات مناسبة بين الخزان والآخر لتأمين وسائل الوقاية وهذا ما يجب عمله أيضًا بالنسبة لمستودعات الغاز التي يجب أن تجهز بوسائل الإطفاء الآلي، وأن تكون بعيدة عن أماكن السكن والمدن.

٧ - تجهيز ناقلات البترول بكل وسائل الوقاية من الحرائق والانفجارات مع ملاحظة غسل الناقلات من الزيوت بسبب تلوث سياه البحر بالنفط.

٨ - يجب تصميم منافذ نجاة وإنقاذ داخل الناقلات وتزويد العاملين بها بأدوات وقاية من الضجيج ومن غازات البترول وأبخرته.

٩ - منع التدخين أثناء تفريغ الناقلات والحذر من غاز كبريتيد الهيدروجين السام، وكذلك الحذر من أنابيب نقل البترول والغاز من الآبار إلى موانئ التصدير سواء أكانت تحت الأرض أم فوقها.

١٠- يجب توفير وسائل التهوية في معامل تكرير البترول لكي لا يتعرض العمال للتسمم بمركبات الكبريت والفاناديوم والزرنيخ وغاز أول أوكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين.

١١- يجب عدم استعمال طرق الكنس الجاف لمنع انتشار غبار مادة الأسبستوس التي تستعمل في أعمال العزل الحراري، وبعض الأعمال الصناعية الأخرى، كما أنه من الضروري حفظ مادة الأسبستوس في بالات مبطنة بالبلاستيك، وأن تحفظ في أوعية محكمة الإغلاق وتبديل ثياب العمل قبل مغادرة مكان العمل.

١٢- يستلزم ارتداء ملابس الوقاية مثل أغطية الرأس والقفازات ونظارات اللحام وسدادات الأذن للوقاية من الضوضاء والكمامات والأقنعة المضادة للأبخرة والغازات السامة وكذلك الأحذية الخاصة .

١٣- الاهتمام بتوعية العمال بالندوات والملصقات لتعريفهم بمخاطر عملهم وطرق الوقاية الشخصية منها. إضافة إلى توفير وسائل الإسعاف بالمنشآت البترولية وتوفير الرعاية الصحية المهنية والعامة بها عن طريق جهود مشرفي الأمن الصناعي وأطباء السلامة المهنية، وإجراء الكشف الطبي الابتدائي والدوري والتفتيش على أماكن العمل وقياس نسب الغازات والأبخرة والأتربة بها حتى يمكن الاحتفاظ بها في الحدود الآمنة إلى جانب العناية بالسجلات الطبية والتقارير والاحصائيات للأمراض العادية والأمراض المهنية حتى يسهل متابعة الأحوال الصحية للعمال ومواجهة اي مخاطر مهنية، ولمعرفة المزيد عن التلوث البترولي وتأثيراته البيئية والصحية وطرق التحكم به فلينظر كتاب التلوث البترولي .

٣-١-٦. المخاطر والتأثيرات البيئية المصاحبة لعمليات استخراج وإنتاج واستهلاك الغاز الطبيعي

يتفوق الغاز الطبيعي على النفط والفحم من حيث قله مخاطره الصحية والبيئية بسبب قلة المخلفات الصلبة والسائلة الناتجة عن استخراجه وكذلك انخفاض كمية الغازات المنطلقة عند احتراقه؛ لذا فالغاز الطبيعي مصدر نظيف للطاقة لا يلوث البيئة، والاحتياطي المخزون منه في باطن الأرض يزداد كل عام. هذه الحقائق المؤكدة كانت حافزاً لخبراء الطاقة لاستقصاء سبل جديدة، تجعل منه بديلاً للمحروقات الأخرى.

من هنا فقد أصبح الغاز الطبيعي مادة الوقود المفضلة على نحو متزايد لدى إنسان العصر بوصفه خيارًا طبيعيًّا للوقود في البيت لإعداد الطعام والتدفئة وفي المصانع والمختبرات العلمية والمستشفيات... إلخ. وفي السنوات الأخيرة، استخدم هذا الغاز بجدارة وكفاءة لاستنباط الطاقة، والذين يستخدمون الغاز الطبيعي يفضلونه لأسباب عديدة، منها: أنه يمكن تمديده بواسطة الأنابيب أينما ووقتما تظهر الحاجة إليه، تماماً كما يمد التيار الكهربائي عبر شبكاته الخاصة، وكذلك من الممكن تخزين الغاز في مستودعات كبيرة، وبسبل وآليات أسهل كثيرًا من اختزان الطاقة الكهربائية، كما أنه من السهل التحكم باستخدام حرارته .

ويتكون الغاز الطبيعي، في معظمه، من غاز الميثان، وهو وقود نظيف. وعلى سبيل المثال، فإن استنباط قدر معين من الطاقة باستخدام الغاز الطبيعي ينتج عنه قدر من ثاني أكسيد الكربون يقل بنسبة ٤٠٪ عمَّا ينتج من استخدام الفحم الحجري لاستنباط القدر نفسه من الطاقة و٣٥٪ أقل من استخدام النفط للغرض ذاته، والمعروف أن غاز ثانى أكسيد الكربون هو الذي يساهم في رفع درجة حرارة طقس الكرة الأرضية، ويتسبب في ما يسميه العلماء (أثر البيت الزجاجي). وزيادة على ذلك، فإن الغاز الطبيعي لا يحتوي على أي قدر من الكبريت تقريباً، وهذا على العكس من الفحم الحجري والنفط، لذلك فهو لا ينتج لدى احتراقه إلا مقداراً يكاد لا يذكر من ثاني أكسيد الكبريت، وهو الغاز الرئيسي الذي يسبب الأمطار الحمضية. ومن جهة مهمة أخرى، فليس للغاز حين يحترق مخلفات مثل الغبار والرماد، ولا يترك وراءه نفايات نووية يجب على الإنسان التخلص منها. وبالمقارنة مع الطاقة النووية والنفط، فإن أي حدث يقع بسبب الغاز يكون مؤقتاً، وينحصر محليًّا، ولا تكون له آثار بعيدة المدى.

وعلى المدى الطويل وخصوصاً إذا ما استمرت زيادة احتياطي الغاز الطبيعي، فإن الغاز سيحل جزئياً محل مشتقات النفط لتشغيل وسائل النقل؛ مما سيقلل من التلوث البيئي على مستوى العالم نتيجة انخفاض انطلاق الغازات المسببة للاحترار العالمي، ومن الناحية الكيميائية فإن الغاز الطبيعي هو الوقود المثالي للآلات التي تعمل بشرارة الإشعال، وعلى العكس من البنزين فإن الغاز الطبيعي لا يحتاج إلى رصاص، يضاف إليه لضبط عملية الإشعال، ومعروف عن الرصاص أنه يلوث البيئة، كما أن التخلص من الرصاص يجعل الغاز وقودًا أقل كلفة بالمقارنة مع البنزين. ومن الصعوبات التي تكتنف استخدام الغاز الطبيعي وقوداً لوسائل النقل، مشكلة خزن كميات كافية منه في المركبة لإتاحة الفرصة لها لقطع مسافات بعيدة، لكن العلماء يجرون الآن أبحاثاً للتغلب على هذه المشكلة، ومن الحلول التي يجري التفكير فيها، تحويل الغاز الطبيعي إلى سائل، وليست هذه بالعملية السهلة، وهكذا يتضح أن للغاز الطبيعي مستقبلاً مشرقاً في دنيا الصناعة والنقل، إضافةً إلى استخداماته التقليدية في المنازل والمكاتب وتوليد الطاقة الكهربائية.

٣-٢. الملوثات البيئية الصناعية

تمارس الصناعة دورًا مهمًّا في التنمية الاقتصادية والاجتماعية لمختلف البلدان، ويتمثل في إنتاج السلع وتقديم الخدمات الصناعية باستخراج الموارد الطبيعية واستخدامها في صناعة المنتجات وتصريف النفايات وتوزيع المنتج النهائي واستخدامه والتصرف فيه (بما في ذلك إعادة استخدامه وتدويره). ويمكن أن تحدث الآثار البيئية بدرجات متفاوتة من الخطورة طوال كامل دورة حياة المنتج الصناعي وتتجسد تلك الآثار في مشكلات محلية أو إقليمية أو عابرة للحدود و/أو بيئية عالمية، وكثير من العمليات الصناعية تتسم في ذاتها بالخطورة ويمكن أن تسفر عن حوادث خطيرة لها آثار ضارة على الصحة البشرية إضافة إلى آثارها على البيئة أيضًا.

وعلى الرغم من أن الصناعة تعتبر المستخدم الرئيس للموارد الطبيعية وتعد مصدرا مباشرا أو غير مباشر للتلوث وغيره من الآثار البيئية إلا إن لها في ذات الوقت الدور المهم لتحقيق التنمية المستديمة؛ استنادًا لامتلاكها التكنولوجيا والمعرفة والموارد وروح المبادرة اللازمة للابتكار وهي الأمور المهمة المستخدمة في تحقيق الأهداف المختلفة بشكل عام والبيئية منها بشكل خاص .

إن الآثار البيئية للأنشطة الصناعية معروفة بشكل واضح، ولا يزال النقاش حول ردود الفعل المناسبة تجاهها مستمرا في مختلف المحافل الدولية والوطنية والأمر المهم هو ضرورة اتخاذ الإجراءات المناسبة.

٣-٢-١. التلوث البيئي بالملوثات الصناعية

مقدمة

تتسبب الصناعة عادة فى تلوث البيئة من حيث هواء المنشاة الصناعية ، وهواء المناطق المحيطة بها ، كما تلوث مياه الصرف الصناعى المياه السطحية التى تصرف فيها فتؤثر على الصلاحية الحيوية لهذه المياه وقد تسبب تسممها. وتعتمد درجة خطورة الملوثات الصادرة من الصناعة على نوعية الصناعة ومدخلاتها والطرق التكنولوجية المستخدمة بها.

وتعرف المخلفات الصناعية بأنها المواد التي لا يحتاج إليها أصحابها ويريدون التخلص منها ، وهي تعني بشكل واسع جميع المخلفات الناتجة عن الصناعات بمختلف أنواعها والتي أصبحت تشكل جزءًا كبيرًا من المخلفات نتيجة للتوسع في الصناعات الصغيرة والمتوسطة ، ويمكن تقسيم المخلفات الصناعية إلى :

أ - مخلفات صناعية غير خطرة

وهي المخلفات الصناعية التي لا تشكل خطرا على البيئة أو الإنسان أو الصحة العامة مثل بعض الصناعات الغذائية ومواد التغليف وخلافه .

ب- مخلفات صناعية غير خطرة

وهي المخلفات الصناعية التي تشكل خطرًا على البيئة أو الإنسان أو الصحة العامة مثل: المواد الكيميائية والمبيدات والأصباغ والمذيبات .

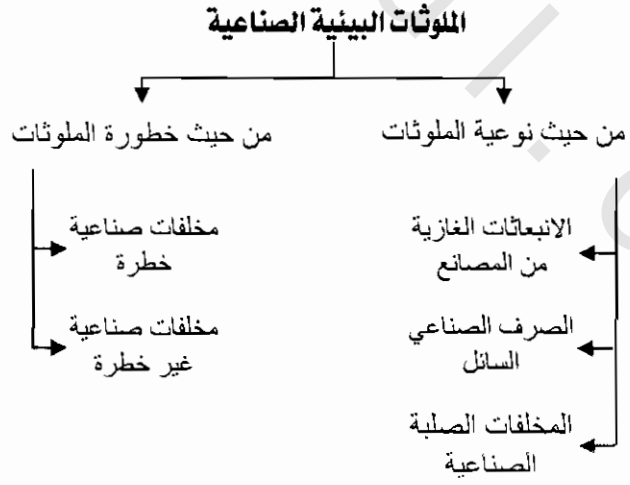
تشكل المخلفات الصناعية واحدة من اخطر ملوثات البيئة ، فقد يترتب عن صرف هذه المخلفات في البحيرات الأنهار والبحار والمحيطات نتائج وأضرار جسيمة للكائنات الحية الموجودة فيها أو المرتبطة بها. ومن أخطر أنواع التلوث البحري بالمخلفات الصناعية تلك التي تنتج من الصناعات الكيميائية مثل: صناعات التعدين والورق والنسيج والصباغة والمبيدات ومستحضراتها. فمخلفات هذه الصناعات تلوث البيئة المائية بمركبات كيمائية شديدة الخطورة والسمية أو بمعادن ثقيلة سامة، مثل: الزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ وغيرها.

وتتمثل خطورة هذه المخلفات في :

- احتمالية تلوث الهواء والماء والتربة بهذه المخلفات .
- التسبب في بعض الأمراض كأمراض الجهاز التنفسي والربو والحساسية .
- لا تقتصر مخاطر المخلفات الصناعية على المتعاملين معها فقط بل تمتد لبقية أفراد المجتمع الذين يتعرضون لمكوناتها بشكل أو بآخر؛ فالخطر الحقيقي يتمثل في الآثار طويلة الأجل التي قد تصيب الإنسان والبيئة من جراء ملايين الأطنان

من المخلفات الخطرة المنتشرة على وجه الأرض، سواء المطروحة في حفر أو الملقاة في مجاري السيول أو المتروكة في الحقول أو المهملة أو الملقاة في البحار أو المدفونة في باطن الأرض أو التي تحرق بلا تدابير وقائية مناسبة .

- إن أغلب المخلفات الصناعية هي من المخلفات الكيميائية، وكثير من هذه المواد ذات طابع سام .
- إن جوهر مشكلة المخلفات الصناعية يدور في أغلب الأحيان حول الإهمال في معالجة المنتجات الضارة المشتقة عن الإنتاج الصناعي، وعدم العناية بكيفية التخلص منها .
- التأثير المباشر على الحياة البحرية وما يترتب عليه من إخلال للتوازن الحيوي بها.
- إن لبعض هذه الملوثات صفة التراكم داخل أجسام الكائنات البحرية كالزئبق مما يسمح بانتقالها للإنسان خلال السلاسل الغذائية .
- كثرة عدد هذه الملوثات الضارة وزيادة المنتجات المركبة الجديدة بصورة أسرع من تطور الدراسات التي تدور حول معرفة أضرارها .



٣-٢-٢. أثر الصناعة في البيئة

أصبحت الآثار البيئية للأنشطة الصناعية معروفة ومفهومة بشكل واضح في الوقت الحاضر ، ويؤدي تقييم تلك الآثار إلى عدد من الاستنتاجات الرئيسة التي لابد من أخذها بنظر الاعتبار عند اتخاذ القرارات وبالتالي الإجراءات المناسبة تجاه تلك الآثار. ويتضح على نحو متزايد أن الآثار البيئية للانبعاثات الصناعية وعمليات التصريف في أوساط محددة (الهواء ، الأرض ، الماء) مترابطة ، نادرًا ما تتمركز في وسط واحد، غير أن عددًا كبيرًا من السياسات التي تنفذها الحكومات في الوقت الحاضر تركز على وسط واحد ويمكن أن تؤدي إلى نقل التلوث من وسط إلى آخر. لذا كان من الضروري اعتماد نهج متكامل وكلي إزاء السياسة العامة في مجال البيئة.

إضافة إلى ذلك، فإن مدى الآثار البيئية يتزايد وبشكل خاص مع طول الفترة أو الوقت الفاصل بين الانبعاثات وآثارها والعواقب البيئية أو الصحية النهائية، وعلى الرغم من تلك الآثار يمكن أن تتجلى وبشكل واضح على الصعيد المحلي و/ أو الإقليمي،فان المشكلات البيئية الناجمة عن الأنشطة الصناعية تؤثر على البيئة العالمية، ويستوجب ذلك بالتالي ضرورة أن تكون الحلول المعتمدة عالمية.

تمتلك الحكومات المختلفة (وبشكل خاص المتقدمة منها) نظمًا مناسبة لمراقبة جودة الهواء و/ أو الماء ، وهي بحاجة ماسة أيضا إلى مراقبة استخدام الموارد الطبيعية من قبل القطاع الصناعي وأن تربط بين استخدامها (استهلاكها) وتدهور البيئة.

٣-٢-٣. أنواع الملوثات المنتجة بالمصانع

أولاً : الانبعاثات الغازية

تنطلق من المصانع والمنشات الصناعية العديد من الانبعاثات الهوائية الملوثة للبيئة والتي لها تأثير ضار على الإنسان. وتشمل الانبعاثات إلى الهواء العديد من الغازات الضارة مثل أكاسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين .

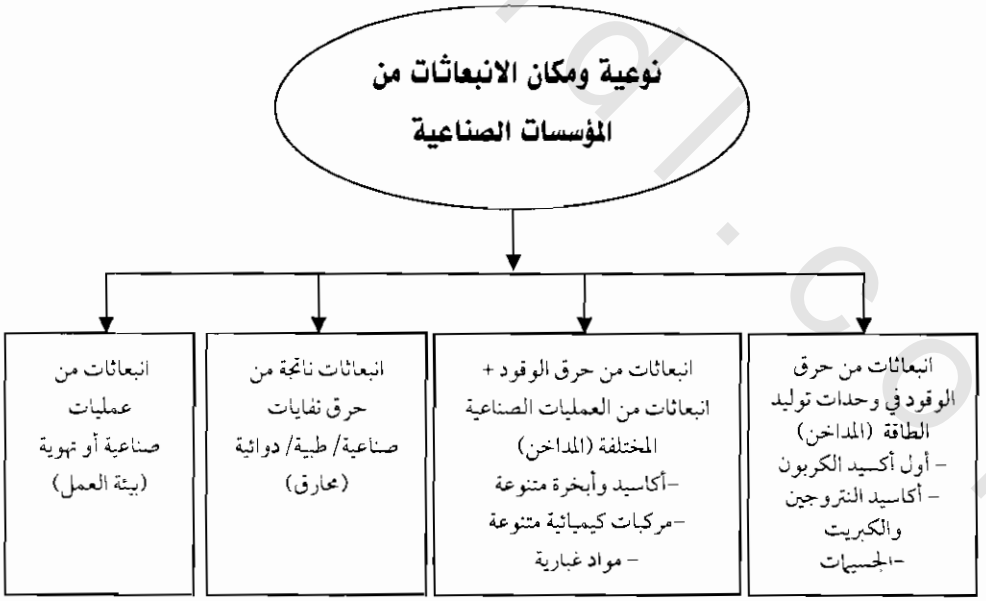
تعد الانبعاثات الغازية من اخطر الملوثات البيئية المتولدة عن الصناعة؛ لانتشار هذه الملوثات وقد تصل إلى المناطق السكنية بالمدن مما يفاقم من مخاطرها وآثارها البيئية .

صور الانبعاثات الغازية المنطلقة من المنشأت الصناعية :

- غازات
- أبخرة .
- رذاذ (أيروسول).
- أتربة(جسيمات صلبة عالقة) .
- دخان.

مصدر الانبعاثات من المنشآت الصناعية

- انبعاثات من المداخن .
- انبعاثات هاربة(من بيئة العمل).
- انبعاثات هاربة (من العمليات الصناعية) .
- انبعاثات كلوروفلوروكربون والهالونات .
- انبعاثات الحرق.



وسوف نعطي مثالا للانبعاثات المتولدة من كل من صناعة الأسمنت، باعتبارها من اخطر الصناعات الملوثة للبيئة الهوائية ،وصناعة دباغة وصقل الجلود .

٣-٢-٤.الأنبعاثات فى الجو من صناعة الأسمنت

اولاً : انبعاثات ثانى أكسيد الكربون

هناك مصدران لثانى أكسيد الكربون فى صناعة الأسمنت:

- احتراق الوقود الكربونى (Fossil Fuel).
- عملية تكليس الحجر الجيرى وتحويله إلى جير فى الفرن.

وأفضل الأساليب للحد من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون هى زيادة الكفاءة طاقة الفرن، واستخدام أنواع الوقود التى تتسبب فى انبعاث كميات أقل من ثانى أكسيد الكربون مثل الغاز الطبيعى. ومن جهة أخرى يمكن الحد من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن تكليس الحجر الجيرى، باستخدام مخلفات الجير الناتجة عن صناعات أخرى.

ثانيًا : انبعاث الجسيمات

- طحن وتداول المواد الخام.
- تشغيل الفرن وتبريد الكلنكر.
- طحن وتداول وتعبئة المنتجات.

يوضح الجدول التالي مصادر التلوث المختلفة وانبعاثاتها.

جدول ٣-٢

مصادر التلوث المختلفة وأنبعاثاتها

المصدر	الملوثات
تكسير المواد الخام وطحنها وتداولها	الجسيمات (الأتربة)
تشغيل الفرن وتبريد الكلنكر	الجسيمات (الأتربة) أول أكسيد الكربون، أكاسيد الكبريت والنتروجين، الهيدروكربونات، ألدهيدات، كيتونات، غبار المرات.
طحن المنتجات وتداولها وتعبئتها	الجسيمات (الأتربة)

يعتبر الفرن من أهم مصادر انبعاث الجسيمات (الأتربة)، حيث يتسبب دوران الفرن وسرعة سريان غازات الاحتراق فى إثارة كمية كبيرة من الأتربة.

أما الجدول التالي، فيوضح المكونات النمطية لأتربة الفرن فى صناعة الأسمنت – فى مصر.

تنتج العادم فى وحدات توليد الطاقة بسبب حرق الوقود لغرض توليد البخار المستخدم فى توليد الطاقة. أهم المتغيرات التى يحتمل أن تكون مخالفة للقوانين البيئية هى: الجسيمات، أكاسيد الكبريت والنتروجين وأول أكسيد الكربون.

جدول ٣ - ٣

الملوثات الناتجة عن العمليات الرطبة والجافة

مصدر التلوث الرئيسى	المدخلات	المخرجات	الملوثات	التأثير
العمليات الرطبة:				
تكسير المواد الخام	حجر جيرى، سيليكات طفلة، أتربة سطحى، جبس	مواد خام مطحونة	أتربة من المواد الخام	تلوث الهواء
خلط نسب المواد الخام وطحنها	المياه	المعلق	ضوضاء	بيئة العمل
الفرن وتبريد	وقود وتغذية	الكلنكر	بخار ماء	بيئة العمل

مصدر التلوث الرئيسى	المدخلات	المخرجات	الملوثات	التأثير
الكلنكر			أتربة فلاتر الفرن	تلوث الهواء
			درجة الحرارة	بيئة العمل
الطحن النهائى	الكلنكر، الجبس	الأسمنت	أتربة	تلوث الهواء
			ضوضاء	بيئة العمل
أجهزة التعبئة	أسمنت		مخلفات صلبة	
			أتربة الأسمنت	تلوث الهواء
العمليات الجافة				
تكسير المواد الخام	حجر جيرى، سيليكات، طفلة، أتربة سطحى، جبس	مواد خام مطحونة	أتربة من المواد الخام	تلوث الهواء
خلط نسب المواد الخام	مواد خام مطحونة		أتربة من المواد الخام	تلوث الهواء
الطحن	المواد الخام	المواد الخام	ضوضاء أتربة ممرات من الفرن	بيئة العمل
الفرن	وقود وتغذية	الكلنكر	أتربة الفرن درجة الحرارة	تلوث الهواء بيئة العمل
مبرد الكلنكر	كلنكر ساخن	الكلنكر	-	تلوث الهواء
الطحن النهائى	كلنكر، جبس	أسمنت	اتربة ضوضاء	تلوث الهواء بيئة العمل
أجهزة التعبئة	أسمنت		مخلفات صلبة	تلوث الهواء
مدخنة الفرن	عادم وجسيمات	عادم وجسيمات	الجسيمات	تلوث الهواء

٣-٢-٤-١ طرق للحد من التلوث الهوائي في مصانع الأسمنت كأحد الأمثلة لمكافحة تلوث الهواء في المجال الصناعي

إجراءات الحد من تلوث الهواء

العادم	تتسبب العوامل التالية فى تواجد الجسيمات ضمن تيار الغازات العادمة: محتوى الوقود من الرماد والمعادن الثقيلة، درجة حرارة احتراق منخفضة، مستوى منخفض من أكسجين الاحتراق الزائد، معدل سريان مرتفع للغازات العادمة. ويرجع تواجد ثانى أكسيد الكبريت ضمن الغازات العادمة إلى محتوى الوقود من الكبريت، بينما تتكون أكاسيد النتروجين بسبب درجة حرارة احتراق مرتفع وزيادة كبيرة فى نسبة أكسجين الاحتراق الزائدة. أما أول أكسيد الكربون فيتكون بسبب الاحتراق غير التام للوقود عند نسبة هواء/ وقود منخفضة. وفيما يلى عرض لبعض الإجراءات التى تؤدى إلى الحد من تلوث الهواء بسبب الغازات العادمة: استبدال المازوت (محتوى مرتفع من الكبريت) بالسولار أو الغاز الطبيعى. التحكم فى نسبة الهواء إلى الوقود أثناء الاحتراق ونسبة الهواء الزائد المناسبة لضمان الاحتراق التام وتحول اول أكسيد الكربون إلى ثانى أكسيد الكربون. الحفاظ على درجة حرارة احتراق معتدلة للحد من انبعاث الجسيمات وأكاسيد النتروجين.
الأتربة	يعتبر تشغيل الفرن هو المصدر الرئيسى لانبعاث الأتربة والملوثات الغازية بسبب رداءة نوعية المواد الخام. ويمكن التخلص من جسيمات الأتربة الكبيرة بواسطة السيكلونات (المدومات) أو أية وسائل ميكانيكية أخرى، أما جسيمات الأتربة الصغيرة فيمكن تجميعها والتخلص منها بواسطة مرشحات الأكياس (Bag Filters) والمرسبات الكهروستاتيكية (الكتروستاتيكية) أو أجهزة غسل الغاز الرطبة. الكهروستاتيكية.
خفض انبعاث الأتربة عند المصدر	هناك ثلاث وسائل لخفض انبعاث أتربة الفرن: خفض دوامات الغازات داخل الفرن، تجنب سرعات تدفق الغازات العالية، استخدام السلاسل عند الطرف البارد فى الفرن (فى حالة العمليات الرطبة) حيث تقوم السلاسل باحتجاز الأتربة قبل دخولها إلى المدخنة. وتتضمن معظم أفران العمليات الرطبة منطقة سلاسل الطرف البارد لاحتجاز الأتربة.

تدوير الأتربة وإعادة استخدامها	يمكن إعادة استخدام الأتربة المتجمعة فى فلاتر الأكياس فى المنشأة أو خارجها. وتتم إعادة الأتربة إلى الفرن مباشرة سواء عند الطرف الساخن من الفرن او فى وسطه أو عند فتحة التغذية غير أن إعادة استخدام الأتربة تتوقف على كمية الملوثات التى يمكن أن تحتويها بالإضافة إلى أن نوعية الكلنكر تتأثر سلبًا ببعض الملوثات مثل المعادن القلوية (الليثيوم، الصوديوم، البوتاسيوم). كما تؤثر جودة المواد الخام المستخدمة فى إنتاج الكلنكر ونوعية الوقود المستخدمة فى الفرن على المكونات الكيميائية للأتربة وبالتالى تؤثر على معدلات إعادة الاستخدام. كما يمكن استخدام أتربة الفرن فى مجالات متنوعة مثل: استخدامها كمواد ممتزة (امتصاص مادة أخرى على السطح فقط) او كعامل تعادل لمياه الصرف الحمضية أو كمثبت للتربة، كما يدخل تراب الأفران ضمن منتجات زراعية وبنائية مختلفة.

يلخص الجدول التالي أفضل أساليب التحكم فى تلوث الهواء.

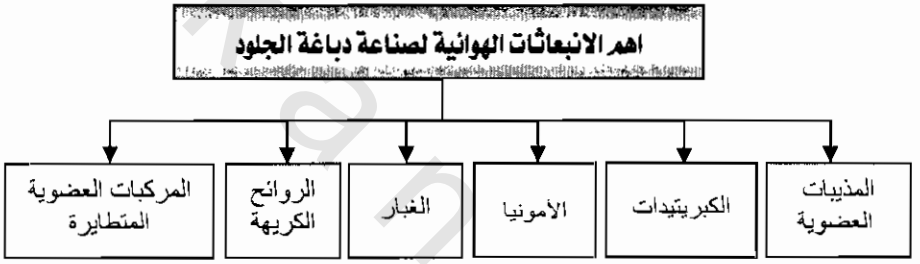
جدول ٣-٤

التحكم فى تلوث الهواء	
احتجاز أتربة الفرن	• المرسبات الكهروستاتيكية. • فلاتر أكياس • سيكلونات • جهاز التعادل
احتجاز أتربة مبرد الكلنكر	• مرشح المهد ذو الحبيبات • المرسبات الكهروستاتيكية • فلاتر أكياس
التحكم فى الأتربة الناتجة عن عمليات أخرى	• تغطية أو تغليف معدات النقل، الكسارات، نقاط نقل المواد ومناطق التخزين. • تركيب مجمعات الأتربة الميكانيكية أو فلاتر أكياس فى المناطق الأكثر إصداراً للأتربة. • وصف وتمهيد الطرق بالمنشأة. • استخدام الأجهزة التى تعمل بتفريغ الهواء لتنظيف طرقات المنشأة. • رشاشات المياه لطرق المنشأة ومخازن الأكوام. • استخدام رشاشات عصارة التثبيت فى مخازن الأكوام.

٣-٢-٥. الانبعاثات الهوائية لصناعة دباغة الجلود

تنطلق من صناعة دباغة الجلود العديد من الانبعاثات الهوائية الملوثة للبيئة، والتي لها تأثير ضار على الإنسان.

وتشمل الانبعاثات الهوائية مـــن مرافق الدباغة المذيبات العضوية من عمليات الدباغة وصقل الجلود، والكبريتيدات من عمليات الأسطوانة الخشبية معالجة المياه المستعملة، والأمونيا من معمل عمليات المعالجة الأولية والدباغة وعمليات ما بعد الدباغة، والغبار (إجمالي المواد الجسيمية من عمليات المعالجة المختلـفة) ، والروائـح .وقد تحدث انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت أثناء التبييض أو عمليات ما بعد الدباغة، أو إزالة الكلس باستخدام ثاني أكسيد الكربون ، لكنها لا تمثل في الغالب مصدرًا كبيرًا للانبعاثات .



أ- المذيبات العضوية Organic Solvents

تستخدم المذيبات العضوية في عمليات إزالة الشحوم والصقل. وقد تتباين انبعاثات المذيبات العضوية غير المعالجة من عملية الصقل بين ٨٠٠ إلى ٣٥٠٠ مجم/ متر مكعب في العمليات التقليدية. ويعزى ما يقرب من ٥٠٪ من انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة إلى آلات الصقل بالرش، فيما تعزى نسبة الخمسين بالمائة المتبقية لآلات التجفيف. وقد تستخدم المركبات العضوية المكلورة، وتتحرر الانبعاثات من عمليات النقع، وإزالة الشحوم ، والصباغة ، والمعالجة بالدهون الملينة ، والصقل .

ب- الكبريتيدات Sulfides

تستخدم الكبريتيدات في عملية إزالة الشعر ، وقد يتحرر كبريتيد الهيدروجين H_2S عند تحميض السوائل المحتوية على الكبريتيد وأثناء الأنشطة التشغيلية العادية (مثل فتح الاسطوانات أثناء عملية إزالة الكلس، أو تنظيف / إزالة الحمأة المتخلفة عن العمليات في الأخاديد والحفر ، وعمليات التسليم الضخمة لسوائل الأحماض أو الكروم والتي يتم ضخها في حاويات تحتوي على كبريتيد الصوديوم) ، ويعد كبريتيد الهيدروجين الذي قد ينتج من بعض العمليات مركبًا مهيجًا وخانقًا.

جـ- الأمونيا Ammonia

قد تتولد انبعاثات الأمونيا من بعض خطوات المعالجة الرطبة (مثل إزالة الكلس والشعر أو أثناء التجفيف في حالة استخدام الأمونيا لمساعدة تغلل الصبغة أثناء عملية التلوين) .

د- الغبار Dust

يمكن أن تنبعث الأتربة والغبار خلال مرحلة الإنشاء وتشغيل مصانع دباغة الجلود ففى مرحلة الإنشاء تتولد معظم الأتربة من حركة السيارات على الطرق غير المغطاة ومن عمليات الحفر باستخدام معدات الحفر، مثل الحفارات ، وخلال تشغيل مصانع دباغة الجلود قد تنبعث جزيئات الأتربة والغبار من العمليات الصناعية أو الأنشطة التالية:

- تخزين وتداول مساحيق الكيماويات الجافة.
- الكشط الجاف.
- التلميع.
- آلات إزالة الغبار.
- أسطوانات الطحن.
- التسنيد.

هـ - الراوئح الكريهة Odors

قد تنبعث الروائح الكريهة من الجلود، أو كنتيجة لتعفن الجلد نفسه ، ومن المواد المستخدمة مثل الكبريتيدات ومركبات المركبتان والمذيبات العضوية ، ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين أكثر المواد المسئولة عن الروائح الكريهة في دباغة الجلود.

و- المواد العضوية المتطايرة Volatile Organic Compounds

المركبات العضوية المتطايرة (VOC) هي مواد كيميائية سهلة وسريعة التبخر، وسهلة الذوبان في الدهون وهي ضارة بصحة الإنسان. وتسبب بعض المذابغ تلوثا للهواء عندما تنبعث منها المركبات العضوية المتطايرة بكميات كبيرة ، وهذه المركبات تنبعث في الجو؛ بسبب استخدام المذيبات الأساسية كمنتجات للتشطيب (بيوتيل أسيتات، إيثيل أسيتات ، أسيتون،....وغيرها) التنظيف الجاف وإذابة الدهون، وكذلك استخدام مواد الترابط ومواد التشطيب باستخدام البوليمر ،ومواد الدباغة المتطايرة أو مذيبات التنظيف.وقد حددت بعض دول الاتحاد الأوربي حدودًا لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة للمذابغ، ففي إسبانيا فإن القوانين الحالية وضعت حدودًا تصل إلى ٨٥ جم / م٢ للمذابغ التي تستهلك أكثر من ١٠ طن / سنويًا من المذيبات العضوية، و ٧٥ جم / م٢ إذا كان الاستهلاك يزيد عن ٢٥ طن/ سنويًا .

٣-٢-٥-١. إجراءات تخفيف آثار تلوث الهواء الناتج عن صناعة دباغة وصقل الجلود

تشمل إجراءات تخفيف آثار تلوث الهواء الناتجة عن صناعة دباغة الجلود الآتي:

١ - الإجراءات الموصي بها لمنع التلوث بالمذيبات العضوية والسيطرة عليه.

٢ - التدابير المتبعة لمنع انبعاثات الكبريتيدات والحد منها.

٣ - منع انبعاثات الأمونيا والتحكم فيها.

٤ - التحكم في انبعاثات الأتربة .

٥ - التدابير المتبعة لمنع انبعاثات الروائح والحد منها.

١ - الإجراءات الموصي بها لمنع التلوث بالمذيبات العضوية والسيطرة عليه:

- دراسة إمكانية استخدام التركيبات ذات الأساس المائي (التي تحتوي على كميات منخفضة من المذيب) للصباغة بالرش؛
- تطبيق أساليب الصقل المعتمدة على مركبات عضوية موفرة للمذيبات مثل آلات الطلاء بالبكرات أو الطلاء عبر الستائر ما أمكن ذلك (مثال وضع طبقات ثقيلة من مادة الصقل) ، أو استخدام وحدات الرش المزدوجة المزودة بموفرات ومسدمات رش كبيرة الحجم / منخفضة الضغط ؛
- منع استخدام المذيبات المحظورة دوليًا (يرجى الرجوع إلى قائمة المذيبات المحظورة بموجب برتوكول مونتريال بشأن المواد المستنفذة لطبقة الأوزون) ؛
- التحكم في انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة عن طريق استخدام أساليب التحكم الثانوية على النحو الموضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. وتشمل الضوابط المتعلقة تحديدًا بالصناعة على استخدام أجهزة غسل الغاز الرطبة (بما في ذلك استخدام عامل مؤكسد لأكسدة الفورمالديهيد)، وامتزاز الكربون النشط ، والمرشحات الحيوية (لإزالة الروائح) ، والمعالجة بالتبريد ، والأكسدة المحفزة أو الحرارية .

٢ - التدابير المتبعة لمنع انبعاثات الكبريتيدات والحد منها:

تشمل التدابير المتبعة لمنع انبعاثات الكبريتيدات والحد منها ما يلي :

- الاحتفاظ بمستوي أس هيدروجين أساسي فوق قيمة ١٠ في خزانات المعالجة وخزانات أكسدة الكبريتيد في المرفق ؛
- منع حدوث ظروف لاهوائية في أماكن السوائل والحمأة المحتوية على كبريتات ؛
- إضافة كبريتات المنجنيز للنفايات السائلة التي تمت معالجتها حسب الحاجة لتسهيل أكسدة الكبريتات ؛

- في الأماكن التي يتوقع انبعاث كبريتيد الهيدروجين فيها ينبغي استخدام وسائل تهوية مناسبة لالتقاط هذه الانبعاثات ، ثم معالجتها بأجهزة غسل الغاز الرطبة أو بالمرشحات الحيوية (خاصة بالنسبة لوحدات معالجة مياه الصرف الصناعي المتولدة من المدابغ) .

٣- منع انبعاثات الأمونيا والتحكم فيها:

يمكن منع انبعاثات الامونيا والتحكم فيها عن طريق استخدام وسائل التهوية الكافية ، والتي يتبعها الغسيل الرطبة للغازات باستخدام محلول حمضي .

٤- التحكم في انبعاثات الأتربة :

ينبغي التحكم في انبعاثات الأتربة عن طريق الأنظمة المركزية ، وأجهزة الفصل الدوامية ، وأجهزة غسل الغاز ، ومرشحات الأكياس النسيجية ، حسب الحاجة .

٥- التدابير المتبعة لمنع انبعاثات الروائح الكريهة والحد منها:

تشمل التدابير المتبعة لمنع انبعاثات الروائح الكريهة والحد منها ما يلي :

- تجفيف الجلود الخام على الفور ؛
- تقليل الوقت الذي تبقي فيه الحمأة في وحدات التكثيف والتغليظ ، والقيام بنزع الماء من الحمأة المتكثفة باستخدام أجهزة الطرد المركزي أو الترشيح بالضغط ، وتجفيف كعكة الحمأة الناتجة عن الترشيح . وقد تؤدي الحمأة التي تحتوي على أقل من ٣٠ في المائة مادة جافة صلبة إلى توليد روائح كريهة إلى حد كبير بصفة خاصة ؛
- تهوية مناطق الدباغة والتحكم في العوادم المنبعثة من المناطق ذات الروائح الكريهة (علي سبيل المثال أماكن تغليظ وتكثيف ونزع المياه من الحمأة) باستخدام مرشح حيوي و/ أو جهاز غسل الغاز الرطب مع مادة حمضية أو قلوية أو مؤكسدة .

٣-٢-٦. ثانيًا المخلفات السائلة الصناعية

تعرف المخلفات الصناعية السائلة بأنها المخلفات الناتجة عن النشاط الصناعي والخارجة من عمليات التصنيع المختلفة، والتي تكون في صورة سائلة وتحتوي معظم هذه المخلفات على نسبة كبيرة من المياه وقليل من المواد الصلبة الذائبة وغير الذائبة .

تساهم كثير من الصناعات (مثل صناعات التعدين والورق والنسيج والصباغة وغيرها) في إنتاج قدر كبير من المخلفات الصناعية السائلة ، ويزداد حجم هذه المخلفات في الدول الصناعية الكبرى، ومع التقدم الصناعي لكثير من دول العالم وازدياد عدد المنشأت الصناعية في معظم دول العالم النامي والمتقدم، ظهرت مشكلة التخلص من المخلفات الصناعية السائلة الناتجة عن النشاط الصناعي، واتجهت كثير من الشركات الصناعية إلى التخلص من مخلفاتها السائلة بصرفها إلى المجارى العمومية والتي قد تصرف مياهها المعالجة على المسطحات المائية المختلفة، ومن ثم فإنها تصل مرة أخرى للبيئة المائية، وعندما تخلو هذه المياه من المواد السامة الضارة، فإنه يمكن مباشرة إلقاؤها مباشرة في المجاري المائية دون الحاجة إلى معالجتها، ومثال لذلك : المياه المستخدمة في تبريد الأجهزة الصناعية وهي مياه لا تحتوي إلا على قدر صغير من الشوائب، ولا يخشى منها في احداث تلوث بالمجاري المائية ، ولكن في أغلب الأحيان، فإن الأمر يحتاج إلى معالجة مياه الصرف الصناعي لاحتوائها على كثير من المواد الكيميائية الضارة بالبيئة المائية وبصحة الإنسان .

وتقدر المواد الكيميائية المعروفة حتى الآن والتي تتواجد في مياه الصرف الصناعي بأكثر من ٧٠٠٠٠ مادة كيمائية منها أكثر من ٤٠٠٠٠ مادة يمكن اعتبارها من المواد الضارة بالبيئة ، فمنها ما هو شديد السمية ، ومنها ما يمثل خطورة على الأطفال والسيدات الحوامل ومنها ما يسبب السرطان.

ومياه الصرف الصناعية يختلف وضعها من صناعة لأخرى نتيجة لاختلاف المواد الأولية اللازمة للصناعة والمواد الناتجة أو المصنعة .

وسوف نستعرض بعضًا من المخلفات السائلة الخاصة ببعض الصناعات.

٣-٢-٦-١. المخلفات السائلة الناتجة عن صناعة الأسمدة

يمكن تقسيم مياه الصرف والمخلفات السائلة، الناتجة عن صناعة الأسمدة وتصنيعها، إلى أربعة مجموعات:

- مخلفات سائلة ناتجة عن عمليات التشغيل وناتجة عن التلامس مع الغاز، أو السوائل أو المواد الصلبة.
- السوائل المخصصة والتى قد يتم فصلها للاستخدام فى عملية ما أو إعادة تدويرها بمعدل محكوم .
- السوائل الناتجة عن المرافق مثل التنظيف المعالجة المبدئية.
- السوائل التى تتواجد مصادفة مثل التسرب أو الانسكاب.

وتتولد المخلفات السائلة فى أية منشآت لإنتاج الأسمدة عن طريق التسرب، الانسكاب والتنظيف والصيانة أو الاختبارات المعملية. وقد تحتوى مياه التبريد على الأمونيا والسلفات والكلورايد، والفوسفات، والكروميات والمواد الصلبة المذابة والتى تصبح مركزة نتيجة للتبخر.

أ) المخلفات السائلة من تصنيع الأسمدة الفوسفاتية

تشتمل السوائل على المخلفات المائية الناتجة عن وحدات المعالجة المائية ، وأبراج التبريد، وتفوير الغلايات، والتسرب والانسكاب ومياه الأرضيات . ولا يكون تلوث مياه التبريد ملوثًا بشكل خطير فى معظم الأحيان، إلا أن هناك خط مخلفات سائلة آخر يكون ملوثًا من المكثفات والمبادلات الحرارية وغاسلات الغازات. ولقد وجد أن المصادر الرئيسية للتلوث هى مياه الغسيل المتولدة عن أبراج غاسلات الغازات. وتعتبر المؤشرات الأساسية لمياه الصرف هى الفوسفور، الفلورايد، السيليكات ، والمواد الصلبة العالقة والأس الهيدروجينى (pH) .

ويتخلف عن إنتاج حمض الفوسفوريك كميات ضخمة من المياه المتجمعة والتى تستخدم فى عمليات التبريد، وتركيز المنتج ، ومعالجة وتخزين الجبس كمنتج ثانوى. ويتم تصفية مياه الجبس من أعلى وترسل إلى برك التبريد من خلال قنوات تجميع .

أثناء عملية التدوير والتبخير، قد تصل نسبة تركيزات التلوث فى مياه البركة عدة جرامات لكل لتر من الفوسفات والفلورايد. وهناك عناصر ملوثة إضافية فى مياه البركة تتكون فى حجارة الفوسفات وهى: الزرنيخ، والكادميوم واليورانيوم، والفاناديوم، والراديوم.

ويوضح الجدولين التاليين أحمال التلوث الناتجة من مصنعى (I، II) لصناعة الورق.

جدول (٣-٥)

أحمال تلوث مياه الصرف لمصنع (I)

الوصف	M^3/D	BOD kg/d	COD kg/d
تحضير القش	١٥٦٠٠	٤٥١٣	٣٧٤٨٧
المهضمات Digesters	٢٠٤٤	٧١٠٤٢	٢٦٣١٧٤
الفصل Screening	١٣٢٢	٢٢	٣٢٦
التبييض Bleaching	١٢٤٠٠	١٦٨٩	٢٩٠٩٤
ماكينات الورق ١،٢،٣	١٣٠٠٠	٩١٤	٥٥٧٨
مصنع الورق المقوى	٣٠٠٠	١٢٦٠	٩٠٠٦
مصنع الكلور – القلوي	١٠٠٠	٢٧٢	٤٧٥٧
المياه / وحدة الغلايات	١٠٠٠	١٥٥	٤٠٦٥
المجموع الكلى	٦٧٧٦٢	٧٩٨٦٨	٣٥٠٤٨٧

جدول (٣-٦)

أحمال تلوث مياه الصرف لمصنع (II)

الوصف	الحمل kg/day
فصل الألياف من القش/ COD	٥٠٠٠
مصنع الورق/ COD	٣٠٠٠٠
مصنع الورق/ BOD	١١٠٠٠
مصنع الورق/ SS	٢٤٠٠٠

ويوضح الجدول التالي أحمال التلوث لمياه الصرف لمصنع (II) من ست ماكينات للورق.

جدول (٣-٨)

أحمال تلوث مياه صرف مصنع (II)

ماكينة الورق	الصرف لتر / دقيقة	الحمل طن / يوم		
		S.S	COD	BOD
١	٢٤٢٨	٣.٤٦	٣.١٢	١.٢٥
٢	٢٣٨٣	٤.٨٤	٣.٢٥	١.٣
٣	١٨٨٧	٣.٠٤	١.٤١	٠.٥٦
٤	٣٢١٠	٢.٩٨	٢.٠٥	٠.٨٣
٥	١٩٣٥	٢.٩٦	١.٩٥	٠.٧٨
٦	٢٠٦٠	١.١	٤.١٨	١.٦٧

٣-٢-٦-٢. تأثيرات المخلفات السائلة لصناعة الورق

يتسبب صرف المواد العضوية في استهلاك الأكسجين عن طريق تفاعلات التحلل في المياه المستقبلة. وتؤدي المواد العضوية إلي زيادة نمو البكتريا والطحالب الموجودة في الماء ، وهذه تستهلك الأكسجين المذاب. وتعتمد التأثيرات البيئية على خصائص المياه المستقبلة.

ويتسبب إلقاء مياه الصرف الملوثة بنسبة عالية من BOD في البحيرات والبحر في سرعة نمو الطحالب، ويكون له تأثير على التنوع البيولوجي. كما يتسبب الصرف الفجائي لأحمال عالية من BOD في شبكة المجارى العامة في تأثيرات بيئية غير مباشرة، حيث يمكن أن تتسبب هذه الأحمال المفاجئة في أعطال لمحطة معالجة مياه الصرف.

ويتسبب التبييض باستخدام تركيزات عالية من المركبات المكلورة في وجود مشكلة بيئية، عن طريق تكون مركبات عديدة الكلور سامة ذات تأثير طويل المدى، وبالتالي يمكنها أن تتراكم بيولوجيا في الكائنات الحية .

ويرتبط لون المخلفات السائلة بوجود مركبات عضوية ذات وزن جزيئي عال، مثل مشتقات اللجنين الناتجة من الطبخ والتبييض. ويكون التأثير الرئيسي الناتج عن وجود اللون هو تقليل انتقال الضوء في الوسط المائي، مما يقلل إنتاجية المياه المستقبلة. ويعتمد تأثير تغير اللون في كل حالة بعينها على الإنتاجية الكلية واللون الأصلي للمياه المستقبلة.

ومن النادر أن يكون هناك تأثير بيئي للمركبات غيرالعضوية الموجودة في المخلفات السائلة لإنتاج الألياف. والاستثناء الوحيد لذلك هو الكلورات التى تتكون خلال التبييض بثاني أكسيد الكلور . وهى سامة جدًّا للطحالب ويكون لها تأثيرات غير مباشرة على الكائنات الحية التى تعيش في مستعمرات الطحالب . ويمكن إزالة الكلورات بفعالية بالمعالجة البيولوجية الخارجية .وقد يتسبب صرف مركبات الفوسفور والنتروجين في زيادة مستويات المغذيات nutrients في المياه المستقبلة، مؤديًا إلى زيادة إنتاج الكتلة الحيوية وزيادة استهلاك الأكسجين. وعادة ما تتأثر مستويات عديدة من النظام البيئي عندما يختل التوازن الغذائي .

ويؤدى إلقاء زيوت التشحيم المستعملة من الجراج والورش في نظام المجارى إلى مشكلات بيئية عديدة.

أساليب التحكم في المخلفات السائلة لصناعة الورق

يحدث عموما أن المياه التى تمر خلال العمليات الصناعية تصبح ملوثة نتيجة لإضافة العديد من الملوثات. ولذلك فإن إغلاق دوائر المياه وتقليل المياه العذبة الداخلة يؤدى إلى تقليل المياه الواردة إلى محطة المعالجة. وتشمل مبادئ خفض استخدامات المياه العذبة الإقلال من المتطلبات الأساسية للمحطة، وتفادى التداخلات السلبية لإغلاق دوائر المياه، وإعادة تدوير المياه وبالذات البيضاء غير المصفاة والمياه البيضاء المروقة المتولدة من نظام Save-all والمياه العذبة الناتجة من تنقية المياه المصفاة.

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

* المعالجة الأولية

الهدف من هذه المرحلة هو إزالة الجسيمات الصلبة. وتستخدم لهذا الغرض كلاً من المرسبات ونظم الطفو بالهواء المذاب في معظم أنواع المصانع. ويمكن أن تنتج نظم الترسيب مياه مصفاة جيدا ولكنها يمكن أن تعانى من صعوبات التشغيل (مثل المواد الصلبة الطافية والروائح الكريهة)، وبالذات عند معالجة مياه الصرف الدافئة ذات التركيزات العالية. ويتم استخدام وحدات الترسيب ذات السرعة العالية لمعالجة مسارات محددة مثل مياه صرف وحدة الطلاء Coating. ويتم أستخدام المعالجة الأولية بالكيماويات (مثل عديدة الإلكترونيات والمخثرات غير العضوية والبنتونايت) للإسراع بإزالة المواد الصلبة الغروية و/ أو زيادة سرعة الترسيب.

* المعالجة الثانوية

الهدف من هذه المرحلة هو إزالة أو خفض الـ BOD والـ COD ،والذي يمكن الحصول عليه بالتحلل الفعلي للملوثات أو بالتصاقها مع الحمأة. وتؤدى الثانية أيضا إلى إزالة المواد غير القابلة للتحلل البيولوجي مثل الفلزات الثقيلة. ومن المتوقع أن ترتبط

الديوكسينات والفيورانات والـ DDT بالكتلة الحيوية والحمأة الليفية بالكامل تقريبا. وباستخدام نفس الطريقة، يتم جزئيا إزالة سداسي كلورو البيوتاداين ،الألدرين الديلدرين، سداسي كلورو البنزين والإندرين، والـ PCBs، وثلاثي كلورو بنزين والفلزات الثقيلة. والبدائل الأساسية لذلك هي النظم البيولوجية الهوائية واللاهوائية. وهناك العديد من التصميمات لكل منها. وفي الوحدة الهوائية يتم استخدام الهواء أو الأكسجين أو خليط منهما.ويؤدى استخدام الأكسجين إلى تحسين الأداء والتحكم، ويمكن تركيبه في الوحدة الموجودة بالمنشأة.

* المعالجة الثلاثية

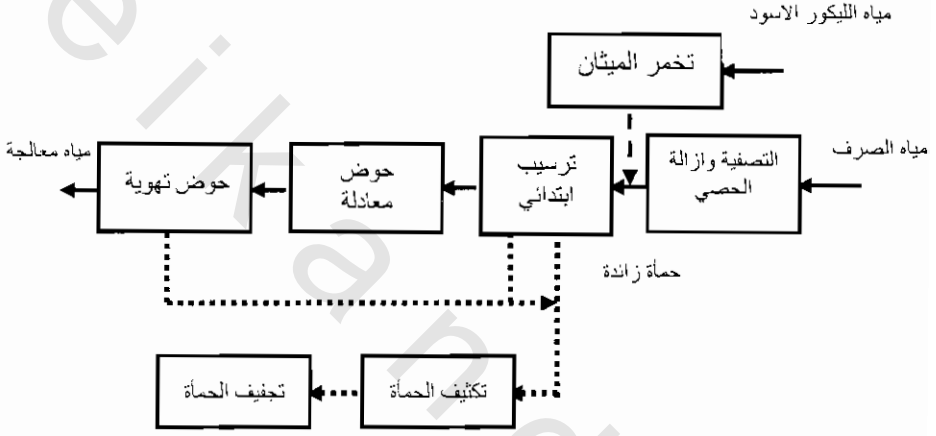
يمكن ربط المعالجة الثلاثية بالأساليب الحديثة، وليس بالتحكم التقليدي في مياه صرف اللب والورق.

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

- في المصانع الكبيرة، يمكن إعادة تدوير مياه الصرف إلى المصنع في دائرة ثلاثية tertiary loop للاستخدام في مناطق محددة بعد خلطها بالمياه العذبة. ويسمح هذا الأسلوب بخفض استخدام المياه العذبة.
- استخدام وحدة غشاء أو تبخير يمكن أن يؤدى إلى عدم استخدام وحدة مكافحة تقليدية، وبعد تغطية كل الاحتياجات الممكنة للمياه العذبة من المياه المعاد تدويرها، يمكن خلق نظام خالٍ من الصرف، يحتوى على إضافة مياه عذبة تعويضية فقط لموازنة فواقد التبخير.
- ومن أجل تعظيم الفائدة من استخدام محطة مياه الصرف، فإنه يجب تطبيق المبادئ العامة التالية على التوالي للتحكم في ملوثات المياه كالتالى:
- يجب خفض استخدامات المياه وإعادة تدوير أو إعادة استخدام مياه الصرف. ولابد من صرف المياه غير الملوثة السطحية التى لا يمكن استخدامها في مسار منفصل.

- لابد من تطبيق أساليب الحد من مخاطر تلوث مياه العمليات والمياه السطحية.
- عمومًا، لابد من فصل مسارات المخلفات السائلة، حيث يؤدى ذلك إلى كفاءة أعلى في المعالجة.
- لابد من تصميم النظم لضمان وصول جميع المخلفات السائلة لمحطة المعالجة.
- لابد أن تؤخذ في الاعتبار طبيعة المياه المستقبلة بالنسبة للـ BOD.

والشكل التالي يبين مخططًا كاملاً لمحطة معالجة صرف صناعي لمصنع لب الورق، وفيه تتضح عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية .



شكل (٣-١) مخطط لمحطة معالجة صرف صناعي لمصنع لب الورق

٣-٢-٦-٣. الملوثات الموجودة في المخلفات السائلة لصناعة دباغة الجلود

تعتمد صناعة المدابغ أساسًا على عمليات تصنيع الجلود ، والجلود الخام محملة بالقاذورات والملوثات ودباغتها تحتاج إلى نظافة شديدة للجلود وحلق ما بها من شعر واستخدام الجير وكثير من الكيماويات – لذا فمخلفاتها السائلة تحتوي على كثير من الملوثات العضوية من دم وشعر ودهون وأجزاء من اللحم ومواد عضوية عالقة وذائبة بالإضافة إلى المواد غير العضوية، مثل: الأملاح (أملاح الكبريتيدات والامونيوم والكالسيوم) والجير وبعض العناصر الثقيلة مثل الكروم. ولذا فرائحتها كريهة جدًّا

وأكسجينها الممتص عالٍ جدًّا قد يصل إلى ١٠٠٠٠ مجم / لتر أو أكثر حسب درجة التلوث.

المياه الناتجة عن عمليات الدباغة (الصرف السائل)

تأتي المياه في المدابغ من عمليات الدباغة (وايت بلو) التي تتم خلال عمليات خلال عمليات دباغة الجلود حيث تحمل المياه معها الكثير من الملوثات العضوية والكيماويات التي لم تتفاعل مع الجلد خلال العملية الصناعية .

تستخدم المياه في معظم عمليات الدباغة لإعداد الأحواض واستخدام كيماويات معينة حيث تمتصها الجلود، وينتج عن عمليات الدباغة الصناعية كميات هائلة من مخلفات المياه ، إذا لم يتم معالجتها قبل صرفها تتسبب عنها أضرار بيئية وصحية ضخمة.

تعتمد كمية المياه المستهلكة في هذا القطاع على العمليات، وكذلك على نوع الجلد المعالج، فيتباين استهلاك المياه في العمليات، ومن ثم في تدفقات المياه المستعملة تباينا شديدا بين المدابغ وفقا للعمليات المطبقة والمواد الخام والمنتجات . وبصفة عامة يكون استهلاك المياه في أعلى معدلاته في المناطق التي تجري بها عمليات الدباغة الأولية، وتستهلك كذلك كميات كبيرة من المياه في عمليات ما بعد الدباغة .

وتتنوع مصادر المياه المستخدمة في دباغة الجلود ، فقد تكون من خطوط إمداد المياه العامة، أو من الإمدادات التي يتم الحصول عليها من الآبار الجوفية أو من المصدرين، كليهما طبقًا للظروف المحيطة بالمنطقة الموجودة بها تلك الصناعة.

عند القيام بإنهاء عملية الدباغة بالكامل، فإن قيمة المياه المستهلكة تتراوح بين ١٨ إلى ٢٠ م٣ لكل ١٠٠٠ قدم مربع من الجلد البقري .

إن المخلفات الناتجة عن عملية الدباغة تتصف باختلافها باختلاف نوع الجلد المدبوغ وباختلاف طرق وتقنيات الدباغة، وكذلك تختلف في حجم المخلفات ونوع وتركيز الأحمال الملوثة ويرجع ذلك إلى الاختلاف في أنواع المنتجات والاختلاف الدائم في الأسواق.

وقد تحتوي المياه المستعملة الناتجة عن عمليات المدابغ ، وإزالة الجير ، والتطرية على الكبريتيدات وأملاح الامونيوم وأملاح الكالسيوم ولكنها تكون ذات محتوى قلوي ضعيف. أما المياه المستعملة الناتجة عن عمليات الصقل على بوليمرات وورنيشات الصقل والأصباغ الملونة والمخثرات.

وغالبًا تكون مصادر أحمال التلوث بمياه الصرف الناتجة عن عمليات الدباغة تاتي من مصدرين مختلفين :

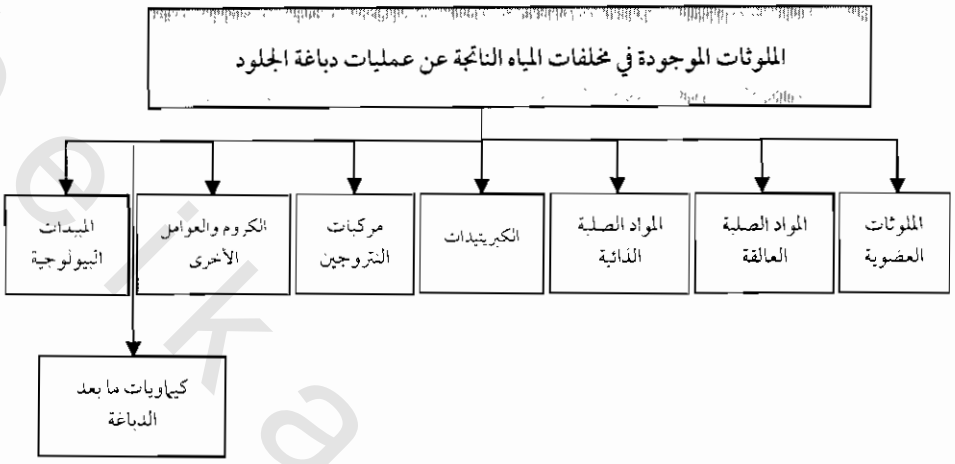
- من الجلود نفسها ويعرف هذا النوع من التلوث بأنه تلوث موروث او متأصل . ويتكون من بروتينات ودهون ودماء الحيوانات والأرض وملوثات أخرى من الجلود الخام .هذه النفايات تضيف ملوثات عضوية إلى مخلفات المياه، وتكون مليئة بالعوامل البيولوجية الممرضة من الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا والفيروسات والطفيليات.
- من المنتجات التي تضاف ولا تلتصق بالجلود وهي تسمى تلوثًا مضافًا أو دخيل .وهي مواد زائدة تدخل في مواد المخلفات التي تحتفظ ببنائها الكيميائي العضوي أو تتغير بدرجة بسيطة جدا .

وكلا النوعين من التلوث تشكل صعوبات ومشكلات للشركات، من وجهة نظر الصرف النهائي لمخلفات المياه، ويستلزم في كثير من الأحيان إنشاء محطات معالجة للصرف الصناعي لعمليات الدباغة؛ حتى يكون هذا الصرف متوافقًا مع المعايير البيئية الخاصة بهذا النوع من المخلفات.

وقد تقوم الشركات بصرف مخلفاتها السائلة إلى شبكة المجاري العامة (شبكة الصرف الرئيسية) أو تقوم بصرفها على المصارف العامة مسببة أضرارًا بيئية خطيرة؛ ذلك أن إلقاء مخلفات المياه في نظام المجاري دون معالجة سابقة يمكن ان ينتج مخلفات تحتوي على كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم بالإضافة إلى تركيزات كبيرة من الكبريت ، وهذا يؤدي إلى تآكل وإتلاف الخراسانة والأسمنت المكونة لشبكة المجاري؛ بالإضافة إلى أن

بعض المواد السامة (مثل العناصر الثقيلة) يمكن أن تتداخل مع العمليات البيولوجية في محطات معالجة مخلفات المياه الرئيسية (مياه الصرف الصحي).

وسوف نستعرض الملوثات الموجودة في مخلفات المياه الناتجة عن عمليات دباغة الجلود بشيء من التفصيل.



أ – الملوثات العضوية (الحمل العضوي) ***COD/BOD***

ينتج حوالي ٧٥٪ من الحمل العضوي للمخلفات السائلة الناتجة عن عمليات الدباغة (والتي تقاس كأكسجين حيوي مطلوب BOD وأكسجين كيميائي مستهلك COD) في الأسطوانة الخشبية وبالأخص من عمليات التجيير (إضافة الجير) / إزالة الشعر .كما يوجد مصدر آخر للـ BOD و COD وهو عمليات إزالة الشحوم من الجلد . وقد تصل التركيزات الإجمالية للأكسجين الكيميائي المستهلك COD إلى ٢٠٠.٠٠٠ مليجرام لكل لتر من مياه الصرف .

ب – المواد الصلبة العالقة **Suspended Solids**

المواد الصلبة العالقة هي عبارة عن مواد غير قابلة للذوبان، لأنها ليست ثقيلة بدرجة كافية للترسب في المياه لهذا فهي تبقى معلقة في الماء . فمخلفات المياه التي تحتوي على

تركيز عالٍ من المواد الصلبة (الجير ، الكالسيوم، والأملاح غير القابلة للذوبان ....إلخ) يمكن أن تدمر الطبيعة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للمتلقي من مياه الصرف التي لم يتم معالجتها. فهذا النوع من مخلفات المياه يسبب حدوث عكارة للمياه ويعوق وصول ضوء الشمس لها .وبالتالي يعوق عمليات التمثيل الضوئي وإنتاج الأكسجين، كما يسبب خللاً في البيئة المائية المتلقية لهذا النوع من المخلفات.

وقد تؤدّي المواد العالقة إلى ترسّب الحمأة وتوليد ظروف لا هوائي،ة إذا صُرفت مياه الصرف غير المعالجة في البيئة المائية. كما أن المواد العالقة بكثرة تعيق أنظمة الري في حالة استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة، وفي بعض الحالات وجود تركيزات عالية من المواد العالقة يمكن أن يقلل من كفاءة تطهير وتعقيم المياه المعالجة؛ لحجبها كثيرًا من المواد الممرضة.

وتعد بقايا الشعر والدم والدهون المصدر الرئيسي للمواد الصلبة العالقة في مياه صرف المدابغ ، وتتولد المواد الصلبة العالقة غالبًا في مراحل الدباغة النباتية والدباغة بالكروم . وقد تصل التركيزات الإجمالية للمواد العالقة في مياه صرف المدابغ إلى أكثر من ٣٠٠٠ مجم/ لتر.

جـ - الأملاح وإجمالي المواد الصلبة الذائبة Salts and Total Dissolved Solids

يسهم التمليح ومراحل الدباغة الأخرى في وجود الأملاح/ الإليكتروليتات في تدفقات المياه المستعملة والتي تقاس كإجمالي مواد صلبة ذائبة TDS . وينتج حوالي ٦٠٪ من الكلوريد من الملح المستخدم في التجفيف ، والذي يتحرر لاحقًا في مياه النقع السائلة. وتتولد النسبة الباقية بصورة أساسية من التحميض ، وبدرجة أقل من عمليات الدبغ والصباغة . وتشمل المصادر الأخرى التي تسهم في إجمالي المواد الصلبة الذائبة كلاً من استخدام كلوريد الأمونيوم وكبريتات(سلفات) الصوديوم. وقد تصل إجمالي تركيزات المواد الصلبة الذائبة إلى ١٥٠٠٠ مجم/ لتر في النفايات السائلة الناتجة عن عملية الدباغة ،

ويمثل التخلص من الأملاح الذائبة (خاصة الاليكتروليتات المتعادلة) تحديًا كبيرًا لصناعة الجلود وبالأخص المرافق الواقعة في المرافق غير الساحلية .

د - الكبريتيدات Sulfides

تستخدم الكبريتيدات غيرالعضوية (NaHS أو Na_2S) في عملية إزالة الشعر من جلد الحيوان، والتي قد ينتج عنها سوائل محتوية على الكبريتيدات في تدفقات المياه المستعملة.

هـ- مركبات النتروجين Nitrogen Compounds

تقترن الأحمال الكبيرة الناشئة من النتروجين وتصريف نتروجين الأمونيا بعمليات الدباغة بصورة نمطية . ويعد استخدام أملاح الأمونيوم مصدرا رئيسيا لنتروجين الأمونيا في النفايات السائلة من المدابغ (والتي تصل إلى ٤٠٪) .وتشمل المصادر الأخرى لنتروجين الأمونيا الصباغة والبروتينات الحيوانية المتولدة من معمل عمليات مناولة الجلود الأولية. ويتم تصريف غالبية مادة النتروجين الكلي (والتي تقاس كإجمالي نتروجين كلداهل TKN) من عملية التجيير في الأسطوانة الخشبية ، والتي تسهم ككل بحوالي ٨٥٪ من حمل TKN الناتج من مرفق الدباغة .

و - الكروم وعوامل الدباغة الأخرى Chromium and Other Tanning Agents

كروم ٦ أو الكروم السداسي التكافؤ ، يعتبر منتجًا مسببًا للسرطان ، ويتسبب أيضًا في حدوث السمية واضطرابات متعددة، إذا بلع أو استنشق أو تم مناولته. وهناك أضرار أخرى، فهذا المركب قد يتسبب في التعرض لأمراض الكبد والتهاب الكليتين وفساد الدم وغيرها من الأمراض. إلى جانب أن المخلفات التي تحتوي على الكروم سداسي التكافؤ إذا لم يتم التحكم فيها عند التخلص، فمن الممكن أن يتسرب الكروم السداسي إلى التربة ليصل الي المياه الجوفية ، مسببًا تلوثًا لمياه الشرب .

وتحت ظروف مناسبة لعمليات صناعة الجلود لا ينتج عنها الكروم السداسي التكافؤ، ومع ذلك فقد تتولد كميات كبيرة الكروميوم السداسي التكافؤ عند تعرض جلود معينة إلى الضوء أو درجات الحرارة العالية . وبالمثل، فإن تكون الكروميوم السداسي التكافؤ على الجلد، إذا تعرض للضوء أو الحرارة العالية يتوقف على طرق إعادة الدباغة أو إذابة الدهون المستخدمة خلال العمليات : كلما زاد مستوى اختراق المذيب، زاد الميل إلى تكون الكروميوم السداسي التكافؤ .

وتعد أملاح الكروم ثلاثي التكافؤ (Cr III) من بين عوامل الدباغة الأكثر شيوعًا وتسهم بالجزء الأكبر من (حوالي ٧٥٪) من الكروم في تدفقات المياه المستعملة. وتاتي النسبة الباقية من العمليات الرطبة بعد الدباغة ، ومن صرف المخلفات، ومن العصر. وتساعد خصائص الاختزال التي تتمتع بها حمأة المدابغ في تثبيت الكروم ثلاثي التكافؤ، مقارنة بمحتوى الكروم سداسي التكافؤ نتيجة لوجود المادة العضوية والكبريتيد .

ز - الكيماويات المستخدمة بعد الدباغة Post-Tanning Chemicals

تشتمل عمليات ما بعد الدباغة على استخدام فئات متعددة من الكيماويات تشمل العوامل الدهنية الملينة، المركبات العضوية المكلورة، عوامل التشريب، عوامل العزل، وعوامل الحجب والأصباغ. وتستخدم عوامل التشريب في تحسين صفات القدرة على البقاء (أى زيادة تشرب على الجلد وبقاء المادة الكيميائية عليه سواء كانت صبغة أو مادة ملينة)، وإكساب خواص طرد الزيوت والخواص المضادة للإليكتروستاتيكية ، والحد من الكشط، والعمل كمثبط للهب. وتستخدم المركبات الكيميائية المعقدة (المتراكبة) كالأحماض الكربوكسيلية، والأحماض الكربوكسيلية الثنائية، والأملاح المرتبطة بها ، كعوامل حجب في الدباغة بالكروم.

المبيدات البيولوجية Biocides

تتواجد المبيدات البيولوجية في غالبية التركيبات الكيميائية السائلة مثل الأصباغ والعوامل الدهنية الملينة ومواد الصقل المعتمدة على الكازين. وتطوي المبيدات الحيوية

على السمية وتحتوي على مبيدات للفطريات والبكتيريا . وتستخدم مبيدات البكتيريا بصورة أساسية في بداية عملية تجهيز الجلود أثناء مراحل التجفيف والنقع، فيما تستخدم مبيدات الفطريات عادة من مرحلة التحميض حتى مرحلة التجفيف، حيث تكون ظروف الأس الهيدروجيني في هذه العمليات مناسبة لنمو الفطريات .علاوة على ذلك، تستخدم مبيدات الآفات في مزارع تربية الحيوانات (مثل مبيدات الطفيليات الأولية) والتي تتواجد في الجلود الخام.

تعد المبيدات الحيوية التي تستخدم في صناعة الدباغة مبيدات حيوية غير مؤكسدة بالضرورة ، وتصنف كمركبات أمونيوم رباعية ، والايزوثيازول، ومجموعة الثيوكرباميت وغيرها .وتشمل مبيدات الفطريات مشتقات الفينول (اروثوفينيل فينول)، ومركب TCMTB، والكربامت من بين مشتقات أخرى. وقد تستخدم كذلك المركبات العضوية المهلجنة مثل البرنوبول.

إجراءات تخفيف آثار تلوث المياه الناتجة عن صناعة دباغة الجلود

تشمل إجراءات تخفيف آثار تلوث المياه الناتجة عن صناعة دباغة الجلود الاتي:

١ - التدابير اللازمة لإدارة المياه المستعملة وتقليل كميات استهلاكها.

٢ - التدابير التي يمكن اتباعها للحد من الحمل العضوي في تدفقات المياه المستعملة.

٣ - التدابير التي يمكن اتباعها للحد سن إجمالي المواد الصلبة الذائبة الناتجة من حفظ المادة الخام ومعالجتها.

٤ - طرق الحد من الكبريتيد وتصريفه.

٥ - التدابير اللازمة للحد من حمل النتروجين في النفايات السائلة.

٦ - التدابير اللازمة للحد من استخدام الكروم وتصريفه.

٧ - التدابير اللازمة للحد من كيماويات ما بعد الدباغة.

٨ - التدابير اللازمة للحد من تأثيرات المبيدات الحيوية.

٩ - معالجة المياه الناتجة عن العمليات.

١ - التدابير اللازمة لإدارة المياه المستعملة وتقليل كميات استهلاكها:

ينبغي أن تهدف تدابير العامة لإدارة المياه **المستعملة** وطرق تحسين العمليات في مرافق الدباغة إلى الحد من الحاجة إلى المعالجة في نهاية خط الإنتاج، ومن كثافة هذه المعالجة عن طريق تطبيق تدابير تقليل المياه المستعملة والتي تشمل :

- الحد من استهلاك المياه من خلال إعادة تدوير تدفقات العمليات ؛
- استعمال الخزانات بدلاً من الحفر لنقع الجلود؛
- وضع الأوعية **المستعملة** في مراحل عملية الدباغة بشكل مائل عوضاً عن وضعها بشكل عامودي للتقليل من حجم المياه المستعملة؛
- استخدام عمليات الغسيل الدفعية بدلاً من العمليات المعتمدة على الماء الجاري؛
- فصل تدفقات المياه المستعملة (مثل: سوائل النقع، والسوائل الجيرية الغنية بالكبريت والسوائل المحتوية على الكروم) لتحسين سرعة المعالجة وكفائتها، ويساعد فصل تدفقات المياه المستعملة في عزل المركبات المركزة أو المواد السامة بشكل خاص، بحيث يتسنى إزالتها على نحو منفصل، واستعادتها لإعادة الاستخدام إن أمكن.
- استخدام عمليات التعويم القصيرة (على سبيل المثال محتوى مائي منخفض) في دورة الدباغة (مثل التعويم باستخدام من ٢٥-٤٠ في المائة من المياه فيما يتعلق بعمليات التعويم العادية) حيث يتيح ذلك توفير المياه بنسبة تصل إلى ٧٠ في المائة ويساعد على تثبيت الكروم (في ظل درجات الحرارة المتزايدة في نهاية عملية الدباغة)؛
- شق الجلود قبل إزالة الكلس والدبغ، كلما كان ذلك ملائمًا لتحسين اختراق المواد الكيماوية المستخدمة في الدبغ في ألياف نسيج الجلود، وبالتالي الحد من

استخدام الكيماويات؛ مما يؤدي إلى الحد من استهلاك المياه المستخدمة في تهيئة وإعداد تلك الكيماويات.

٢- التدابير التي يمكن إتباعها للحد من الحمل العضوي في تدفقات المياه المستعملة:

تشمل التدابير التي يمكن إتباعها للحد من الحمل العضوي في تدفقات المياه المستعملة هذه ما يلي :

- غربلة (تصفية)المياه المستعملة لإزالة المواد الصلبة الكبيرة؛
- استخدام عمليات إزالة الشعر الإنزيمية استعادة الشعر لإعادة بيعه ، حيث يسهم ذلك في الحد من الأكسجين الكيميائي المستهلك COD بنسبة تصل إلى ٤٠-٥٠ في المائة؛
- في حالة استخدام عملية إزالة الشعر بالجير التقليدية ، ينبغي ترشيح المياه المستعملة لاستعادة الشعر قبل الذوبان؛ فقد يسهم ذلك في الحد من الأكسجين الكيميائي المستهلك COD بنسبة تصل إلى ١٥-٢٠في المائة ومن إجمالي النتروجين بنسبة ٢٥-٣٠ في المائة من النفايات السائلة المختلطة من المدبغة؛
- إعادة تدوير المياه المستخدمة في التعويم أثناء التجيير للحد من الأكسجين الكيميائي المستهلك COD بنسبة، تصل إلى ٣٠-٤٠في المائة، ومن النتروجين بنسبة تصل إلى ٣٥ في المائة ، ومن استخدام الكبريتيد بنسبة تصل إلى ٤٠ في المائة ، ومن الجير بنسبة تصل إلى ٥٠في المائة؛
- استخدام مواد الكحولات الدهنية الإيثوكسلية، بدلاً من الإليكيفينولات الايثوكسلية، كمنظفات سطحية في إزالة الشحوم؛
- استخدام إزالة الكلس بثاني أكسيد الكربون (على سبيل المثال مع جلود البقر الخفيفة التي يقل سمكها عن ٣مم). وفيما يتعلق بالجلود الخام الأكثر سمكًا، تتطلب العملية زيادة درجة حرارة مياه التعويم (حتى ٣٥ درجة مئوية) و/ أو فترة المعالجة إضافة كميات صغيرة من المواد المساعدة على إزالة الكلس.

٣- التدابير التي يمكن اتباعها للحد من إجمالي المواد الصلبة الذائبة الناتجة من حفظ المادة الخام ومعالجتها:

تشمل التدابير التي يمكن إتباعها للحد من إجمالي المواد الصلبة الذائبة الناتجة من حفظ المادة الخام ومعالجتها ما يلي:

- استخدام التجفيف الطبيعي للجلود الخام في مرافق، توجد في مناخات ملائمة ودافئة وجافة ؛
- استخدام التبريد في عملية حفظ الجلود الخام حديثة المعالجة لفترة قصيرة و/ أو استخدام المطهرات لزيادة وقت التخزين؛
- القيام بخطوات التشذيب، وكذلك كلما أمكن الإزالة المسبقة للحم قبل التجفيف أو العمليات الأخرى ذات الصلة؛
- الإزالة الميكانيكية أو اليدوية للملح من الجلود الخام قبل النقع؛
- تركيب أنظمة تحميض خالية من الملح ، واستخدام أحماض السلفونيك البوليمرية (قد يؤثر ذلك على خصائص الجلد) ؛
- استخدام عوامل إزالة الكلس الخالية من الأمونيوم (مثل الأحماض الضعيفة أو الاسترات) أو إزالة الكلس بثاني أكسيد الكربون بدلاً من املاح الامونيوم؛
- استخدام فترات التعويم القصيرة في الدبغ للحد من الأحمال الكيميائية .يمكن تعزيز تثبيت الكروم أثناء الدباغة باستخدام أساليب عملية الدباغة عالية الاستنزاف بما في ذلك فترات التعويم القصيرة ، وزيادة درجات الحرارة، وزيادة فترات الدباغة، وزيادة معدل القلوية ، وخفض مستويات الأملاح المتعادلة؛
- إعادة التدوير المباشر لسائل التعويم المستخدم في التحميض ما أمكن عمل ذلك (لا يتسنى سوى إجراء إعادة تدوير جزئية لحوض الدباغة المستنزف في حالة إجراء الدباغة في سائل تعويم) ؛

- إعادة التدوير المباشرة لسوائل التعويم المستخدمة في عملية الدباغة إعادة تدوير المواد الطافية الناتجة عن عملية استعادة الكروم، من أجل تحسين توفير الكروم المستخدم؛
- استخدام الأصباغ السائلة ومواد الدباغة التركيبية.

٤-طرق الحد من الكبريتيد وتصريفه:

تشمل طرق الحد من الكبريتيد وتصريفه في صناعة دباغة الجلود ما يلي:

- استخدام عملية إزالة شعر إنزيمية ؛
- وبالنسبة لعمليات إزالة الشعر التقليدية باستخدام الجير، فإنه يوصي باستخدام الكبريتيد والجير بمستوى من ٢٠-٥٠ في المائة في المحلول الكلي؛
- الحفاظ على المياه المستعملة المحتوية على الكبريتيد عند مستوى أس هيدروجيني قلوي (اكبر من ١٠). وتعتمد الطريقة التقليدية على الجير وأكسدة المياه المستعملة المحتوية على الكبريتيد (خزانات الأكسدة المحفزة أو خزانات التهوية). وينبغي توخي الحذر لتفادي تحرر كبريتيد الهيدروجين الذي ينطلق عند رقم هيدروجيني أقل من ٧، والذي ينتج من الخلط غير الملائم لتدفقات المواد القلوية والحمضية، وكذلك التحرر غير المتحكم به من خطوات عكس النترجة .

٥- التدابير اللازمة للحد من حمل النتروجين في النفايات السائلة:

قد تساعد إجراءات المنع والتحكم المتبعة للحد من الحمل العضوي في خفض مستويات النتروجين. وتشمل التدابير الإضافية للحد من حمل النتروجين في النفايات السائلة ما يلي :

- استخدام عوامل إزالة الكلس الخالية من الأمونيوم (مثل الأحماض الضعيفة أو الأسترات)، في حال عدم تطبيق طريقة إزالة الكلس بثاني أكسيد الكربون؛

- الأمونيا المصروفة من شأنها أن تؤثر بشدة على المياه المستقبلة ، مثلما ما يحدث في حالة معالجة المياه المستعملة خلال عملية النترجة بتحويل نتروجين الأمونيا إلى نترات، كما يجب التحكم الحذر والإدارة المنضبطة لمنع تكون كبريتيد الهيدروجين، أثناء التحكم في حمل النتروجين.

٦- التدابير اللازمة للحد من استخدام الكروم وتصريفه:

ينبغي اتخاذ التدابير التالية للحد من استخدام الكروم وتصريفه:

- دراسة استخدام عوامل دباغة بديلة لتحل محل أو تستخدم إلى جانب الكروم ، وفقا لدرجة سمية وثبات واستمرارية هذه البدائل وكذلك الاستخدام المزمع للمنتج الجلدي وخصائصه؛
- تجنب استخدام الكروم السداسي التكافؤ عن طريق قصر نوع الكروم المستخدم على الكروم الثلاثي التكافؤ؛
- إعادة تدوير مياه التعويم المحتوية على الكروم، وقد يسهم ذلك في الحد من استخدام الكروم بنسبة تصل إلى ٢٠ في المائة في عمليات الدباغة التقليدية وإلى ٥٠ في المائة في لجلود الضان التي يغطيها الصوف .ويمكن ترسيب السوائل المحتوية على كروم زائد وأكسدتها ثم إعادة تدويرها.
- الحد من تركيز الكروم في سائل التعويم المصروف عن طريق استخدام إملاح الكروم عالية الاستنزاف والمنتجات القلوية و/ أو زيادة درجة حراة التعويم ؛
- تجنب الاستخدام المفرط للكروم، إذ يمكنه الامتزاز على سطح الجزيئات العضوية ذات الأحجام المختلفة، وقد لا يترسب منفصلا على المحلول. وينبغي توخي الحذر، حتى لا تختلط هذه الجزيئات مع النفايات السائلة وتصرف معها؛
- عدم التخلص من الحماة الناتجة عن الدباغة باستخدام الكروم باستخدام الترميد؛ فقد تؤدي الظروف القلوية ووجود الأكسجين الزائد إلى تحول الكروم الثلاثي التكافؤ إلى كروم سداسي التكافؤ الأكثر سمية.

٧- التدابير اللازمة للحد من كيماويات ما بعد الدباغة:

تشمل التدابير اللازمة لمنع الكيماويات من الوصول لتدفقات المياه المستعملة ما يلي:

- تفادي استخدام المركبات المهلجنة (كالعوامل الدهنية الملينة) ؛
- استعادة عوامل التشريب من النفايات السائلة؛
- تجنب استخدام عوامل العزل والترطيب مع المركبات ذات القابلية المنخفضة للتحلل البيولوجي (مثل رباعي أسيتات الإيثيلين- ثنائي الأمين) ؛
- تجنب استخدام الأحماض الكربوكسيلية الثنائية في ترسيب الكروم أثناء المعالجة الأولية للنفايات السائلة ؛
- تفادي استخدام الاصباغ مع الامينات المسرطنة (رباعي الأمين- ثنائي الفينيل، البنزيدين) ؛
- استبدال الأصباغ التي تذوب بالمذيبات العضوية بالأصباغ غير المهلجنة، التي تذوب في الماء في عمليات الصبغ والصقل .

٨- التدابير اللازمة للحد من تأثيرات المبيدات الحيوية:

يوصى بإتباع التدابير التالية للحد من التأثيرات المحتملة للمبيدات الحيوية في المياه المستهلكة :

- تجنب استخدام الفينولات المحظورة مثل الفينولات المهلجنة /المكلورة ، وكذلك المبيدات الحيوية المحظورة والأقل قابلية للتحلل الحيوي والمحتوية على الزرنيخ والزئبق والمواد الكلورانية؛
- رصد استهلاك مدخلات المبيدات الحيوية، من خلال الاحتفاظ بسجل بمدخلات ومخرجات المبيد الحيوي.

٩- معالجة المياه الناتجة عن العمليات:

تشمل أساليب معالجة المياه المستعملة الناتجة عن عمليات دباغة الجلود فصل الملوثات من المصدر، والمعالجة المسبقة لإزالة/ لاستعادة الكروم، ومصائد الشحوم،

obeikandl.com

الكاشطات أو أجهزة فصل الزيت عن الماء لفصل المواد الصلبة الطافية ، والترشيح لفصل المواد الصلبة القابلة للترشيح ، ومعادلة التدفق والحمل ، والترسيب لتخفيض المواد العالقة باستخدام المروقات ،المعالجة البيولوجية والتي عادة ما تكون هوائية لتقليل المادة العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا BOD، وإزالة المغذيات البيولوجية للتقليل من نسب النتروجين والفسفور ، وكلورة مياه المخرج النهائية عند الحاجة للتطهير ، نزع الماء من الحمأة (الرواسب الصلبة)، والتخلص منها في المدافن المعدة للنفايات الخطرة.

وقد يتطلب الأمر ضوابط هندسية إضافية من أجل :

١ - إزالة متقدمة للمعادن الثقيلة باستخدام الترشيح الغشائي، أو باستخدام تقنيات المعالجة الفيزيائية والكيميائية الأخرى ؛

٢ - خفض سمية النفايات السائلة باستخدام تقنية ملائمة (مثل تكنولوجيا الأسموزية العكسية ، والتبادل الأيوني ، والكربون المنشط وغير ذلك) ؛

٣ - خفض إجمالي المواد الصلبة المذابة باستخدام الأسموزية العكسية أو التبخير،

٤ - ومنع انتشار الروائح الكريهة والحد منها.

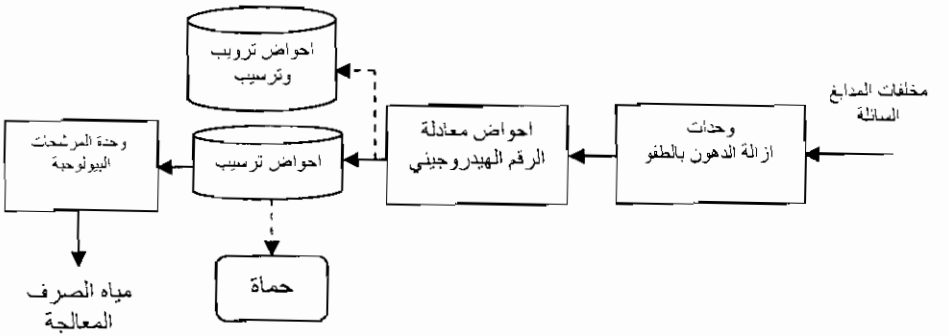
وعمومًا يتكون النظام التقليدي لمعالجة مياه الصرف المتخلفة عن صناعة دباغة الجلود من الآتي:

أ - تستخدم حدات إزالة الدهون بالطفو، إذا كانت نسبة الدهون عالية (أكثر من ١٠٠ مجم/ لتر) حيث تمرر المخلفات على هذه الوحدات.

ب - ثم تمرر مياه الصرف بعد إزالة الدهون والشحوم إلى أحواض لمعادلة الرقم الهيدروجيني لجعله في حدود ٦.٢ إلى ٧.٥ .

جـ- بعد معادلة الرقم الهيدروجيني تاتى مرحلة الترسيب في أحواض ترسيب عادية أو باستخدام المروبات الكيماوية مثل الشبة ومدة البقاء من ٣ إلى ٤ ساعات .

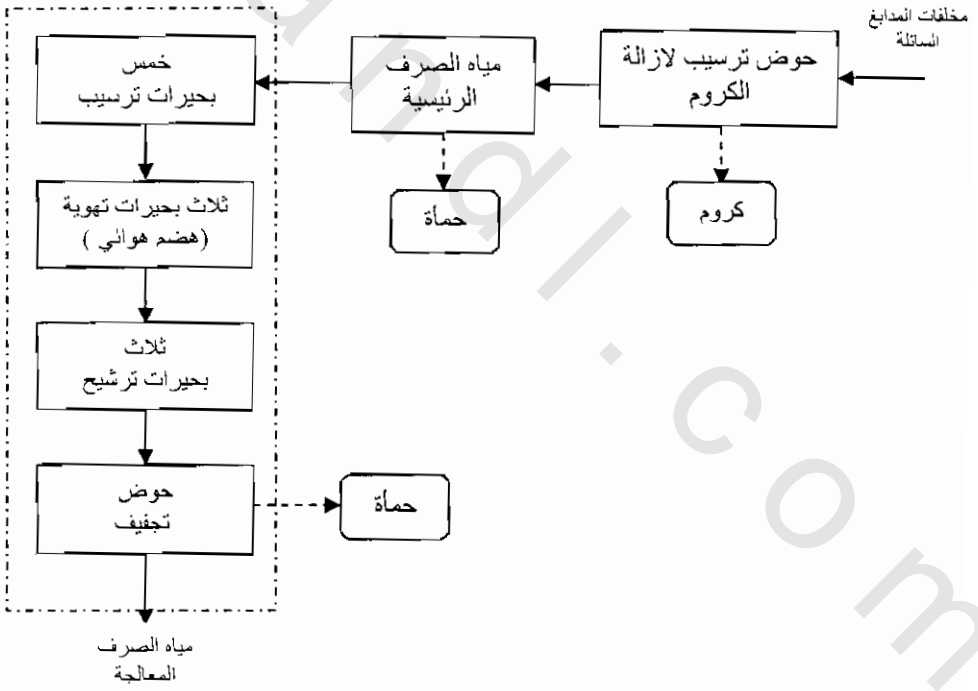
د – تذهب المياه الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية إلى وحدات المرشحات البيولوجية إذا لم يكن حملها العضوي كبيرًا أما، إذا كان الحمل العضوي كبيرا فيمكن معالجتها بأحواض التخمير اللاهوائية.



شكل (٣-٢) مخطط بياني لمشروع تقليدي لمعالجة مخلفات المدابغ السائلة .

مثال لمشروع معالجة المخلفات السائلة لمدابغ الجلود

والنموذج التالي لمشروع معالجة المياه المتخلفة عن صناعة الدباغة في تايلاند، حيث يخدم ١٣٠ مدبغة، ويقوم المشروع بمعالجة ٢٠.٠٠٠ متر مكعب يوميًا من مياه الصرف الصناعي للمدابغ .



شكل (٣-٣) مخطط بياني لمشروع معالجة مخلفات المدابغ السائلة.

٢-٢-٧. ثالثا المخلفات الصلبة الصناعية

المخلفات (النفايات) الصلبة هي مواد صلبة، أو شبه صلبة ذات مصدر آدمي أو صناعي أو زراعي، وليست لها قيمة اقتصادية، ويتم التخلص منها عند المصدر. ويمكن تدوير بعض أو كل مكوناتها،وهذه المخلفات تكون عادة إما مخلفات عادية أو مخلفات خطرة يتم تداولها وفقًا لقواعد وأصول قانونية وبيئية خاصة.

*** الأنشطة الآدمية:**

المخلفات الناتجة من هذه الأنشطة تتمثل في المخلفات الصلبة المتولدة من الأنشطة البشرية، وهي القمامة المنزلية ومخلفات الشوارع والحدائق والمخلفات الحيوانية والحيوانات النافقة ومخلفات المنشآت التجارية والأسواق العامة ومخلفات المجازر ومزارع الحيوانات والدواجن والحمأة الناتجة من محطات تنقية الصرف الصحي، ومخلفات تطهير شبكة الصرف الصحي، والأتربة والرمال التي تهب على المدن، ومخلفات الهدم والبناء وكذلك مخلفات المستشفيات.

*** الأنشطة الزراعية:**

وينتج عنها بقايا المحاصيل الزراعية من قش الأرز وحطب القطن والذرة وروث الحيوانات، ومخلفات الدواجن وبقايا الأسمدة والمبيدات والعبوات الفارغة ونواتج تطهير الترع والمصارف والتي عادة تحتوي على مبيدات ومخصبات.

*** الأنشطة الصناعية:**

وينتج عنها النفايات الصلبة الناتجة من عمليات تجهيز الخامات ونقل وتداول وتصنيع المنتجات والنفايات الناتجة من التعبئة والتغليف، ونواتج عيوب التصنيع ونفايات ناتجة من عمليات إنتاج الطاقة وحرق الوقود.

تتعد الأنشطة الصناعية في الدول، وتنتج عنها مخلفات وفضلات صناعية عديدة ومتنوعة مثل النفايات الصلبة الصناعية، ومياه الصرف والملوثات الغازية، والملوثات الإشعاعية والملوثات الحرارية. وتختلف كمية ونوعية المخلفات الصلبة الصناعية باختلاف نوعية الصناعة وطريقة الإنتاج. ولقد تعرضت البيئة لعديد من المخاطر والكوارث الناتجة عن عدم التخلص السليم للنفايات الصناعية.

والأسباب التالية تعد أهم الأسباب التي أدت إلى مثل هذه الكوارث :

أ - سرعة التطور الصناعي، والتي لم يواكبها بنفس السرعة تطوير الطرق السليمة للتخلص من النفايات الصناعية .

ب- عدم معرفة أهمية معالجة النفايات الصناعية الخطرة للحد من خطورتها قبل التخلص منها .

جـ- قلة الوعي والمسئولية لدى أصحاب المصانع، مما يجعلهم يتخلصون من النفايات الصناعية بطرق غير سليمة .

د - فصل كميات كبيرة من مياه الصرف والغازات العادمة، وعدم التخلص من هذه المواد بالطرق المناسبة .

وبمقارنة النفايات الصلبة المنزلية مع النفايات الصلبة الصناعية نجد أن نوعية النفايات المنزلية معروفة، على حين تختلف النفايات الصناعية حسب نوعية الصناعة وطريقة الإنتاج الصناعي المختلفة. وينتج عن بعض الصناعات نفايات صلبة خطيرة على صحة وسلامة الإنسان والبيئة. لذلك لابد من جمعها ونقلها ومعالجتها منفصلة عن النفايات الأخرى وبطرق خاصة تختلف عن الطرق المتبعة في معالجة النفايات المنزلية.

وهناك عدة تصنيفات للنفايات الصلبة السامة والخطيرة، ومن أبرزها التصنيف التالي :

- النوع الأول المواد المتفجرة.
- النوع الثاني المواد المساعدة على الاشتعال.
- النوع الثالث المواد سريعة الاشتعال.

- النوع الرابع المواد السامة.
- النوع الخامس المواد الحامضية والقلوية.
- النوع السادس المواد المشعة.

المخلفات الكيميائية والصناعية الصلبة الخطرة

حددت اتفاقية بازل خصائص وأنواع المخلفات الخطرة، وحددت اتفاقيات برشلونة وأزمير طرق نقل وتداول هذه المخلفات.

(أ) خصائص المخلفات الخطرة:

تتميز المخلفات الخطرة ببعض الخصائص التي تجعلها ذات خطورة على الإنسان والبيئة وتسبب له عديد من الأضرار الصحية، كما أنها تعمل على تدمير البيئة من حوله. وهذه الخصائص يمكن إجمالها في الآتي :

- القابلية للانفجار؛ حيث إن هناك بعض المخلفات الخطرة لها قابلية للانفجار نتيجة لتعرضها لعوامل معينة.
- القابلية للاشتعال فبعض هذه المخلفات له خاصية القابلية للاشتعال مثل المذيبات العضوية .
- القابلية للاحتراق التلقائي .
- المواد التي تنطلق منها غازات سامة أو غازات قابلة للاشتعال عند ملامستها للماء .
- المواد ذات الخواص المؤكسدة والبيروكسيدات العضوية، التي تساهم في احتراق مواد أخرى.
- المواد السامة وهي المواد التي تسبب تأثيرات سمية للكائنات الحية مثل بعض المركبات الكيميائية الصناعية
- المواد المحتوية على مواد معدية مثل مخلفات المستشفيات، التي تحتوي على عوامل بيولوجية معدية مسببة للأمراض كالبكتريا والفيروسات والطفيليات الممرضة .

- المخلفات المحتوية على مواد آكله مثل المخلفات التي تحتوي على الأحماض والقلويات .
- المخلفات ذات الخواص المسرطنة، وهي المخلفات التي تحتوي على مواد تسبب إحداث السرطان للكائنات الحية.
- المخلفات المشعة وهي المخلفات التي تنطلق منها مواد مشعة نشطة إشعاعيًّا.

(ب) أنواع المخلفات الخطرة:

- حددت اتفاقية بازل أنواع المخلفات الصلبة الخطرة على النحو التالي:
- النفايات المحتوية على عناصر ومركبات البريليوم - والكروم السداسي - النحاس - الزرنيخ - الزنك - السلينيوم - الكادميوم - الانتيمون - التلوريوم - الزئبق - الثاليوم- الرصاص.
- النفايات المحتوية أو الملوثة بالنويدات المشعة .
- الزجاج المنشط في أنابيب الأشعة المهبطية .
- المخلفات الإكلينيكية الناتجة من المستشفيات .
- المخلفات الناتجة من الراتنجات والأحبار والأصباغ والدهانات والورنيشات والملدنات .
- والغراء والمواد اللاصقة.
- بقايا المعالجة الفوتوغرافية.
- النفايات الناتجة عن المعالجة السطحية للمعادن واللدائن .
- المخلفات الناتجة من عملية التخلص من النفايات الصناعية .
- النفايات الناتجة عن إنتاج المبيدات البيولوجية والمستحضرات الصيدلية والمعامل.
- المخلفات المحتوية على رواسب قطرانية ناجمة عن التكرير والتقطير والتحلل .
- مركبات الكربونيلات والسيانيدات والفلور الفلزية .

- الاسبستوس .
- مركبات السيانيد والفوسفور والهالوجين العضوية .
- الفينولات والمركبات الإروماتية عديدة الحلقة .
- حمأة المجاري .
- الرواسب الناجمة عن الترميد .
- بقايا البطاريات الجافة والسائلة .
- عوامل الحفر والكربون النشط المستنفذ.

(جـ) طرق المعالجة والتخلص من المخلفات الصلبة الخطرة:

- التدوير لبعض المكونات .
- المعالجة البيولوجية باستخدام البكتريا والفطريات.
- الترميد لمخلفات المستشفيات والمخلفات العضوية .
- المعالجة الكيميائية بالتبخير والتكليس والترسيب والأكسدة والاختزال .
- الدفن داخل أو فوق الأرض .
- الحقن العميق داخل آبار وقباب ملحية ومستودعات طبيعية.
- التصريف داخل البحار والمحيطات بما في ذلك الطمر في قاع البحر .
- الردم فى حفر متراصة ومغطاة ومعزولة .
- التخزين الدائم في حاويات بالمناجم.

(د) الحد من تولد النفايات الخطرة:

- تطوير التكنولوجيا النظيفة ومنها التكنولوجيا الخضراء .
- تطوير نظم إدارة النفايات.
- التوسع في تدوير النفايات.
- رصد مفردات النظام البيئي دوريًّا.

٣-٢-٧-١. المخلفات الصلبة لصناعة الورق

تتكون المخلفات في كل مراحل صناعة اللب والورق. وتختلف طبيعة المخلفات الصلبة المتولدة من تشغيل عمليات فصل ألياف المخلفات الورقية طبقا لدرجة تجهيزات النظافة في العملية. وتتخلف الجزاء الكبيرة والناعمة من قش الأرز والمصحوبة بالأتربة والرمال، وتتخلف كذلك ألياف سليلوزية أثناء عمليات التنقية والتنعيم.

وتتغير مكونات الحمأة الناتجة من فصل ألياف المخلفات الورقية؛ طبقًا لنوع المخلفات الورقية المستخدمة. وغالبا ما تشمل الطفلة والمواد المالئة غير العضوية الأخرى ومخلفات بلاستيكية دقيقة ومواد عضوية من الأحبار. كذلك يتواجد دائما بعض الألياف من الورق، وعندما تكون جافة، تكون تلك المواد قابلة للإلقاء في مقالب النفايات. ويكون من الصعب غالبا نزع الماء من حمأة المخلفات الورقية. وتكون كمية المياه الموجودة كافية للبكتريا، التي تنتج كبريتيد الهيدروجين والغازات الخطرة الأخرى بسرعة. ويمكن أن يؤدي التخلص من الحمأة المبللة في مقالب النفايات إلى أضرار كبيرة نتيجة للروائح الكريهة الناتجة.

٣-٢-٧-٢. التأثيرات البيئية للمخلفات الصلبة

تتسبب المخلفات العضوية من العمليات الإنتاجية مثل الحمأة من المعالجة الخارجية في تأثيرات بيئية عند التخلص منها . ويذهب كل من الرماد والخبث والمخلفات غير العضوية من العمليات إلى مقالب النفايات . ومن المهم فرز المخلفات الناتجة وإيجاد استخدامات جديدة للمواد المتبقية، التى يمكن إعادة استخدامها وذلك لخفض التأثيرات البيئية. ومن ناحية أخرى، فإن كمية النفايات الخطرة المتولدة من صناعة اللب والورق تعتبر محدودة.

المخلفات الصلبة الناتجة عن مشروعات تصنيع وتشطيب المنتجات المعدنية

تعد مشروعات تصنيع وتشطيب المنتجات المعدنية من أكثر المشروعات تولدا للمخلفات الصلبة المعدنية ، حيث تتولد المخلفات الصلبة من العمليات التالية :

- قطع المعادن والخردة المعدنية الناتجة عن أعمال قطع وتشكيل وتجهيز المعادن.
- بقايا البوية المتجلطة والمترسبة في الأحواض من أعمال الدهانات.

ملاحظة : تعتبر الخردة المعدنية الناتجة من عمليات قطع وتشكيل المعادن من النفايات الخطرة. حيث تختلط مع كمية من المذيبات أثناء عمليات التشكيل أو من العمليات الأخرى مثل أعمال القطع.

التأثيرات الصحية والبيئية للملوثات الناتجة عن مشروعات تصنيع وتشطيب المنتجات المعدنية

تؤثر الملوثات الناتجة عن مشروعات تصنيع وتشطيب المنتجات المعدنية من كيماويات ومعادن على التنوع البيئي كما يمكن أن تؤدي إلى أضرار بالغة بصحة الإنسان. فبعض هذه الآثار قد تحدث مباشرة والبعض الآخر قد يتبلور تأثيره على مدى سنوات (ذو تأثير تراكمي) وترتبط التأثيرات الصحية بشكل عام بتلوث البيئة.

والعمليات التي تتضمن استخدام الكيماويات ينبغي فحص واختبار إمكاناتها في تلويث البيئة. فتسرب الكيماويات يمكن أن يحدث خلال عمليات الشطف والغسيل والترطيب بالإضافة إلى عمليات التخلص من محاليل المعالجة المستهلكة. و قد تتسبب الوحدات الخدمية في تلوث البيئة بالكيماويات: تخزين الكيماويات، نقل وتداول الكيماويات، معالجة مياه الصرف، المخلفات الناتجة من معامل التحكم وضبط الجودة، التخلص من (أو إعادة استخدام) البقايا المتخلفة في حاويات تخزين الكيماويات الفارغة.

والمخلفات الكيمائية يمكن أن يكون لها تأثيرات بيئية واسعة النطاق تختلف بالضرورة من مادة لأخرى؛ لاختلاف مسار تحولات تلك الكيماويات في البيئة. فبعض الكيماويات يمكن أن يهاجر من وسط بيئي إلى الآخر، كانتقالها من التربة إلى الماء أو من الماء إلى الهواء، وبعض هذه الكيماويات يمكن أن يتحلل سريعا في البيئة بينما يقاوم البعض الآخر بدرجات مختلفة التحلل، وينتقل من موقع لآخر تبعا لتأثيرات قوى الطبيعة .

وتشمل قائمة المواد الخطرة في بيئة العمل: المواد المسببة للتآكل مثل الأحماض والقلويات التي تلتهم المعادن والأنسجة ، والكيماويات المؤكسدة التي يمكن أن تؤدي إلى الحروق أو تكون سببا في اشتعال النيران عند اقترابها من الأوراق ومواد التعبئة والتغليف أو النسيج، والمذيبات التي يمكن أيضا أن تؤدي إلى مخاطر الحريق والانفجار.

ويمكن أن تشمل قائمة المراجعة التالية العناصر الأساسية في تقدير التأثيرات البيئية المحتملة لعمليات تشطيب المعادن .

- تعرض عمال الصناعة المباشر للكيماويات والمخلفات المختلفة.
- تلوث المياه : مياه الصرف أو مياه الغسيل.
- الكيماويات المنصرفة إلى خطوط الصرف أو التربة.
- تأثيرات الكيماويات على شبكة الصرف العمومية، ومدى التلف الذي يمكن أن يلحق بها، بالإضافة إلى تأثير الكيماويات على عمليات معالجة مياه الصرف، وكذا تأثير صرف الكيماويات في المناطق المجاورة لمجاري المياه المنصرفة. ليس هذا فحسب، بل إن هذه الكيماويات يمتد تأثيرها الخطر إلى العاملين في صيانة منظومة الصرف الصحي التي تصرف فيها.
- تلوث الحمأة الناتجة بالنفايات الخطرة.
- تسرب الملوثات إلى المياه الجوفية.
- التخلص من الكيماويات الفائضة أو الحمأة الناتجة من المعالجة.
- تلوث التربة من انسياب المياه بجوار مواقع تخزين الكيماويات والمخلفات الخطرة.
- حوادث النقل التي يمكن أن تحدث أثناء نقل الكيماويات من وإلى الموقع.
- الحوادث التي يمكن أن تحدث داخل المصنع من تسرب الكيماويات.
- استهلاك الطاقة والموارد الأخرى.
- تسرب الكيماويات إلى الهواء ومدى انتشارها خارج مواقع العمل مما يؤدي إلى تعرض السكان لها.

٣-٢-٨. التحكم والسيطرة على التلوث الصناعي

نظرًا لخطورة التلوث الصناعي على البيئة بمختلف عناصرها، فإن التحكم والسيطرة على التلوث الصناعي من أهم الأمور التي تعني بها كثير من دول العالم الصناعية، وتتعدد طرق ووسائل التحكم في التلوث الصناعي، إلا أن أهمها يمكن تلخيصه في الوسائل الآتية:

١ - الحد من الانبعاثات الغازية المتولدة من المصانع .

٢ - معالجة مياه الصرف الصناعي لكل صناعة قبل صرفها.

٣ - الإدارة السليمة للمخلفات الصناعية الصلبة.

٤ - استخدام تكنولوجيات الإنتاج الأنظف للحد من تولد الملوثات.

٣-٢-٨-١. إجراءات الحد من التلوث في المجال الصناعي

إن إجراءات الحد من التلوث تعتبر من الأعمال المؤثرة في التكاليف، فهي تؤدي إلى ترشيد كميات المواد المفقودة، وتقلل من استخدام تكنولوجيا خاصة بمعالجة المخرجات النهائية (end-of-pipe). من خفض التكلفة كما تؤدي هذه الإجراءات إلى خفض استهلاك للطاقة والمياه والكيماويات وغيرها من المدخلات.

تعتمد إجراءات الحد من التلوث على محاور ثلاثة :

- إدخال تعديلات في المنشأة (in-plant modifications) بغرض خفض تركيز المواد الملوثة في مياه الصرف، عن طريق استرجاع هذه المواد، أو فصل/ دمج خطوط الصرف من الوحدات الإنتاجية المختلفة، أو خفض معدلات تدفق وسريان مياه الصرف التي تحتاج للمعالجة بغرض تحسين أداء محطات معالجة الصرف السائل.
- إدخال التعديلات المناسبة على العمليات الإنتاجية (in-process modifications) مثل استخدام تقنيات حديثة، وإيجاد بدائل

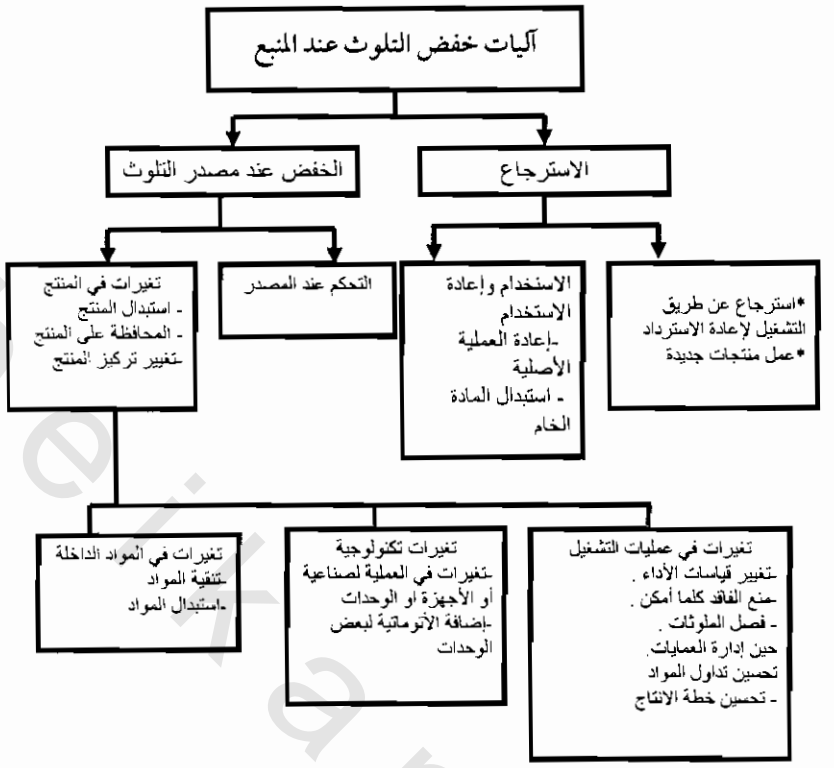
للمواد الخام أو للمواد الخطرة، وزيادة كفاءة التشغيل وكفاءة نظم التحكم وهذه التعديلات يمكن إجراؤها عند المنبع كإحدى الآليات لخفض التلوث عند المنبع .

- إجراءات المعالجة النهائية(نهاية الأنبوب End-of-pipe) التي تتضمن معالجة الملوثات أو فصلها للتخلص منها.وعلى العكس من الإجراءات السابقة، فإن إجراءات معالجة المخرجات لا تعود بأية فائدة اقتصادية على المنشأة، وإنما تتخذ فقط لتحقيق الالتزام بالقوانين البيئية.

ويمكن تقسيم إجراءات الحد من التلوث المتبعة في كثير من المنشأت الصناعية إلى سبع مجموعات عامة، هي:

- تخطيط عمليات الإنتاج وتعاقبها .
- تعديل المعدات والعمليات .
- استبدال المواد الخام.
- منع الفاقد والإدارة الداخلية.
- فصل المخلفات (Waste Segregation)
- التدوير (Recycling).
- التدريب والإشراف.

obeikandi.com



٣-٢-٨-٢. تنقية ومعالجة مياه الصرف الصناعية كاحد وسائل التحكم والسيطرة على التلوث الصناعي

إن تطور طرق معالجة مياه الصرف الصناعي لم يبدأ إلا حديثًا، ولكنه كان سريعا وأسرع بكثير من تطور معالجة مياه الصرف الصحي. إن تركيب وتركيز مياه الصرف الصناعي تختلف من صناعة إلى صناعة، ومن مصنع إلى آخر ضمن الصناعة الواحدة، ومن يوم إلى يوم بل من ساعة إلى ساعة ضمن المصنع الواحد . لقد كان هذا الاختلاف تحديًا لمهندسي معالجة المياه؛ ليعتمدوا طرقًا وتكنولوجيا محددة لمعالجة مياه الصرف الصناعي . مع التركيز أكثر فأكثر على مواصفات المياه النوعية، فقد تركز الانتباه بقوة أكبر على الصناعة كمستهلك رئيسي للمياه وكمصدر رئيسي لتلوثها. إن معالجة مياه الصرف الصناعي أمر لا يمكن فصله عما يدعى "إدارة التلوث الصناعي أو إدارة النفايات

الصناعية ". لأنه بعكس مسئول التلوث الصحي، فإن العامل في الصناعة يمكنه أن يمارس درجة من التحكم بكمية ونوعية ماء الصرف الصناعي، باختيار المواد الأولية وطرق التصنيع اختيارًا جيدًا .

بما أنه كما ذكرنا أن كمية و تركيز ماء الصرف الصناعي تختلف من مصنع إلى مصنع ومن وقت إلى آخر ولذلك فإن أكثر طرق المعالجة فعالية هي تلك التي تصمم كجزء من إدارة الحد من التلوث ومعالجة ما لا يمكن منعه .

٢ -مبادئ وإجراءات إدارة ومعالجة النفايات الصناعية

إن الخطوة الأولى في هذا المجال هي ما يدعى بالدراسة الأولية "، وسوف نناقش هذه المسألة تحت العناوين الرئيسية التالية :

- تصنيف النفايات.
- المسح الصناعي.
- التحليل المعملي.

أ - تصنيف النفايات:

الخطوة الأولى في الدراسات الأولية هي تصنيف النفايات، وكتصنيف أولي يمكننا القول بأن هناك نفايات متلائمة ونفايات غير متلائمة مع أنظمة المعالجة البلدية .

١ - الملوثات المتلائمة :الملوثات المتلائمة هي المواد التي يمكن إزالتها أو إتلافها من قبل الهيئات المدنية فمعظم الصناعات الغذائية وعدد من الصناعات العضوية تنتج نفايات خام تشبه بشكل أو بآخر النفايات البلدية، ولو أن هناك إختلافًا واسعًا في التركيز.

المعالجة الأولية تتضمن عادة تصفية خشنة وترسيبًا. أما المعالجة الثانوية فيمكن أن تتضمن معالجة بالحمأة المنشطة والمرشحات البطيئة، ويمكن أن تتضمن أيضا عمليات بيولوجية هوائية أخرى، تهدف إلى أكسدة وإتلاف الجزء الأعظم من المواد العضوية.

وتقاس هذه المواد العضوية ويعبر عنها عادة بعبارة الأوكسيجين الحيوي المطلوب أو تقاس بطريقة غير مباشرة عن طريق معرفة –مثلا–الأكسجين الكيميائي المطلوب، أو الكربون العضوي الكلي . ويمكن أن تزال المواد القابلة للتحلل البيولوجي بنفس الطرق؛ شريطة عدم الإضرار بالشروط اللازمة لعملية التحلل (مثل وجود سموم أو قيم حرجة من pH ودرجة الحرارة ...الخ).

التطهير ليس عملية مطلوبة عادة في معالجة النفايات الصناعية، ولكن وجود هذه النفايات في الصرف الصحي لا يتنافر عادة مع عملية الكلورة .هناك بعض الكيماويات مثل السلفيدات والسلفيتات (الكبريتات) ومركبات الحديد التي تزيد من كمية الكلور اللازمة للتطهير، ولكن هذه المواد يجب أن تكون قد أبعدت أو استهلكت، قبل أن تصل النفايات إلى مرحلة الكلورة، التي عادة ما تكون المرحلة الأخيرة .

٢- **الملوثات غير المتلائمة** : بعكس نفايات الصناعات الغذائية وبعض الصناعات العضوية التي يمكن معالجتها بنفس العمليات التقليدية المتبعة لمعالجة الصرف البلدي فإن نفايات كثير من الصناعات تتضمن ملوثات، لا تتلاءم مع تلك الطرق من المعالجة .أخطر أنواع عدم الملائمة هي تلك التي تتدخل في تشغيل عملية المعالجة كأن تحتوي على مواد سامة، تحد من نشاط أو تقتل الكائنات التي تقوم بالعملية البيولوجية .

هذه السموم تتضمن السيانيد والمعادن الثقيلة والأحماض والزيوت البترولية والشحوم البترولية . هذه المواد عندما تكون بتراكيز صغيرة، فإنها تمثل نوعًا آخر من عدم الملائمة، ففي هذه الحالة فإن الملوثات لا تؤثر ولا تتأثر بعملية المعالجة، وإنما تمر من خلال المحطة دون تغيير .

بالإضافة إلى الملوثات غير المتلائمة السابقة، فإن هناك بعض المواد التي يحظر كليًّا دخولها إلى شبكة الصرف الصحي البلدي، وهذه تتضمن :

- ❖ المواد القابلة للاشتعال والانفجار.

❖ النفايات الآكلة.

❖ المواد الصلبة أو اللزجة التي قد تسبب بعض الانسدادات.

- إن التصنيف النهائي للملوثات من حيث كونها متلائمة أو غير متلائمة يجب أن يعتمد على دراسة نظام الصرف البلدي المراد طرحها فيه.وتطبيق نظم المعالجة الحديثة أو إقامة وحدات كيميائية -فيزيائية مستقلة عند محطات معالجة الصرف الصحي، تتضمن ضبط pH، وإضافة بعض الكيماويات التي من شأنها إزالة بعض المواد اللاعضوية .وكل هذه الإجراءات يجب أخذها بعين الاعتبار عند تحديد التراكيز المقبولة من هذه المواد اللاعضوية المسموح بطرحها في تيارات الصرف .

- إن تصنيف النفايات كخطوة أولى في الدراسة الأولية من شأنه أولا أن يساعد في إعداد لائحة للملوثات المتوقع مواجهتها في الصناعة و هذه اللائحة مهمة في إعداد المسح المصنعي ، وثانيا فهو يساعد في اختيار نوع وطبيعة عمليات المعالجة .

ب-المسح الصناعي :

لا يوجد مصنعان لهما نفس الماء الملوث، ولكي نعرف المشكلات المتعلقة بالماء الملوث، لابد من دراسة خاصة للمصنع .

الهدف الرئيسي لمسح الماء الملوث هو الحصول على حقائق ومعطيات ضرورية لتطوير برنامج إدارة متكامل للنفايات وهذا البرنامج ينبغي أن يتضمن أكثر من نظام معالجة للنفايات ،فهو يجب أن يبدأ بوضع إدارة ماء فعالة تقود إلى التوفير في صرف الماء، وإلى التقليل من الماء الملوث الواجب معالجته.وهنا يمكن أن تكون البيانات المتعلقة بصناعات مشابهة ذات فائدة؛ لأنها تقدم أرقامًا للمقارنة .

من المعتاد أن تعتبر هذه الدراسة المصنع بكامله وحدة متكاملة؛ فزمن المسح يجب تحديده مسبقا و لكن يجب ألا يقل هذا الزمن عن ٢٤ ساعة، ويمكن أن يمتد إلى أكثر من ١٤ يوم، أو يمكن أن يشمل فصلاً كاملاً. وخلال المسح يجب قياس كل تدفقات الماء

الملوث وأخذ عينات من عدة نقاط منها .ويجب تسجيل المعطيات المتعلقة بالإنتاج في فترة المسح . أخيرًا ففي مرحلة التخطيط للمسح، يجب تدريب كادر المسح بحيث يعرف كل شخص مسؤولياته وواجباته ويحضر نفسه للقيام بها .

جـ- التحليل المعملي

وعندما يريد صاحب المنشأة أو المصنع أن يعالج مياه الصرف في المصنع، فيجب أولاً أن يقوم بتحليل ماء الصرف لديه ويحدد ما هي الغاية والهدف من معالجة مياه الصرف. أهي الحصول على ماء يستخدم مرة أخرى في الصناعة، أم على ماء صالح للزراعة، أم فقط على ماء صالح للطرح في شبكة مياه الصرف الصحي.

إن طرق التحليل الواجب اتباعها في تحليل المياه الملوثة الصناعية هي طرق موثقة ومحددة في طرق قياسية معيارية تحددها الجهات التشريعية في البلد .

وإذا كان أحد أهداف المسح الحصول على معطيات لفريق المعالجة فإن التحليل يمكن أن يشمل بعض الاختبارات المعملية مثل اختبارات الترسيب لإزالة المواد العالقة الصلبة ، وتحديد منحنى pH لمعادلة حموضة أو قلوية الماء الملوث، واختبارات على التحلل البيولوجي .....إلخ.

طرق صناعية لمعالجة التلوث أو الحد منه :

أ- الحد من التلوث ضمن المصنع.

الخطوة المنطقية الأولى في حل مشكلة التلوث هي منع التلوث في مصدره، أي هي إلغاء تكون النفايات بدلاً من معالجتها. وإذا لم يكن ممكنًا القضاء على التلوث بشكل كامل، فمن المفيد التقليل من حجمه وشدته 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 المواد الخام ، باستيراد المواد الأقل احتواء على الملوثات، وتجميع النفايات. ويجب قبل كل

شيء اعتبار الماء مادة خام وأن 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:

تتنوع طرق معالجة التلوث تنوعا كبيرًا، وهذه التقنيات تتضمن عمليات تستخدم لمعالجة الصرف الصحي بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بكل صناعة، ويعتمد اختبار إجراء المعالجة –أو سلسلة الإجراءات –على نوع التلوث المراد إزالته وعلى درجة الإزالة .وهناك عوامل أخرى يجب أخذها بعين الاعتبار مثل: كمية المياه الملوثة المراد معالجتها ،وتراكيز الملوثات في الماء ،والتغيرات التي تطرأ على كمية الماء والتي تطرأ على الملوثات.

وغالبا ما تهتم المعالجة الثانوية القياسية لمياه الصرف بالتخلص من المواد العضوية القابلة للتحلل والمواد العالقة والبكتريا الممرضة، بالإضافة إلى العديد من الملوثات.

والجدول التالي يبين أهم الملوثات في مياه الصرف الصناعي.

جدول (٣-٩)

ملوثات مياه الصرف الصناعي وأهميتها

الملوث	أهميته
المواد الصلبة العالقة	وهي المواد التي تكون عالقة بذاتها داخل المياه سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وتؤدي كثرتها إلى زيادة ترسيب الحمأة، والي زيادة ترسيبات الحمأة وتكوين ظروف لاهوائية في البيئة المائية عند صرفها. والمواد العالقة بكثرة تعيق أنظمة الري في حالة استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة، وفي بعض الحالات، يقلل وجود تركيزات عالية من المواد العالقة من كفاءة تطهير وتعقيم المياه المعالجة؛ لحجبها كثير من المواد الممرضة.
المواد المغذية (مواد الإثراء الغذائي)	وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة. تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة . من أهمها: النتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلى نمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وأيضًا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه، وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثًا للمياه الجوفية .

الملوثات ذات الأهمية القصوى	وهي مركبات عضوية وغير عضوية تم اختيارها على أساس كونها (او الشك في كونها) مواد مسرطنة أو تسبب تشوهات خلقية أو تغير في الجينات او ذات سمية عالية ، وتوجد هذا المواد بكثرة في مياه الصرف ومن أمثلتها مركبات الكلورامين والترايهالوميثان .
المواد العضوية صعبة التحلل	وهي مواد لها القدرة على مقاومة طرق المعالجة التقليدية ويصعب تحللها بيولوجيا مثل المنظفات الصناعية والفينول والمبيدات الزراعية وبعض أنواع المطهرات .
المعادن الثقيلة	تاتي العناصر الثقيلة لمياه الصرف الصناعي عن طريق المصانع خلال صرفها الصناعي وهي تسبب سمية شديدة وتلوثًا كبيرًا؛ في حالة إعادة استخدام المياه المحتوية على تركيزات معينة منها ، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية على العناصر الثقيلة في الري والزراعة قبل إزالتها والتخلص منها تماما . ومن أمثلة العناصر الثقيلة الرصاص والزئبق والكادميوم والنيكل والحديد والنحاس والكروم.
المذيبات العضوية السامة	الوقود والمذيبات التي تذوب بصعوبة في الماء والتي لها كثافة نوعية أقل من الماء تطفو فوق سطح المياه، وتتراكم بسرعة بطيئة في خطوط الصرف وعند مضخات الرفع والضخ معطية فرصة لحدوث الحرائق والانفجارات . وتعرض خطوط الصرف إلى المواد السامة المتطايرة غير الممتزجة مع الماء مثل الأسيتون وبعض الكيتونات والكحول الايزوبيروبيلي يعرض العاملين بمحطات المعالجة الي الاثار السامة لتلك المواد ، ولو تركزت هذه المواد بصورة كافية، فإنه قد يؤدي لحدوث انفجار في الجو؛ خاصة عند وصولها لوحدات المعالجة البيولوجية الثانوية، والتي تستخدم الأكسجين النقي في عمليات الحمأة المنشطة .
الزيوت والشحوم والدهون	تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتًا؛ حيث أنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا(تحللها يحتاج إلى إنزيمات خاصة). والزيوت تكون في صورة سائلة الا أنها تطفو فوق سطح الماء نظرا لكثافتها، أما الشحوم والدهون فتوجد على هيئة صلبة طافية ايضا فوق سطح مياه الصرف ، ويصل الكيروسين وزيوت التشحيم إلى الصرف عن طريق الورش والجراجات داخل المصانع، بالإضافة إلى العديد من الصناعات نفسها حيث يطفو على سطح مياه الصرف ويتبقى جزء ضئيل منه فى صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمأة. هذا وتسبب الزيوت المعدنية مشكلات فى الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح.

٣-٢-٨-٣. الإدارة السليمة للمخلفات كإحدى وسائل التحكم والسيطرة على التلوث الصناعي

الإدارة السليمة للمخلفات هى الإدارة التي من أهم عناصرها إعادة تدوير المخلفات Recycling، وهناك أربعة أركان أساسية لإدارة المخلفات وهي :

- التقليل.
- إعادة استخدام المخلفات.
- إعادة التدوير.
- الاسترجاع الحراري.

١- **التقليل Reduction**: والمقصود هنا هو تقليل المواد الخام المستخدمة وبالتالي تقليل المخلفات، ويتم ذلك:

- إما باستخدام مواد خام أقل.
- أو باستخدام مواد خام تنتج مخلفات أقل.
- أو عن طريق الحدّ من المواد المستخدمة في عمليات التعبئة والتغليف، مثل: البلاستيك والورق والمعادن، وهذا يستدعي وعيًا بيئيًّا من كل من المستثمر والمنتج؛ فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية التزم الكثير من منتجي الصابون السائل بتركيزه حتى يتم تعبئته في عبوّات أصغر، أو إنتاج معجون أسنان بدون عبوته الكرتونية الخارجية، وهذا ما يطلق عليه (Waste minimization).

٢- إعادة استخدام المخلفات **(Reuse)**: وهذا يعني -مثلاً- إعادة استخدام الزجاجات البلاستيكية للمياه المعدنية مثلاً بعد تعقيمها، وإعادة ملء الزجاجات والبرطمانات بعد استخدامها، هذا الأسلوب يؤدي إلى تقليل حجم المخلفات، ولكنه يستدعي وعيًا بيئيًّا لدى عامة الناس في كيفية التخلص من مخلفاتهم، والقيام بعملية فرز بسيطة لكل من المخلفات البلاستيكية والورقية والزجاجية والمعدنية قبل التخلص منها، فنجد في كل من اليابان والولايات المتحدة الأمريكية صناديق قمامة ملونة في كل منطقة وشارع؛ بحيث يتم إلقاء المخلفات الورقية في الصناديق الخضراء،

والمخلفات البلاستيكية والزجاجية والمعدنية في الصناديق الزرقاء، ومخلفات الأطعمة أو ما يطلق عليه المخلفات الحيوية في الصناديق السوداء.

٣ - **إعادة التدوير Recycling**: والمقصود بإعادة التدوير هو إعادة استخدام المخلفات؛ لإنتاج منتجات أخرى أقل جودة من المنتج الأصلي.

٤ - **الاسترجاع الحراري Recovery**: وتستخدم تكنولوجيا الاسترجاع الحراري في الكثير من الدول، خاصة اليابان؛ للتخلص الآمن من المخلفات الصلبة، والمخلفات الخطرة صلبة وسائلة، ومخلفات المستشفيات، والحمأة الناتجة من الصرف الصحي والصناعي، عن طريق حرق هذه المخلفات تحت ظروف تشغيل معينة مثل درجة الحرارة ومدة الاحتراق؛ للتحكم في الانبعاثات ومدى مطابقتها لقوانين البيئة. وتتميز هذه الطريقة بالتخلص من ٩٠٪ من المواد الصلبة، وتحويلها إلى طاقة حرارية يمكن استغلالها في العمليات الصناعية أو توليد البخار أو الطاقة الكهربية.

٣-٢-٨-٤. طرق تدوير ومعالجة المخلفات الصلبة العالقة بالهواء والناتجة من المصانع[*]

تنتج بعض المصانع غازات محملة بالأتربة مثل مصانع الأسمنت ، وغيرها مما ينتج عنه تلوث الجو والبيئة المحيطة بالمصنع ، وما ينشأ عنه من أضرار صحية للسكان المقيمين في المنطقة وأضرار اقتصادية للزراعات المجاورة للمصنع، فضلا على فقد كمية من الأتربة التي يمكن الاستفادة منها وإعادة استخدامها وتدويرها في المصنع ، وعموما تعتمد أية وسيلة لفصل وتجميع هذه الأتربة من الغازات الصاعدة من المصانع على كثير من العوامل تتعلق بطبيعة وخواص هذه الغازات والوسائل التالية هي أكثر الوسائل انتشارا لفصل وتجميع أتربة المصانع :

١ - تخفيض سرعة الغازات الناتجة من المصانع، حتى يمكن للأتربة العالقة من الترسيب بفعل الجاذبية الأرضية .

(*) طرق الاستفادة من المخلفات الصلبة والسائلة د/ محمد السيد أرناؤوط ٢٠٠٦ مكتبة الأسرة.

٢ - استخدام القوي الطبيعية بإحداث تغيير مفاجئ في حركة الهواء، مما يؤدي إلى سهولة ترسيب هذه الأتربة.

٣ - ترشيح الغازات من خلال مواد مسامية فيتم فصل الغازات عن الأتربة .

٤ - يمكن فصل الأتربة العالقة بالهواء عن طريق ترطيبها بالماء فيثقل وزنها وتترسب.

٥ - يمكن استخدام الوسائل الإليكتروستاتيكية في عمليات فصل الأتربة عن الغازات الناتجة عن المصانع .

هذا .. ولكي يتم اختيار الوسيلة المناسبة لفصل وتجميع هذه الأتربة من الغازات الصاعدة من المصانع، ولإعادة تدويرها يجب توافر معلومات عما يلي :

أ - توافر معلومات عن المواصفات الطبيعية للحبيبات العالقة مثل وزن هذه الحبيبات وحجمها وكثافتها وسمكها ومدى قابليتها لامتصاص الماء وشحنتها الكهربية ، لتحديد الوسيلة المناسبة لفصلها .

ب - توافر معلومات عن صفات الغاز الحامل لهذه الأتربة، مثل: درجة حرارة الغاز الحامل، ودرجة رطوبته، ومدى قابليته للاشتعال.

جـ - توافر معلومات عن نسبة تركيز الحبيبات للأتربة في الغازات الصاعدة وضغط الغازات وسرعة خروجها، ومدى انتظام خروجها طوال اليوم أو الشهر أو العام، ومدى كفاءة عملية الفصل .

د - توافر معلومات عن تكاليف تركيب الأجهزة والمرشحات المستخدمة في فصل الأتربة وتكاليف التشغيل والصيانة لهذه الأجهزة.

ومن أهم الطرق المستخدمة في جمع تلك الأتربة المتصاعدة مع الغازات في بعض المصانع :

١- الطرق الرطبة لتجميع الأتربة والجسيمات الصلبة

ويتم فيها فصل وتجميع الجسيمات الصلبة من هواء المصانع بإحدى الطرق التالية:

أ- طريق الري Irrigation

وهي أبسط طرق الفصل، وتستخدم عادة في نقل الحبيبات الصلبة المجمعة من وسائل الفصل من أسفل الصوامع المخروطية الحلزونية وهي عبارة عن مخروط يتحرك فيه الهواء في حركة حلزونية، ليتيح للحبيبات أن تترسب نتيجة لبطء حركة الغازات، ثم يتم إمرار تيار من الماء لحمل هذه المواد ونقلها خارج الصوامع للاستفادة منها، وعيب هذه الطريقة : أنها تستهلك كميات كبيرة من الماء وتعتبر طريقة غير مفضلة، إلا إذا كانت نوعية الصناعة تقوم بتدوير مخلفات رطبة .

ب- طريقة الرش الشعاعي Venturi Scrubber

ويتم فيها إمرار الهواء المحمل بالمواد العالقة على أسطوانة مخروطية فيها اختناق في المنتصف ، حيث يتم رش الهواء في هذا الاختناق بتيار من رذاذ الماء ، وتعتبر هذه الطريقة غير مكلفة إلى حد ما ، ولا يترتب عليها استهلاك كميات كبيرة من الماء

جـ- طريقة الغسيل بالمياه والترسيب للمواد بالجاذبية الأرضية

ويتم فيها إمرار الغازات المحملة بالمواد الصلبة على برج يتم فيه رش المياه من أعلى ، والذي يسقط بالجاذبية ، ليقوم بغسل الغازات من المواد العالقة ، وتتوقف كفاءة هذه الطريقة على حجم جزيئات المياه المتساقطة بالجاذبية من البرج، وكذلك حجم ووزن جزيئات المادة الصلبة المعلقة بالهواء وحجم البرج وكمية الغازات التي تغسل، وقد يتم تقليب الهواء داخل البرج لضمان عملية تخليص الهواء من الحبيبات العالقة .

د- طريقة فصل المواد الصلبة باستخدام أبراج الطرد المركزي

وفيها يتم دخول الهواء من خلال فتحة في أسفل البرج، حيث يقوم موتور بتحريك الهواء داخل البرج في حركة دائرية حيث تقابله قطرات المياه مدفوعة من أسفل، وفي الوقت نفسه يتم تجميع المياه المحملة بالمواد العالقة إلى خارج البرج للاستفادة منها.

٢-الترسيب باستخدام الطرق الإليكتروستاتيكية

تستخدم هذه الطريقة بنجاح في مصانع الأسمنت ، لتجميع كميات كبيرة من أتربة الأسمنت العالقة بالغازات التي تخرج من مداخن مصانع الأسمنت ، وتعتمد هذه الطريقة على وجود شحنة إليكتروستاتيكية ، ووجود إلكترود آخر للتجميع ذي سطح كبير ، ويمر بينهما تيار كهربي عالي الفولت (٧٠.٠٠٠ فولت) ولدي مرور الهواء المحمل بالمواد العالقة الصلبة بينهما تترسب الحبيبات على سطح الألواح المجمعة . وعادة يوجد نوعان من طرق الترسيب بالطرق الإليكتروستاتيكية: النوع الأول يسمى الترسيب عن طريق الخطوة الواحدة ، وفيه يتم الشحن والترسيب في ان واحد ، النوع الثاني يتم الترسيب فيه على خطوتين: الشحن أولاً ثم الترسيب والجمع ثانيًا .

كما تزود المرشحات الاليكتروستاتيكية بطرق آلية تقوم بالطرق على الألواح لفصل الأتربة عنها وتجميعها في خزانات أسفل هذه المرشحات .

هذا .. وتقوم بعض مصانع الأسمنت بإضافة تلك الأتربة إلى المواد الخام المستعملة في الإنتاج للإستفادة منها ، خصوصا اذا استخدمت طريقة الجمع النصف رطبة أو الرطبة، وقد تفضل مصانع أخرى عدم إدخالها في الخامات الأولية في خطوط الإنتاج حيث يتم تجميعها لإنشاء صناعات ثانوية مثل صناعة الطوب الأسمنتي ، أو تستخدم في صناعة الزجاج او ضمن المواد المستعملة لرصف الطرق .

وفي دراسة للدكتور السيد عبد رب الرسول. ذكرت أن مصانع الكوك تقوم بإطلاق نحو ٨ ملايين متر مكعب من غاز أفران الكوك في الهواء الذي يسبب تلوثه، بالإضافة إلى فقد ثروة تقدر بنحو ٢.٥ مليون جنيه مصري سنويًا. ويمكن الاستفادة من هذا الغاز المنطلق في تشغيل قمائن الطوب التي تستخدم المازوت المحظور استخدامه حاليًا، نظرًا لأن غاز أفران الكوك يتشابه في مكوناته مع الغاز الطبيعي وأرخص ثمنًا من الموصي باستخدامه حاليا من قبل وزارة البيئة كوقود للأفران ، وبهذا يتم الاستفادة من غاز أفران الكوك والقضاء على التلوث الناجم عن استخدام بالمازوت، بالإضافة إلى تعظيم الاستفادة من الغازات الناتجة من شركة النصر للكوك والكيماويات .

٣-٣. التلوث الناشئ عن احتراق الوقود في وسائل النقل والمواصلات

تعد وسائل النقل والمواصلات من أكبر وأهم مصادر التلوث البيئي نظرًا للكم الكبير من وسائل النقل والمواصلات، فتصل أعداد السيارات التي تسير في أنحاء العالم بالملايين، تطلق كل يوم ملايين الأطنان من الملوثات الغازية والجسيمية ، هذا بالإضافة إلى الكثير والعديد من وسائل النقل الآخرى من طائرات وقطارات وسفن ومركبات متعددة مدنية وعسكرية.ودلت الكثير من الأبحاث الطبية والبيولوجية على خطورة تأثير الملوثات المنبعثة عن احتراق الوقود في محركات السيارات على صحة الإنسان، وعلي بيئته من حوله.

وسوف نستعرض بعضًا من هذه الملوثات.

الملوثات الناجمة عن احتراق الوقود

تتعدد الملوثات الغازية والجسيمية المنطلقة من الوقود المحترق داخل محركات السيارات، وتعد الملوثات الآتية أهمها من حيث الكمية والتأثير:

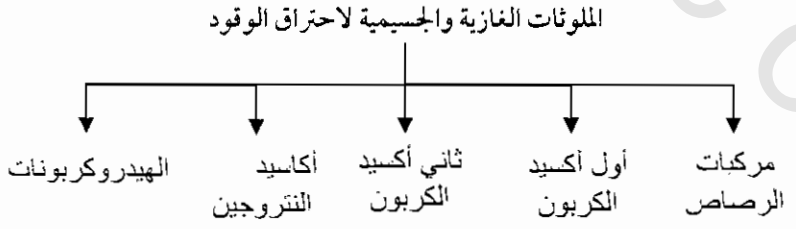
١ - مركبات الرصاص .

٢ - غاز أول أكسيد الكربون.

٣ - ثاني أكسيد الكربون.

٤ - أكاسيد النتروجين .

٥ - الهيدروكربونات.



١- الرصاص ومركباته

يعتبر استخدام الرصاص مع وقود السيارات على هيئة مركبات هالوجينية مثل رابع إيثيل الرصاص أحد المسببات الرئيسية لتلوث الهواء بالرصاص ، حيث تتحول إلى مركبات غير عضوية تنبعث من عوادم السيارات إلى الهواء .

وأهم الغازات التي تطرد مع العادم برموكلوريد الرصاص ، وثلاث مجموعات أخري من المركبات يتحد فيها برموكلوريد الرصاص مع كلوريد الأمونيوم ، وتهرب كميات قليلة جدًا من ألكيلات الرصاص الموجودة في البنزين تبلغ في المتوسط ٢.٤ جرام من الفلز (في صورة رابع إيثيل أو ميثيل الرصاص) لكل جالون، محسوبة على أساس المستوي القومى. ويخرج حوالي ثلثيها في العادم المنبعث للجو ، ويظل محمولاً في الجو ما بين ٢٥-٥٠٪.

ويبين الجدول التالي المصادر الرئيسية لانبعاث مركبات الرصاص إلى الهواء.

جدول (٣-١٠)

المصادر الرئيسية لإنبعاث مركبات الرصاص إلى الهواء.

مصدر الرصاص	النسبة المئوية لمركبات الرصاص (٪)
أفران الرصاص	٠.٥٠
الصناعة العامة	٢.٠٠
صناعية إيثيلات الرصاص	٠.٤٣
احتراق الوقود العام	٠.٥٣
زيوت التشحيم	١.٦٠
المخلفات المدنية	٠.١٥
احتراق وقود السيارات	٩٤.٨
المصدر :التلوث البيئي ومخاطر الطاقة د/ حسن شحاته٢٠٠٧	

ويتبين من الجدول أن النسبة الأكبر لمصادر انبعاث الرصاص في الهواء هي من احتراق وقود السيارات.

٢- غاز أول أكسيد الكربون.

يكاد يكون أول أكسيد الكربون هو الملوث الوحيد للهواء الذي يتفرد الإنسان بصنعه . وتكاد تكون عمليات الاحتراق هي المصدر الوحيد له ، حيث يتأكسد الكربون جزئيا إلى أول أكسيد الكربون بدلا من الأكسدة الكلية إلى ثاني أكسيد الكربون . وتسهم السيارات بما يقدر ب ٨٠ ٪ من أول أكسيد الكربون المنطلق في العالم .

ويتولد غاز أول أكسيد الكربون من تفاعل غاز الميثان (الناتج من تحلل المواد العضوية) مع الأوزون .

$$CH_4 + O_3 \longrightarrow CO + 2H_2O$$

كما يتولد أيضًا من تفاعل بعض الفلزات مع أكاسيدها مع الكربون ومحروقاته، كما في حالة الزنك .

$$CO_2 + Zn \longrightarrow CO + ZnO$$

وعند وجود غاز أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وبمساعدة الضوء يتولد غاز الفوسجين وهو غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة وشديد السمية، إذ كان يستخدم في الحرب العالمية الأولى كغاز سام .

يتميز غاز أول أكسيد الكربون بأنه لا لون ولا طعم ولا رائحة وينحل في بلازما الدم بقدر ما ينحل بالماء ، ويوجد بالهواء الطبيعي غير الملوث بتركيزلا يزيد عن ٠.١ جزء في المليون .

ينتج هذا الغاز كما قلنا بسبب الاحتراق غير الكامل للوقود ، وخصوصًا في مركبات النقل؛ لعدم توافر الأكسجين الكافي للاحتراق. كما أن كمية هذه الغاز تتناسب عكسيا مع سرعة المحرك فكلما زادت السرعة قل معدل إطلاقه من المركبة، فعندما تكون سرعة المحرك ١٨ كم / ساعة، فإن نسبة غاز أول أكسيد الكربون قد تصل إلى ٥٪ من مجموع الغازات المنطلقة من العادم . وعندما تصل السرعة إلى ١١٠ كم / ساعة تقل النسبة لتصل

إلى ٢ ٪ ؛ مما يفسر الارتفاع الكبير في تركيز أول أكسيد الكربون داخل المدن عنه في الطرق الخارجية .

كما ينتج من العديد من الصناعات مثل مصافي النفط وصناعاته ، ومصاهر الحديد والفولاذ وغيرها . كما ينتج هذا الغاز من أكسدة البكتريا لبعض المركبات في التربة ، إلا أن عوادم السيارات تشكل المصدر الرئيسي لتلوث الهواء بهذا الغاز .

٣- ثاني أكسيد الكربون

ينتج ثاني أكسيد الكربون عند احتراق المواد الكربونية، حيث يشكل ٢١ ٪ من مجموع الغازات المتصاعدة من عملية الاحتراق. كما ينتج هذا الغاز إضافة إلى بخار الماء من الاحتراق الكامل، عند اختلاط الوقود بمواد هيدركربونية مع كمية كافية من الهواء. كما يتصاعد هذا الغاز من صناعات متعددة، مثل: صناعة الألمنيوم وحمض الفسفوريك والهيدروجين. كما يتصاعد من العمليات البيولوجية ومن تخمر المواد السكرية . إلا أن الاحتراق الكامل للوقود يشكل المصدر الأساسي لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون. وتعتمد كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة على نوع الوقود المستخدم .

٤- أكاسيد النتروجين

يقصد بأكسيد النتروجين مركبات النتروجين الغازية والتي تتكون من اتحاد النتروجين بالأكسجين تحت درجات حرارة عالية كما هو الحال عند احتراق الوقود في الأفران أو في وسائل النقل وغيرها، وأهم هذه المركبات أول أكسيد النتروجين NO وثاني أكسيد النتروجين NO_2 .

وينتج حوالي ٧٠٪ من أكاسيد النتروجين الموجود في الجو من احتراق الوقود داخل السيارات، والبقية من الصناعات المختلفة ومن محطات توليد الكهرباء وغيرها .

تنطلق أكاسيد النتروجين من عوادم السيارات نتيجة احتراق الوقود ، كما تتصاعد من احتراق الفحم والغاز الطبيعي ومعظم خامات النفط ومن حرق الفضلات العضوية.

كما تنطلق من صناعة البلاستيك والزيوت والنحاس وإطارات السيارات .كذلك تنطلق هذه الغازات من صناعة نترات الأمونيوم وصناعة حمض النيتريك. بالإضافة إلى تلك المصادر الصناعية تنطلق أكاسيد النتروجين من التفاعلات التي تحدث في الغلاف الجوي. والجدول التالي يبين أهم مصادر انبعاث الأكاسيد النتروجينية، التي ترجع للأنشطة البشرية.

جدول (٣-١١)

مصادر انبعاث الأكاسيد النيتروجينية.

مصدر أكاسيد النتروجين	النسبة المئوية (٪)
وسائل المواصلات	٥١.٥
احتراق الوقود وتوليد الكهرباء	٤٤.١
العمليات الصناعية المختلفة	٠.٩
احتراق الغابات والمزارع	١.٨
التخلص من النفايات الصلبة	١.٧

٥-الهيدروكربونات

الهيدروكربونات هي المركبات المكونة من عنصري الكربون والهيدروجين، مثل غاز الميثان CH_4، والإيثان C_2H_2، والإثيلين C_2H_4 والبنزبيرين C_2OH_{12}.

ومعظم الهيدروكربونات المسببة لتلوث الهواء تحتوي جزيئاتها على ١٢ ذرة كربون أو اقل ، وهي اما ان تكون غازات أو سوائل متطايرة (سريعة التبخر).

ويُعد المصدر الأساسي لهذه الغازات في الهواء الاحتراق الكامل وغير الكامل للوقود. وتسهم السيارات بنحو ٥٠٪ من غازات الهيدروكربونات المنبعثة في الهواء، ويعتمد معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارات على سرعة السيارة وتسارعها. فعندما تسير السيارات على الطرق السريعة بسرعة ثابتة من ٨٥-٩٠ كيلومتراً في الساعة، تكون كفاية محرك السيارة مرتفعة، وبالتالي يكون معدل انبعاث هذه الغازات مع عادم السيارة منخفضاً. أما في داخل المدن، حيث تضطر السيارات إلى تقليل السرعة ثم

التسارع، فإن كفاءة المحرك تتدنى؛ مما يجعل احتراق الوقود فيه غير كامل، وبالتالي يزداد معدل خروج الهيدروكربونات مع عادم السيارات إلى الهواء. ويُعد البنزوبيرين C_2OH_{12} Benzoperene من أشد المركبات الهيدروكربونية ضرراً على الإنسان ، إذ يُجمع الباحثون على أنه من أهم المواد المسببة للسرطان. وينتج مركب البنزوبيرين من احتراق الوقود، ومن القار المستخدم في الطرقات، وصناعة المطاط والسجائر. وتصل كمية ما يستنشقه الإنسان من مركب البنزوبيرين في بعض المدن ما يعادل الكمية المتحصل عليها من عشرات السجائر.

والجدول التالي يبين اهم مصادر انبعاث الهيدروكربونات التي ترجع للأنشطة البشرية.

جدول (٣-١٢)

أهم مصادر انبعاث الهيدروكربونات

مصدر الهيدروكربونات	النسبة المئوية (٪)
وسائل المواصلات	٥٦.٢
العمليات الصناعية المختلفة (تكرير البترول- صناعة الكربون الأسود- صناعة الأمونيا)	١٥.٢
احتراق الغابات والمزارع	٢٠.٥
التخلص من النفايات الصلبة عن طريق الحرق	٥.٨
استعمالات الوقود فى توليد الكهرباء	١.٧

التحكم ومكافحة التلوث الناشيء من وسائل النقل والمواصلات

من أهم الطرق المتبعة للتقليل من التلوث الناشيء من وسائل النقل والمواصلات هو تحويل الملوثات إلى مركبات غير سامة، قبل انطلاقها إلى الهواء. تعد عملية الأكسدة من أهم الطرق المستخدمة لتحويل الملوثات السامة إلى مركبات جديدة، غير سامة. وتكون عملية الأكسدة عادة فعالة بشكل كبير، لتحويل بعض الغازات إلى مركبات غير ضارة، إلا أنها نادراً ما تستعمل لتحويل الجزيئات الصلبة.

ويعد تحويل المواد المستخدمة كوقود التي تطلق أول أكسيد الكربون والهيدروجين والهيدروكربونات، فيتم أكسدتها إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وكلاهما غير سامين.

ومن أهم الطرق لخفض تلوث الهواء الناتج من مركبات الاحتراق هو ضبط نسبة الهواء إلى الوقود؛ بحيث تتم عملية الاحتراق في وجود وفرة من الأكسجين تضمن تحول غاز أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون . وضبط درجة حرارة الاحتراق لمنع تكون الجسيمات العالقة وأكاسيد النيتروجين.