جودة عناصر البيئة والتنمية

كما أوضحنا، في الفصل الأول، من أن بيئة الإنسان هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان ويمارس فيه نشاطه الزراعي والصناعي والاقتصادي والاجتماعي. وهي كل ما هو خارج عن كيان الإنسان وكل ما يحيط به من موجودات كالهواء الذي يتنفسه والماء الذي يشربه والأرض التي يعيش عليها وما يحيط به من كائنات حية أو غير حية هي عناصر البيئة التي يعيش فيها ويمارس حياته ونشاطاته المختلفة، ويمكن القول بأن العناصر الأساسية للبيئة هي: الماء الهواء التربة

وعناصر البيئة ترتبط وتؤثر ببعضها من خلال النظم البيئية حيث أن النظام البيئي ما هو إلا أية مساحة من الطبيعة وما تحويه من كائنات حية ومواد غير حية في تفاعلها مع بعضها ومع الظروف البيئية وما تولده من تبادل بين الأجزاء الحية وغير الحية وهو نظام متكامل يعيش فيه كل المساهمين في توازن قائم يعتمد كل منهم علي الآخر في جزء من حياته واحتياجاته ويقوم كل منهم بمهمته في هذا النظام. ومن أمثلة النظم البيئية: **الغابة – النهر – البحيرة – البحر ...**

ويتكون أي نظام بيئي من:

(1) كائنات غير حية

وهي المواد الأساسية غير العضوية وتشمل الماء والهواء بما فيها من غازات الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون، والمواد المعدنية الموجودة بالتربة وبعض الأجزاء المتحللة من أجساد النباتات والحيوانات وهي تدخل بصورة أو بأخرى في عمليات التوازن البيئي المختلفة وتشكل عاملاً هاماً في جودة عناصر البيئة.

(2) كائنات حية، وتنقسم إلى

(أ) ذاتية التغذية

وهي التي تستطيع بناء غذائها بنفسها (عناصر إنتاج Producers) من مواد عضوية بسيطة عن طريق البناء الضوئي وتشمل هذه الكائنات النباتات

الخضراء بكل أنواعها ابتداء من الطحالب الخضراء إلي الأشجار الضخمة حيث تمتص ثاني أكسيد الكربون من الهواء والماء من التربة وتصنع منهما معاً، في وجود مادة الكلوروفيل وفي وجود ضوء الشمس، جميع أنواع المركبات العضوية من كربوهيدراتية والدهون والبروتينات.

(ب) غير ذاتية التغذية

وهي التي لا تستطيع تكوين غذائها بنفسها (عناصر استهلاك Consumers) وتضم الكائنات المستهلكة والكائنات المحللة التي تعمل علي تفكك بقايا الكائنات النباتية والحيوانية مثل البكتريا والفطريات.

ويعتبر أي نظام بيئي علي جانب من التعقيد لما يحتويه من كائنات حية متنوعة وعلاقات متبادلة فيما بين الكائنات من جهة وبينها وبين الظروف البيئية من جهة أخرى. وهذا التعقيد والتنوع والتعدد هو أحد العوامل الأساسية في سلامة كل نظام بيئي إذ أنه يحد من أثر التغيرات البيئية. أما إذا تتابعت التغيرات البيئية أحدثت خلخلة في توازن النظم البيئية المختلفة.

وقد صاحب التقدم الصناعي وعمليات التنمية التي يقوم بها الإنسان ظهور أصناف جديدة من المواد الكيمائية كما استحدثت تأثيرات عديدة نتيجة لأنشطة الإنسان لم تكن موجودة من قبل، فتصاعدت بعض الغازات الضارة وألقت المصانع بمخلفاتها الضارة في الأجسام المائية المختلفة **(بحار – محيطات – بحيرات – أنهار ...)**، وأسرف الإنسان في استخدام المبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية. أدي ذلك إلي تلوث البيئة بكل صورها من تلوث للهواء والماء والتربة وأصبحت البيئة غير قادرة علي تجديد مواردها واختلت التوازنات البيئية المختلفة ومن هنا انحطت جودة عناصر البيئة المختلفة وانعكس ذلك علي عملية التنمية، **وفيما يلي عرض لجودة عناصر البيئة من ماء وهواء وتربة وأثر ذلك علي التنمية.**

(أولاً): جودة المياه والتنمية

تمهيد

- المـاء أساسـي للحيـاة علـي الأرض ويـدخل فـي جميـع العمليـات الحيويـة والصناعية وبدونه تتوقف عجلة التنمية.
- الماء من المركبات الطبيعية ذات الديناميكية المؤثرة والداخلة في كثير من التوازنات الطبيعية، كما أن دورة التنقية الذاتية التي تحدث داخل الأجسام المائية تكفل الحفاظ علي جودة المياه. وتدخلات الإنسان غير المحسوبة علي ديناميكية دورة التنقية الذاتية هي التي تؤثر علي خصائص المياه. ويتم التحكم في مواصفات جودة المياه من خلال معايير محددة علي أساس اولويات الاستخدامات المختلفة للمياه والتي من خلالها يتم تحديد التقنيات المختلفة لمعالجة المياه ووضع برامج محددة لمعالجة وضبط جودة المياه لضمان عملية التنمية المستدامة.
- مع ازدياد أهمية الماء تطورت تقنيات معالجة المياه تطوراً ملموساً، لإعادة استخدامها أو للحفاظ علي جودة مياه الأجسام المائية. وأصبحت هناك عمليات كثيرة للمعالجة منها العمليات الطبيعية والعمليات الكيمائية والعمليات البيولوجية وتطورت وتعددت الأساليب المطبقة في عمليات المعالجة المختلفة علي حسب طبيعة ونوعية المياه المعالجة وعلي حسب الظروف الاقتصادية. وسوف نوضح في هذا الجزء أهمية الماء بالنسبة للإنسان، وكذلك أهميته بالنسبة للتنمية المستدامة.

يقول الحق سبحانه وتعالي من سورة الأنبياء (الآية 30):

﴿أو لم ير الذين كفروا أن السماوات والأرض كانتا رتقا ففتقناهما وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون﴾

فالماء أساس الحياة علي الأرض ويكون ثلثي اليابسة ويدخل في جميع العمليات الحيوية (البيولوجية) وكذلك العمليات الصناعية وله دور هام فيها. فالنبات والحيوان والإنسان يرتبط وجودهم بوجود الماء وبدونه تنعدم الحياة وفي ندرته أو فقدان جودته تتوقف عجلة التنمية ولقد حفلت آيات القرآن الكريم

:

بالحديث عن أهمية الماء ودوره في الحياة منها قوله سبحانه وتعالي من سورة البقرة (الآية 164):

﴿وما أنزل الله من السماء من ماء فأحيا به الأرض بعد موتها﴾

وفي قوله سبحانه وتعالي من سورة الأنعام (الآية 99):

﴿وهو الذي أنزل من السماء ماء فأخرجنا به نبات كل شيء فأخرجنا منه خضراً نخرج منه حباً متراكبا ومن النخل من طلعها قنوان دانية وجنات من أعناب والزيتون والرمان مشتبها وغير متشابه انظروا إلي ثمره إذا أثمر وينعه إن في ذلكم لآيات لقوم يؤمنون﴾

وصلة الإنسان بهذا المكون الأساسي من مكونات البيئة هي:

- صلة الاستثمار والانتفاع والتسخير لمنافعه ومصالحه.
- صلة الاعتبار والتأمل والتفكير.

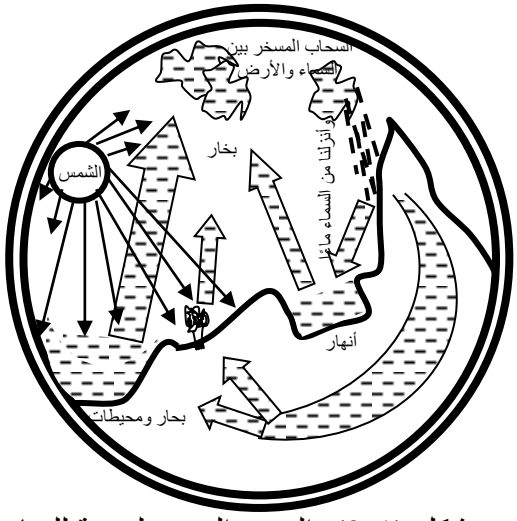
فنجد أنه بالإضافة إلي الوظائف الحيوية للمياه فله وظيفة اجتماعية دينية هي تطهير البدن والملبس مما يعلق به من أوساخ ونجاسات ليصبح الإنسان مؤهلاً للقاء الله عز وجل، كما في قوله سبحانه وتعالي من سورة الأنفال (الآية 11):

﴿إذ يغشيكم النعاس أمنة منه وينزل عليكم من السماء ماءً ليطهركم به ويذهب عنكم رجز الشيطان وليربط علي قلوبكم ويثبت به الأقدام﴾

وفي قوله سبحانه وتعالي في سورة الفرقان (الآيات 47 – 48):

﴿وهو الذي أرسل الرياح بشرا بين يدي رحمته وأنزلنا من السماء ماءً طهورا*لنحي به بلدة ميتا ونسقيه مما خلقنا أنعاماً وأناسي كثيرا﴾

وبذلك تتضح لنا معالم الدورة الهيدرولوجية للماء كما يوضحها الشكل رقم (2 – 1).



شكل (1-2): الدورة الهيدرولوجية للمياه

ولقد أرشدنا الله إلي وظائف أخرى للماء في البحار والمحيطات والأنهار، حيث جعله سكناً صالحاً مهيأ لحياة كائنات أخرى تؤدي دورها في عمارة هذا العالم واستمرار الحياة فيه.

قال تعالي في سورة النحل (الآية 14):

﴿وهو الذي سخر البحر لتأكلوا منه لحماً طرياً وتستخرجوا منه حلية تلبسونها وتري الفلك مواخر فيه ولتبتغوا من فضله ولعلكم تشكرون﴾

ويقول سبحانه وتعالي من سورة المائدة (الآية 96):

﴿أحل لكم صيد البحر وطعامه متاعاً لكم وللسيارة وحرم عليكم صيد البر ما دمتم حرما واتقوا الله الذي إليه تحشرون﴾

- يدخل الماء في تركيب جميع الكائنات الحية، وهو أيضاً يمتصه النبات ثم ينتقل إلي مستويات غذائية أعلي في سلسلة الغذاء. لذلك فإن دورة الماء لا تقل أهمية عن أي دورة بالنسبة للدورات البيولوجية.
- وللماء دورتان:

دورة قصيرة: يمثلها فقدان الماء من أي جسم بالتبخر لا يلبث أن يتكثف علي هيئة سحب ممطرة بعد وقت طال أو قصر. فيعود الماء إلي الأرض في صورة مطر أو جليد.

دورة طويلة: حيث ينتقل الماء خلال الكائنات الحية في جميع مستويات السلسلة الغذائية. فبخار الماء المتصاعد ليس مصدره فقط تبخر مياه البحر والمحيطات، وإنما أيضاً كمية أخرى مصدرها نتج النباتات وتنفس الحيوان والنبات.

ولقد هيأ الله سبحانه وتعالي لهذه الأجسام المائية، وما بها من كائنات حية متفاوتة في درجة تطورها وأشكال حياتها، القدرة علي المحافظة علي جودتها والحماية الطبيعية من خلال العلاقات بين الكائنات الموجودة المرتبطة مع بعضها البعض في سلاسل غذائية تسير في انسجامية وتوافقية تكفل لها التنقية الذاتية كما هو موضح في الشكل (2 – 2).

ولا شك أن المحافظة علي هذا المكون من مكونات البيئة هو أساس المحافظة علي الحياة بأشكالها المختلفة سواء كانت حياة نباتية أو حيوانية أو إنسانية. ولأهمية الماء في استمرار الحياة والتنمية جعله الله حقاً شائعاً بين بني البشر، فحق الانتفاع به مكفول للجميع بلا احتكار ولا غصب ولا إفساد ولا تعطيل. قال سبحانه وتعالي في سورة القمر (الآية 28):

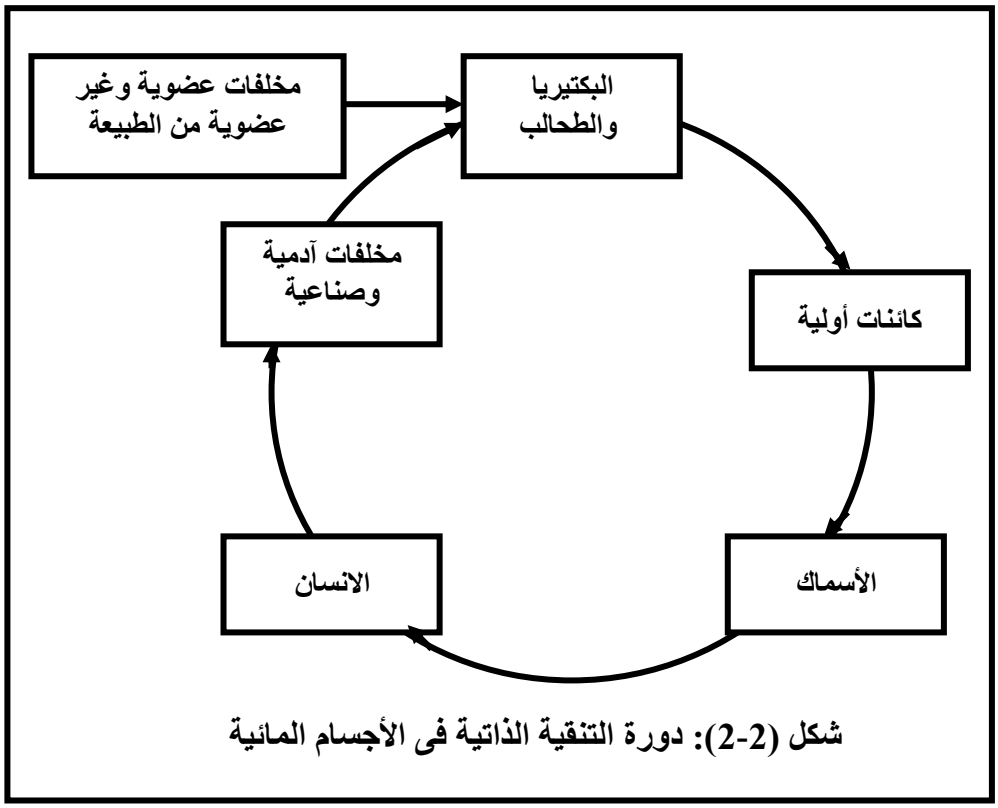
﴿ونبئهم أن الماء قسمة بينهم كل شرب محتضر﴾

ويقول المصطفي صلوات الله عليه وسلامه في الحديث الصحيح (رواية أبو داوود في سننه بإسناد صحيح):

﴿الناس شركاء في ثلاث: الماء الكلأ والنار﴾

من ذلك نجد أن للماء قيمة اقتصادية ووظيفة اجتماعية وتقدر هذه القيمة وتلك الوظيفة بجودة المياه والتي علي أساسها تتوقف التنمية. وسوف نوضح فيما يلي

العوامل التي تؤثر علي خصائص المياه ومعايير مواصفات جودة المياه والتقنيات المختلفة لمعالجة المياه والمراحل المختلفة لوضع برامج معالجة وضبط جودة المياه.



شكل (2-2): دورة التنقية الذاتية فى الأجسام المائية

(1) تلوث المياه

يعرف تلوث المياه بأنه الانحطاط في نوعية المياه الطبيعية بسبب إضافة المواد الضارة فيها بتراكيز متزايدة، أو إدخال تأثيرات عليها تغير من خصائصها أو حتى نقصان بعض المكونات الطبيعية الأساسية من جراء

تداخلات الإنسان مما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستعمالات الحياتية (الإنسان والحيوان والنبات) وكذا الاستعمالات الصناعية.

وتتوقف نوعية المياه علي حسب مصدرها، ويحدد مستوى المعالجة المطلوبة لها الاستخدامات المناطة بها. وعموماً يتم تحديد خصائص المياه وبالتالي تحديد نوعيتها من خلال خصائص ذات صفات ودلالات معينة، حسب الغرض من الاستخدام وعلي حسب المصدر، كما هو موضح في الجدول (2 – 1).

ويحدث تلوث المياه السطحية عندما تستقبل أي مواد من شأنها التأثير علي ديناميكية دورة التنقية الذاتية مثل:

1.مواد سامة: ذات تأثيرات مباشرة علي بعض الكائنات الحية الموجودة بالأجسام المائية.

2.مواد تؤثر علي ميزان الأكسجين الذائب في المياه والتي منها:

أ. مواد كيمائية تستنذف الأكسجين الذائب في الحال؛

مثل بعض المخلفات التي تحتوى علي مواد عضوية بسيطة التركيب وسريعة الأكسدة (بيولوجيا) أو مواد غير عضوية مختزلة وسريعة التأكسد مثل الكبريتيتات.

ب. السوائل الساخنة التي ترفع من درجة حرارة الأجسام المائية وتنقص من ذوبانية الأكسجين في الماء؛ كما تزيد من نشاط الكائنات الحية الموجودة بالأجسام المائية والمستهلكة للأكسجين الذائب في المياه.

ج. مواد تكون طبقة تعوق انتقال الأكسجين من الهواء إلي الجسم المائي.

د. المواد الملونة التي تعوق نفاذية الضوء؛ (الطاقة الضوئية) اللازمة لنشاط الكائنات الخضراء الموجودة في المياه والتي تنتج الأكسجين من خلال عملية التمثيل الضوئي.

3. المواد الركامية التي تترسب في قاع المجرى وتؤثر علي نمو بعض الكائنات الموجودة بالقاع.

جدول رقم (2 – 1): الخصائص المختلفة لأنواع المياه

م	الخصائص الهامة	مياه الأنهار	مياه الشرب	مياه الصرف الصحي الخام (غير معالجة)	مياه الصرف الصحي (بعد المعالجة)
1	رقم الأس الهيدروجيني	×	×	×	×
2	درجة الحرارة	×	×	×	
3	اللون	×	×		
4	العكارة	×	×		
5	الطعم		×		
6	الرائحة	×	×		
7	المواد الصلبة الكلية	×	×		
8	المواد الصلبة القابلة للترسيب			×	
9	المواد الصلبة المعلقة			×	×
10	درجة التوصيل للكهرباء	×	×		
11	النشاط الإشعاعي	×	×		
12	القلوية	×	×	×	×
13	الحامضية	×	×	×	×
14	العسر	×	×		
15	الأكسجين الذائب	×	×		
16	الأكسجين الحيوي الممتص	×		×	×
17	الأكسجين الكيميائي الممتص	×		×	×
18	النيتروجين العضوي			×	×
19	الأمونيا	×		×	×
20	النيتريت	×		×	×
21	النترات	×	×	×	×
22	الكلوريدات	×	×		
23	الفوسفات	×		×	×
24	المنظفات الصناعية	×		×	×
25	العد البكتيري	×	×		

(2) مواصفات جودة المياه

تبني مواصفات جودة المياه علي معيارين أساسيين:

1.مواصفات مياه الجسم المائي Stream Standard

توضع هذه المعايير علي أساس متطلبات التخفيف الذي تحدثه المياه المنصرفة إلي الجسم المائي، أو أقصي حد مسموح به لتركيزات الملوثات في المياه والتي تأخذ في الاعتبار الاستخدامات الفعلية لمياه الجسم المائي والتي يمكن تصنيفها كما يلي:

- استخدام المياه كمصدر لمياه الشرب والأغراض الصناعية.
- استخدام المياه للري.
- استخدام الجسم المائي للملاحة.
- استخدام الجسم المائي كعنصر جمالي في البيئة.
- استخدام الجسم المائي كمصدر للثروة السمكية.
- استخدام الجسم المائي كمستقبل حتمي لمياه الصرف الخام والمعالجة.

2.مواصفات مياه الصرف Effluent Standards

توضع هذه المعايير علي أساس تركيز الملوثات المسموح بها في مياه الصرف أو علي أساس مستوى المعالجة المطلوبة للمياه والتي تحكمها المعايير التالية:

(أ) أفضل طريقة تكنولوجية عملية متاحة للتحكم في جودة المياه

Best Practicable Control Technollogy Currently Availuble (BPCTCA)

والتي تعرف علي أنها مستوي المعالجة الذي يثبت فعاليته لمعالجة مياه الصرف الصحي، والصرف الصناعي لفئة من الصناعات وتستخدم بالفعل علي نطاق واسع، كما أن محددات ومعايير التصميم لهذه العمليات متوافرة ومتاحة كما أنها متسقة ويعتد بها.

مثال (1): في صناعة اللب والورق فإن العمليات المتعارف عليها استقرت علي النحو التالي:

المعالجة البيولوجية باستخدام البحيرات المهواه (Aerated Lagoons) أو باستخدام الحمأة المنشطة يسبقها المعالجة المبدئية المناسبة.

مثال (2): العمليات المتعارف عليها في معالجة مياه الصرف الصحي تشمل المعالجة المبدئية ثم الابتدائية ثم الثانوية.

(ب) أفضل طريقة اقتصادية متاحة للمعالجة يمكن تحقيقها

Best Available Treatment Economically Achierable (BATEA)

وتعرف علي أنها مستوي المعالجة لما بعد المستوي السابق ذكره في (أ) (BPCTCA) والذي أثبت جدواه علي نطاق معملي أو نطاق نصف صناعي وفي بعض الأحوال تم تطبيقه علي نطاق صناعي كامل فعلي سبيل المثال:

1. في صناعة اللب والورق فإنه من الجائز بعد عملية المعالجة البيولوجية استخدام بعض العمليات الإضافية لتحسين نوعية المياه المعالجة مثل الترويب والترشيح لإزالة الألوان.
2. في حالة معالجة مياه الصرف الصحي فإنه في بعض الأحيان، بعد المعالجة الثانوية تتم المعالجة الثالثية والتي قد تشمل الترشيح السريع أو التعقيم أو الامتزاز باستخدام الكربون. أو قد تستخدم المعالجة الكيميائية (Post precipitation).

(3) معالجة وتنقية المياه

إن الأساس الذي تقوم عليه العمليات التنموية في مصر (زراعية أو صناعية) هو توفر مصادر للمياه صالحة للاستخدام. والمصادر الرئيسية للمياه الخام هي النيل والمياه الجوفية. وقبل استخدام المياه يجب أن تتم لها عمليات معالجة وكذلك بعد الاستخدام يجب تنقيتها والعوامل التي تتوقف عليها عمليات المعالجة هي:

1. مواصفات المياه الخارجة من المعالجة، أو التنقية (Effluent water quality).
2. تكاليف الأرض المقام عليها عملية المعالجة ومدي توافر المساحة (Cost).
3. التغيرات المحتملة مستقبلاً علي مواصفات المياه المعالجة.

Future upgrading of water quality)

(standards

:

- **عند وضع خطة لمعالجة المياه، أو تنقية مياه الصرف فإنه توجد عمليات مختلفة وبدائل متعددة يمكن لأي منها أن يحقق الغرض المطلوب ولكن القرار النهائي هو التكلفة الاقتصادية.**

شكل (2 – 3) يوضح مراحل وضع برنامج وخطة لمعالجة وضبط جودة المياه، بينما شكل (2 – 4) يوضح العمليات المختلفة لمعالجة المياه أو تنقية مياه الصرف، وهذه العمليات متتابعة ويمكن تصنيف هذه العمليات إلي:

العمليات الطبيعية (Physical Processes)

العمليات الكيمائية (Chemical Processes)

العمليات البيولوجية (Biological Processes)

(أولاً) العمليات الطبيعية: تعتمد بالدرجة الأولي علي الخواص الطبيعية للشوائب والملوثات (مثل الحجم، الوزن النوعي، درجة التطاير، اللزوجة) ومن هذه العمليات ما يلي:

- الحجز بالشبكات (Screening).
- الترسيب (Sedimentation).
- الترشيح (Filtration).
- الانتقال الغازي والتي منها عمليات التهوية والكسح (Gas transfer : Aeration and Stripping).
- الامتزاز (أو يطلق عليها الادمصاص) (Adsorption).

(ثانياً) العمليات الكيمائية: والتي تعتمد علي الخصائص الكيمائية للشوائب أو الملوثات، أو تعتمد علي الخصائص الكيمائية للمواد الكيمائية المضافة، أو المواد الناتجة من تفاعلات الشوائب مع الكيماويات، ومن أمثلة تلك العمليات:

- الترويب (Coagulation).
- التعقيم (Disinfection).
- الترسيب الكيمائي (Chemical precipitation).
- التبادل الأيوني (Ion exchange).
- الحرق (Incineration).

(ثالثاً) العمليات البيولوجية: تعتمد هذه العمليات علي التفاعلات البيولوجية للكائنات الدقيقة (Microorganisms) الموجودة في المياه، حيث يتم تحويل المواد العضوية إلي مواد ثابتة غير ضارة، ومن أمثلة تلك العمليات:

(أ) العمليات الهوائية:

- المرشحات البيولوجية (Trickling or Biological Filters).
- قنوات الأكسدة (Oxidation ditches).
- الحمأة المنشطة (Activated Sludge).
- البحيرات المهواه (Aerated Lagoons).

(ب) العمليات اللاهوائية:

- الهضم اللاهوائي (Anaerobic digestion).
- إزالة النيتروجين (Denitrification).

وتتم عمليات معالجة المياه علي مراحل مختلفة، وكل مرحلة قد تشمل عملية أو أكثر من العمليات السابقة.

(4) تنقية مياه الصرف الصحي

تتميز الطرق المستخدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي قبل تصريفها في المياه المستقبلة لها بأنها رخيصة وفعالة ولقد استعملت تلك الطرق علي مدي سنين طويلة أجريت عليها تحسينات طفيفة ولكن المشكلة الرئيسية التي تواجه المناطق المزدحمة بالسكان في دلتا مصر هى محدودية المساحةاللازمة لتشييد هذه المحطات عليها مما أدي إلي الحاجة إلي تطوير هذه الطرق باستخدام أساليب كيمائية بحتة أو الاستعانة بالكيماويات مع الطرق البيولوجية. عموماً فان الغرض الأساسي من عمليات المعالجة هو التخلص من كميات المواد الصلبة المعلقة والبكتريا والمواد المستهلكة للأكسجين في المياه العادمة. والأمل معقود علي نجاح الطرق الكيمائية لكي تساعد وتساند الطرق البيولوجية. والشكل رقم (5-2) يوضح الطريقة التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي والتي تتلخص في الآتي:

1. المعالجة التمهيدية والأولية: وتشمل الفصل والتصفية والطحن والترسيب.

2. المعالجة الثانوية: وأساسها هي المعالجة البيولوجية ويمكن أن تتم بوسائل مختلفة كالمرشح النضاض (المرشح البيولوجي) أو الحمأة المنشطة المتحكم فيها في عمليات الهضم والتحلل الذي تحدثه في الطبيعة.

3. المعالجة الثالثية: والتي يجب أن تأخذ في الاعتبار التخلص النهائي من المواد الملوثة مثل النيتروجين والفسفور علاوة علي البكتريا والفيروسات في المياه الناتجة.

4. تداول الحمأة الناتجة: يأتي بعد المراحل الثلاث السابقة تداول الحمأة الناتجة والتخلص منها وهذه لها طرق متعددة الغرض منها:

- تحويل المواد العضوية إلي صورة مستقرة نسبياً.
- الإقلال من حجم الحمأة بإزالة السوائل منها.
- إبادة الكائنات الدقيقة الضارة والطفيليات أو السيطرة عليها.
- الحصول علي منتجات ثانوية يمكن أن يؤدي استغلالها إلي خفض التكلفة الإجمالية للعملية.

ومن الجدير بالذكر أن مياه الصناعة العادمة أقل استجابة للمعالجة التقليدية من مياه الصرف الصحي نظراً لاحتوائها علي آثار الفلزات والمركبات الكيمائية التي تقاوم التحلل البيولوجي. والجدول (2 – 2) يوضح أهم الخصائص ذات الدلالات لمجموعات الصناعات المختلفة. وعلي ذلك يجب علي الصناعة بالإضافة لاستخدامها طرق المعالجة العادية أن تعالج مياهها العادمة بطرق المعالجة المتخصصة في الموقع.

جدول رقم (2 – 2): الخصائص ذات المدلولات لمجموعات من الصناعات المختلفة

النشاط الصناعي / الخصائص الأساسية	صناعة الألومنيوم	صناعة السيارات	سكر البنجر	المشروبات الغازية	الفاكهة والخضروات	الأعلاف	منتجات الألبان	الأسمدة النيتروجينية	الأسمدة الفوسفاتية	الزجاج	الأسمنت	ملحن الحبوب	تباغة الجلود	صناعة اللحوم	تكرير البترول	البلاستيك	اللب والورق	محطات القوى البخارية	صناعة الصلب	صناعة الغزل والنسيج
اللون			×	×	×		×						×	×	×		×			×
المواد الصلبة المعلقة	×	×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
الزيوت والشحوم	×	×	×	×									×	×	×	×	×		×	×
الأكسجين الكيميائي الممتص		×	×	×	×	×	×			×		×	×	×	×	×	×	×		×
الأمونيا		×	×			×	×	×	×				×	×	×				×	
الفوسفور	×	×		×	×	×	×		×	×	×			×	×	×				
الكروم		×						×		×	×		×		×			×	×	×
السيانيد		×													×	×			×	
النحاس		×								×					×			×		
النيكل		×													×					
الحديد		×							×	×					×			×	×	
الزنك		×						×		×	×				×	×		×	×	
الفينول	×	×									×				×	×	×		×	×
الأكسجين الكيميائي الممتص		×			×	×	×				×	×	×		×	×	×			×
الكلوريدات		×					×	×					×		×				×	
النترات								×		×						×				
الكبريتات		×							×						×	×			×	
القصدير		×								×									×	
الرصاص		×													×					
الكادميوم		×													×					
الأملاح الذائبة الكلية	×	×	×	×	×	×		×			×	×	×	×	×	×	×	×		×
القلوية			×								×		×							×
درجة الحرارة			×	×	×		×				×	×	×		×			×	×	×
المواد العضوية السامة			×	×									×			×				×
الكلور الحر	×																	×		
الفلوريد	×																			
رقم الأس الهيدروجيني	×		×	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
الألومنيوم	×								×											
البكتيريا البرازية			×	×	×	×											×			

(5) معالجة المياه للشرب وللأغراض المنزلية

إن الطرق التقليدية لمعالجة المياه لكي تكون صالحة للشرب وللإغراض المنزلية تعتمد أساساً علي أن المياه الخام يجب أن تكون مياه عذبه ومياه ذات مواصفات معينة حتى يتيسر معالجتها. والغرض من المعالجة هو إزالة المواد الغروانيه والتخلص من بعض الملوثات الأخرى كآثار الفلزات (إن وجدت) وبقايا المبيدات وكذلك التخلص من الفيروسات والميكروبات الضارة. والطرق التقليدية لتحقيق الأغراض المشار إليها تتلخص في عمليات التصفية بالشبكات ثم الترويق باستخدام المروبات مثل كبريتات الألومنيوم أو كلوريد الحديديك يلي ذلك الترشيح السريع ثم التعقيم كما يوضحه الشكل رقم (2 – 6) الذي يبين تتابع هذه العمليات المختلفة.

الخلاصة

أ- الماء له أهمية كبيرة في العمليات التنموية

وللمحافظة علي جودته يجب التعمق المنتظم في تفهم الأمور الأساسية بأربعة مجالات عريضة هي:

1. تدفق وانتشار ملوثات المياه وتحللها أو تحولها إلي صور كيمائية أو فيزيقية أخرى.
2. وسائل الإقلال من تلوث المياه إذا لم يكن في الإمكان تجنب تولد الملوثات.
3. تأثير الملوثات في الحياة النباتية والحيوانية وكذلك علي سير العمليات الصناعية.
4. وسائل اكتشاف وقياس ملوثات المياه (رصد ملوثات المياه).

- وعموماً **يعتبر الماء ملوثاً** بمادة أو أكثر إذا كان غير مناسب للاستعمالات المقصودة منه: المنزلية، أو الصناعية، أو موارد المياه الزراعية أو تكاثر الأسماك والحياة البرية.

- إن تحديد **المغزى النسبي لملوثات المياه** أمر معقد، لأن الملوثات تدخل المياه غالباً في مخلوطات معقدة تتكون من مواد كثيرة ذات خصائص كيمائية مبهمة إلي حد كبير، ومن الناحية العملية يمكن تجاهل هذه الصعوبة جزئياً بوصف المياه المستعملة بدلالة أوصاف جامعة معينة مثل اختبار الأكسجين الكيميائي الممتص **(COD)** أو الأكسجين الحيوي الممتص **(BOD)** أو الموصلية الكهربية **(EC)** أو رقم الأس الهيدروجيني **(pH)** ..... الخ.

ب- أساس التشريعات في حماية المسطحات المائية

هو القانون 48 لسنة 1982 وقانون البيئة 4 لسنة 1994. وعموماً فإن هذه التشريعات تهدف إلي:

أ - توفير مياه ذات جودة مناسبة للاستعمالات الحالية والمستقبلية للوفاء بمتطلبات التنمية.

ب- تحسين ورفع جودة المياه للمسطحات المائية التي أصابها التلوث أو أصاب جزء منها.

ج - الاحتفاظ بجودة المياه المستعملة حالياً، ذات الجودة العالية، أو ذات الجودة المناسبة وحمايتها للاستعمالات المستقبلية.

(ثانياً): جودة الهواء والتنمية

إن هذا العنصر من عناصر البيئة لا تقل أهميته عن أهمية العنصر السابق (الماء) في استمرار الحياة والمحافظة عليها وكذلك علي استدامة عملية التنمية، حيث يؤثر تلوث الهواء الجوي علي حياة الإنسان تأثيراً محسوساً، دوناً، عن غيره من أنواع التلوث الأخرى وذلك لأن لإنسان مضطر الى أن يتنفس الهواء الجوي سواء أكان ذلك نقياً أم كان ملوثاً.

وقد تكون للهواء وظائف أخرى غير مرئية للإنسان ولا تثير اهتمامه إلا أنها مقصودة لله عز وجل كما نبهنا القرآن إليها، فالريح يرسلها الله عذاباً لبعض الأقوام وانتقاماً منها، والرياح يسوقها الله رحمةً وبشري لأمم أخرى. كما علق بها القرآن وظيفة حيوية هامة هي وظيفة التلقيح إذ يقول تعالي من سورة الحجر (الآية 22):

﴿وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماءً فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين﴾

والرياح بعد ذلك آية دالة علي قدرة الله وإتقان صنعه وكماله كما قال سبحانه وتعالي من سورة البقرة (الآية 164):

﴿إن في خلق السموات والأرض واختلاف الليل والنهار وتصريف الرياح والسحاب المسخر بين السماء والأرض لآيات لقوم يعقلون﴾

وإذا كان للهواء هذه الوظائف الحيوية والاجتماعية فإن المحافظة عليه نقياً خالصاً يعتبر جزء من المحافظة علي الحياة نفسها، وضمان لاستمرار عملية التنمية المستدامة والتي تعتبر مقصد أساسي للشرائع السماوية والقاعدة الفقهية تقول: **(مالم يتم الواجب إلا به فهو واجب).** ومحاولة تلويثه أو افساده إبطال لحكمة الله في خلقه أو تعطيل لها. كما يعتبر ذلك تعطيلاً لبعض وظائف الإنسان وتعويقاً له عن أداء دوره في عملية التنمية وعمارة الكون. وفي الفقرات التالية سوف نعرض بعض الأمور العلمية التي تتناول جودة الهواء والمحافظة عليها لضمان استمرار عملية التنمية.

تلوث الهواء:

يعرف تلوث الهواء علي أنه إدخال أي عناصر أو مركبات أو أي تأثيرات من شأنها أن تغير من الخصائص الطبيعية للهواء وقد يتسبب عن هذه المواد إما أضرار أو مضايقة للإنسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

مصادر تلوث الهواء:

1. طبيعية: مثل العواصف والبراكين وحرائق الغابات وحركة الشهب.

2. غير طبيعية: من عمليات حرق الأنواع المختلفة من الوقود للأغراض المعيشية والصناعية والخدمية ومن وسائل النقل البرية والبحرية والجوية ومن العمليات التعدينية والصناعية وكذلك من مخلفات الأنشطة الصناعية والتجارية.

إن مشكلة تلوث الهواء يمكن أخذها بمنظور عالمي (Global)، أو منظور إقليمي (Regional)، أو منظور محلي (Local). وعند مناقشة كل منظور علي حدة هذا لا يعني أن الرؤى الثلاثة منفصلة وإنما هي متداخلة ومتشابكة.

(أولاً): المنظور العالمي لتلوث الهواء (Global Air Pollution)

الجو غلاف غازي يحيط بالكرة الأرضية، وهو محرك النظام المناخي الطبيعي، وعندما يدخل الإشعاع القادم من الشمس إلي الجو ينعكس بعضه مرتداً إلي أعلي من السحب والغبار، ويواصل بعضه الآخر مسيرته إلي سطح الأرض. وتمتص الأرض بعض الإشعاع الذي يسقط علي سطحها، وينعكس بعضه علي الفضاء من الجليد والثلج والماء وغير ذلك من السطوح العاكسة. ويحبس جزء من هذه الطاقة في بعض الغازات الجوية التي لا تسمح خواصها الكيمائية بإفلات الأشعة تحت الحمراء (Infrared, IR) المرتدة بعيداً عن سطح الأرض بموجات أطول. وبدلاً من أن يفلت يرتد ثانية إلي الأرض حيث يرفع درجة الحرارة السطحية. وهذه الظاهرة التي ظلت تعمل طوال تاريخ الأرض معروفة تماماً باسم التأثير الصوبي.

ولولا الجو والتأثير الصوبي لجمد سطح الأرض وتعذرت الحياة. وجو كوكب الزهرة، في الطرف الآخر من نطاق الأجواء كثيف جداً بثاني أكسيد

الكربون والتأثير الصوبي شديد جداً لدرجة أن سطح ذلك الكوكب ساخن في كل مكان منه سخونة الحمم البركانية وهي تبرد علي الأرض.

وتركيب الجو يحدد قدرته علي الحفاظ علي التوازن بين الطاقة القادمة والطاقة المنطلقة. والغازات الرئيسية في الهواء الجاف هي النيتروجين (≅78%) والأكسجين (≅21%) والأرجون (≅1%) وبخار الماء الذي يوجد بتركيزات متفاوتة تصل إلي بضعة أجزاء في المائه، هو الغاز الرئيسي المسبب للتأثير الصوبي علي الأرض. كما توجد غازات صوبية أخرى بكميات ضئيلة، تقاس عادة بالأجزاء في البليون والغاز الضئيل الذي أحيط بالاهتمام الأعظم حديثاً هو ثاني أكسيد الكربون الذي يكون حالياً **0.034% (أو 344 جزء في البليون ppb)**

وبالإضافة إلي ثاني أكسيد الكربون توجد غازات ضئيلة أخرى منها غازات كلورو فلوروكربونيان (الكلوروفلوركربون 11, ك.ف.ك 11, CFC 11) و (الكلوروفلوركربون 12, ك.ف.ك 12, CFC 12) اللذان يدمران أيضاً طبقة الأوزون الواقية التي تحجب عنا الأشعة فوق البنفسجية الضارة، والميثان، وأكسيد النتروز، والأوزون التروبوسيفري – هي غازات ذات فعالية في امتصاص الإشعاع تحت الأحمر المنبعث من الأرض، وتثير اهتماماً خاصاً لأن تركيزاتها في الجو آخذه في الارتفاع، وبارتفاع تركيزاتها يقل الإشعاع الذي يفلت من سطح الأرض إلي الفضاء وترتفع درجة حرارة الأرض.

ويتوقف مستقبل مناخ الأرض وربما مستقبل سكانها علي المقدار الذي يحتمل أن ترتفع به تركيزات ثاني أكسيد الكربون والغازات الضئيلة الأخرى.

إن انتقال ساحة الصراع بين الإنسان والبيئة العالمية، إلي الجو، أدي إلي نشوء بعض الظواهر التي تضر بيئة الإنسان أهمها ما يلي:

(1) التغير في مناخ البيئة العالمي

يستخلص العلماء، باستخدام نماذج رياضية ثلاثية الأبعاد لنظام المناخ، عدداً من الاستدلالات فيما يتعلق بما يمكن أن تكون عليه الظروف في المستقبل. وتشمل الظروف ذات الاحتمال الأعظم تبريداً ذا شأن للستراتوسيفير، وارتفاعاً في درجة الحرارة السطحية وتغيرات أخرى مثل، ارتفاع مستوي سطح البحر، ونقصان في جليد البحر، وزيادات في التساقط

العالمي الكلي (الذي قد يكون توزعه في مختلف أنحاء العالم غير منتظم). ويخمن العلماء أيضاً أن فصول الصيف في أواسط القارات قد تكون أشد جفافاً، إلي حد بعيد، منها الآن.

إن نتائج الملايين من القياسات والحسابات التي أجريت علي مدي القرن الماضي تشير إلي احتمال تعرض الأرض لتغير مناخي ذي شأن خلال العقود القليلة المقبلة. إن أسباب الاهتمام بهذه الظاهرة تعزي إلي الزيادة المطردة لغاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى التي تراكمت في الجو منذ عام 1860. وإذا بقيت اتجاهات الإنبعاثات الحالية علي ما هي عليه، فقد يفرض علينا التأثير الصوبي المشترك لجميع الغازات مضاعفة فعلية لأثر غاز ثاني أكسيد الكربون، أي المرحلة التي عندها يحبس ثاني أكسيد الكربون والغازات الصوبية الضئيلة الأخرى مجتمعة كمية الطاقة نفسها التي يحبسها ثاني أكسيد الكربون بمفرده، لو أن تركيزه تضاعف إلي مثل مستواه قبل الدخول إلي عنصر التصنيع. وربما يحدث ذلك قريباً مع حلول عام 2030.

لا يعد غاز ثاني أكسيد الكربون من ملوثات الهواء الخطرة، وهناك توازن ودورة طبيعية لهذا الغاز في عمليات استهلاكة ثم في عمليات إرجاعه إلي الجو بدون زيادة أو نقصان وهذه الدورة تتمثل في المعادلتين الآتيتين:

ثاني أكسيد كربون+ماء	**عملية التمثيل الضوئي عن طريق النباتات الخضراء**	**أكسجين+كربوهيدرات**

وهذه هي معادلة الاستهلاك، أما معادلة الإرجاع فهي:

كربوهيدرات+أكسجين	**الاستهلاك من قبل الحيوانات والنباتات وعمليات التحلل الطبيعي وعمليات الاحتراق**	**ثاني أكسيد الكربون+ماء**

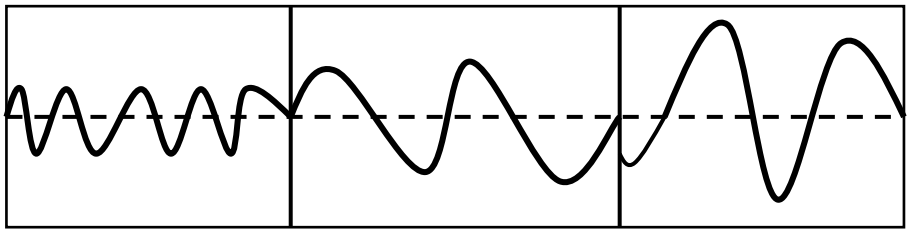
أي أن المعادلة الثانية عكسية تماماً للمعادلة الأولي ولا يوجد أية زيادة أو نقصان في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون، وكان هذا التوازن يحدث قبل الثورة التكنولوجية التي تميز بها القرن الحالي، إلا أن هذا التوازن قد اختل في الصراع بين الإنسان والبيئة، بسبب فعاليات الإنسان الآتية:

:

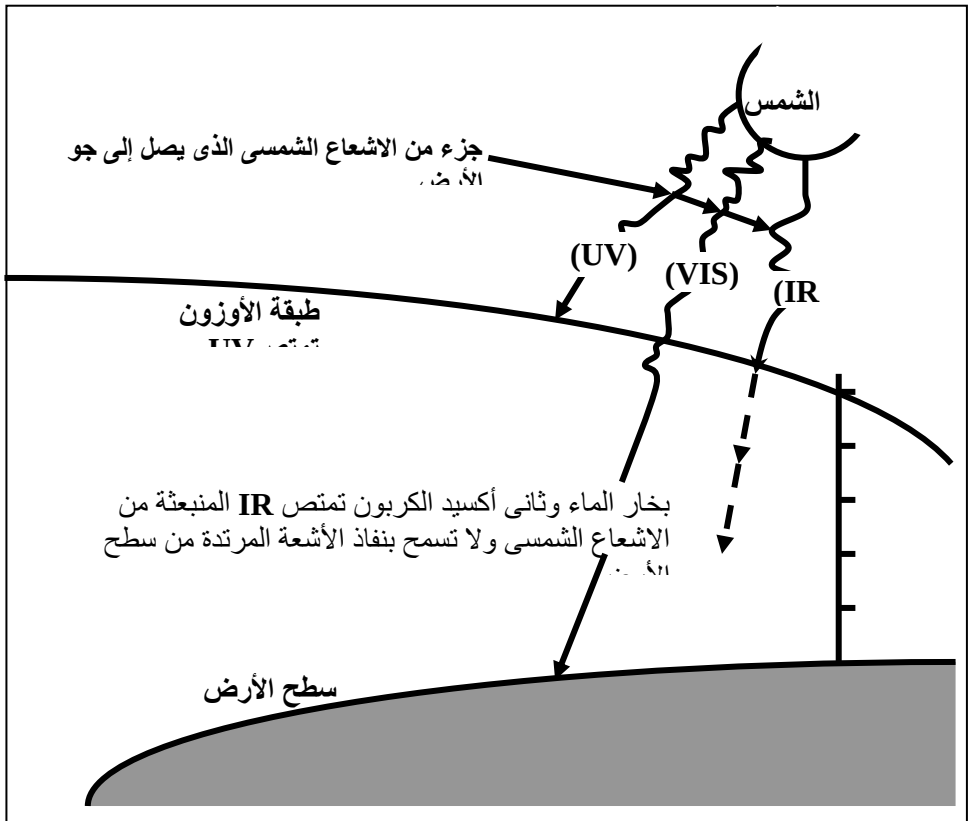
1. إزالة الغابات الطبيعية في عمليات التوسع العمراني وبناء المدن وشق الطرق، وهذا أدي إلي تقليص قدرة البيئة الطبيعية في إزالة (استهلاك)، غاز ثاني أكسيد الكربون.
2. التوسع الكبير في عمليات حرق الوقود العضوي (الفحم الحجري والخشب والنفط والمواد العضوية الأخرى).
3. التوسع الهائل في استخدام العمليات الصناعية التي تقذف كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون إلي الجو.

إن استمرار هذه الزيادة في تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو من الممكن أن تقود إلي مأزق بيئي وحدوث ما يعرف بظاهرة البيت الزجاجي التي نحن بصددها الآن.

إن الإشعاع الذي ينبعث من الشمس والذي يتكون من موجات عديدة مختلفة في الطول، ولا يصل إلا جزء يسير منه إلي سطح الأرض بسبب دور طبقة الأوزون في الجو التي تمتص بكفاءة عالية الإشعاع في مدي الأشعة فوق البنفسجية (UV) ويتم امتصاص الأشعة تحت الحمراء (IR) من قبل بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وعليه لا يصل إلي سطح الأرض إلا الإشعاع المرئي (VIS)، كما هو مبين في الشكل (2 – 7).



الاشعة تحت الحمراء IR الجزئ المرئى VIS الاشعة فوق البنفسجية UV
موجات أطول من موجات الضوء المرئى



شكل (7-2): إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء فى الجو قبل الوصول إلى سطح الأرض

وبعد وصول الضوء المرئي إلي سطح الأرض ينعكس حوالي ثلثه مرة أخرى إلي الجو، ويتم امتصاص الثلثين الباقيين من قبل الصخور أو الهياكل الإنشائية في المدن أو ما شابه ذلك، وتنعكس هذه الطاقة الممتصة مرة أخرى إلي الجو وتكون هذه المرة بشكل أشعة تحت الحمراء غير مرئية أي بشكل موجات

حرارية وخاصة في الليل أو في الظل أثناء برودة هذه الصخور والهياكل وفقدانها للطاقة التي امتصتها.

لا تستطيع الطاقة الحرارية المنبعثة من سطح الأرض ومن الأجسام والهياكل الإنشائية من مغادرة جو الأرض بكفاءة عالية عند وجود تراكيز عالية من غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو بسبب قابلية هذا الغاز علي امتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تنتقل الحرارة بواسطتها، ومن وجهة النظر هذه يمكن اعتبار غاز ثاني أكسيد الكربون كمرشح للأشعة الشمسية وباتجاه واحد، حيث يسمح للموجات المرئية باختراقه ولا يسمح للموجات في مدي الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض باختراقه بالاتجاه المعاكس وهذا يؤدي إلي زيادة تدريجية في معدل درجة حرارة جو الأرض.

وما تجدر ملاحظته أن هذه الظاهرة سميت بظاهرة البيت الزجاجي (الصوبة الزجاجية)، لأن رفع درجة الحرارة في البيوت الزجاجية المستعملة في تربية وتنمية النباتات، كان السبب فيها يعزي إلي فعل الزجاج كمرشح باتجاه واحد، إلا أن هذا التفسير بالنسبة للبيت الزجاجي الحقيقي أثبت خطأه، وأن السبب الحقيقي في ارتفاع درجة الحرارة داخل هذه البيوت يعود إلي عدم حدوث، أو عرقلة، تيارات التبريد بواسطة الحمل.

إن العلماء يتنبؤن، في حذر، بالمدى الذي قد ترتفعه متوسطات درجات الحرارة العالمية بالمضاعفة الفعلية لثاني أكسيد الكربون (أو مكافئه الاشعاعى عن جميع الغازات الصوبية). وتشير تقديرات كثيرة إلي مدي يمتد ما بين درجة واحدة إلي خمس درجات مئوية. ولإدراك معني ذلك: إذا علمنا أن متوسط درجة الحرارة العالمية يساوي حالياً نحو (14°م)، وارتفاع قدره ثلاث درجات من شأنه أن يوجد ظروفاً لم تضطر بعض الكائنات إلي مصارعتها خلال المائة ألف عام الماضية. وإذا ارتفعت درجة الحرارة أربع درجات مئوية تتنبأ نماذج الدوران العام بعدة تغيرات مناخية لزيادة الصوبية. ولقد وضع العلماء الأدلة التالية، علي مستويات الثقة في التنبؤات:

- ❖ **مؤكد علمياً:** يعني أن هناك اتفاقاً بالإجماع تقريباً، في المجتمع العلمي، علي أن تأثيراً مناخياً سوف يحدث.
- ❖ **محتمل جداً:** يعني أن احتمال الحدوث يزيد علي نحو 90%.
- ❖ **ومحتمل :** يعني، ضمناً، أن الاحتمال يزيد علي 67%.
- ❖ **غير مؤكد :** يشير إلي تأثير مفترض، ولكنه يفتقر إلي التمثيل بنموذج مناسب أو الدليل الرصدي.

ويمكن إيضاح بعض هذه التنبؤات فيما يلي:

(1) المتوسط العالمي للتدفئة السطحية (محتمل جداً)

المتوقع أن يرتفع المتوسط العالمي الطويل الأجل للتدفئة السطحية من 1.5°م إلي 5°م. بسبب مضاعفة ثاني أكسيد الكربون (أو مكافئة الإشعاعي من جميع الغازات الصوبية) إلي المثلين وأهم مصدر للشك ناشئ عن الصعوبات التي تكتنف وضع نموذج لتأثيرات التغذية الراجعة من السحب. ولسوف يكون معدل التدفئة الواقعي خلال القرن المقبل محكوماً بما يلي:

- المعدل الذي تزداد به تركيزات الغازات الصوبية.
- التقلبات الطبيعية في النظام المناخي.
- الاستجابة المعقدة لأجزاء النظام المناخي البطيئة الاستجابة كالمحيطات والجليد المثلجي

(2) زيادة متوسط التساقط العالمي (محتمل جداً)

إن زيادة تسخين سطح الأرض تؤدي قطعاً إلي زيادة التبخر ومن ثم إلي زيادة متوسط التساقط العالمي. ومع ذلك، فمن المحتمل، حقاً، أن ينخفض التساقط في مناطق متفرقة كثيرة.

(3) الدفء السطحي في شتاء المنطقة القطبية الشمالية (محتمل جداً)

تشير النماذج إلي أن المتوقع، حينما يتزحزح حد الجليد البحري نحو القطبين، أن تصبح المنطقتان القطبيتان أدفأ كثيراً مما هي عليه الآن. ويقدر العلماء أن جزء المياه المكشوفة الأكبر في المنطقة القطبية الشمالية وجليدها البحري الأنحف خلال الشتاء سيعملان علي أن يصبح الهواء القطبي الشمالي السطحي أدفأ بما يزيد علي عشر درجات مئوية من المناخ الحالي أو ثلاثة أمثال متوسط الدفء العالمي.

(4) نقص جليد البحر (محتمل جداً)

حينما يدفأ المناخ يقل إجمالي الجليد البحري بسبب الدفء عند خطوط العرض العالية في نصف الكرة الشمالي.

(5) زيادة التساقط عند خطوط العرض العالية الشمالية (محتمل)

حينما يدفأ المناخ، يعمل الهواء الدافئ الرطب الذي يزداد نفوذه في اتجاه القطب علي زيادة المتوسط السنوي للتساقط وجريان الأنهار عند خطوط العرض العالية.

(6) جفاف / دفء الصيف القاري (محتمل)

لقد بينت دراسات نماذج عديدة أن رطوبة التربة قد تنخفض خلال الصيف في المناطق الداخلية القارية عند خطوط العرض المتوسطة. والسبب الرئيسي لهذا الجفاف هو تبكير انتهاء فترات ذوبان الثلج والمطر، ومن ثم تبكير بدء نقص رطوبة التربة الطبيعي عند الانتقال من الربيع إلي الصيف.

(7) ارتفاع المتوسط العالمي لمستوي سطح البحر (محتمل)

من المحتمل أن يرتفع مستوي سطح البحر عندما يتمدد ماء البحر استجابة لزيادة دفء مناخ المستقبل. ويقل اليقين، إلي حد بعيد، فيما يتعلق بمقدار تأثير مستوي سطح البحر بما هو محتمل من ذوبان المثلجات وانفصال الكتل الجليدية الأرضية.

(8) تغيرات في الغطاء النباتي الإقليمي (غير مؤكد)

لابد للتغيرات المناخية في درجة الحرارة والتساقط من الأنواع المبينة فيما سبق من أن تؤدي إلي تغيرات طويلة الأجل في الغطاء النباتي السطحي. أما طبيعة هذه التغيرات بالضبط، ومدي تأثيرها في المناخ بالتالي فهذه الأمور لا تزال غير مؤكدة.

(9) زيادة العواصف المدارية (غير مؤكدة)

لقد إرتأي عدد من العلماء أن زيادة دفء الجو ورطوبته يمكن أن تؤدي إلي زيادة تواتر وشدة العواصف المدارية، كالأعاصير الحلزونية. وعلي أية حال، فهناك أيضاً عوامل أخرى، مثل البنية المحلية للريح وتحكم العواصف المدارية.

وعموماً فإن النتائج السابقة للنموذج المناخي تركز أساساً علي تغيرات افتراضية، وعلي الأغلب لحظي وكبيرة في تركيزات الغازات الصوبية. والواقع أن تركيزات الغازات تزداد تدريجياً.

وفي بادئ الأمر تمتص المحيطات معظم الحرارة الزائدة ويتوقع العلماء استمرار حدوث التقلبات المناخية علي المدى العقدي (عشر سنوات) التي ترجع إلي التفاعلات بين الجو والمحيطات.

(2) تلــوث طبقــة الستراتوســفير (Stratosphere (Pollution

تم اكتشاف نوع جديد من التلوث من خلال البحوث الحديثة التي شملت طبقات الجو العليا وما يتعلق بها من ظواهر وتوازنات طبيعية، وفي نهاية الستينات من قرننا الحالي جاءت أولي التحذيرات، أن هناك مشاكل بيئية جديدة قد تشمل المخاطر المحتملة منها كافة أشكال الحياة المعروفة، وأطلق اسم تلوث الستراتوسفير علي هذه المشكلة الجديدة. وتتمثل في التناقص التدريجي لتركيز الأوزون في طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي لذا فإن المشكلة الرئيسية في هذا النمط الجديد من التلوث هي المحافظة علي الأوزون في طبقات الجو العليا (منطقة الستراتوسفير)، ويجب أن نبين أن وجود الأوزون في طبقات الجو السفلي (منطقة التربوسفير)، أي في مجال حياة الإنسان وفعالياته وبقية أشكال الحياة الأخرى، غير مرغوب تماماً ويسبب تلوثاً شديداً للجو.

ولغرض توضيح هذه الظاهرة سوف نقوم بعرض الخلفية التالية عن تقسيم الغلاف الجوي، ابتداء من سطح الأرض وإلي ارتفاع 100 كم، إلي أربع مناطق، حيث لكل منطقة سماتها الخاصة، وكما هو موضح في الشكل (2 – 8).

تمتد الطبقة السفلي المسماه التربوسفير (Troposphere) إلي ارتفاع يصل إلي حوالي 11 كم في المنطقة المعتدلة وإلي ارتفاع يقرب من 16 كم في المنطقة الاستوائية. وهي الطبقة التي تشمل الأنشطة الإنسانية المختلفة وتكون محملة بالملوثات الناتجة عن الأنشطة الإنسانية. تحتوى هذه المنطقة علي حوالي 75% من الكتلة الكلية للهواء في حين لا تحتوى المنطقة التي تليها (منطقة الستراتوسفير - Stratosphere) علي أكثر من 15% من كتلة الهواء الكلية، مع أن سمك هذه المنطقة هو أكثر من ضعفي سمك طبقة التروبوسفير، ويعزي ذلك إلي الانخفاض السريع لكثافة الهواء مع الارتفاع عن مستوي سطح البحر، وبهذا الخصوص فإن كثافة الهواء تنخفض إلي النصف تقريباً إذا ارتفعنا كل 5.6 كم عن مستوي سطح البحر وعليه فعند قمة الستراتوسفير وعلي ارتفاع 50 كم تقريباً تكون كثافة الهواء 1% من كثافته عند مستوي سطح البحر.

ولإعطاء معلومات إضافية عن طبقات الجو إلي ارتفاع 100 كم وعن توزيع درجات الحرارة لها، يلاحظ أن درجة الحرارة لا تنخفض، علي طول الخط، مع الارتفاع عن سطح البحر ولكنها تتغير بدرجات كبيرة، في حين يكون معدل درجة الحرارة حوالي 15°م عند سطح البحر (في المنطقة المعتدلة) وتنخفض إلي (-50°م) بالقرب من قمة طبقة الستراتوسفير وعلي ارتفاع حوالي 50 كم. بعد ذلك تبدأ في الانخفاض مرة أخرى وتصل إلي حوالي (-90°م) عند قمة منطقة الميزوسفير وعلي ارتفاع 80 كم وتبقي شبه ثابتة عند -90°م إلي ارتفاع 90 كم بعدها تبدأ في الارتفاع مرة أخرى في منطقة الأيونوسفير (وتسمي هذه المنطقة أحياناً منطقة الثرموسفير).

يوجد الأوزون (O_3) طبيعياً في منطقة الستراتوسفير ويعزي وجوده إلي تفكك الأكسجين (O_2) بفعل ضوء الشمس

أكسجين (O_2) $\xleftarrow[\text{ضوء الشمس}]{\text{طاقة}}$ أكسجين ذري (شق طليق) ..... (1)

$O^* + O^*$

ثم يتحد الشق الطليق للأكسجين (O^*) مع جزئ آخر من الأكسجين (O_2) لكي يكون الأوزون (O_3).

أكسجين ذري (شق طليق) + أكسجين جزيئي ⟵ أوزون .... (2)

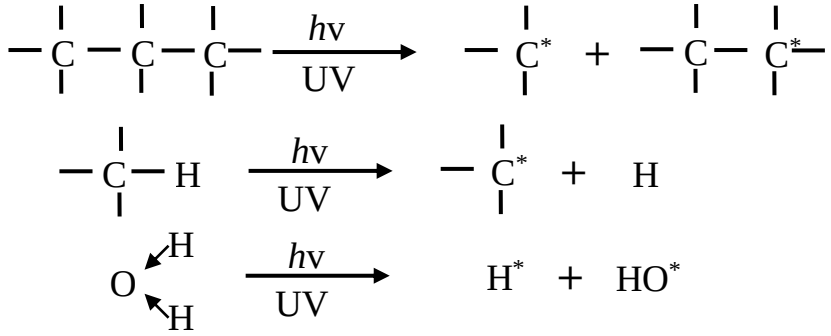
$$O_3 \qquad O_2 + O^*$$

ولا يبقي الأوزون المتكون حسب المعادلتين (1) و (2) السابقتين إلا فترة وجيزة ويتفكك معظمه بعد ذلك إلي الأكسجين الجزيئي بسلسلة من التفاعلات يمكن إجمالها بالمعادلة التالية:

2أوزون ⟵ 3 أكسجين (3)

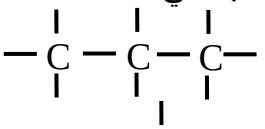
تجرى التفاعلات (1) و (2) و (3) السابقة في الجو بشكل يبقي، دائماً، كمية من الأوزون في منطقة الستراتوسفير، وتعتمد الكمية الموجودة في حالة التوازن، علي سرعة تكون الأوزون من التفاعلين (1) و (2) السابقين، وعلي سرعة تفكك الأوزون في التفاعل (3). وبعبارة أخرى لو حدث أن تداخلت بعض المواد علي هذه التفاعلات لحدث خلل إما في زيادة تركيز الأوزون أو بالعكس تحدث إزالة للأوزون من منطقة الستراتوسفير، وهنا تكمن المشكلة الحقيقية كما سيتضح فيما يلي:

- ❖ تتغير الكمية المتبقية التوازنية من الأوزون كذلك مع الارتفاع عن مستوي سطح البحر كما يتضح من الشكل (2 – 9)، كما أن هناك علاقة بين كمية الأوزون في منطقة الستراتوسفير والفعالية الشمسية المتمثلة بالدورة في احدي عشر سنة لنشاط الكلف الشمسى (Eleven-year sunspot cycle).
- ❖ يقوم الأوزون بامتصاص أكثر من 99% من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس وبذلك يحمى أشكال الحياة المعروفة الآن من هذه الإشعاعات ذات الطاقة العالية التي بإمكانها كسر الروابط الكيمائية الموجودة في جزيئات المركبات العضوية كما بإمكانها تحطيم جزيئات الماء، كما هو موضح في المعادلات التالية:

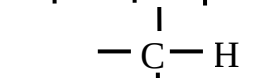


:

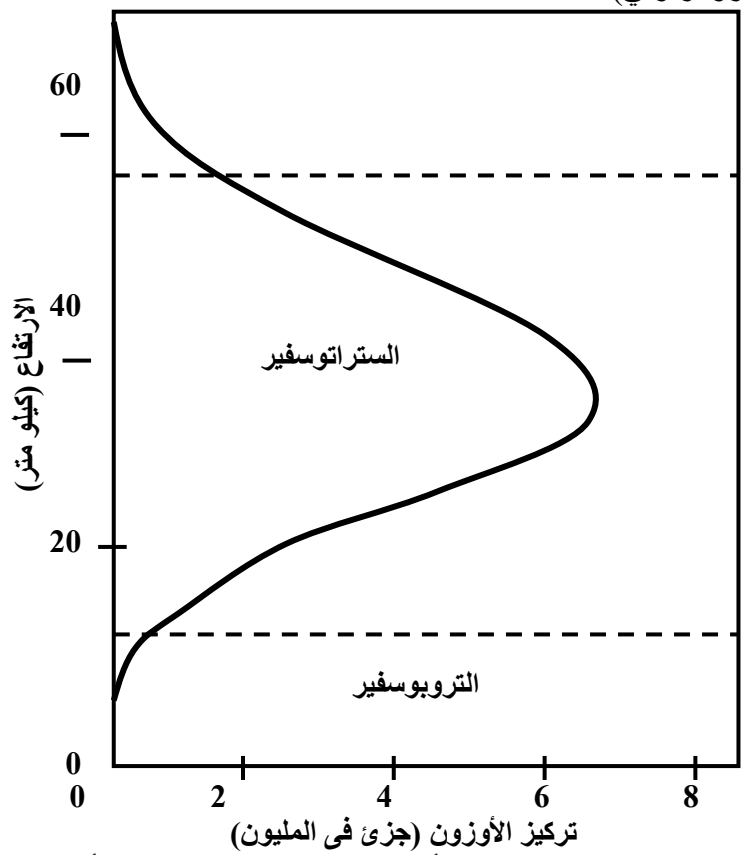
حيث في المعادلات السابقة:



تعبر عن جزئ أي مركب عضوي،



يعبر عن جزئ مركب عضوي (هيدروكربوني)



شكل (9-2): توزيع تركيز الأوزون بالارتفاع عن سطح الأرض

و(H_2O) هي جزئ الماء بينما النواتج من المعادلات المكتوبة في الطرف الأيمن تعبر عن نواتج التكسير وهي شقوق طليقة (حرة) نشطة يمكنها الدخول في تفاعلات ينتج عنها مركبات ضارة بصحة الإنسان والحيوان وكذلك النبات والرمز (hv UV) يعبر عن الطاقة المحمولة بالأشعة فوق البنفسجية ولا يخفى أن جميع الكائنات الحية تتكون من الجزيئات العضوية ومن الماء ولذا فإن الحياة تتطور بالشكل المعروف حالياً في ظل الغلاف الأوزوني الواقي من

الإشعاعات عالية الطاقة، وإن حدث إزالة لهذا الغلاف فستحدث تغيرات فسيولوجية في الكائنات الحية ومن سخرية القدر أن ما هو معروف عن التأثيرات البيولوجية لزيادة الإشعاع فوق البنفسجي أقل بكثير مما هو معروف عن العمليات الكيمائية لاستنفاذ الأوزون في الجو، ويحاول العلماء معرفة الكيفية التي قد يتأثر بها كل من الإنسان والنبات والنظم الإيكولوجية المائية نتيجة لاستنفاذ الأوزون.

- ❖ إن العلماء يعرفون، فعلاً، أن التعرض المباشر للإشعاع فوق البنفسجي قد يؤذي جهاز المناعة البشري، ويحدث السد (كتاراكت)، ويزيد من فرصة الإصابة بسرطان الجلد.
- ❖ قام العلماء باختبار أكثر من 200 نوع نباتي، كجزء من الجهد المبذول لفهم التأثيرات في النباتات والمحاصيل، وأظهر ثلثا هذه الأنواع حساسية لزيادة التعرض للإشعاع فوق البنفسجي. وتشمل استجابات النباتات للإشعاع فوق البنفسجي صغر مساحة الأوراق والنمو المعاق ورداءة نوعية البذور وزيادة الاستعداد للتأثر بالأعشاب الضارة والإصابة بالأمراض والآفات. وليس بخفي عن الإنسان البسيط هذه المشاهد من نتاج الصراع بين الإنسان والبيئة، رغماً عن الجهد المبذول في استنباط سلالات جديدة من النبات والحيوان والتي تدر محصول وفير وإنتاج غزير.
- ❖ ولقد بدأ العلماء المراحل الأولي لفهم الكيفية التي قد يؤثر بها الإشعاع فوق البنفسجي في النظم الإيكولوجية البحرية. وفي الحيوانات. والقلق بشأن هذه النظم يبدأ بالهائمات النباتية (وهي طحالب بحرية دقيقة، ميكروسكوبيه) تكون أساس الشبكة الغذائية البحرية. ولقد بينت الدراسات التي أجريت في المناطق الاستوائية والمدارية، أن المقادير الكبيرة من الإشعاع فوق البنفسجي يمكن أن يهلك تلك الهائمات، في حين أن الكميات الأقل يمكنها إبطاء عملية التمثيل الضوئي ومن ثم تقل إنتاجية الكائنات الخضراء. أما في القارة الجنوبية فيمكن أن يؤثر الإشعاع في الكريل وهي قشريات ضئيلة تكون درجة أعلي في السلسلة الغذائية، ثم في الأسماك والطيور والثدييات البحرية بما فيها الفقمات والحيتان. وعلي الرغم من أن الماء يهيئ بعض الحماية من الإشعاع، فإن التقديرات التقريبية تبين أن الإشعاع فوق البنفسجي يمكنه النفاذ إلي أعماق تصل من 10 أمتار إلي 20 متراً. وهناك

بعض الهائمات النباتية مشهورة بأنها تتحمل الإشعاع فوق البنفسجي في حين أن هناك هائمات نباتية أخرى لا تستطيع تحمل أي منه. ورد الفعل المحتمل هو أن الأنواع القادرة علي الاحتمال ستحل محل الأنواع الحساسة، ولو أن لا أحد يعلم كيف سيؤثر ذلك في الأسماك التي تأكلها.

إن خبر وجود ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية والذي تم اكتشافه عام 1986 وتناقلته الأنباء وعلقت عليه مختلف الهيئات العلمية فتح الباب للاهتمام بهذه الظاهرة مما حث العالم علي أخذ الموضوع موضع الجد واتخاذ خطوات إيجابية لإنقاذ طبقة الأوزون فبروتوكول مونتريال (بكندا)، بشأن المواد التي تستنفد طبقة الأوزون، الذي تم التوصل إليه في سبتمبر 1987 أكبر دليل علي تكاتف البشرية لتخفيف حدة الصراع بين الإنسان والبيئة. ونعود إلي العام السابق لاكتشاف ثقب الأوزون حيث قدر العلماء أن زيادة استخدام المركبات الكلوروفلوركربونية قد تقلل الأوزون الكلي عند خطوط العرض العالية بنحو 1% في الثمانينيات، وبما يمتد من 5% إلي 10% بعد 50 إلي 100 سنة مع بداية التسعينات من هذا القرن المنصرم. والعلماء يصفون ثقب أوزون القارة القطبية الجنوبية الآن بأنه أول دليل بين علي فقد الأوزون بسبب الكلور الذي ينتجه الإنسان، وأحد التأثيرات الأولي التي يمكن إدراكها بوضوح للتغير في البيئة العالمية في الصراع بين الإنسان والبيئة.

عند اكتشاف أوزون القارة القطبية الجنوبية، كان المعلوم عن ستراتوسفير هذه القارة، غير قياسات الأوزون نفسها، قليلاً. فالواقع أنه لم تكن هناك بيانات متاحة عن المركبات الكيمائية الأخرى الموجودة في الستراتوسفير، كما لم تكن هناك معلومات جوية مفصلة (ميترولوجيه). ولقد جمعت هذه المعلومات باستخدام أجهزة متطورة وتمكن العلماء، في الحال، من قياس نطاق واسع من المركبات الجوية بما فيها أول أكسيد الكلور وثاني أكسيد الكلور وحمضا الهيدروكلوريك والنيتريك وأكسيد النيتريك وثاني أكسيد النيتروجين وأكسيد النيتروز ووجدوا أن مستويات الأوزون تهبط عند خطوط العرض نفسها التي تصعد عندها مستويات أول أكسيد الكلور. وإن العلماء لمقتنعون بأن مستويات الكلور والبروم المرتفعة هي العامل الرئيسي في معظم، إن لم يكن كل، استنفاد أوزون القارة القطبية الجنوبية.

وبمتابعة ورصد تركيزات الأوزون في الجو فوق القارة القطبية الجنوبية طوال السنة، تبين للعلماء، أن التركيز يظل مرتفع إلي حدماً طوال السنة، وأن جزيئات الأوزون تتكون فوق المنطقة الاستوائية وترسل مع الكلور إلي القارة القطبية الجنوبية وإلي المنطقة القطبية الشمالية كذلك عن طريق التحركات الجوية. وفي القارة القطبية الجنوبية يعمل نمط دوراني، يعرف بالدوامة القطبية الجنوبية، علي حبس الأوزون فوق القطب الجنوبي عدة شهور. وهذه الدوامة هي التي قاس فيها العلماء تلك التركيزات الأوزونية المنخفضة انخفاضاً مذهلاً خلال الأسبوعين الأولين من أكتوبر عقب بدء الربيع، في نصف الكرة الجنوبي، بقليل.

ولقد فسر العلماء الإنخفاض في كمية الأوزون لظروف الطقس المواتية لتكوين سحب عالية رقيقة تعرف بالسحب الستراتوسفير القطبية والتي تساعد علي تحطيم الأوزون، وذلك لأن ستراتوسفير المنطقة القطبية جاف للغاية، وبلورات الجليد التي تتكون منها السحب لا تتكون إلا عندما تهبط درجات الحرارة إلي (-80°م) أو دونها، وهذه السحب تشجع حدوث تغيير أساسي في كمياء الستراتوسفير وذلك بالسماح بحدوث تفاعلات علي السطوح بدلاً من حدوثها بين الجزيئات في الحالة الغازية. والتفاعلات الكيمائية التي تحدث علي هذه السطوح تحول الكلور من أشكال لا تتفاعل مع الأوزون إلي أشكال أخرى أقل ثباتاً تتفكك بسهولة في ضوء الشمس وتتخذ طريقها لتحطم الأوزون. ولقد وضح العلماء، أن كلا من درجات الحرارة الباردة وضوء الشمس حاسمان في العملية المؤدية علي استنفاد الأوزون في القارة القطبية الجنوبية. فالأوزون القطبي الجنوبي لا يستنفذ أثناء الشتاء وحينما تصل درجات الحرارة إلي أدني مستويات البرودة والظلام يخيم علي القطب الجنوبي، ولكنه يستنفذ في الربيع الجنوبي بعد عودة ضوء الشمس ودرجات الحرارة لا تزال منخفضة ويصف العلماء عملية شبيهة بما يلي:

إن الكلور في الستراتوسفير يحبس عادة في، فيما يسمي، مركبات مستودعية، مثل كلوريد الهيدروجين ونترات الكلور، التي لا تحطم – هي نفسها – الأوزون وحالماً، يصبح الستراتوسفير بارداً بالقدر الكافي لتجمد الجسيمات السحابية، تهيئ بلورات الجليد سطوحاً يمكن أن تحدث التفاعلات الآتية:

تتفاعل نترات الكلور ($Cl\text{-}O\text{-}NO_2$) مع حمض الهيدروكلوريك (HCl) الموجود علي سطح الجليد، وينتج كلور جزيئي (Cl_2) وحمض النيتريك (HNO_3). ويبقي حمض النيتريك مرتبطاً بالجليد، أما الكلور الجزيئي فسرعان ما يتفكك إلي كلور ذري (Cl) وتتفاعل ذرات الكلور مع الأوزون (O_3)، فتحطمه وينتج أول أكسيد الكلور (ClO) وأكسجين جزيئي (O_2). وتدور عمليات في حلقة مفرغة حيث يتعرض أول أكسيد الكلور لتفاعلات أخرى تعيد تكوين ذرات الكلور التي يخلو لها الجو لتحطيم جزيئات أوزون أخرى.

ولقد أثبتت الدراسات أيضاً الدور التحفيزي لعدد من المركبات الأخرى من أخطرها أكاسيد النيتروجين، والتي تعد الطائرات النفاثة والانفجارات النووية في الجو من أهم مصادرها في طبقات الجو العليا، وذلك لاحتواء غازات العادم من جميع أنواع الطائرات النفاثة علي أكسيد النيتروجين وتأتي نسبة قليلة منه بسبب احتواء الوقود علي نسب معينة من النيتروجين في تركيب الوقود. أما النسبة الرئيسية من هذا الغاز فتسبب من تفاعل أكسجين ونيتروجين الهواء بفعل الحرارة العالية داخل آلة الاحتراق بالطائرة. ويقوم أكسيد النيتروجين (NO) بتحفيز تحلل الأوزون كما في المعادلات الآتية:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$O_3 \xrightarrow{UV,\ hv} O_2 + O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$NO_2 + O \longrightarrow NO + O_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

وكنتيجة شاملة للعمليات الموضحة في التفاعلات الثلاث السابقة، تنتج المعادلة العامة لتحول الأوزون إلي الأكسجين الجزيئي. $2O_3 \longrightarrow 3O_2$

وتظهر هذه المعادلات بوضوح دور أكسيد النيتريك (NO) التحفيزي حيث ينتج من جديد في المعادلة (3) ويعاد التفاعل في (1) وهكذا.

ونود الإشارة بأن الدراسات، التي قام بها العلماء في هذا المجال، قد أثبتت أن الكفاءة التحفيزية للكلور الذري تعادل ستة أضعاف كفاءة أكسيد النيتريك (NO).

إن ثقب الأوزون في القارة القطبية الجنوبية ليبدو، بزيادة فهم العلماء له، أقل تشاؤماً علي معظم بقية العالم مما بدا في بادئ الأمر. ومع هذا فإن هناك من النباتات التي جمعت خلال السنوات العديدة بعد ذلك ما أثار القلق بشأن الأوزون الستراتوسفيري فوق بقية الكرة الأرضية. وإن هبوط مستويات الأوزون فوق القطب الجنوبي بما يصل إلي

50% أو أكثر لمدة شهور عديدة كل عام، قد جعل العلماء متلهفين علي معرفة ما إذا كانت العمليات نفسها جارية لاستنفاذ الأوزون فوق القطب الشمالي. وتوصي النتائج التي جمعها العشرات من علماء الجو باستخدام مجسات تحملها الطائرات والبالونات، بأن ستراتوسفير القطب الشمالي مختلف عن ستراتوسفير القطب الجنوبي في عديد من النواحي الهامة التي تجعل حدوث ثقب أوزون شمالي بالقدر نفسه بعيد الاحتمال.

ولقد اتحدت الأمم لحماية طبقة الأوزون، من خلال بروتكول مونتريال بشأن المواد التي تستنفذ طبقة الأوزون، والذي تم التوصل إليه في سبتمبر (1987)، والذي يقتضي خفض إنتاج المركبات الكلوروفلوروكربونية بمقدار 50% من مستويات إنتاج (1986) وذلك بحلول عام (1999). ولقد صادق علي البروتكول تسع وأربعون دولة، بما فيها مصر، وعدد كبير من الدول الصناعية التي تستهلك 80% من المواد الكيمائية الخاضعة للرقابة.

(ثانياً) المنظور الإقليمي لتلوث الهواء الجوى *Regional air Pollution*

في بداية الأمر لم يكن الاهتمام موجهاً سوي لدرء انبعاثات الهواء الجوي بعيداًُ عن مصدرها وذلك من خلال استخدام المداخن العالية التي تساعد علي تصريف وتشتيت الملوثات عن مصدر انبعاثها وتساعد عملية الانتشار في الجو علي تخفيف حدة آثارها في المنطقة المنبعثة منها. ولكن مع التطور الهائل في استخدام أنواع مختلفة من الوقود والذي يحتوى علي نسبة لا بأس بها من الكبريت والذي ينشأ عنه انبعاث كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكبريت والذي يخرج مع غازات العادم وتمتد آثاره الضارة حتى 1000 كم من مصدر انبعاثه، وبذلك ظهرت أهمية التنسيق الإقليمي فيما يتعلق بهذا النمط من الملوثات. كما ينتج ثاني أكسيد الكبريت في المصافي النفطية ومن احتراق زيت الوقود الذي يستخدم كوقود في الأفران، كما أنه ينتج من احتراق الغازات الزائدة من الشعلات. وهذا الغاز يختلط بالرطوبة ليكون حمض الكبريتوز الذي يتسبب عنه أضرار للإنسان والحيوان والنبات كما انه يضر ويؤثر علي المباني والمنشآت. ويمكن لغاز ثاني أكسيد الكبريت أن يتحول إلي غاز ثالث أكسيد الكبريت، والذي يتحول بدورة في وجود الرطوبة إلي حمض الكبريتيك الذي يسبب أضراراً بالغة للجهاز التنفسي وللأنسجة الأخرى، وحمض الكبريتيك بالإضافة إلي حمض النيتريك هما المكونان الرئيسيان لما يسمي

بالأمطار الحمضية، ولثاني أكسيد الكبريت نفسه أضراراً بالغة علي النبات. أهمها إصابة النبات بالنكروزيز أو ما يسمي بالنقرس (Necrosis)، وكذلك إصابته بالشحوب اليخضوري (Chlorosis) ويؤثر ذلك علي خضرة الأشجار والنباتات.

إن التآكل الذي يصيب المنشآت الفلزية والهياكل المعدنية والنحر الذي يصيب المنشآت الخرسانية لهو أبرز الخسائر التي يمني بها الإنسان في الصراع بينه وبين البيئة. ومن أبرز الأسلحة الفتاكة في هذا الصراع هي:

الأمطار الحمضية

إن من أبرز آثار الصراع الدائر بين الإنسان والبيئة والمؤثر علي جودة الهواء في المنظور الإقليمي هي الأمطار الحمضية. وقد كان نهر (توفدال) بالنرويج مسرحاً لهذه العملية، حيث كان هذا النهر من أشهر أنهار أوربا إنتاجية لسمك السلمون وبالدراسات العلمية المستفيضة توصل العلماء إلي أن السبب الرئيسي لاختفاء هذا النوع من السمك هو التلوث الآتي إلي هذا النهر من أوربا كلها وتحمله الأمطار الحمضية المحملة بحمض الكبريتيك والذي كان له أثر كبير في تغيير الظروف البيئية وتسبب في تدمير هذه الثروة السمكية الهائلة بالنسبة للنرويج. وهذا الحمض تكون من منطقة أوربا كلها، حيث تعمل المصانع ومحطات توليد القوي الكهربية التي تدار بالفحم والمشتقات البترولية والمحتوية علي نسبة عالية من الكبريت، حيث ينتج عن الاحتراق غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتصاعد في الجو ثم يتفاعل مع بخار الماء مكوناً حمض الكبريتيك. ومن ثم ينزل ماء المطر من السماء، وهو يتصف بخاصية الحموضة فيتلف كل ما يصادفه، متسبباً في هلاك الحرث والنسل، ومشكلة الأمطار الحمضية ظهرت كمشكلة بيئية مع بداية الثورة الصناعية، ولم يبدأ اهتمام العالم الغربي بها إلا مع بداية عام 1967 عندما لاحظ أحد علماء التربة بالسويد أن الأمطار التي تتساقط فوق بعض مناطق السويد تزيد نسبة حموضتها مع الزمن، وحتى وقت قريب، كان الاعتقاد السائد أن الأمطار الحمضية تنتج من بعض العوامل الطبيعية، والتي لا دخل للإنسان فيها، مثل الغازات الحمضية الناتجة عن البراكين أو من حرائق الغابات أو من تحلل بقايا النباتات والحيوانات، وقد أثبت العلماء أن السبب الرئيسي في تكوين الأمطار الحمضية هو أكاسيد الكبريت والنيتروجين التي تنطلق إلي الهواء

الجوي مع غازات العادم الناتجة عن احتراق الوقود الحفري من محطات القوي الكهربية ومحركات الآلات وأفران المصانع ومن قمائن الطوب، وكذلك قمائن الطوب البلدي التي تستخدم المازوت والزيت الراجع في عمليات الاحتراق. كما تنتج هذه الغازات أيضاً من مصانع إنتاج الأمونيا ومصانع الكوك، والأسمدة ومعامل تكرير البترول والصناعات البتروكيمائية.

والاعتقاد السائد عن ميكانيكية تكوين الأمطار الحمضية يتلخص في أن الغازات المحتوية علي كبريت والمنبعثة من عمليات الاحتراق، وأهمها غاز ثاني أكسيد الكبريت تتفاعل مع أكسجين الهواء الجوي في وجود الأشعة فوق البنفسجية وتتحول إلي ثالث أكسيد الكبريت حيث يتحد هذا الغاز مع بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي ليعطي حمض الكبريتيك حيث يبقي هذا الحمض معلقاً في الهواء علي هيئة رذاذ الحمض مع بعض الغازات القلوية التي قد توجد في الهواء الجوي مثل غاز الأمونيا. وعند سقوط الأمطار فإن رذاذ الحمض أو جسيمات كبريتات الأمونيوم أو حتى غاز ثالث أكسيد الكبريت تذوب جميعها في مياه المطر الذي يسقط علي سطح الأرض في شكل مطر حمضي.

وتشترك أكاسيد النيتروجين مع أكاسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحمضية، حيث تنشأ الأكاسيد النيتروجينية من احتراق الوقود في محطات توليد الطاقة الكهربية وفي المنشآت الصناعية ومن آلات الاحتراق الداخلي. وتذوب الأكاسيد النيتروجينية في مياه المطر وتنزل معه، مثل ما يحدث مع حمض الكبريتيك.

وفي بعض الظروف الجوية الأخرى فإن رذاذ الأحماض المتكونة في الجو (حمض الكبريتيك والنيتريك) تتسبب في تكوين الضباب الحمضي (Acid fog) والندي الحمضي والجليد الحمضي. ويطلق العلماء علي كل هذه الأشكال الحمضية اسم: **الترسب الحمضي**. وهذا الترسب يكون قريب من مصدر الانبعاث وفي دائرة قطرها في حدود 300 كم، والترسب في هذه الدائرة يكون في شكل جسيمات جافة. أما الترسب الرطب (في صورة أمطار حمضية وضباب حمضي وندي) فيكون عادةً بعيداً عن مصدر التلوث في حدود 500 إلي 2000 كم.

أضـــرار الترســـب الحمضي

إن تآكل مواد البناء، من الناحية الاقتصادية، أحد تأثيرات الترسب الحمضي البالغة الخطورة، فنقلاً عن الإدارة الأمريكية لحماية البيئة، أن التكاليف السنوية لإصلاح أو استبدال المنشآت التي يتلفها الترسب الحمضي تزيد علي خمسة بلايين دولار أمريكي. والرخام والحجر الجيري ومواد البناء الأخرى حساسة للترسب الحمضي. فالأحماض تهاجم كربونات الكالسيوم وكذلك تهاجم الهياكل الخرسانية المسلحة ويكفي للحديث عن الأضرار التي تصيب أسقف الأدوار الأخيرة في المباني والمنشآت الموجودة بمدن الدلتا الإسكندرية والمنصورة ودمياط وبورسعيد. وهذا بالإضافة إلي التأثير الضار علي المنشآت والمباني التذكارية.

وحين تتساقط مياه المطر الملوث علي المسطحات المائية – كالمحيطات، والأنهار، والبحار والبحيرات – فإنها تؤدي إلي إصابة الكائنات البحرية بأضرار جسيمة وقد تؤدي إلي هلاك أصناف من الأسماك والدلافين والأحياء المائية الأخرى. ويتسبب سقوط الأمطار الحمضية في زيادة حموضة كثير من الأجسام المائية مما يؤثر علي التوازنات البيئية داخل هذه الأجسام.

وحينما تسقط الأمطار الحمضية علي الأراضي الجيرية فإنها تذيب قدراً كبيراً من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحمله معها إلي مياه الأنهار وتؤدي هذه العملية إلي حدوث عدة أضرار منها:

1. حدوث نحر في التربة.
2. زيادة تركيز الكالسيوم في مياه هذه الأنهار مما يؤدي إلي زيادة عسر المياه ويغير من خصائصها وصلاحيتها للاستخدامات المنزلية والصناعية.
3. التأثير علي جودة التربة، إذ أن ذوبان بعض العناصر الموجود في التربة بفعل مياه الأمطار الحمضية يتسبب في كسح هذه العناصر من التربة والتي يكون النبات في حاجة إليها واهم هذه العناصر التي تذيبها الأمطار الحمضية هي الكالسيوم والبوتاسيوم والماغنسيوم.

4. تساعد الأمطار الحمضية علي إذابة نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة (Heavy metals) من التربة وتجميعها معها إلي مياه البحيرات والأنهار مثل عناصر الرصاص والزئبق والألومنيوم.

إن عمليات التي تحكم سرعة ترسب الأحماض والمواد المحمضة علي الأرض والمدى الذي تصل إليه رحلتها من الجو معقدة وتتوقف علي الظروف الجوية وخصائص سطح الأرض والشكل الذي يكون عليه الملوث، كما أن تأثيرها يتوقف علي عدد من العوامل من أهمها:

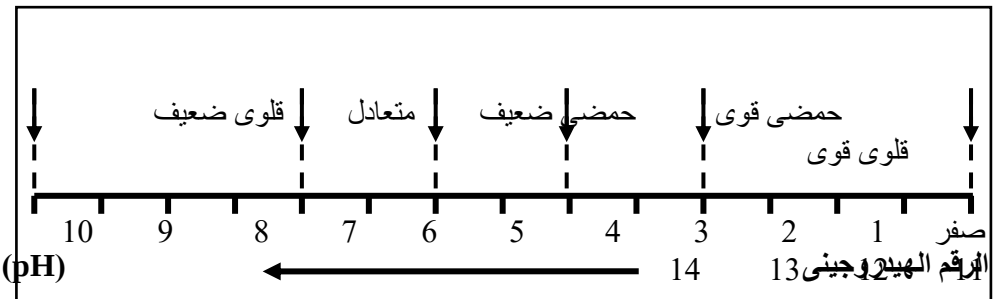
1. كمية الأمطار المتساقطة والفترة الزمنية التي سيستغرقها هطول المطر بالإضافة إلي تركيز الأحماض.
2. التركيب الكيمائي للتربة والنباتات والمياه الطبيعية ومدى تأثر النباتات والكائنات الحية الأخرى والمنشآت بحموضة الأمطار.
3. الظروف الجوية الأخرى مثل درجة الحرارة ووجود مواد ملوثة أخرى قد تكون لها شأن في التأثير علي سرعة التفاعلات الكيمائية التي تتسبب في تلف المنشآت أو الأضرار للكائنات.

وفي الأحوال النموذجية، تبقي الملوثات في الجو مدداً تتفاوت من ساعات إلي أسابيع، قد تقطع فيها مسافات تتفاوت من بضعة كيلومترات إلي ما يزيد علي الألف كيلومتر.

وتقاس درجة الحموضة بالرقم الهيدروجيني (pH)، علي مقاس يمتد من الصفر إلي 14، ويتوقف علي تركيزات أيونات الهيدروجين الموجبة الشحنة في المحلول، كما هو موضح في الشكل (2 – 10). فالمحلول المتعادل كالماء المقطر رقمه الهيدروجيني 7 والمحاليل الحمضية تحتوي علي تركيزات عالية من أيونات الهيدروجين يستدل عليها بقيم منخفضة للرقم الهيدروجيني. فكلما انخفض الرقم الهيدروجيني ارتفعت الحموضة (Acidity).

ومعظم المياه الطبيعية، بما في ذلك المطر والثلج، حمضية نوعاً ما، بسبب المواد الكيمائية الموجودة طبيعياً. وفي المناطق النائية التي لا يصلها مركبات الكبريت والنيتروجين الناشئ عن النشاط الإنساني، يتفاوت الرقم الهيدروجيني للمطر عادةً من 5.2 إلي 5.4. ولقد سجلت قيم أقل من 5 في حالات متفرقة.

ولكن الأحماض العضوية والكميات الصغيرة من حمض النيتريك والكبريتيك الموجودة طبيعياً، والمسببة لهذه الحموضة، لا تأتي بالعواقب نفسها التي تؤثر في الحياة في البحيرات والأنهار وفي الأرض اليابسة كالتي تنجم عن الأحماض المعدنية التي يحتوي عليها الترسب الحمضي.



شكل (10-2): تدرج الرقم الهيدروجينى (pH scale)

ولقد انتهي العلماء إلي أن أيونات الهيدروجين الزائدة في التربة، نتيجة لتلقيها جرعات من الترسب الحمضي، تحل محل عناصر أخرى تشمل المغذيات مثل البوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم، وبذلك يتعوق نمو النبات. كما أن تركيزات أيون الهيدروجين العالية تحرر الألومنيوم، وهو فلز يوجد طبيعياً في التربة، ويمكن أن يكون ساماً للنباتات حالماً يتحرر وذلك بتعويق قدرة الجذور علي امتصاص الماء والمغذيات. ومن الممكن أن تتسبب حموضة الماء في أن تفقد البحيرات والمجاري المائية قدرتها علي تهيئة أسباب الحياة للأنواع التي ازدهرت في ظروف أقل حموضة.

أما كيف تستجيب النظم الإيكولوجية لزيادة المواد الحمضية، فذلك يتوقف علي المعدل الذي تترسب به وعلي التركيب الجيولوجي للمنطقة.فماء المطر الذي يدخل بحيرة أو نهر يسقط بعضه علي سطح الماء، ويجرى علي السطح أو خلال التربة. وتتفاعل أملاح الفلزات الموجودة في التربة مع أيونات الهيدروجين فتعادل حموضة الماء وهو في طريقة إلي البحيرة أو النهر، ويمكن للقدرة أو للسعة التنظيمية للتربة (Buffer capacity) أن تمتص هذه الحموضة وبذلك تبطئ من زيادة حموضة البحيرات والأنهار أو تحول دونه، ولكن هذا لا

يحدث إلا حينما يحتوي نوع التربة بالذات علي الأنواع المناسبة من أملاح الفلزات. فالتربة الرملية أو الرقيقة، هي عموماً حمضية من قبل، وعلي ذلك فقدرتها محدودة علي معادلة تأثيرات الأحماض المترسبة من الجو. أما أنواع التربة القادرة علي الاحتفاظ بكميات كبيرة من الكبريتات والنترات أو الغنية بعناصر الكالسيوم، تستطيع معادلة الحمض، فيمكنها الحيلولة دون دخول الماء الحمضي في البحيرات والأنهار، إلي أن تستنفذ قدرتها التنظيمية، علي الأقل، ويمكن أن تتعادل الحموضة في البحيرة أو النهر نفسيهما إلي مدي أبعد بالتفاعلات الكيمائية المعادلة للأحماض والمعادن الموجودة في الماء والرواسب، ولكن بعضاً من هذه المقدرة يمكن أن تستنفذ بالمدخلات الغزيرة بمضي الوقت.

السيطرة علي الترسب الحمضي

إن أفضل وسيلة لحل مشكلة الترسب الحمضي هي منع تكوينه وذلك عن طريق وقف انبعاثات الأكاسيد الكبريتية والنيتروجينية. والطريقة المثلي لوقف انبعاثات هذه الأكاسيد هي إزالتها من غازات العادم ومن أهم التدابير والوسائل التي يمكن استخدامها فيما يلي:

1. استخدام وقود به نسبة كبريت منخفضة. فمعظم أنواع الوقود بها نسبة من الكبريت تتراوح ما بين 0.15% - 3% بالوزن، وهذه النسبة هي التي تحدد جودة الوقود، وهو عامل هام في تحديد سعرة. والكبريت الموجود في الوقود ينبعث مع غازات العادم في صورة أكاسيد الكبريت، ونظراً لاستعمال كميات هائلة من الوقود بصفة مستمرة في الدول الصناعية، بالتالي سوف ينطلق عنها كميات كبيرة من أكاسيد الكبريت (المناطق الصناعية في أوربا ينطلق منها سنوياً 50 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكبريت ومن الولايات المتحدة الأمريكية نحو 40 مليون طن سنوياً)، ويمكن لمحطات تكرير البترول الحديثة أن تنتج بترولاً منخفض الكبريت. كما يمكن تنظيف معظم أنواع الفحم الحجري من الكبريت الموجود فيه عن طريق السحق وبعض العمليات الكيمائية.

2. تطوير أجهزة ونظم الاحتراق. فعلي المثال يمكن إيقاف الانبعاثات من أكاسيد الكبريت والنيتروجين من الوقود الحفري بإضافة أكسيد الكالسيوم الذي يتفاعل مع هذه الأكاسيد مكوناً كبريتات ونترات الكالسيوم.

3. التخلص من الغازات الكبريتية قبل انطلاقها إلي الجو عن طريق امرار الغازات في محاليل قلوية، حيث تمتص غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتفاعل مكوناً أملاح الكبريتات، والتي تترسب ويمكن فصلها والاستفادة منها.

4. هناك بعض الإجراءات التي يمكن إتباعها لتقليل أخطار وإزالة آثار الأمطار الحمضية، منها:

- طلاء المنشآت والمباني والآثار بأنواع مستحدثه من الطلاء لحمايتها من الآثار الضارة لسقوط الأمطار الحمضية عليها.
- استخدام الجير في معالجة مياه البحيرات التي تتعرض للأمطار الحمضية ويتطلب ذلك حذر شديد وعناية فائقة في استخدام الجير حتى لا ينقلب الحال وتتحول مياه البحيرات من حالة الحموضة إلي الحالة القلوية.

إن تنفيذ التكنولوجيات الخاصة بضبط الانبعاثات أو وضع قيود علي محتوي الفحم من الكبريت يثيران عدداً ضخماًُ من الأسئلة الصعبة والحساسة.

فمن الناحية العلمية:-

- ما المقدار الذي يجب أن تخفض به الانبعاثات لحماية البيئة من تأثيرات الترسب الحمضي؟
- وفي أي المناطق يجب أن تخفض هذه الانبعاثات لحماية البقاع الحساسة البعيدة عن المصدر؟
- هل هناك تكنولوجيات متاحة ورخيصة لضبط الانبعاثات؟

ومن الناحية السياسية:-

- هل اختلاف القيود علي الانبعاثات في المناطق المختلفة مقبول سياسياً؟
- هل يجب تزويد المصانع القديمة المنشأة قبل صدور قانون البيئة (الخاص بالهواء النظيف) بأجهزة الضبط التي لم تكن متاحة حين إنشائها حتى ولو كان ما تبقي من العمر لهذه المصانع، الاقتصادي قصيراً نسبياً؟
- هل يجب تعطيل المصانع القديمة؟ ومن الذي يجب أن يتحمل الثمن.

هذه قضايا عديدة خاصة بموضوع الترسب الحمضي وأثره علي المستوي الإقليمي.

(ثالثاً) المنظور المحلي لتلوث الهواء الجوي *Local air Pollution*

هذا المنظور يتناول تأثير الملوثات في حدود 100 كم من مصدر التلوث. والملوثات المؤثرة في هذا المنظور قد تتضمن ملوثات عامة مثل الجسيمات المعلقة والأتربة (Particulates) وأيضاً ثاني أكسيد الكبريت والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين وكذلك غازي أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون. وقد تتضمن هذه الملوثات ملوثات خاصة تنبعث من صناعات معينة مثل الأمونيا والبروميدات والفلوريدات والكلوريدات والفلور والكلور وكلوريد الهيدروجين ومشتقات من الهيدروكربونات المحتوية علي كلور وكذا المحتوية علي كبريت والكبريتيدات.

ومن الآثار التي تؤثر علي الإنسان ويحملها الهواء الضوضاء وإن كان تأثيرها ينحصر في مصدره.

وسوف نتناول في هذا الجزء أهم ملوثات الهواء الجوي والتي تؤثر تأثيرات مباشرة علي جودة الهواء علي المستوي المحلي:

(1) أول أكسيد الكربون

ينتج غاز أول أكسيد الكربون من عمليات الاحتراق غير الكامل سواء من الصناعة أو من التسخين المنزلي كما أن تدخين السجائر ينشأ عنه تعظيم لأثر أول أكسيد الكربون علي الشخص المدخن. وأهم مصادر التلوث المباشر بغاز أول أكسيد الكربون هو آلات الاحتراق الداخلي المستعملة في وسائل النقل وخصوصاً في المدن المزدحمة، حيث أن كمية أول أكسيد الكربون المنبعثة من وسائل النقل تزداد كلما انخفضت سرعة سريان المركبات.

إن خطورة هذا الغاز تكمن فى أنه لا يمكن الإحساس به لا بالشم ولا بالطعم وليس له لون مميز. ويعتبر هذا الغاز في الوقت الحاضر، أكثر انتشاراً في طبقات الجو السفلي (أي منطقة معيشة وحياة ونشاط إنسان) من أي ملوثات الهواء الأخرى.

وأول أكسيد الكربون ينبعث بكميات كبيرة من بعض العمليات الطبيعية عن طريق الأكسدة الجوية لغاز الميثان الناتج من تحلل المواد العضوية في المستنقعات، وخاصة في المناطق الاستوائية. ولقد وضعت عدة فروض لكيفية تكون غاز أول أكسيد الكربون عن طريق عمليات التحلل أهمها هو تحول غاز الميثان (CH_4) إلي أول أكسيد الكربون (CO) بتفاعله مع جذور الهيدروكسيل (Hydroxyle radical, OH^*) أو مع الأكسجين الذري النشط (O^*).

وكما في المعادلات المقترحة الآتية:

$$CH_4 + OH^* \longrightarrow H_2O + CH^*_3$$
$$CH_4 + O^* \longrightarrow OH^* + CH^*_3$$
$$CH^*_3 + 2O_2 \longrightarrow CO + 3OH^*$$

حيث يلاحظ أن تكون شقوق الهيدروكسيل (OH^*) والأكسجين الذري النشط (O^*) مرة أخرى مما يساعد علي استمرار وسريان التفاعل وبداية تكون هذه الشقوق مرتبط بتواجد الأوزون (O_3) والذي ينتج البوادئ من هذه الشقوق. في وجود ضوء الشمس ($h\nu$) وبخار الماء (H_2O) علي النحو التالي:

$$O_3 \longrightarrow O_2 + O^*$$
$$O^* + H_2O \longrightarrow OH^* + OH^*$$

ويتكون غاز أول أكسيد الكربون من فعاليات وأنشطة الإنسان بإحدى الطرق الآتية:

1- الحرق الغير كامل للمواد العضوية (الوقود العضوي)

بسبب احتواء الوقود العضوي علي مكونات أخرى إضافة إلي الكربون، فإن احتراق هذا الوقود لا يؤدي إلي تكون غاز ثاني أكسيد الكربون فقط، ولكن تحدث تفاعلات عديدة جانبية مع الأكسجين لا تجعله كاف للاحتراق التام. ويمكن تبسيط ذلك في المعادلتين التاليتين:

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO \quad (i)$$
$$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2 \quad (ii)$$

من الملاحظ أن سرعة التفاعل الأول (i) عشرة أضعاف سرعة التفاعل الثاني (ii)، ومعني ذلك أن غاز أول أكسيد الكربون (CO) هو مركب وسيط في التفاعلين المذكورين (i) ، (ii) وبذلك فإنه يمكن أن يظهر جزء من أول أكسيد الكربون في نواتج الاحتراق (غازات العادم) إذا كانت كمية الأكسجين غير

كافية لإتمام تفاعل الاحتراق، أو عدم الامتزاج التام للأكسجين مع الوقود المستخدم أو بسبب خلل، في أجهزة الاحتراق والتي يتسبب عنها عدم ضبط نسبة الوقود إلي الهواء (Fuel/Ai Ratio) هذا بدوره يؤدي إلي تكون غاز أول أكسيد الكربون.

2- من العمليات الصناعية

ويحدث ذلك أثناء تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون والوقود العضوي في درجات الحرارة العالية حيث يتم التفاعل الآتي:

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO$$

ويحدث هذا التفاعل بالتحديد في العمليات الصناعية المتعلقة باختزال واستخلاص الفلزات من خاماتها حيث يستخدم غاز أول أكسيد الكربون كعامل مختزل في إنتاج فلز الحديد من أكاسيده، وفي كثير من الأحيان لا يمكن السيطرة علي غاز أول أكسيد الكربون وتتسرب منه كمية إلي الهواء الجوي.

3- التحلل الحراري لغاز ثاني أكسيد الكربون

في درجات الحرارة العالية يتفكك ناتج الاحتراق النهائي (وهو غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2) إلي غاز أول أكسيد الكربون (CO) والأكسجين الذري (O)، ومن المتعارف عليه علمياً أن كلاً من غازي أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون يوجدان في حالة اتزان ديناميكي في درجات الحرارة العالية:د

$$2CO_2 \Longleftrightarrow 2CO + O_2$$

وكلما ارتفعت درجة الحرارة ينتقل الاتزان إلي الجهة اليمني (أي جهة تكون غاز أول أكسيد الكربون)، فمثلاً: عند درجة 1745م° تتفكك نسبة بحوالي 1% من غاز ثاني أكسيد الكربون، بينما عند درجة حرارة 1940م° تصل نسبة التفكك إلي 5%. ومن الملاحظ أنه إذا تم تبريد مفاجئ للنظام التوازني، السابق ذكره، بين أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون فإن نسبة كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون ستثبت علي حالها لوقت طويل، لأن حدوث توازن جديد يتطلب وقتاً طويلاً في درجات الحرارة المنخفضة.

والسؤال الذي يطرح نفسه الآن: أين يذهب غاز أول أكسيد الكربون في الجو وما هو مصيره؟ سنحاول في السطور القليلة الإجابة علي هذا التساؤل بشيء من الاختصار:

تظهر الحسابات، أنه لولا وجود طريق طبيعي لإزالة وتصريف غاز أول أكسيد الكربون، لتضاعف تركيزه مرات عديدة منذ بداية القرن الحالي وللآن. ولقد كانت هناك بعض الافتراضات، والتي ثبت خطئها، تفترض تسربه خارج المجال الجوي الأرضي عن طريق القطب الجنوبي. وأحدث الافتراضات في هذا الشأن تتضمن الآتي:

- ❖ يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع الأكسجين في وجود ضوء الشمس (أي خلال النهار)، وكما في المعادلة التالية:

$$2CO + O_2 \xrightarrow{\text{ضوء الشمس } h\nu} CO_2$$

ولكن التفاعل لا يستهلك أكثر من 0.1% من تركيز أول أكسيد الكربون الموجود في الجو لكل ساعة من التعرض لضوء الشمس.

- ❖ أجريت دراسات خلال السبعينيات من هذا القرن، أظهرت نتائجها أن إزالة غاز أول أكسيد الكربون تتم عن طريق أنواع معينة من التربة الطبيعية الموجودة علي سطح الأرض كما يلي:

1. تتم الإزالة بطريقة بيولوجية وقد تم فصل أربعة عشر نوعاً من الفطريات الموجودة في التربة والتي بإمكانها امتصاص غاز أول أكسيد الكربون من الجو.
2. أن فعالية التربة الطبيعية، في الأحراش، في امتصاص غاز أول أكسيد الكربون في الجو أعلي بكثير من فاعلية التربة المزروعة والمستغلة من قبل الإنسان.
3. أن فاعلية التربة في المناطق الاستوائية أعلي منها في المناطق الأخرى وأقلها في المناطق الصحراوية والجافة.

تعتمد سرعة إزالة غاز أول أكسيد الكربون من الجو علي درجة الحرارة بالإضافة إلي اعتمادها علي نوع التربة.

4- تأثير غاز أول أكسيد الكربون علي الإنسان

يؤدي التعرض إلي تراكيز عالية من أول أكسيد الكربون بما يزيد علي 100 جزء في المليون إلي الموت، إلا أن تركيز هذا الغاز، حتى في المدن المزدحمة بوسائل النقل، لا زال يقل نوعاً ما عن هذا التركيز، ومع ذلك فإن لهذا الغاز تأثيرات خطرة علي الإنسان حتى في التركيزات المنخفضة.

يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين (Hb) الموجود في الدم، ويسبب عرقلة كبيرة (وقد تكون مميتة) للوظيفة الرئيسية للهيموجلوبين في نقل الأكسجين من الرئة إلي المخ وبقية أجزاء جسم الإنسان عن طريق تكوين الأكسي هيموجلوبين (O_2-Hb)، وإعادة غاز ثاني أكسيد الكربون من الخلايا.

وبواسطة الهيموجلوبين أيضاً يتم التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون. ويتفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين لتكوين مركب الكاربوكسي هيموجلوبين (CO-Hb)

$Hb + O_2 \longrightarrow O_2 - Hb$ (أكسي هيموجلوبين)

$Hb + CO \longrightarrow CO - Hb$ (كاربوكسي هيموجلوبين)

وقد قدر معدل سريان التفاعل الثاني 200 مرة قدر معدل سريان التفاعل الأول، وبناء علي ذلك فإن وجود كمية قليلة من غاز أول أكسيد الكربون مع الهواء المستنشق يؤدي إلي إتحاده بسرعة مع الهيموجلوبين مقارنة بالأكسجين.

عند تعرض الشخص إلي تركيز معين من غاز أول أكسيد الكربون في الهواء يتكون الكاربوكسي هيموجلوبين في دمه إلي أن يصل إلي حد التوازن (أي أن تفاعل تكوين هذا المركب هو تفاعل عكسي) ويبقي تركيز الكاربوكسي هيموجلوبين في الدم ثابتاً ما لم يتغير تركيز غاز أول أكسيد الكربون في المحيط.

ويتوقف التأثير الملموس لغاز أول أكسيد الكربون، علي الإنسان، وعلي تركيزه في الدم حيث يلاحظ ما يلي:

- عند تركيز أقل من 1 جزء في المليون (ج.ف.م، ppm) فإنه لا توجد تأثيرات واضحة.
- عند تركيزات من 1 إلي 2 (ج.ف.م) يظهر تأثير علي التصرف وفقدان جزئي للتوازن.

- عند تركيز من 2 إلي 5 (ج.ف.م) تظهر تأثيرات علي الجهاز العصبي المركزي وتشويش في وظائف العين وبعض الحركات اللاإرادية.
- عند تركيز من 5 إلي 10 (ج.ف.م) يظهر عدم انتظام في دقات القلب وعدم انتظام في وظائف الرئة والتنفس.
- عند تركيز من 10 إلي 80 (ج.ف.م) يظهر صداع وتعب شديد ودوخه وإغماء وتوقف التنفس ثم الموت.

وتجدر الإشارة إلي تركيز الكاربوكسي هيموجلوبين (CO-Hb) في دم المدخنين من ضعفين إلي أربعة أضعاف تركيزه في دم الإنسان العادي من غير المدخنين، وإن العوامل الرئيسية التي ترفع تركيز الكاربوكسي هيموجلوبين في الدم هي التدخين بالدرجة الرئيسية ثم وظيفة الشخص كأن يكون شرطي مرور أو سائق سيارة أجرة في مدينة مزدحمة بالسيارات إضافة إلي ذلك العوامل الجوية، خاصة حين ركود الهواء وحدوث التدرج الحراري المقلوب، والذي سوف نلقي الضوء عليه في آخر هذا الجزء.

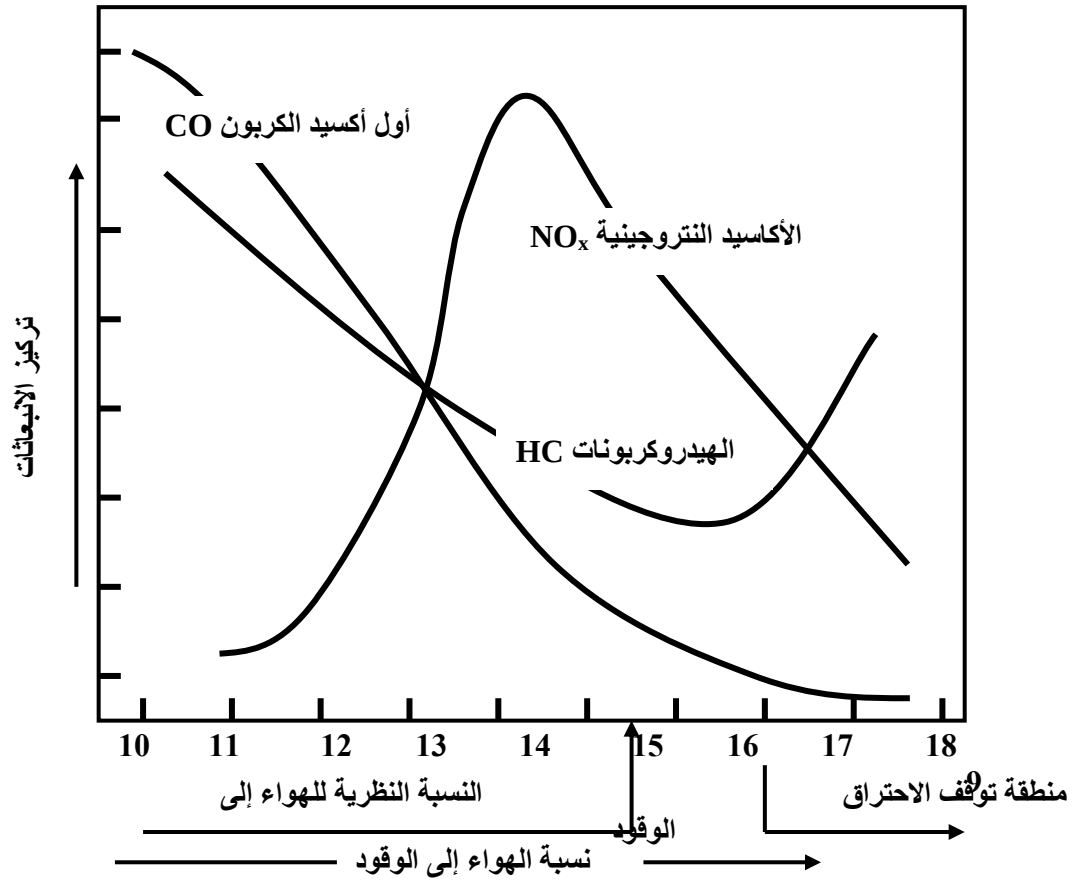
5- التحكم في التلوث بغاز أول أكسيد الكربون

لقد واجهت محاولات التحكم في التلوث بغاز أول أكسيد الكربون الناتج من عوادم السيارات صعوبات عديدة، لأن محاولة تقليل انبعاث غاز أول أكسيد الكربون بواسطة زيادة كمية أكسجين الهواء الجوي لإتمام الاحتراق وتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون قد أدي إلي زيادة في تركيز الأكاسيد النيتروجينية (NO_X) في غازات العادم، كما هو موضح في الشكل (2 – 11).

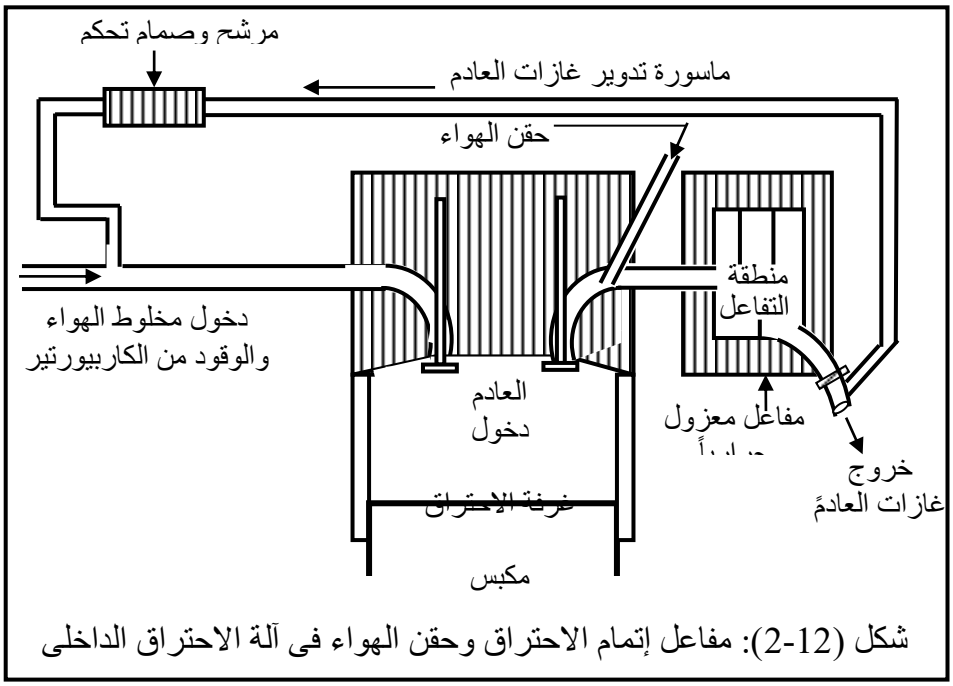
وعموماً فإن هناك اتجاهات لتقليل الانبعاثات من غاز أول أكسيد الكربون من عوادم السيارات نلخص بعضها فيما يلي:

- تطوير آلات الاحتراق الداخلي من خلال تعديل في حجم اسطوانة الاحتراق وتعديل الكاربيوريتير.
- استخدام مفاعلات صغيرة تمرر فيها غازات العادم قبل الخروج إلي الجو لإكمال الاحتراق، حيث يحقن بداخله كمية من الهواء الجوي لإتمام احتراق

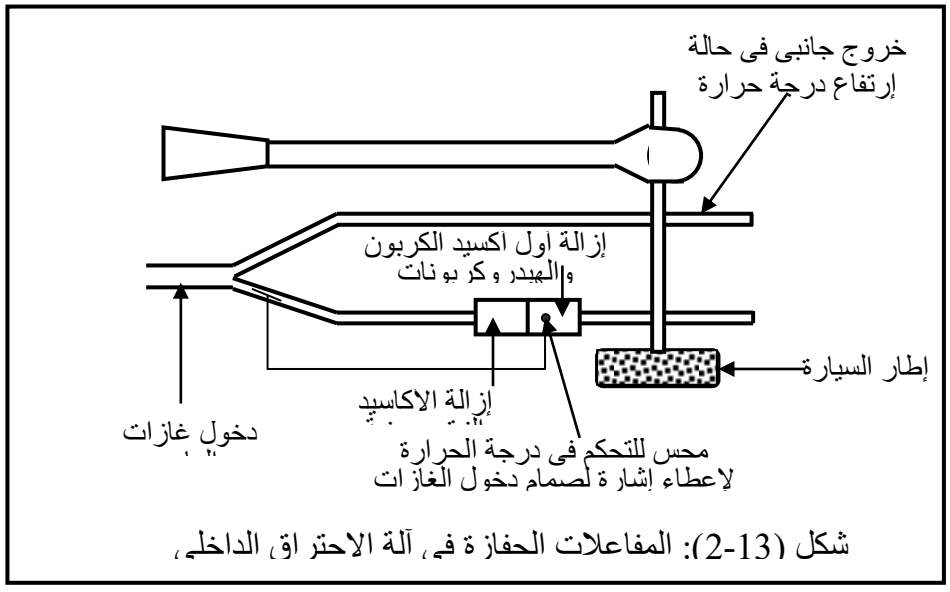
أول أكسيد الكربون وتحويله إلي ثاني أكسيد الكربون كما هو موضح في الشكل (2 – 12) أو استحداث محولات حفازة، باستخدام محول حفاز به أحد الفلزات النبيلة (غير الفعالة) كما هو موضح في الشكل(2 – 13) وتسمي هذه المفاعلات بمحولات ما بعد الحرق (After burner) وهذه المحولات حساسة جداً لأي مواد غريبة مثل الرصاص، وعلي ذلك فإن هذه المحولات غير صالحة عند استخدام الجازولين المحتوي علي رابع ايثلات الرصاص (البنزين المرصرص) الذي يضاف إلي البنزين لتقليل الفرقعة (وبهذا الصدد فإن وزارة البترول المصرية نجحت في الاستغناء تماماً عن إضافة هذه المادة وأصبح الجازولين المستعمل في مصر، معظمه خالي من الرصاص). إن أهم الفلزات المستخدمة كعامل حفاز هي البلاتين والبلاديوم. وعموماً فإن هناك تخوف من تسرب هذه الفلزات إلي البيئة (وإن كانت هذه الفلزات غير سامة في حالتها العنصرية، ولكن أملاحها هي التي تسبب الأضرار).



شكل (11-2): توقف نسبة الانبعاثات على نسبة الهواء إلى الوقود فى آلة الاحتراق



شكل (12-2): مفاعل إتمام الاحتراق وحقن الهواء فى آلة الاحتراق الداخلى



شكل (13-2): المفاعلات الحفازة فى آلة الاحتراق الداخلى

تجري أبحاث في الوقت الراهن لإنتاج وقود جديد للسيارات لا يسبب تلوثاً للجو، باستخدام أنواع جديدة من الوقود أهمها استخدام الغاز الطبيعي وبدأت هذه التجربة في مدينة القاهرة لتسيير بعض مركبات النقل العام. وكذلك استحداث أنواع أخرى من الوقود باستخدام الكحول الإثيلي (جازهول)، كما هناك بعض المحاولات لاستخدام المركبات التي تسير بالطاقة الشمسية وأخرى باستخدام الطاقة الكهربية ولكن لا زالت في مراحل التجريب ولم تصل إلي مرحلة التعميم.

(2) الأكاسيد النيتروجينية (NO_X)

يرمز لهذه المجموعة من الأكاسيد الغازية بالرمز (NO_X) ويمكن الكشف علي ثلاثة منها في الجو علماً بأن مجموع أكاسيد النيتروجين المعروفة هي ثمانية أكاسيد وتشمل:

N_2O, NO, N_2O_3, NO_2, N_2O_4, N_2O_5, NO_3 & N_2O_6

والأكاسيد الموجودة بصورة ملموسة ولها علاقة بجودة الهواء هي:

1. **أكسيد النيتروز (N_2O)**؛ وهو غاز عديم اللون، لا يساعد علي الاشتعال، وغير سام، وله طعم حلو خفيف (ويستخدم في المجالات الطبية في عمليات التخدير).
2. **أكسيد النيتريك (NO)**؛ غاز عديم اللون، لا يساعد علي الاشتعال، عديم الرائحة ولكنه سام.
3. **ثاني أكسيد النيتريك (NO_2)**؛ غاز قهواني محمر، لا يساعد علي الاشتعال، وسام له رائحة قوية خانقة.

وفيما يلي بعض المعلومات ذات الصلة الوثيقة من الناحية البيئية والمتعلقة بهذه الغازات:

مصادر أكاسيد النيتروجين:

تسهم المصادر الطبيعية أكثر مما تسهم به أنشطة وفعاليات الإنسان في ضخ هذه الأكاسيد إلي الجو ويلاحظ بهذا الشأن ما يلي:

- **غاز أكسيد النيتروز (N_2O)**؛ يتكون تقريباً من عمليات طبيعية ولا دخل الإنسان فيها.
- حوالي 80% من كميات **غاز أكسيد النيتريك (NO)** يتولد نتيجة لعمليات طبيعية و20% من النشاط الإنساني.
- **غاز ثاني أكسيد النيتريك (NO_2)** يتولد معظمه من فعاليات وأنشطة الإنسان.
- وأهم العمليات الطبيعية التي تسهم في ضخ القدر الأعظم من الأكاسيد النيتروجينية إلي الجو هي عمليات التحلل البكتيري (Bacterial decomposition) للمركبات التي تحتوي علي نيتروجين في تركيبها وتقدر كميات أكسيد النيتروز المتولدة عن هذه العملية بحوالي 392 مليون طن سنوياً، أما كمية غاز أكسيد النيتريك المتولدة بهذا الأسلوب فتقدر بحوالي 430 مليون طن في السنة.
- وتتولد كمية قليلة نسبياً من الأكاسيد الثلاثة ($NO,NO_2,\&N_2O$) نتيجة لإتحاد الأكسجين والنيتروجين بفعل الصواعق الكهربية، كما يعد حرق الوقود العضوي، المحتوي علي نيتروجين في تركيبه، من الوسائل التي تسهم في توليد أكاسيد النيتروجين ضمن النشاط الإنساني، وتتولد في أثناء عمليات الاحتراق كميات إضافية من الأكاسيد النيتروجينية تعادل أضعاف الكمية المتسببة عن النيتروجين الداخل في تركيب الوقود نفسه، بسبب اتحاد أكسجين ونيتروجين الهواء الجوي في درجات الحرارة العالية أثناء الاحتراق.
- ونظراً لأن غاز (N_2O) غير ملوث للبيئة فإن المقصود بالرمز (NO_x) هما الغازان (NO)،(NO_2) فيما سوف نبينه بعد ذلك، وإذا نظرنا إلي نسبة إنتاج غازات (NO_x) من مصادرها المختلفة نجد أن النسبة الناتجة عن النشاط الإنساني في حدود 11%، وهذه النسبة لا يستهان بها، لأنها تتولد في مواقع العمل وهي مواقع غالباً، ما تكون مأهولة بالسكان وأشكال الحياة الأخرى، هذا بالإضافة إلي أن سوء الأحوال الجوية يلعب دوراً كبيراً في تعقيد المشاكل البيئية الناشئة عن هذه الغازات، وقد تتركز هذه الأكاسيد إلي حدود غير مقبولة تؤدي إلي كوارث بيئية، ومن الناحية الأخرى فإن

الكميات التي تنتج من الأكاسيد النيتروجينية عن العمليات الطبيعية تتوزع علي كافة بقاع الكرة الأرضية وتدخل ضمن التوازنات البيئية الطبيعية.

كيمياء تكون الأكاسيد النيتروجينية

- يتكون الهواء الجوي أساساً، من الأكسجين بنسبة حوالي 21% ومن النيتروجين بنسبة حوالي 78% بالحجم. وفي عمليات الاحتراق وعند درجات الحرارة المرتفعة تتحد الغازات ويتكون أكسيد النيتريك:

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO$$

ومن الناحية الثرموديناميكية فإن التفاعل السابق ماص جداً للحرارة **(Highly endothermic reaction)** ويبتدأ تكون أكسيد النيتريك عند درجة حرارة حوالي 1300°م، ويزداد معدل سريان التفاعل عند درجات الحرارة القريبة من 2000°م، ومع أنه أثناء عملية الاحتراق تتكون كميات قليلة من غاز أكسيد النيتريك، إلا أن هذه الكمية لها مدلول وأثر بيئي كبير الأهمية، حيث أنه بتكون أكسيد النيتريك (NO)، فإنه يتفاعل مع كمية من الأكسجين مكوناً غاز ثاني أكسيد النيتريك:

$$2NO_2 \xrightarrow{\text{(تبريد سريع ومفاجئ)}} O_2 + 2NO$$

ومن عوامل تثبيت غاز أكسيد النيتريك هو التبريد السريع والمفاجئ وبدون ذلك (التبريد التدريجي)، فإن الغاز يتفكك مرة ثانية ويتحول إلي الأكسجين والنيتروجين:

$$2NO \xrightarrow{\text{(تبريد تدريجي)}} N_2 + O_2$$

- أما بخصوص غاز ثاني أكسيد النيتريك (NO_2) فهذا الغاز غير مستقر عند درجات الحرارة العالية، ويبدأ في التفكك فعلياً عند درجة حرارة 150°م ويكون التفكك كاملاً عند درجة 600°م وبذلك فإن كمية قليلة جداً من هذا الغاز تتكون أثناء الاحتراق العادي. وعندما تترك الغازات الناتجة عن عملية الاحتراق منطقة اللهب، فيحدث لها تبريد مفاجئ إلي درجات حرارة أقل من 600°م وبذلك يبدأ جزء من غاز (NO) يتحول إلي غاز (NO_2). ولكن معدل سريان هذا التحول بطئ ويصبح أكثر بطءاً عند انخفاض درجات الحرارة، وبذا فإن كمية (NO_2) الناتجة عن الاحتراق العادي لا تتجاوز 10% من مجمل تركيز غاز (NO_x)، وكما هو ملاحظ عملياً في

الغـازات الناتجـة عـن حـرق الوقـود الثقيـل فـي محطـات توليـد الطاقـة الكهربائيـة، فـي حـين لا تتعدي نسبته من 2 إلـي 3% مـن غـازات عـوادم السيارات.

الدورة الكيمائية الضوئية لغاز ثاني أكسيد النيتروجين

لقد أثبت العلماء أن هناك تفاعلات ضوئية تحدث أثناء النهار في منطقة انبعاثات ثاني أكسيد النيتروجين وهذه تفاعلات متسلسلة، أطلق عليها الدورة الكيمائية الضوئية لثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) تأخذ الشكل التالي:

(1) يتفكك غاز (NO_2) بتأثير ضوء الشمس إلي غاز (NO) والأكسجين الذري (O)

$$NO_2 \xrightarrow{\text{ضوء الشمس}} NO + O \quad \ldots\ldots(i)$$

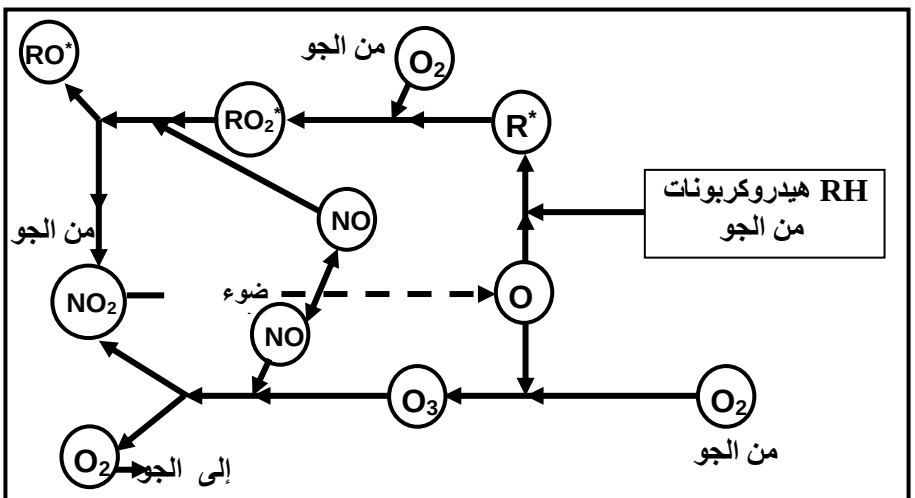
(2) يتفاعل الأكسجين الذري الفعال (النشط)، (O)، والأكسجين الجزيئي (O_2)، في الهواء الجوي ويتكون غاز الأوزون (O_3)

$$O + O_2 \longrightarrow O_3 \quad \ldots..(ii)$$

(3) يتفاعـل غـاز (NO) النـاتج مـن الخطـوة الأولـي مـع الأوزون النـاتج مـن الخطوة الثانية، وإعادة إنتاج (NO_2) الأصلي وتحرير الأكسجين المستهلك في الخطوة الثانية:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2 \quad \ldots\ldots(iii)$$

ومن الواضح نظرياً، أن هذه الدورة تبدأ وتنتهي دون أي إنتاج استهلاك في مكونات الهواء الجوي، ولكن واقع الحال غير ذلك بسبب تداخل ملوثات أخري قد تكون موجودة في الهواء الجوي ناتجة عن النشاط الإنساني ومنها الغازات الهيدروكربونية (RH) التي تنبعث في معظم الأحيان من نفس مصادر غاز ثاني أكسيد النيتروجين، وينشأ عن هذا التداخل زيادة في تكون غاز ثاني أكسيد النيتروجين بالإضافة إلي تكون مركبات أخرى تسبب تلوث الهواء الجوي تسمي المؤكسدات الكيمائية الضوئية، حيث تنشأ عن سلسلة من التفاعلات، والشكل (2 – 14) يوضح سلسلة هذه التداخلات.



شكل (14-2): تداخل الهيدروكربونات مع ثانى أكسيد النيتريك لتكوين

وتجدر الإشارة إلي أن معظم الكمية المتبقية من ثاني أكسيد النيتروجين تتحول إلي حمض النيتريك والذي ينزل مع ماء المطر أو مع الغبار المتساقط، وتبدأ مرحلة جديدة في التخريب البيئي بسبب تأثير هذه المياه الحمضية علي النباتات والحيوانات والممتلكات، إضافة إلي الإنسان نفسه الذي يصبح ضحية للصراع بينه وبين البيئة. ولا زالت ميكانيكية إذابة وإزالة غاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) في ماء المطر غير معروفة بالضبط، حيث أن التفاعل:

$$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$$

بطئ في الظروف العادية وهذه السرعة لا تكفي إلا لإزالة جزء يسير من هذا الغاز. ولقد افترض العلماء انه من الجائز أن يحدث التفاعل الآتي، لتكون حمض النيتريك (HNO_3) في الجو:

$$2NO_2 + O_3 \longrightarrow N_2O_5 + O_2$$

$$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3$$

والآلية السابقة إذا كانت تحدث بالفعل في طبقات الجو العليا، فهذا سوف يضيف خطورة علي استنفاذ طبقة الأوزون الواقية في طبقات الجو العليا، كما سبق توضيحه.

ولقد أثبتت بعض الدراسات الحديثة أن هناك دوراً فعالاً لبعض أنواع من التربة في إزالة الأكاسيد النيتروجينية.

السيطرة علي التلوث بأكاسيد النيتروجين

لا زالت الطرق المتبعة في السيطرة علي التلوث بأكاسيد النيتروجين أقل تطوراً من طرق السيطرة علي الملوثات الغازية الأخرى للأسباب التالية، والتي تعزي جميعاً إلي كون (NO_x) ينتج من حرق الوقود:

1. استعمال أنواع متعددة من الوقود والتي قد تختلف في طبيعتها أو الحالة الطبيعية التي هو عليها أثناء الاستخدام (غاز – سائل – صلب).
2. استعمال تصميمات مختلفة من المحارق.
3. الوصول إلي درجات حرارية مختلفة في أثناء الاحتراق اعتماداً علي طبيعة الوقود وعلي تصميم الحارقة.
4. وجود ملوثات أخرى مع أكاسيد النيتروجين (NO_x) في غازات العادم والتي تسبب عرقلة وتعقيد في عمليات السيطرة علي (NO_x).

وبسبب تداخل هذه الأسباب مع بعضها فليس من السهولة الوصول إلي طريقة موحدة للسيطرة علي غازات (NO_x)، وتعتمد معظم أساليب السيطرة الحديثة علي الأساسيين التاليين:

- إما تحوير الحارقة وضبط ظروف الاحتراق.
- أو إزالة غازات (NO_x) من غازات الاحتراق.

(3) الجسيمات (Particulates)

هي أي مادة تنتشر في الهواء، سواء أكانت صلبة أم سائلة، وهي تشمل المرزذات (الآيروسولات) والغبار والأدخنة وأتربة الأسمنت والأتربة الكيماوية، وتؤدي هذه الجسيمات إلي تقليل أشعة الشمس التي تصل إلي سطح الأرض، حيث يؤثر ذلك في نمو النبات وفي نضج المحاصيل كما أنها تقلل من كفاءة عملية التمثيل الضوئي، فضلاً عن أنها تتسبب في حدوث مشاكل صحية في الجهاز التنفسي للإنسان والحيوان، وذلك حين استنشاق واحتجاز هذه الجسيمات. واختراق هذه الجسيمات للممر التنفسي العلوي يتوقف علي حجم تلك الجسيمات وعلي معدل التنفسي كما يلي:

1. الجسيمات ذات الحجم من 5 إلي 10 ميكرومتر يتم احتجازها علي الشعيرات الموجودة بالأنف ويساعد العطس علي عملية تصفيتها وإخراجها.
2. الجسيمات ذات الحجم من 1 إلي 2 ميكرومتر تمر إلي الحجيرات الهوائية، وهذه الجسيمات من الصغر لدرجة أنها لا تحتجز في الممرات التنفسية

العليا ومع ذلك فحجمها يعتبر إلي حد ما كبير وسرعتها الاستقرارية تسمح لها بالاستقرار ويكون تأثيرها مدمر علي الجهاز التنفسي.

3. الجسيمات ذات الحجوم في حدود 0.5 ميكرومتر يمكنها اختراق أعماق الرئة والاستبقاء بها أياماً وأسابيع وحتى سنين عديدة،

وهناك ثلاثة مصادر للخطورة بسبب تلك الجسيمات:

- بعضاً من تلك الجسيمات غير سامة بحد ذاتها ولكنها تعرقل ميكانيكية إزالة الجسيمات الأخرى السامة.
- قد تكون تلك الجسيمات حاملة لمادة سامة ممتصة أو ممتزة عليها تحملها معها إلي الرئة مثل غازات ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) والأكاسيد النيتروجينية الضارة (NO_x).
- قد تكون تلك الجسيمات سامة بحد ذاتها وتؤثر مباشرة علي الرئة.

ويتسبب عن تلك الجسيمات بعض الأمراض المزمنة منها ضيق التنفس (Airway Resistance) والربو الشعبي (Bronchial Asthma) وتحطيم الحجيرات الهوائية (Pulmonany Emphysema alveoli cancer of the bronchus) وسرطان الرئة.

(4) تلوث الهواء المحلي بالروائح

يتلوث الهواء بروائح بعض الغازات والأبخرة ومعظم الملوثات المتسببة في الراوئح ناتجة عن الأنشطة الإنسانية وفي الغالب ما تكون بسبب سوء تصريف المخلفات وتداولها مثل الروائح الناشئة عن صناعة دباغة الجلود وعن مقالب القمامة ومحطات الصرف الصحي ومزارع الدواجن ومخلفات السلخانات وعن المحارق التي تحرق المواد البلاستيكية.

إن تلوث الهواء بالروائح يعتبر من أهم المشاكل البيئية المحلية والتي تؤثر بشكل ملموس علي الإنسان فهذه الراوئح تؤثر في طبيعة مكونات الهواء، لأنها نتيجة لانبعاث مركبات ضارة ولها تأثيرات مرضية علي صحة الإنسان فهي تؤدي إلي ضعف حاسة الشم، وفي بعض الأحيان تؤدي إلي فقدان الإحساس كلية بالشم ومعظم الملوثات المسببة للروائح مثل غازات كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت ومركبات الكبريت العضوية معظمها مواد كيمائية سامة بالإضافة إلي ما تسببه من أضرار نفسية علي الإنسان وفي معظم الأحيان تجعل حياته جحيم.

:

وتعزي روائح المواد العضوية إلي وجود مجموعات وظيفية تسبب الرائحة وتوجد في مجموعات من المركبات العضوية والجدول (3-2) يبين أهم هذه المجموعات.

جدول (2 – 3) بعض المجموعات الوظيفية التي يتسبب عنها الروائح

المجموعة الوظيفية Functional group	مجموعة المركبات (Family)	
- NH_2	Amines	الأمينات
- SH	Mercaptants	المركبات الكبريت العضوية
= S	Sulphides	الكبريتيدات
- OH	Alcohols	الكحولات
- O	Ethers	الإيثيرات
= CO	Ketones	الكيتونات
- CHO	Aldehydes	الألدهيدات
- COOH	Corboxylicacids	الأحماض العضوية
- F, - Cl, - Br, - I	Halides	الهاليدات

وتكمن مشكلة تلوث الهواء الجوي بالروائح في صعوبة المعالجة، إذ أن الوسائل التكنولوجيا المتاحة غير اقتصادية وغير فعالة في التخلص من المواد الكيمائية المسببة للروائح.

(5) الضوضاء

يعتبر التلوث الصوتي (الضوضاء) منظور رابع يضاف إلي المناظير الثلاث السابقة واعتباره مركزي أي أن تأثيره ينحصر في مصدره وهو وقتي التأثير وموضعي في نفس الوقت، وذلك إذا اعتبرنا أن الصوت ما هو إلا طاقة تصدر من اهتزاز أي جسم يتحرك بسرعة، وهذه الطاقة علي شكل موجات تنتقل في الهواء أو أي وسط آخر. وتنتقل موجات الصوت في الهواء بسرعة 330 متر/ث (عند ثبوت ضغط وسط الانتشار) ووحدة قياس شدة الصوت هي وحدة قوة/مساحة (أي وحدة قياس ضغط) والوحدة الشهيرة لقياس شدة الصوت هي **الديسيبل** وهي تعبر عن أدني فرق بين صوت وآخر تستطيع الأذن البشرية أن تحسه.

والصوت ضروري للإنسان لأنه وسيلة الاتصال ونقل الأفكار وفي مواضع عديدة في القرآن الكريم نجد الإشارة إلي أهمية الصوت كوسيلة تميز الإنسان ففي قوله تعالي من سورة الإسراء (الآية 36):

﴿إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا﴾

وفي سورة البلد (الآيتين 8،9) فيقول الحق سبحانه وتعالي:

﴿ألم نجعل له عينين*ولساناً وشفتين﴾

وإذا كان للصوت هذه الوظيفة الحيوية فما هو إذن التلوث الصوتي وما هي آثاره على الإنسان والأضرار الناتجة عنه؟

يعرف العلماء التلوث الصوتي بأنه: التغير المستمر في أشكال حركة الموجات الصوتية، بحيث تتجاوز شدة الصوت المعدل الطبيعي المسموح به للأذن لالتقاطه وتوصيله إلي الجهاز العصبي وبذلك فإنه يصبح صوتاً غير مرغوب فيه لزيادة حدته وشدته عن الأصوات الطبيعية المناسبة للأذن والتي خلق الله عليها الإنسان وكذلك الحيوان.

وتنقسم آثار التلوث الصوتي إلي ثلاث فئات:

1. **التأثير المزمن:** ويقصد به التعرض المستمر للضوضاء، وينشأ هذا التأثير للأفراد القاطنين في المناطق المزدحمة وكذلك بجوار المصانع والمطارات وبجوار محطات السكك الحديدية.
2. **التأثير المؤقت:** مثل التعرض لسماع أصوات عالية لفترة وجيزة مثل سماع أصوات طلقات نارية أو ارتطام جسم لفترة قصيرة وهذا التأثير لا تنشأ عنه أضرار مميزة.
3. **التأثير المؤقت ويترك ضرر دائم:** وهذا النوع من التأثير يترك أثراً علي الجهاز السمعي للإنسان يصعب معالجته ومداواته مثل التعرض للموجات الانفجارية والتي يتسبب عنها إصابة للأذن الوسطي بسبب موجات الضغط العالية، المصاحبة لهذه التفجيرات، وربما يحدث ذلك ثقباً في طبلة الأذن أو تأثير ضار علي الجهاز العصبي السمعي.

الأضرار الناجمة عن الضوضاء:

الضوضاء مثلها مثل باقي الملوثات الأخرى تحدث ضرراً تظهر آثاره بالتدريج ولذلك فإن الأبحاث والدراسات الخاصة بالربط بين الضوضاء وظهور أمراض معينة تأخذ وقتاً طويلاً، وعموماً فإن معظم الدراسات التي أجريت في هذا المجال تمت في بيئة العمل وداخل المؤسسات الإنتاجية حيث يسهل التحكم في ظروف القياس والمراقبة. وعموماً فإنه بات مستقراً لدي جمهور كبير من العلماء أن الضوضاء السبب في كثير من الأمراض العضوية المزمنة وفيما يلي بعض ما توصل إليه العلماء في هذا الشأن:

- يؤثر الضوضاء بشكل واضح علي الأذن وعلي قوة السمع وعموماً فإن العمال بالمصانع الذين يتعرضون للضوضاء بشكل مباشر ومستمر فإن الإصابة بضعف السمع المزمن عالية.
- التعرض اليومي المستمر لسماع صوت عال مدو مفاجئ يتسبب عنه صمم كامل، حيث أنه ينشأ عن ذلك ثقب في طبلة الأذن أو كسر للعظيمات السمعية أو تلف للأعصاب الحسية، كما أن جهاز التوازن الموجود بالأذن الداخلية يتأثر ويشعر الإنسان بالدوار والقئ.
- للأصوات المرتفعة تأثيرات ضارة علي الدورة الدموية، حيث أن الأصوات العالية المفاجئة تجعل الشعيرات الدموية تتقلص وقد تؤثر علي نشاط الأنسجة. كما أن التعرض للضوضاء لفترات طويلة يؤدي إلي حدث انقباض في الأوعية الدموية، وارتفاع في ضغط الدم.
- يتأثر الجهاز العصبي بالضوضاء، حيث تندفع إليه الموجات الصوتية في صورة إشارات كهربية، وتعبر هذه الإشارات الألياف العصبية حتى تصل إلي المخ وتهيج خلايا لحاء المخ وتصل هذه الآثار إلي تهييج الجهاز العصبي اللاإرادي وخاصة الجهاز السمبتاوي الذي يؤثر بدوره علي الكثير من أعضاء الجسم كالقلب الذي يسرع دقاته، وعلي الجهاز الهضمي الذي تتقلص بعض عضلاته حيث تزيد افرازات المعدة كما تتأثر افرازات الكبد والبنكرياس والأمعاء. كما تتأثر افرازات الغدد الصماء مثل مادة الأدرينالين والنور أدرينالين، حيث ترتفع نسبة هذه الافرازات في الدم. وبالتالي تؤثر في أعضاء الجسم المختلفة. ومن المعروف إن زيادة نسبة مادة الأدرينالين يؤدي إلي حدوث ارتفاع نسبة السكر في الدم. وكذلك

تؤدي الضوضاء إلي حدوث الأرق والتوتر العصبي وكثير من أمراض العصر يعزي العلماء كثير من أسبابها إلي الضوضاء التي يحدثها الإنسان.

- أما عن تأثير الضوضاء علي إنتاجية العاملين وعلي درجة استيعاب الطلاب في المدارس والجامعات فهناك عديد من الدراسات التي تؤكد أن الضوضاء تؤثر تأثيراً وملموساً علي مقدرة الإنسان وكفاءته في إنجاز الأعمال الذهنية وكذلك علي القدرة الاستيعابية للطلاب.

وسائل مكافحة الضوضاء

إن التلوث الضوضائي هو السهل الممتنع لأن معظمه لا يتطلب وسائل أو تقنيات بقدر ما هو في حاجة إلي تعديل سلوكيات وتخطيط سليم نلخص بعضاً منها فيما يلي:

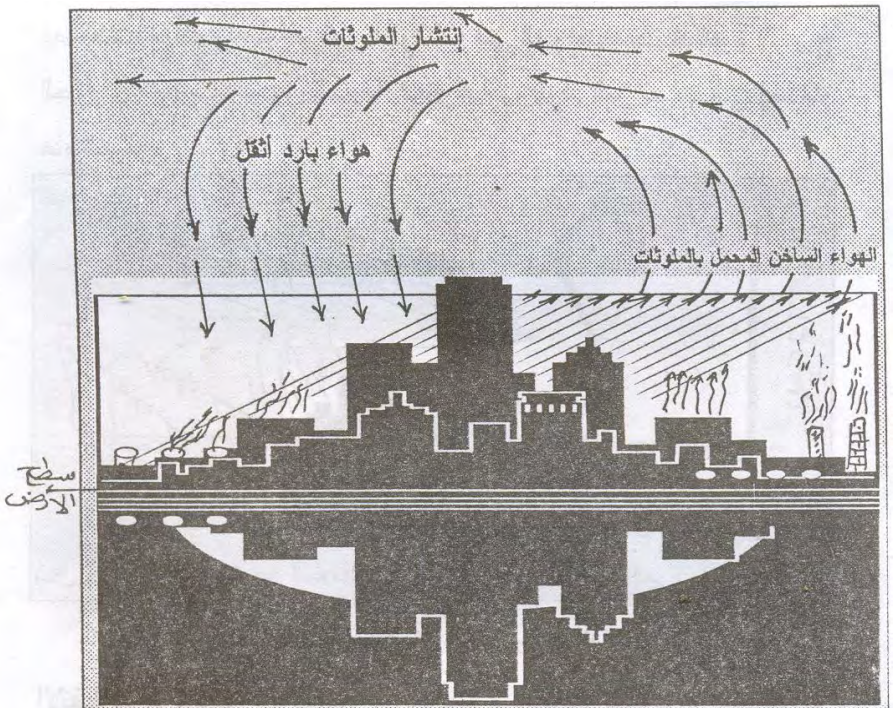
1. استعمال سدادات الأذن في بيئة العمل التي ينشأ عنها ضوضاء حتمية.
2. يراعي في تصميم المعدات الميكانيكية أن تكون مثبتة علي أرض تمتص الاهتزازات وكذلك تكون الحوائط والجدران من التي تمتص الصوت ولا تعكسه واستعمال كواتم الصوت.
3. منع استخدام آلات التنبيه في السيارات في الأماكن المزدحمة وبالقرب من المدارس والمستشفيات.
4. بناء المطارات ومحطات السكك الحديدية ومواقف السيارات بعيداً عن المناطق المزدحمة.
5. نقل المصانع والورش إلي أحياء صناعية بعيدة عن المناطق السكنية.

(6) ظاهرة التدرج الحراري المقلوب Temperature inversion

لقد كانت هذه الظاهرة سبباً في عديد من الكوارث البيئية، وتفسر هذه الظاهرة، بأن الحالة الطبيعية في منطقة التروبوسفير في الغلاف الجوي – وهي المنطقة ابتداء من سطح البحر وإلي ارتفاع 10 كم – أن درجة الحرارة تنخفض كلما ارتفعنا من سطح الأرض. من الناحية الأخرى، وكما هو معلوم، فإن حركة الهواء في هذه المنطقة يمكن تحليلها إلي مركبتين: الحركة الرأسية والحركة الأفقية بموازاة سطح الأرض، وتؤثر الطبيعة الجغرافية لأي منطقة

مثل وجود التلال والوديان علي الحركة الأفقية للهواء بالدرجة الرئيسية. ويلاحظ التأثير نفسه للمباني العالية في المدن، وفي هذه الحالة يعتمد تصريف الملوثات عن طريق نشرها علي أكبر مساحة من الأرض علي الحركة الرأسية للهواء بالدرجة الأولي. ويتحكم التوزيع الحراري الطبيعي في منطقة التروبوسفير (أي الانخفاض التدريجي كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض) في الظروف الطبيعية، كما هو موضح في الشكل (2 – 15).

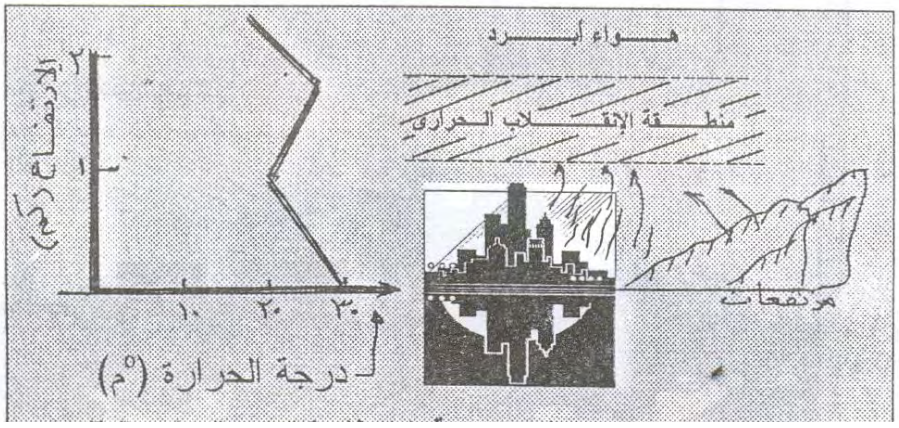
ولقد فسر العلماء الحالة في الظروف الطبيعية أن الهواء القريب من سطح الأرض يكون ساخناً وخفيفاً، وبذلك تكون كثافته قليلة ويرتفع إلي أعلي ويحل محله هواء بارد من الطبقات العليا (ذو الكثافة الأعلى) ولذا ففي الظروف الطبيعية تنتشر الملوثات المحمولة مع الهواء الساخن بفعل استمرارية الحركة الرأسية وتتوزع علي حجم كبير من الهواء وبذا تصبح مخففة جداً في الجو.



شكل (2-15):انتشار الملوثات فى الهواء فى الظروف الجوية العادية

وفي ظاهرة التدرج الحراري المقلوب بسبب عدد من العوامل الجوية. وتتميز هذه الحالة في أن الانخفاض التدريجي لدرجة الحرارة مع الارتفاع

يتوقف عند ارتفاع معين وتبدأ درجة الحرارة بالازدياد وبعد عبور منطقة الانقلاب (Inversion) تبدأ الحرارة في الانخفاض مرة ثانية. وعند ركود الهواء يحدث ثبوت مؤقت لهذه التيارات الهوائية الدافئة نسبياً، فوق منطقة هوائية أبرد منها ويؤدي ذلك إلي تعقيدات بيئية جسيمة بسبب احتباس وعرقلة انتشار الملوثات حيث أن الهواء الساخن المحمل بالملوثات يرتد عند قربه من منطقة الهواء الساخن (المقلوبة) وتكون النتيجة تضاعف تركيزات الملوثات بعد فترة قصيرة، وهذا يؤدي إلي زيادة التأثير علي الإنسان وعلي بقية أشكال الحياة الأخرى. والشكل (2 – 16) يبين إيضاحات إضافية لعملية تركيز الملوثات في الهواء بسبب ظاهرة التدرج الحراري المقلوب، ودور الطبيعة الجغرافية ووجود المرتفعات في إحداث هذه الظاهرة.



شكل (2-16):زيادة تركيز الملوثات الهوائية بفعل ظاهرة التدرج الحرارى

وفي الوقت نفسه فإن الطبقة الهوائية الدافئة الراكدة (منطقة الانقلاب)، تكون راكدة، وغالباً ما تحدث ظاهرة الانقلاب الحراري في جو صحو، وهذا يسمح لأكبر كمية من ضوء الشمس للوصول إلي منطقة تراكم الملوثات الهوائية القريبة من سطح الأرض ومجال حياة الإنسان وبذلك تتفاقم المشاكل البيئية أكثر نتيجة للتفاعلات الضوئية المضافة لبعض الملوثات الهوائية الحساسة لضوء الشمس، وبذا تنشأ ملوثات جديدة لم تكن موجودة أصلاً مثل الأوزون والهيدروكربونات المؤكسدة وغيرها (كما سبق توضيحه).

(ثالثاً) جودة التربة والتنمية

من الصعب تحديد ملوثات خاصة بالتربة، وإنما ملوثات التربة في الغالب، تأتي إليها إما عن طريق الماء أو الهواء، أو بتعبير آخر إن ما يلوث الماء أو الهواء فهو بالقطع، إذا وجد في التربة، سوف يحدث لها تلوثاً. وتلوث الأرض والتربة مرتبط ارتباطاً وثيقاً بعملية التنمية. كما أن ملوثات التربة قد تنتقل إلي الماء والهواء وتسبب لهما تلوثاً أيضاً.

إذن منظور جودة التربة هو في الواقع منظور آخر لحماية الماء والهواء. وتلوث التربة، بوجه عام، هو نتيجة لتراكم المواد والمخلفات الصلبة التي تنتج عن النشاط الإنساني ثم تنعكس مرة أخرى علي الإنسان في صور عديدة نلخصها فيما يلي:

(1): تلوث التربة الزراعية

إن التربة الزراعية تكون عادة خليط من التربة الطينية والتربة الرملية، وهي تتكون من مزيج من الحبيبات الصغيرة والكبيرة. وتحتوي التربة الزراعية علي الدبال الناتج من تحلل المواد العضوية، وهذه المادةغنية بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات، كما أن بعض العناصر مثل الكالسيوم في مكونات التربة تساعد علي حفظ الرقم الهيدروجيني للتربة وكذلك تساعد علي تهويتها لتيسر نمو الجذور.

وتتلوث التربة الزراعية نتيجة لتراكم المخلفات الصلبة التي تنتج من المصانع والمزارع والمنازل والمطاعم وغيرها من الأنشطة الإنسانية، كما أن استنزاف بعض العناصر من التربة قد يفقدها خصوبتها. والملوثات التي تدخل غريبة علي مكوناتها الطبيعية تؤثر علي الكائنات الدقيقة التي تعيش في التربة وتحدث إرباكاً في التوازنات البيئية الموجودة في التربة.

* فعلي سبيل المثال، لا الحصر، استخدام المبيدات قد تتسبب في قتل البكتيريا المسئولة عن تحلل المواد العضوية وعن تثبيت عنصر النيتروجين، هذا بالإضافة إلي تلاشي بعض أنواع من الكائنات المسئولة عن حفظ التوازن البيولوجي داخل التربة مما يساعد علي ظهور وسيادة كائنات أخرى ضارة.

ومن مظاهر تلوث التربة وفسادها ارتفاع نسبة الأملاح فيها عن المعدل، وهذا في الغالب ناشئ عن تلوث مياه الري، أو قد ينشأ عن الترسب الحمضي، ويؤدي ذلك إلي تغيير الوسط البيئي الذي يمكن للنبات أن ينمو ويعيش ويتكاثر فيه. ومع مضي الزمن تضعف قدرة النباتات علي المقاومة فتموت، وقد تظهر بدلاً منها نباتات شوكية وحشائش وأعشاب تستطيع أن تتحمل الحياة في هذه الظروف الغير مواتية. ومع زيادة تملح التربة يزداد اختفاء النباتات، وتتحول الأرض إلي مناطق جرداء، وتشيع فيها المظاهر الصحراوية ويطلق علي هذه الظاهرة ظاهرة التصحر، وهي من الظواهر البيئية التي استرعت الانتباه في الفترة الأخيرة.

(2): آلات المطر كأداة في الصراع بين الإنسان والبيئة

إن الغابات جزء عظيم الأهمية من النظام الأرضي وهي ميدان واسع شهد معارك ضارية في الصراع بين الإنسان والبيئة علي المناظير الثلاثة المحلية والإقليمية والعالمية:

أ- علي المنظور المحلي

فإن الغابات تحمي التربة من الأمطار والرياح التي من شأنها أن تجرفها أو تعصف بها لولا وجود هذه الأشجار. وعلي الرغم من النمو الوافر في الغابات المدارية فإن معظم التربة التي تمدها بأسباب الحياة عميقة بدرجة ملحوظة. إذ تعمل درجات الحرارة العالية وسقوط الأمطار طوال العام علي كسح العناصر المغذية من التربة وتعتمد هذه النباتات علي المخزون الداخلي بها من هذه العناصر الغذائية. وبعد إزالة الغابات للزراعة أو الرعي أو للحصول علي الأخشاب، فإن الفرصة لإمكان عودة ونمو الأشجار في التربة الفقيرة، تكون ضعيفة.

إن عملية تحات التربة عملية طبيعية. ولولاها ما تكونت دلتات الأنهار، حيث أن الطمي الذي تجرفه الأنهار وينتقل خلال الجداول والأنهار يترسب عند المصبات. ولكن التربة المكشوفة في موقع أزيل الكساء النباتي من عليه يعجل هذه العملية الطبيعية إلي حد كبير، حتى أن بعض الخزانات والسدود الموجودة في مواقع عديدة عبر مجاري الأنهار مليئة بالرواسب بمعدل أسرع كثيراً مما كان متوقعاً.

ب- علي المنظور الإقليمي

فإن نظم الغابات الإيكولوجية تعيد دورة ماء المطر وتدفع به ثانية إلي الجو عن طريق التبخر من التربة وسطوح الأوراق والنتح من النباتات، وهذه عملية عالية الكفاءة لدرجة أن علماء الأيكولوجيا (علماء البيئة) يسمون الغابات المدارية **آلات المطر** وأنماط سقوط المطر في أحواض معظم الأنهار تتوقف علي وجود الغابات وقد قام فريق من العلماء بدراسة عن تأثير إزالة الغابات في إعادة دورة ماء المطر في وسط حوض الأمازون تبين منها أن إزالة الغابات تضعف إعادة دورة الماء القوية، ويمكن أن تؤدي إلي خفض الأمطار في المنطقة.

ولقد أدي جريان الماء السطحي السريع من مناطق الغابات المزالة، ببعض العلماء، إلي الربط بين فيضان عام 1988 في بنجلاديش وإزالة الغابات في جبال الهيمالايا. وفي هذا الفيضان الذي كان أسوأ فيضان شهدته بنجلاديش، غمر ثلثا البلد تحت الماء عدة أيام وشرد 25 مليون شخص من سكان البلد (المائة وعشرة مليون نسمة) وأصبحوا بلا مأوي. والفرضية التي يفترضها الباحثون هي أن إزالة الغابات قد قللت من قدرة مستجمعات المياه العالية في جبال الهيمالايا علي خزن المياه وتخفيف تدفق النهر في خليج البنغال.

ج- علي المنظور العالمي

فإن الغابات تقوم بدور أساسي في دورة ثاني أكسيد الكربون في الطبيعة. فالغطاء النباتي في الغابات يمتص الطاقة التي من شأنها أن تنعكس ثانية إلي الجو لو كانت التربة جرداء. والنباتات تلتقط ثاني أكسيد الكربون من الجو أثناء نموها، وينطلق ثاني أكسيد الكربون إلي الجو ثانية عندما تحرق أو تموت وتحلل هذه النباتات.

ويأخذ جميع العوامل في الاعتبار، لو أن مقدار الغطاء النباتي من الغابات ظل ثابتاً لتساوي ما يلتقط وما ينطلق من ثاني أكسيد الكربون علي المدى الطويل. ولكن المعضلة أن ما يقطع من الأشجار يفوق ما يزرع علي النطاق العالمي، فإن ثاني أكسيد الكربون المنطلق إلي الجو يفوق ما يلتقط، وتشير بعض الدراسات والتقارير العلمية أن إزالة الغابات يمكن أن تكون العامل الرئيسي المسئول عن حوالي 20% من زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو. ونظراً لدور الغابات الهام في الحفاظ علي توازن كميات ثاني أكسيد الكربون في الجو، فإن بعض الباحثين يحاولون إثبات أن إعادة التشجير يمكن أن يساعد علي وقف تعاظم أثر ثاني أكسيد الكربون الجوي الناشئ عن الأنشطة البشرية في صراع الإنسان مع البيئة. إن مشروعات إعادة التشجير يمكن أن تحدث نقراً صغيراً في تراكم ثاني أكسيد الكربون، وتقدم في الوقت نفسه فوائد أخرى فيما يتعلق بنوعية الماء والأنواع والتي تعيش في الغابات.

(3): تلاشي الأنواع النباتية والحيوانية في الصراع بين الإنسان والبيئة

إن الصراع بين الإنسان والبيئة امتدت آثاره المدمرة علي كلا الطرفين المتصارعين في تلاشي وتدمير المواطن والموائل الطبيعية للأنواع المختلفة من الكائنات وذلك بإزالة الغابات المدارية المطيرة من أجل الزراعة والرعي، وغيرهما من الاستخدامات الأخرى الضرورية لإعالة سكان العالم وتوفير أسباب الحياة لهم علي مستوي مقبول، كما تفقد أنواع نباتية وحيوانية بلا رجعة، قبل أن يتمكن علماء التصنيف من التعرف عليها.

لقد اعتمدت الحضارة البشرية علي التنوع الطبيعي للكائنات الحية واستغل الإنسان، علي مر العصور، آلاف الأنواع من الغذاء. ولكن الأنواع التي يستخدمها الإنسان، لمده بأسباب الحياة، ما هي إلا جزء صغير من المجموع الكلي للأنواع علي وجه الأرض. فلقد تم التعرف علي ما يقرب من 1.4 مليون نوع من الأنواع وتسميتها أسماء علمية، ولكن العلماء يقدرون أنه لا يزال هناك ملايين من الأنواع لم يتم تصنيفها في المناطق المدارية الغنية بالأنواع. ولقد تراوحت تقديرات العدد الكلي للأنواع علي الأرض، حتى الثمانينيات، ما بين الثلاثة والعشرة ملايين نوع. وتم مراجعة وتقدير وتعديل

عدد الأنواع الحشرية، بعد ذلك، لتصل وحدها إلي حوالي 30 مليون نوع علي النطاق العالمي. ويساور العلماء والجماهير القلق لأن إزالة الغابات، في الصراع الدائر بين الإنسان والبيئة، سيفقد الموائل الطبيعية لعدد كبير من الأنواع وسيذهب الكثير منها قبل، وحتى، العلم بوجودها وتصنيفها.

إن فقد نوع من الأنواع هو، من وجهة نظر إنسانية، فقد لما أن يكون اسهاما قيماً فيما فيه نفع للإنسانية، فعلى سبيل المثال هناك 75000 نوع نباتي له أجزاء صالحة للأكل. وبعض هذه الأنواع أفضل مما هو شائع اليوم. وهناك أنواع أخرى تمد بمقومات هامة للمواد الدوائية والألياف، وبدائل البنزول، وكذلك الأعشاب الطبية.

إن في تنوع الأنواع ثروة العالم للجينات المتاحة، والتي هي من أهم موارد كوكب الأرض ولا يمكن الاستغناء عنها. فكل كائن رقيق وحيوان ونبات يحتوي علي ما بين مليون وعشرة بلايين معلومة في نظامه الشفري الوراثي. ويستفيد العلماء من هذه الثروة الجينية لتحسين الأنواع، التي يستخدمها الإنسان، لتحسين الغلة أو الاستجابة لمختلف أنواع التربة والمناخ، أو لمقاومة الآفات والأمراض. وبصرف النظر عن الأسباب التي تدعو لصون الأنواع المدارية لأغراض الاستغلال البشري ليس إلا، فيجب أن ندرك بأن الإنسان هو الخليفة علي الأرض، والأمين عليها، وهو المسئول عن صون تنوعها. والإنسان، في صراعه المحموم بينه وبين البيئة، يستأصل في طرفة عين، من زمن النشوء، أنواعاً جرى نشوؤها علي مر الملايين من السنين.

وفي الوقت الذي تهدد فيه إزالة الغابات التنوع الأحيائي، تنذر التغيرات المتنبأ بها في المناخ، أيضاً، بتعرض أنواع العالم النباتية والحيوانية لمزيد من الإجهاد. فحينما تتغير أنماط درجات الحرارة والتساقط يتغير فيه كذلك النطاق الجغرافي الذي فيه يستطيع نوع معين البقاء. وسيؤدي ذلك إلي ارتحال الأنواع. **والسؤال الرئيسي هو: إلي أي مدي يستطيع نوع، من الأنواع النباتية أو الحيوانية، أن يكون سريعاً في ارتحاله (هجرته) عندما تتغير بيئته وموئله المناسب؟** لقد حدث منذ ما يقرب من 10000 إلي 12000 سنة، أثناء التراجع الأخير للمثلجات وارتفاع درجات الحرارة بمقدار ثلاثة إلي خمسة درجات مئوية، أن ارتحلت أشجار الغابات بمعدلات تفاوتت من 25 إلي 40 كم لكل 100 سنة. وتدل تحليلات حبوب اللقاح الحفرية علي أن غابات الزان انتقلت

بمعدل بلغ 20 كم لكل 100 سنة، وهذا أقل كثيراً مما هو ضروري لمسايرة التغيرات المناخية المتوقعة للقرن المقبل. حيث أنه من المحتمل أن تكون معدلات التغير المناخي المتنبأ بها للقرن المقبل أربعين مثل تلك المعدلات في نهاية العصر الجليدي الأخير. ومن الصعب التنبؤ أي الأنواع النباتية ستستطيع البقاء. والمؤكد أن كل نوع، علي حدة، سيستجيب بطريقته الخاصة. فقد ينقرض بعضها، وقد يبقي البعض الآخر بأعداد أقل أو بتغيرات في التوزع الجغرافي. وحينما تستجيب الأنواع المختلفة، فمن المحتمل أن تكون عشائر من الأنواع النباتية مختلفة عما لدينا الآن.

والأنواع التي تستطيع مسايرة التغيرات المناخية سوف تصادف حواجز أثناء ارتحالها، حيث يمكن أن تعترض طريقها مدن أو محيطات أو سلاسل جبلية، خاصة في حالة الأنواع المعزولة في محميات أعدت لصونها بالذات.

ولقد تحرك العالم واخذ زمام المبادرة في مسألة صون التنوع البيولوجي من خلال إبرام عديد من الاتفاقيات الدولية، والتي لم تكن مصر بمعزل عنها، بشأن قضايا الحفاظ علي التنوع الحيوي وصيانة فصائل الكائنات الحيوانية والنباتية والبرية والبحرية المعرضة لخطر تناقص أعدادها وانقراضها.

وقد سعت مصر إلي تبني التشريعات الوطنية الخاصة بحماية التنوع البيولوجي صيانة لحقوق الأجيال المقبلة في الانتفاع بموارده وعناصره. ونذكر هنا علي وجه الخصوص القانون رقم (102) لسنة 1983 بشأن المحميات الطبيعية. كما انضمت مصر إلي العديد من الاتفاقات الدولية التي تتعلق بحماية أنواع الكائنات الحية الحيوانية والنباتية المعرضة لخطر الانقراض منها:

2. اتفاقية واشنطن لعام 1946، الخاصة بتنظيم صيد الحيتان، والتي انضمت إليها مصر في عام 1981 ثم عادت وانسحبت منها في عام 1989.
3. اتفاقية الجزائر لعام 1968 حول حماية الطبيعة والموارد الطبيعية في القارة الإفريقية، والتي انضمت إليها مصر وصارت نافذة فيها بدءاً من 12 مايو 1971.
4. اتفاقية رامسار لعام 1971 المتعلقة بحماية الأراضي الرطبة كموائل للطيور المائية.

:

5. اتفاقية باريس لعام 1972 بشأن حماية التراث العالمي الثقافي والطبيعي، والتي انضمت إليها مصر وصارت نافذة فيها منذ 18 ديسمبر 1975.
6. اتفاقية واشنطن لعام 1973 بشأن الاتجار الدولي في الأنواع الحيوانية والنباتية البحرية المهددة بالانقراض.
7. اتفاقية **التنوع الحيوي** في ريودي جانيرو بالبرازيل في 1992/6/5 أبان انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة الثاني حول **البيئة والتنمية** أو ما أطلق عليه **قمة الأرض**، وقد وافقت مصر علي تلك الاتفاقية في 1994/2/16، وتم التصديق عليها في 1994/5/11 ونشرت في الجريدة الرسمية في 1994/8/8، وبدء سريانها في 1994/8/31، وصارت بذلك قانوناً مصرياً واجب الاحترام والتطبيق. وهذه الاتفاقية تتكون من اثنين وأربعين مادة، والمادة السادسة منها تطلب من الدول الموقعة علي الاتفاقية إعداد وثيقة للإستراتيجية الوطنية لصون التنوع البيولوجي. ولقد أعدت وحدة التنوع البيولوجي، بجهاز شئون البيئة، الوثيقة المصرية لصون التنوع البيولوجي وتم مناقشتها في أكتوبر 1997 في مؤتمر قومي عقد لهذا الغرض. وكان الهدف الأساسي من وضع هذه الوثيقة هو وضع استراتيجية وطنية للتنوع البيولوجي في مصر لإرساء الأسس الرشيدة لتنمية الثروات الطبيعية للبلاد تنمية متواصلة وصونها بحيث تظل صالحة للاستخدام قادرة علي العطاء، بما يكفل الوفاء بالاحتياجات المشروعة والرفاهية للأجيال الحالية، ويحفظ للأجيال القادمة حقها في عطاء هذه الثروات علي المدى القريب والمدى البعيد، ويحقق القدر الأكبر من المواءمة بين خطط التنمية في الدولة بعناصرها المختلفة من زراعة وصناعة وتعدين وسياحة وإسكان وبين خطط الصون.

وتقصد هذه الإستراتيجية إلي تبيين حدود المسئولية الاجتماعية في الحاضر، لأن التنمية المتواصلة تقتضي العدل في توزيع الحصيلة والحفاظ علي السلام الاجتماعي، وإلي تبين حدود المسئولية الأخلاقية تجاه أجيال الأبناء والأحفاد، لأن التنمية المتواصلة وصون الموارد الطبيعية تترسم الإطار الزمني الممتد إلي المستقبل ويكون ذلك من خلال:

1. أن تكون إدارة الموارد الطبيعية بعناصرها الممتدة علي أسس علمية تحقق دوام التوازنات البيئية الطبيعية، والمحافظة علي النظم البيئية من التدهور وحماية الأحياء من الفقد والانقراض. وذلك من خلال:

- المحافظة علي سلامة العمليات البيئية (خصوبة التربة – صلاحية الماء – قدرة النظام البيئي علي تدوير العناصر الغذائية وهضم النفايات)، وعلي قدرة الكائنات علي أداء دورها في استكمال العمليات البيئية مثل نقل حبوب اللقاح ونثر البذور وتقليب التربة.
- المحافظة علي الثراء الوراثي في الأنواع والتنوع البيولوجي (ثراء الأنواع)، المقصود هو صون الأنواع النباتية والحيوانية في سائر مستوياتها التصنيفية من الكائنات الدقيقة إلي الكائنات الضخمة، فلكل منها دور يؤديه في الحفاظ علي التوازن البيئي وفي حماية النظام البيئي من التدهور، وكل منها يمثل مصدراً لثروات ونواتج إن لم تكن معلومة في الحاضر فقد تنكشف في المستقبل، وفي كل منها عناصر وراثية قد تفيد في برامج تربية الأصناف واستنباط السلالات الجديدة سواء في برامج التربية التقليدية أو في إطار استخدام تقنيات الهندسة الوراثية.
- أن يكون استغلال الأنواع النباتية والحيوانية في حدود قدرة المجموع الكلي علي النمو والتكاثر والتعويض، وتجاوز هذه الحدود يصل إلي درجة الاستنزاف الذي يتدهور به المجموع وتتعرض الأنواع للفقد والانقراض، وأن يكون استغلال النظم البيئية المنتجة (المراعي – مصايد الأسماك – الغابات – المزارع) في حدود قدرتها علي الحمل، وتجاوز هذه الحدود يؤدي إلي تدهور النظام البيئي.

2. العمل علي تنمية القدرات العلمية والتقنية المصرية في مجالات صون التنوع البيولوجي وتنمية الموارد الطبيعية، وتنمية القدرات الإدارية والتنفيذية التي تحقق الأهداف المتوخاه واستكمال البحوث والدراسات.
3. حشد الجهد الوطني لصون التنوع البيولوجي بعناصره البيئية والأحيائية والوراثية، بما يضمن لها البقاء المتواصل والاستخدام الأمثل. ومن مقومات النجاح لهذا الحشد أن تقصد خطط العمل الوطني إلي المواءمة بين الاحتياجات والمتطلبات المتباينة والتي قد تتعارض أو التي تبدو في ظاهر الأمر متناقضة. والتوصل إلي الاتفاق العام أي أسس وضع أولويات مقبولة

لسائر الأطراف، وأن يكون للمصلحة العامة ولمصالح الأجيال القادمة الوزن الأوفى – في رسم سياسات العمل، وأن يكون كل هذا في إطار القبول العام.

4. وضع برنامج العمل الذي يستهدف تحقيق مشاركة الناس كأفراد وتنظيمات أهلية في برامج صون التنوع البيولوجي، وإفادتهم من ثمار هذه البرامج.
5. ترسيخ الأسس التشريعية والحوافز الاقتصادية والاجتماعية التي تدعم صون التنوع البيولوجي والتنمية المتواصلة للموارد الطبيعية.
6. تكامل العمل الوطني مع العمل الإقليمي والدولي في مجالات صون التنوع البيولوجي والإفادة من حصيلة المعارف العلمية التقنية التي تتصل بصون موارد التنوع البيولوجي بما في ذلك الموارد الوراثية، عطاءاً وأخذاً. حيث أن مسئولية مصر في مجالات حماية البيئة وصون الموارد الطبيعية تمتد إلي الحيز الإقليمي بحكم موضعها الجغرافي، ومشاركتها في نظم بيئية كبري هي حوض نهر النيل، وحوض البحر الأحمر وحوض البحر المتوسط. والمسئولية الوطنية في هذا الشأن جزء من المسئولية الإقليمية. وقد وقعت مصر علي اتفاقيات إقليمية لحماية بيئات البحر الأحمر والبحر المتوسط، منها اتفاقية رصد ملوثات البحر المتوسط (Med pol , phases I,II,III)، وكذلك إلتزمت مصر ببرامج إقليمية تتصل بحوض نهر النيل. وكذلك تمتد مسئولية مصر في هذه المجالات إلي المجال العالمي بحكم موقعها الجغرافي (جزء من معابر هجرة الطيور)، وبحكم توقيعها وتصديقها علي عدد من الاتفاقيات والمعاهدات الدولية والإقليمية المعينة بصون التنوع البيولوجي في النطاقين الإقليمي والعالمي.
7. ومصر تتوجه إلي العناية بصون التنوع البيولوجي وتنمية موارده تنمية متواصلة لدواع منها:

أ- تحقيق الاستفادة المثلي من عناصر التنوع البيولوجي التي تعرف فائدتها الاقتصادية، والتي لا تعرف اليوم فائدتها الاقتصادية، فإن مستقبل العلم قد يكشف لنا عن منافع لها.

ب- الحفاظ علي التوازن البيئي في النظم البيئية المنتجة لتوقي الوقوع في دوائر مفرغة من الإخلال بالتوازن البيئي كظهور الآفات الطارئة

وتدهور الإنتاجية، وكذلك في النظم البيئية الفطرية (البرية) وخاصة في مناطق المحميات.

ج- حماية عناصر الثروة البيولوجية من خطر التدهور أو الفقد، لأن هذه العناصر قد تصبح موارد للثروة، للأجيال القادمة وكذلك مراعاة أن لهذه العناصر (الكائنات الحية) حق طبيعي في البقاء، والإنسان المستخلف علي الأرض مسئول عن هذا الحق.

د- عناصر التنوع البيولوجي جزء من التراث الحضاري والثقافي، والتراث الفرعوني ثري برسوم هذه العناصر، والتراث العربي ثري بالإشارة إلي أنواع النبات والحيوان وأنماط البيئة. (فقد نبات البردي وطائر أبو منجل المقدس وغيرها من البيئة المصرية خسارة ثقافية).

(4) النفايات الصلبة وعلاقتها بجودة التربة

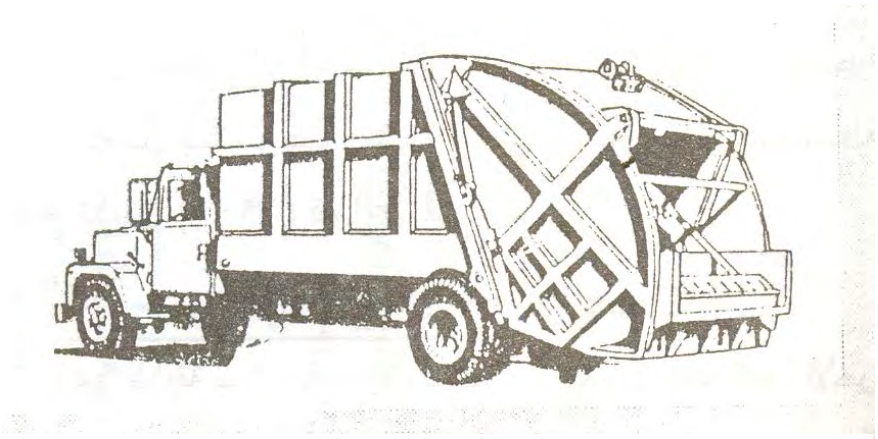
في الوقت الذي يعتبر فيه موضوع التخلص من النفايات الصلبة من أهم الموضوعات المتصلة بسلامة البيئة بمعناها الشامل (الأرض – الهواء – الماء) لما لذلك من علاقة بالحفاظ علي صحة الإنسان بشكل خاص وسائر الكائنات الحية الأخرى بشكل عام، فإن هذا الموضوع لا يزال في أطواره الأولي في مصر عموماً وفي محافظات الوجه البحري بوجه خاص، وخصوصاً في القرى وعواصم المراكز حتى أن معظم عواصم المحافظات لم يأخذ هذا الموضوع المكان المناسب في التنفيذ رغم الجهود المبذولة إعلامياً في هذا الشأن لمشاكل مرتبطة بطرق التجميع والنقل وكذلك عدم توافر الأماكن المناسبة للمعالجة والكثافة السكانية في بعض الأماكن والتي تتضاءل أمامها أي جهود تبذل.

والطرق التقليدية المنتشرة في مصر للتخلص من النفايات تتمثل في الدفن الصحي، أو الحرق، أو الحرق ثم الدفن وظهرت أخيراً عمليات الفرز وتحويل جزء منها إلي سماد عضوي وهناك مشاكل عديدة مرتبطة بعملية الدفن وكذلك الحرق والآثار السلبية لهذه الطرق يمكن إيجازها في النقاط التالية:

- اجتذاب أعداد كبيرة من الفئران نتيجة تكديس النفايات أو دفنها. ويكفي الإشارة بهذا الصدد، بأنه إذا ترك زوج من الفئران يتربى علي القمامة لمدة ثلاث سنوات، فإن نسل هذا الزوج من الفئران، بعد ثلاث سنوات، هو 3.5 مليون فأر وبعد خمسة سنوات هو 5.6 مليون فأر.
- تلوث الهواء بالدخان نتيجة حرق النفايات.
- انتشار الروائح الكريهة.
- التأثير علي المياه الجوفية نتيجة لتسرب المياه الناتجة عن تحلل النفايات واختلاطها بالمياه الجوفية في باطن الأرض.
- انبعاث وانتشار لبعض الغازات التي تؤثر علي جودة الهواء.
- اندلاع الحرائق في أماكن تجميع النفايات (الدفن غير الصحي).
- انتشار العدوى من نفايات المستشفيات.
- توالد وتكاثر الذباب. ويكفي القول بأنه إذا تم تربية زوج واحد من الذباب من شهر مارس حتى شهر سبتمبر فإن نسل هذا الزوج هو 191 بليون ذبابة، كل ذبابة يمكنها أن تحمل مليون ميكروب، وتنقل للإنسان 42 مرضاً.

حول الأسس التكنولوجية لمعالجة النفايات الصلبة

إن عمليات جمع النفايات الصلبة في مصر تطورت تطوراً ملموساً في الآونة الخيرة، ولقد كانت هذه العملية تتم بصورة مختلفة من مدينة إلي أخرى داخل البلاد، وكانت تختلف من حي إلي آخر داخل المدينة الواحدة علي حسب التركيبة السكانية والاجتماعية داخل الحي وعلي حسب المستوي الثقافي. وكان يقوم بهذه العملية مجموعات من الأفراد (الزبالين) مقابل تقاضي مبلغ شهري من كل منزل وكانت وسائل نقلها بدائية جداً. ومع الطفرة الهائلة في السكان في المدن الكبيرة تولت مجالس المدن وهيئات النظافة هذه المهمة واستخدمت معدات ووسائل نقل حديثة للتجميع، ويبين الشكل (2 – 17) شاحنة قمامة مزودة بمكبس لضغط القمامة ميكانيكياً حتى لا تكون هناك فراغات في صندوق الجمع.



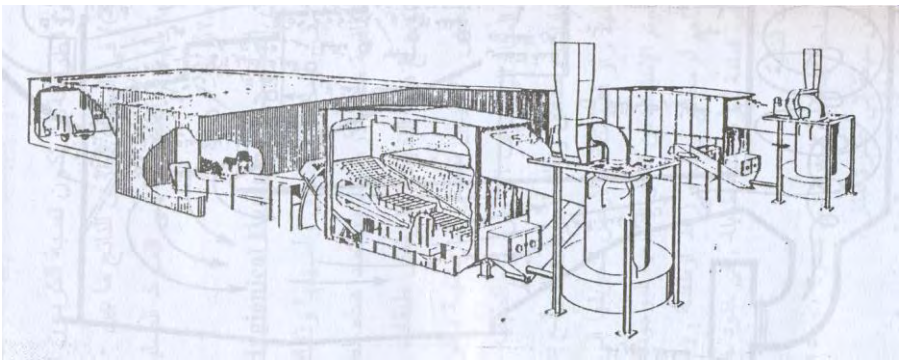
شكل (2-17): شاحنة قمامة مزودة بنظام لكبس القمامة

ولكن المشكلة لا زالت في طرق المعالجة والتي تتوقف أساساً علي مواصفات ومكونات النفايات وحجمها.

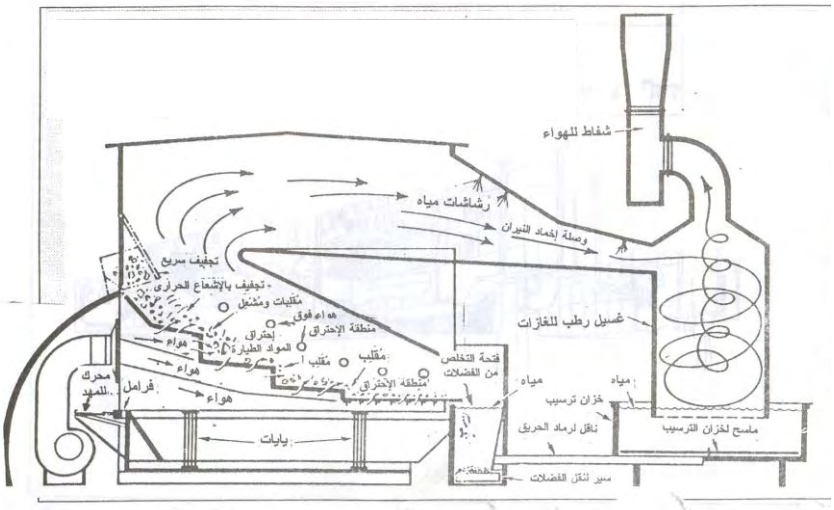
ولقد أشارت دراسات عديدة أن هناك علاقة طردية بين الناتج المحلي الإجمالي وكتلة النفايات الصلبة، تدل علي أن الارتفاع المستمر في الناتج المحلي الإجمالي يصاحبه باستمرار ارتفاع في كتلة النفايات الصلبة. وفيما يلي عرض موجز لبعض الطرق المتبعة عالمياً في معالجة النفايات الصلبة.

(1) الحرق Incineration:

وتعتمد هذه الطريقة علي حرق النفايات (أكسدة كاملة لكل المواد القابلة للحرق) مع استرجاع الطاقة الحرارية، وهو الأسلوب الأكثر تقنية كما يخفض نسبة تتراوح ما بين 85 إلي 95% من حجم النفايات. وهذه الطريقة غير ملائمة عند احتواء النفايات علي نسبة كبيرة من المواد العضوية الرطبة والمواد المعدنية لانخفاض القيمة الحرارية لها. ويجب أن يرافق هذه الطريقة معالجة للهواء الملوث الناتج أثناء عملية الحرق لتخليصه من الملوثات قبل انبعاثه للهواء الجوي. والشكل (2-18) يبين محرقة تقليدية، تعمل بتكنولوجيا متقدمة وذلك عند درجة حرارة متوسطة ويوضح الشكل (2-19) قطاع رأسي بها.



شكل (2-18): محرقة تقليدية للمخلفات الصلبة تعمل عند درجة حرارة



شكل (2-19): قطاع رأسى لمحرقة تقليدية تعمل عند درجة حرارة متوسطة

وهي طريقة بيولوجية تستغل نشاط البكتريا والكائنات الحية الأخرى التي تقوم بعملية تكسير وتحلل للنفايات القذرة وتحويلها إلي أسمدة يمكن استغلالها في الإنتاج الزراعي، بشرط عدم احتوائها علي مخلفات صناعية تحتوي علي مواد ضارة بالبيئة. وهذه الطريقة ينشأ عنها خفض للتلوث الحيوي (البكتيري ، الحشري ، الطفيلي) وذلك بسبب ارتفاع درجة حرارة المخلفات تلقائياً إلي حدود قد تصل إلي 60 – 70°م أثناء عملية التحلل ينشأ عنها قتل الميكروبات الممرضة للنبات والإنسان. وهناك بعض الاشتراطات الواجب توافرها في هذه الطريقة:

- أن تكون العملية هوائية: بمعني أن تتم عملية التخمر (التحلل) في وجود الهواء الجوي وذلك لمنع انبعاث الروائح الكريهة التي تتولد عن العمليات اللاهوائية، وكذلك لضمان رفع درجة حرارة النفايات إلي الدرجة الكافية للقضاء علي الجراثيم الضارة.
- لا تتجاوز نسبة الرطوبة في السماد الناتج عن 50%.
- أن تتضمن الطريقة بأن تكون نسبة الكربون إلي النيتروجين (C/N ratio) في السماد الطري الناتج ما بين2 الى 3.
- ألا تزيد نسبة المواد العضوية في المواد الصلبة للسماد الناتج الناشئ عن 20%.

(3) الدفن الصحي Hygienical Dumping

تعتبر من أرخص الطرق وأسهلها وذلك في حالة توفر المساحات الكافية من الأرض. وتعتمد هذه الطريقة علي حفر حفرة كبيرة توضع فيها النفايات علي شكل طبقات يفصل بينها وسائد ترابية وفي بعض الأحيان تفرش الأرضية بأنواع من البلاستيك لمنع تسرب المياه إلي جوف الأرض. والطبقة الأرضية الأخيرة يقام عليها غابات وحدائق وذلك لتجميل الموقع بشكل يحفظ للبيئة جمالها ورونقها، أو قد يستفاد بالأرض لتحويلها إلي أراضي زراعية.

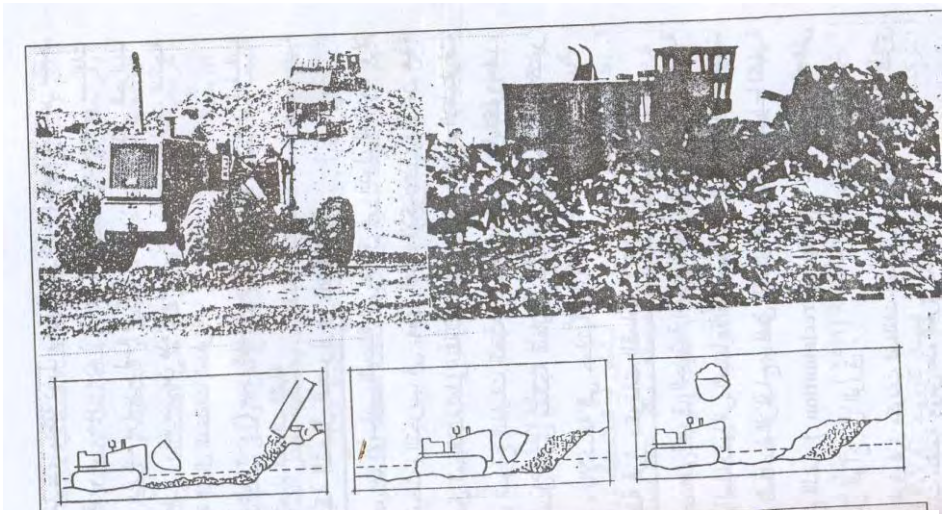
وعادة يتم الاستفادة من الحفر الطبيعية الموجودة، سواء كانت حفر مختلفة عن مناجم أو محاجر رمل أو زلط أو طفلة. وفي حالة توفر حفرة مناسبة تستوعب قمامة لفترة زمنية طويلة، في حدود خمس سنوات فأكثر، تتبع الإجراءات التالية:

1. تكون المساحة السطحية للحفرة في حدود 25000 متر مربع وعمقها يتراوح ما بين سبعة إلي عشرة أمتار.
2. يتم عمل دراسة جيولوجية عن الموقع وتحديد مستوي الماء الأرضي. ومسامية التربة ومدي وجود طبقات صماء أسفل الموقع ومدي وجود شروخ في أرضية الموقع ونوع معادن الطين الموجودة بالموقع.
3. تتم دراسة حركة المياه الجوفية وبعد المياه السطحية من قاع الموقع. وفي حالة وجود مياه سطحية قريبة. وهناك حتمية لاستخدام هذا الموقع. فإنه يجب عمل طبقة عازلة من الطين أو البلاستيك أو الحجارة أو طبقة

خرسانية لمنع تسرب سوائل الرشح حتى لا يتسبب ذلك في تلوث المياه الأرضية.

4. يجب عمل جسات في الموقع لمعرفة نوع التربة ومدي مساميتها.
5. يتم تحديد السعة التخزينية للمدفن، بحساب معدل القمامة التي يستقبلها يومياً، والتي تتوقف علي التعداد السكاني.
6. يتم تشوين كميات مناسبة من الأتربة لتغطية القمامة بعد نشرها وكبسها في طبقات ويتم ذلك يومياً، أولاً بأول.
7. يتم زراعة حزام أخضر من الأشجار العالية (مثل الكافور والجازوارين) لمنع التيارات الهوائية من نقل القمامة.
8. يجب أن يبعد المدفن عن منطقة العمران بمسافة لا تقل عن 1 كم، وأن يكون هناك طريق مرصوف يؤدي إليه.
9. بعد عملية الحفر، يتم تبطين القاع بالطين أو البلاستيك، وفي حالة قرب الماء الأرضي، تتم التغطية بالخرسانة. ويتم إعداد ميول المقلب بنسبة (3:1) باستخدام الرمل أو التربة الطينية (أو يمكن استخدام خليطاً منها). وتجب أن تكون الجوانب ملساء وخالية من أي صخور أو حبات زلط أو أي مواد عضوية غريبة. كما يجب ألا تكون هناك في تلك الجوانب أي تشققات.
10. يتم إعداد ميل طريق السيارات بنسبة (25:1)، ويتم عمل تبة رملية حول موقع المقلب.
11. تركب مواسير (من مادة البولي فينيل كلوريد .P.V.C) بطول يتراوح من 3 إلي 6 متر وقطرها في حدود 10 سم، أسفل جوانب الموقع (ما عدي منطقة دخول وخروج المركبات) وهذه المواسير مثقبة (قطر الثقب في حدود من 1-2سم) وتكون الثقوب علي مسافات متساوية. وتركب مواسير رأسية بارتفاع حوالي 10متر علي الجوانب المائلة للحفرة. والغرض من هذه المواسير هو تجميع الغازات الناتجة عن عملية التحلل للمخلفات المدفونة.

والشكل (2 – 20) يبين كيفية تسوية وكبس القمامة في المقالب الصحية باستخدام المعدات الثقيلة.



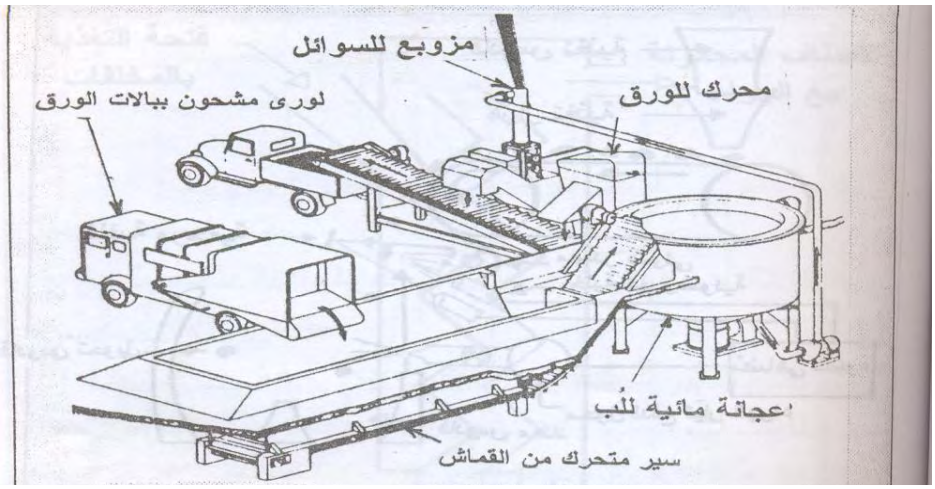
شكل (2-20): كيفية تسوية وكبس القمامة فى المقالب الصحية باستخدام

(4) طريقة التحلل الحراري Pyrolysis

وهي من الأساليب الحديثة التي تطبق في الدول المتقدمة ولا تزال قيد البحث والتجريب في بعض الدول الأخرى. وتركز هذه الطريقة من المعالجة علي نفايات المدن والمصانع والإطارات التالفة وكل أنواع النفايات الغنية بالكربون ويمكن أن تكون هذه الطريقة أفضل طرق معالجة النفايات حيث أنها تسترجع جزء كبير من الطاقة، بالإضافة إلي حمايتها للبيئة.

(5) طريقة فرز مكونات القمامة لإعادة الاستفادة منها

وهي من الطرق الحديثة نظراً لتنامي قيمة المواد الأولية التي يمكن استغلالها في الصناعة مثل صناعة الورق والصناعات المعدنية وصناعة الزجاج، ففي شكل (2 – 21) توضيح لكيفية إعادة طبخ اللب (Pulping reclamation)، للاستفادة منه في إنتاج بعض أنواع من الورق.

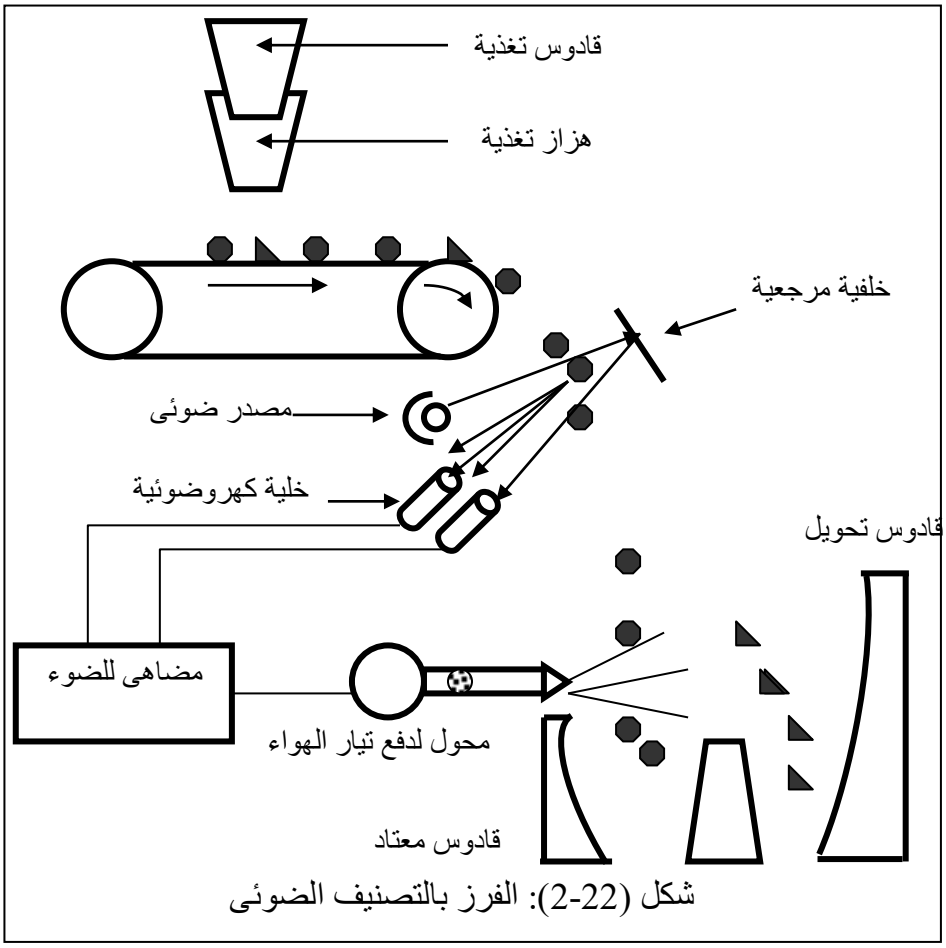


شكل (2-21): اعادة طبخ اللب للاستفاده منه فى انتاج بعض انواع الورق

وتتباين طرق فرز مكونات المخلفات الصلبة، من طرق بدائية إلي طرق تستخدم تقنيات متقدمة، ومن هذه الطرق المتقدمة:

- **الفرز بالتصنيف المغناطيسي (Magnetic coding and sorting)** حيث يتم ملاحقة المكونات المعدنية وجذبها بتأثير مجال مغناطيسي يؤثر في مسار المخلفات.
- **الفرز بالتصنيف الضوئي (Color coding and air switching)** ويستخدم هذا الأسلوب في فرز المكونات الزجاجية للمخلفات الصلبة، وحيث تستخدم أنواع من الخلايا الكهروضوئية والتي تستجيب للأنواع المختلفة من الزجاج وكذلك حسب لونه، وترسل إشارات كهربية إلي صمامات متصلة بضواغط هوائية تدفع تيارات هوائية تعترض مسار المخلفات وتقوم بفصل المكونات الزجاجية، كما هو موضح في شكل (2-22).
- **الفرز بالتصنيف علي أساس الموصلية الكهربية (Coding and air swiching conductivity)** بنفس الفكرة السابقة، ولكن التصنيف يعتمد علي درجة التوصيل الكهربي لمحتويات المخلفات الصلبة.
- **الفرز بالتصنيف الإشعاعي (Radiometric coding and air switching).**
- **الفرز بالتصنيف باستخدام الأشعة السنية**

(X- ray attenuation coding and mechanical swiching)



شكل (22-2): الفرز بالتصنيف الضوئى

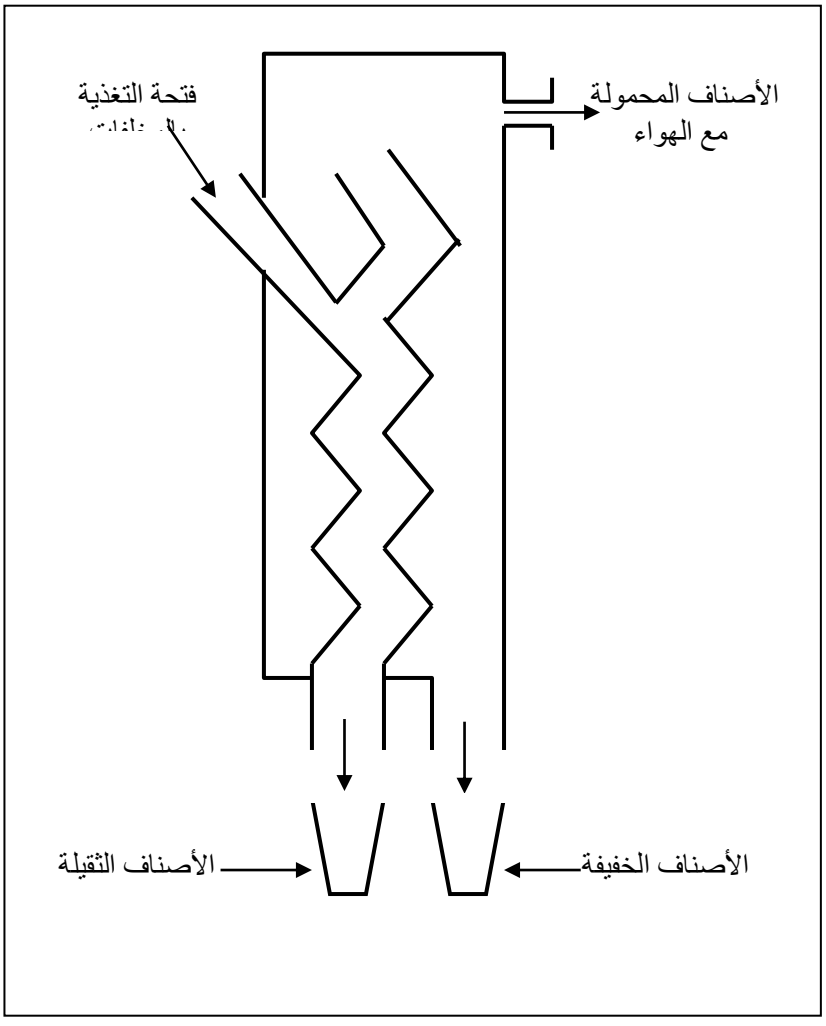
- **الفرز بالتعويم الهوائي (Sorting by density and drag)** وتعتمد هذه الطريقة علي دفع تيار من الهواء (أو سحب تيار من الهواء) من مسار المخلفات الذي يكون علي شكل خط متعرج **(Zig-zag)**، وكما هو مبين في الشكل (2 – 23).

وهذه الأساليب إذا كانت، تبدو، مكلفة فإن نظرة سريعة علي القيمة الاقتصادية لمكونات القمامة تتضح أهمية هذه الطرق:

- مصر تنتج قمامة سنوياً تقدر بحوالي (20 مليون طن سنة 2000):

:

- تبلغ كميات الورق الممكن إنتاجها من القمامة 1.75 مليون طن سنوياً.
- تبلغ كمية الحديد الموجودة بالقمامة حوالي 216 ألف طن سنوياً
- تبلغ كمية الزجاج الموجودة في القمامة حوالي 200 ألف طن سنوياً.
- تبلغ كمية نشارة الخشب الخارجة، فقط من مدينة دمياط، حوالي 18 ألف طن سنوياً.
- تبلغ كمية البلاستيك الموجودة بالقمامة حوالي 67 ألف طن سنوياً.
- إن مصر يمكنها أن تنتج حوالي 5 مليون طن سماداً عضوياً.
- يمكن أن تنتج مصر من القمامة حوالي 5 مليون طن وقود في السنة، تعادل حوالي 2 مليون طن بترول، أو تعادل حوالي 18000 مليار كيلووات كهرباء سنوياً كطاقة مكتسبة.
- يمكن تصنيع حوالي 1100 مليون طوبة سنوياً، من الطوب المفرغ بمقاسات الطوب الأحمر، من النفايات غير العضوية.



شكل (23-2): الفرز بالتعويم الهوائى

(6) تطبيقات التكنولوجيا الحيوية (الهضم اللاهوائي) للمخلفات الصلبة

تعتبر عمليات الهضم (التخمر) اللاهوائي (Anaerobic digestion) من التكنولوجيات الحديثة لمعالجة المخلفات الصلبة، وخصوصاً مخلفات مزارع تربية الدواجن والماشية وبعضاً من مخلفات الحقل، وكذا الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي وبعض محطات الصرف الصناعي؛ حيث ينتج عن هذه العملية مواد ذات مردود اقتصادي بالإضافة إلي التخلص من التلوث البيئي الناشئ عن تلك المخلفات. ويوضح الشكل (2 – 24) النواتج المختلفة لعملية اللاهوائي.

مزايا عمليات الهضم اللاهوائي

- الغاز الناتج عن العملية له استخدامات عديدة في الإضاءة والتسخين والتدفئة وتوليد طاقة كهربية وطاقة ميكانيكية.
- المواد الصلبة والسائلة المتخلفة تستخدم في تسميد التربة ولها المزايا الآتية:
  1. زيادة المادة العضوية والأحمال الميكروبية.
  2. تحتوي علي بعض العناصر الضرورية لغذاء ونمو النبات.
  3. تحتوي علي بعض المواد التي تنشط عملية النمو في النبات.
  4. زيادة نشاط المستعمرات البكتيرية في التربة.
  5. تثبيت الفوسفور (الغير عضوي) والعناصر الغذائية الصغرى الموجودة في التربة إلي صورة يسهل لجذور النبات امتصاصها وللنبات الاستفادة بها.
  6. لا يتغير المحتوي من العناصر التسميدية مثل النيتروجين الفوسفور والبوتاسيوم.
  7. تسهيل تحويل النيتروجين العضوي إلي صورة أمونيا.
  8. زيادة الكفاءة التسميدية للسوائل والمواد الصلبة الناتجة من عملية التخمر.
- هناك دراسات عديدة أثبتت ارتفاع القيمة الغذائية للحمأة الناتجة عن عمليات الهضم اللاهوائي عند استخدامها كإضافات أعلاف لبعض أنواع الحيوانات (مثل الماعز) ولبعض أنواع من الطيور (مثل البط)، وذلك بنسب تتراوح ما بين 15 و 30%. ويعزي ذلك إلي تحول بعض المركبات العضوية إلي فيتامين (B 12) أثناء عملية الهضم اللاهوائي.

شكل (٢-١٦

- الحمأة الناتجة عن هذه العملية تكون خالية من الكائنات المرضية لوجودها بمعزل عن الهواء لفترة كافية.

ولقد قدرت كمية المخلفات الصلبة التي يمكن تجميعها من محافظة الدقهلية، بحوالي 5.2 مليون طن سنوياً من مصادر مختلفة. وبحساب كمية الطاقة الناتجة عن عملية الهضم البيولوجي اللاهوائي لتلك المخلفات، وجد أنها تكفي لاستهلاك المحافظة من الوقود الغازي اللازم لعملية الطهي (3.6×10^8 م^3) ، وكذلك تكفي لإنارة وتدفئة جميع مزارع الدواجن بالمحافظة (4.8×10^7 م^3)، أما كمية الغاز المتبقية (5.7×10^9 م^3)، فيمكن استخدامها لتوليد طاقة كهربية مقدارها (1.14×10^{10} كيلووات).

بتقدير القيمة السمادية في المخلفات الصلبة الناتجة عن عملية الهضم اللاهوائي أتضح أنه يمكن تغطية احتياجات جميع الأراضي الزراعية بالمحافظة وبزيادة قدرها 134%، 367%، 195%، من الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والبوتاسيومية, علي الترتيب.

أسئلة علي الفصل الثاني
جودة عناصر البيئة والتنمية

أولاً جودة المياه والتنمية

1. اشرح مفهوم النظام البيئي ومما يتكون أي نظام بيئي؟
2. عرف تلوث المياه؟ واشرح كيف يحدث تلوث المياه السطحية؟
3. ما هي العوامل التي تتوقف عليها نوعية المياه، وكيف يتم تحديد نوعيتها ومستوي المعالجة المطلوبة لها؟
4. اشرح المعايير التي علي أساسها تبني مواصفات جودة المياه؟
5. أذكر العوامل التي يتوقف عليها اختيار العملية المناسبة لمعالجة المياه؟
6. ما هي الأسباب التي تجعل سوائل الصرف الصناعي أقل استجابة للمعالجة بهذه الطرق؟

ثانياً: جودة الهواء والتنمية

1. عرف تلوث الهواء، وما هي مصادر تلوث الهواء؟
2. أذكر الأبعاد المختلفة لتلوث الهواء؟
3. هل يعد ثاني أكسيد الكربون من ملوثات الهواء الخطرة؟ موضحاً السبب؟
4. اشرح ظاهرة البيت الزجاجي وكيف تتسبب الغازات الصوبية في حدوثها؟
5. اشرح مفهوم تلوث طبقة الستراتوسفير؟
6. اشرح كيف تتكون الأمطار الحمضية وما هي الأضرار الناجمة عنها؟
7. ما هي أهم الملوثات التي لها شأن في التأثير علي جودة الهواء علي المنظور المحلي؟

ثالثاً: جودة التربة والتنمية

1. اشرح أبعاد مشكلة النفايات الصلبة بمصر وأهم آثارها السلبية؟
2. ما هي الأسس والشروط المتبعة في معالجة المخلفات الصلبة بطريقة الكمر؟

3. ما هي الأسس والإجراءات المتبعة في التخلص من المخلفات الصلبة بطريقة الدفن الصحي؟
4. ما هي أهم نواتج عملية الهضم اللاهوائي للمخلفات وما هي أهم مزاياه؟