الفصل الأول

المفاهيم البيئية

تعريف البيئة:

إن البيئة هي كل العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة على سطح الكرة الأرضية وما حولها. وبذلك فهي تشمل الهواء بمكوناته الغازية العديدة وكذلك الطاقة ومصادرها ومسارها ومياه المطر والأنهار والبحيرات والمحيطات والتربة وما يعيش عليها من كائنات حية مختلفة كلها تمثل عناصر البيئة، وتتميز هذه المكونات البيئية بترابطها وتداخلها واعتمادها بعضها على بعض. وتضم البيئة عناصر الأرض والهواء والمياه التي يعيش عليها وبها سائر الكائنات الحية . وتشمل عناصر عضوية Organisms وأخرى غير عضوية In organisms والتفاعل بينهما متبادل ومستمر . وهكذا يمكن القول بأن كلمة البيئة Environment ترمز إلى المكان بكافة خصائصه الطبيعية وملامحه البشرية ، بينما الأيكولوجيا تعنى العلاقات والتفاعلات فيما بين كافة عناصر ومكونات البيئة .

التعريف الدولي للبيئة:

هو التعريف الذي أقره مؤتمر البيئة في استكهولم سنة ١٩٧٢: "إن البيئة هي مجموعة من النظم الطبيعية والاجتماعية والثقافية التي يعيش فيها الإنسان والكائنات الأخرى، والتي يستمدون منها زادهم، ويؤدون فيها نشاطهم". وهي بذلك تشمل الموارد بالإضافة إلى المنتجات الطبيعية والصناعية التي توفر احتياجات البشرية .

تعريف النظام البيئى Ecosystem:

يمثل النظام البيئى المستوى التاسع في مستويات التنظيم في العالم الحي أو الطيف البيولوجي في العالم الحي وذلك على مستوى الكرة الأرضية. ويشمل

النظام البيئى أي نطاق من الطبيعة بكل ما يحتوى عليه من كائنات حيـــة وغـير حية متفاعلة مع بعضها مما ينتج عنه إضافة مواد أخرى حية أو غير حية.

مثلث الأيكولوجيا:

يتألف مثلث الأيكولوجيا من ثلاث زوايا:

١- **الكائنات الحية: ويقصد بها العوامل البيولوجية التي تشمل:**

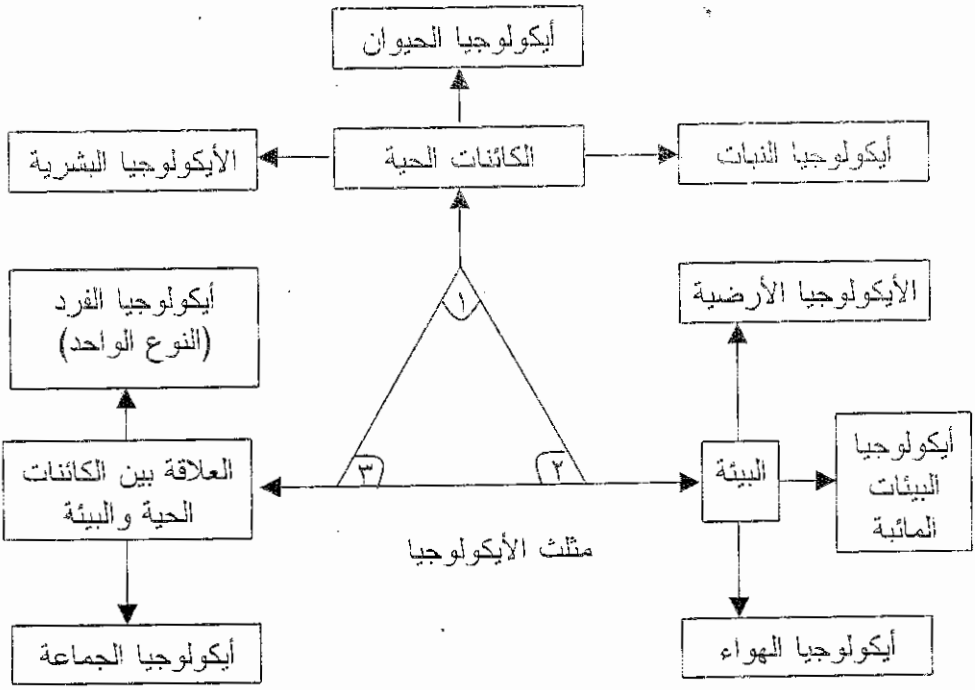
- أيكولوجيا النبات Phyto Ecology ويقصد بها التفاعل بين المجموعـات النباتية الطبيعية وبينها وبين بيئاتها المختلفة.
- أيكولوجيا الحيوان Zoo Ecology ويقصد بها العلاقات بيـــن الفصـائل الحيوانية بعضها ببعض من ناحية وعلاقتها ببيئاتها من ناحية أخرى.
- الأيكولوجيا البشرية Human Ecology ويقصد بها دراســـة العلاقـات المتبادلة والمتداخلة بين الإنسان وبيئاته ومؤشرات التفاعل بينهما.

٢- **البيئة: وتشمل:**

- الأيكولوجيا اليابسة (الأرضية) Terrestrial Ecology وتشمل دراســة الخصائص البيئية المرتبطة بعوامل المناخ والتربة وأشكال السطح. وتضـــم أيكولوجيا الغابات، أيكولوجيا المراعى وأيكولوجيا الصحارى.
- أيكولوجيا البيئات المائية Hydrological Ecology: وتغطـى الميـاه ٧٢% من سطح الأرض وتشمل:
- أيكولوجيا المياه العذبة Limnology وتشمل ميـــاه الأنـــهار والرطوبـــة الجوية ورطوبة التربة والمياه الجوفية والمطر والعديد من البحيرات العذبـــة والجليد والأنهار الجليدية أي ما يعادل ٢,٧% مـــن حجـم البيئـــة المائيـــة عالمياً.
- أيكولوجيا الأنهار Riverine Ecology وهى تعادل ما نسبته ٠,٠٠٤% فقط من جملة حجم المياه العذبة في العالم.
- أيكولوجيا الهواء Aerial Ecology ويقصد به الغـــلاف الجـــوى الـــذي يحيط إحاطة كاملة بالكرة الأرضية يابسها ومائها.

٣- العلاقة بين الكائنات الحية والبيئة وتشمل:

- أيكولوجيا الفرد (النوع الواحد) وتركز على تتبع العلاقة الأحادية بين أحد الكائنات الحية وبين أحد عناصر البيئة الطبيعية المحيطة به.
- أيكولوجيا الجماعة (المجموعة) وترصد العلاقات والتفاعلات المتبادلة والمتداخلة بين مجموعة من الكائنات الحية بعضها مع بعض من ناحية، وبينها وبين بيئاتها من ناحية أخرى.



التوازن البيئى : -

هناك توازنا طبيعيا في المكونات الأساسية للبيئة ، ويتضح ذلك من الدورة الطبيعية لبعض العناصر كما يلي : -

١ - دورة الكربون : -

أن عنصر الكربون مهم للكائنات الحية المنتجة ، وتحصل عليه في صورة ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء . كما يوجد الكربون في الصخور الكلسية في صورة كربونات تستفيد منها عند سقوط المطر .هذا ويوجد الكربون

في الطبيعية في شكل ثالث في صورة النفط والفحم ، ولكن الكائنات الحية لا تستفيد منه إلا بعد احتراقه لإنتاج ثاني أكسيد الكربون . وتستفيد النباتات الخضراء من ثاني أكسيد الكربون في أثناء عملية التمثيل الضوئي حيث تحوله من صورته اللاعضوية إلى مركبات عضوية مثل النشا والجلوكوز والسليولوز .

وهناك دورة مستمرة من عمليات الهدم والبناء التي تحافظ على توازن الكربون في الطبيعة ، وتسهم مياه المحيطات في استكمال حلقة الدورة وفق المعادلة التالية :

كربونات الكالسيوم + ثاني أكسيد الكربون + ماء = كالسيوم + بيكربونات الكالسيوم

ويحدث هذا التفاعل في حال زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوى إذ تتحلل الصخور الكلسية (كربونات الكالسيوم) في مياه البحار والمحيطات .

بينما يحدث العكس في حال نقص نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوى ، إذ تتدخل هنا المسطحات المائية في تحقيق التوازن في نسبته في حدود ٠,٣ و%بالنسبة لحجم الهواء .

٢ - **دورة الهيدروجين** : -

إن المصدر الرئيسي للهيدروجين هو الماء إذ أن التركيب الكيميائي للماء هو عنصري الهيدروجين والأكسيجين بنسبة ٢ : ١ ، حيث يمتص الماء بواسطة جذور النباتات ثم تتحلل بفعل التركيب الضوئي فتنتج الهيدروجين الذي يدخل في تركيب المواد العضوية التي تتغذى عليها الحيوانات . وتحصل الكائنات الحية الحيوانية المائية على الهيدروجين اللازم لها مباشرة من الماء ، ثم يعود الهيدروجين إلى الهواء في صورة بخار الماء الذي يخرج من النبات والحيوان في أثناء عمليتي التنفس والنتح . وتساعد وجود الأنزيمات على دمج الهيدروجين المحرر في الوسط الخلوي مع الأكسجين الناتج من عمليتي التنفس في النبات فيتكون الماء .

٣ - دورة الأكسيجين : -

تقوم النباتات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي بامتصاص ثاني أكسيد الكربون وتطلق الأكسجين ، وفي نفس الوقت تمتص النباتات الأكسجين مثلها في ذلك مثل الحيوان والإنسان في أثناء عملية التنفس الحيوية .

وهناك توازن مستمر في كمية الأكسجين الموجودة في الهواء لأن كمية الأكسجين المستهلكة في التنفس وفي الاحتراق الداخلي للكائنات الحية تعادل كمية الأكسجين التي يطلقها النبات في أثناء التمثيل الضوئي .

٤ - دورة النيتروجين : -

النيتروجين هو عنصر أساسي لاستمرار الحياة لكونه يدخل في تركيب سيتوبلازما الخلية الحية . ويستفيد الإنسان من النيتروجين في صورة البروتين الحيواني أو النباتي . إذ تمتص النباتات النيتروجين عن طريق أملاح التربة مثل النترات وأملاح الأمونيا وتحولها إلى مركبات نيتروجينية أو بروتينية في أثناء عملية التمثيل الضوئي . ثم تتغذى حيوانات آكلة العشب على هذه النباتات بما تحويه من مركبات نيتروجينية ثم تنتقل إلى الحيوانات آكلة اللحوم حيث يسري النيتروجين في الأنسجة الحيوانية . ثم تعود ثانية للتربة عن طريق مخلفات الحيوان وتحلل البكتريا والفطريات .

وهكذا فان النيتروجين لا يمتص بصورة مباشرة بواسطة النبات بل لابد من : -

- تثبيت نيتروجين الجو في التربة بواسطة البكتريا المثبتة للنيتروجين .
- بعد موت هذه البكتريا تتحول إلى نترات وأملاح أمونيا .

وجدير بالذكر أن ، جميع الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية تتكون من مجموعة من المواد العضوية التي يدخل في تركيبها الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والكبريت . وتوجد هذه العناصر في الطبيعة في صورة عضوية أو في صورة معدنية (لا عضوية) ، مما يساعد على استمرار الدورة الحياتية

الأرضية الكيماوية . ولا يستهلك العنصر الكيماوي في كل دورة ، ولكنه يتحول عاجلا أو آجلا ليرجع إلى حالته الأصلية .

فمثلا ثاني أكسيد الكربون في الجو تمتصه المادة العضوية في أثناء ضوء الشمس من خلال عملية التمثيل الكيميائي والتمثيل الضوئي ، في حين ينطلق من المادة العضوية عن طريق التحلل والإحتراق . وكذلك الحال بالنسبة للنيتروجين الحر في الهواء لا يستطيع النبات امتصاصه مباشرة ، ولكن لابد من امتصاصه بواسطة البكتريا المثبتة للنيتروجين ثم تستهلكه في صورة الأمونيا ، أو تستهلكه في صورة النترات لكي تكون البروتينات . ولكي يتحول من صورته العضوية إلى صورته اللاعضوية لابد من توفر كائنات مجهرية وبكتريا النترزة وبكتريا النترتة .

المجال الحيوي Biosphere : -

إن أول من استخدم هذا اللفظ هو العالم الجيولوجي الروسي فرنادسكى (١٩٦٣-١٩٤٥) وهذا المجال الحيوي هو النطاق الذي يحوى ويتضمن جميع مظاهر الحياة . ويمتد إلى ١٧ ألف قدم في الهواء ، و١٠ آلاف قدم في مياه المحيط ، وبضع أقدام من التربة الصخرية . وهذا المجال الحيوي يمثله في الخارج الطاقة الشمسية، وفى الداخل استمرار الحياة من نمو الخلايا وموتها.

أما الغلاف الحيوي **Biosphere** : فهو النطاق الذي يعيش فيه الكائنات الحية ،ويشمل طبقة رقيقة من الكرة الأرضية بما فيها الأرض والبحار والمحيطات والهواء . وتأتى أهمية الغلاف الحيوي في كونه النطاق الذي يعيش فيه جميع الكائنات الحية ، فضلا عن النطاق الأساسي للتغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تصيب الكائنات غير الحية الموجودة في الكرة الأرضية تحت تأثير الأشعة الشمسية .

أهمية الهواء : -

يمتص الإنسان يوميا حوالي ١٥كيلو جرام من الهواء ، و٢,٥كيلو جرام من الماء ، و١,٥ كيلو جرام من الطعام يوميا . وليس للإنسان خيارا في

الهواء الذي يستنشقه بعكس الحال بالنسبة لخياره الواسع في نوعية المياه التي يشربها .ولذا ينبغي أن تكون لدينا القدرة على استنشاق الهواء في أي مكان نذهب إليه ، ومن هنا تأتى خطورة تلوث الهواء لأنه يأخذ صفة العالمية والإنتشار دون أي حدود بشرية أو طبيعية .

التلوث البيئى :

يعرف التلوث البيئى من وجهة نظر علماء البيئة بأنه : " أي تغيير فيزيائي أو كيميائي أو بيولوجي مميز ، ويؤدى إلى تأثير ضار على الهواء أو الماء أو الأرض أو يضر بصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى ، وكذلك يؤدى إلى الإضرار بالعملية الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالة الموارد المتجددة " .

وهناك تعريف آخر يحدد التلوث البيئى في كونه : " كل ما يؤدى بشكل مباشر أو غير مباشر إلى الإضرار بكفاءة العملية الإنتاجية نتيجة للتأثير السلبي والضار على سلامة الوظائف المختلفة لكل الكائنات الحية على الأرض سواء النبات أو الحيوان أو المياه ، وبالتالي يؤدى إلى ضعف كفاءة الموارد وزيادة تكاليف العناية بها وحمايتها من أضرار التلوث البيئى ، إذ أن التلوث البيئى يؤثر على العملية التبادلية للموارد بشكلها الجماعي للإنتاج في إتجاهين : أولهما أنه يهدد البيئة الطبيعية بالتدهور ، وثانيهما يتمثل في إنعكاس تدهور الموارد الطبيعية على البيئة التكنولوجية التي يستخدمها الإنسان في التعامل مع البيئة الطبيعية لإنتاج سلع وخدمات تشبع حاجاته ورغباته " .

ويعرف البنك الدولي التلوث البيئى بأنه : " كل ما يؤدى نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضي في شكل كمي تؤدى إلى التأثير على نوعية الموارد وعدم ملاءمتها وفقدانها خواصها أو تؤثر على استقرار استخدام تلك الموارد " .

تعريف تلوث الهواء : -

يمكن تعريف تلوث الهواء بأنه إضافة العديد من الغازات والمواد للغلاف الجوى ويكون لها تأثيرا سلبيا على كافة أشكال الحياة على الأرض . وقد

يكون بعض هذه الملوثات الغازية منها والصلبة ، بعضها سام مثل المركبات الهيدروكربونية ، أو ربما تكون مثل التلوث بالإشعاع الذرى Atomic radiation بصورة غير مرئية ولكن تأثيرها قد يقضى على كافة أشكال الحياة على الأرض .

وقد عرف المجلس الأوروبي تلوث الهواء سنة ١٩٦٧ : " يتلوث الهواء عندما توجد مادة غريبة أو عندما يحدث تغير هام في النسب المكونة للهواء قد يؤدى إلى نتائج ضارة وكل ما يسبب مضايقات وانزعاجا " .

وينتج تلوث الهواء عن العديد من العمليات الكيميائية والفيزيائية البسيطة والمعقدة سواء فيما يتعلق بالملوثات نفسها أو بينها وبين المواد العالقة بالهواء بصورة طبيعية. هذا ومن المؤكد أن الملوثات بأشكالها وتركيزاتها المختلفة لها تأثيرها الذي يزداد وضوحا عبر السنوات على الناس أو ممتلكاتهم الخاصة أو منشآتهم الحضرية .

وتشمل مصادر تلوث الهواء المصادر المتحركة Mobil Sources ومنها السيارة ، الشاحنات ، الأتوبيسات ، الطائرات . والمصادر الثابتة Stationary source وتشمل محطات توليد الطاقة الكهربائية والاستعمالات المنزلية وبعض الصناعات .

ويمكن إجمال أهم المسببات التي تتحكم في نوعية الهواء في الجدول التالي : -

مسببات نوعية الهواء Air Quality Matrix

العوامل السياسية الاجتماعية Sociopolitical	العوامل التكنيكية Technical
١- الاقتصادية	١- المصادر
١- النظام الاقتصادي	- المتحركة
٢- المنشآت الاقتصادية	- الساكنة (الثابتة)
٢- السياسية	٢- الغلاف الجوى
- القوانين العامة	- التفاعل

- الهيئات والمنظمات العامة
- السياسة العامة

٣- **الاجتماعية**

- السكان
- السلوك الاجتماعي
- المنظمات الاجتماعية

- العناصر الجوية
- كيميائية الهواء

٣- **التأثير**

- الصحة
- النبات
- المواد
- الجماليات

ويمكن تقسيم الملوثات إلى ملوثات أولية تنبعث مباشرة من المصادر الثابتة أو المتحركة ، وملوثات ثانوية وهى التي تنتج عن تفاعل كيميوضوئى. وكذلك يمكن تقسيم الملوثات إلى ملوثات ثابتة **Stable** وهى التي تظل كما هي في الغلاف الجوى ولا تدخل في تفاعلات كيميائية ضوئية، وملوثات غير ثابتة **Unstable Pollutants** وهى التي تؤدى إلى إنتاج المزيد من الملوثات الثانوية وتشمل الجزيئات وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وأول أكسيد النيتروجين (NO).

وتتحكم العناصر الميترولوجية في تحديد انتشار الملوثات وسرعتها وتركيزها ودرجة تشتتها والمستوى الأفقي الذي تنتشر فيه إذ يرتبط بسرعة الرياح واتجاهها.وتؤثر كذلك في مستوى انتشارها وتشتتها على المستوى الرأسي إذ تحدد درجة استقرار الهواء ومدى حدوث الانقلاب الحراري **Thermal Inversion** ويقصد به ارتفاع درجة حرارة الهواء كلما ارتفعنا عن سطح الأرض مما يؤدى إلى احتباس ملوثات الهواء قريباً من سطح الأرض في مجال تنفس الإنسان فيزيد تركيزها وترتفع درجة خطورتها على صحة الإنسان والبيئة.

وتحدث العديد من التغيرات الكيميائية في الهواء نتيجة عمليات الأكسدة الكيميوضوئية **Photo Chemical Oxidation** ويتبع ذلك تكوين العديد من المؤكسدات الكيميوضوئية ومن أهمها:

$NO_2 + Light \longrightarrow NO + O$

$O + O_2 \longrightarrow O_3$

$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2$

$O + HC \longrightarrow H\overline{CO}$

$H\overline{CO} + O_2 \longrightarrow H\overline{CO_3}$

$H\overline{CO_3} + HC \longrightarrow$ Aldehyes & Hetones

$HCO_3 + NO_2 \longrightarrow$ Peroxyacl Nitrates

وهكذا تتكون الملوثات الثانوية في الهواء تحت تأثير أشعة الشمس والتفاعلات الكيميائية . وتختلف درجة خطورة ملوثات الهواء وفقا لمدة بقائها في الهواء وما يتبع ذلك من دخولها في العديد من التفاعلات الكيميائية والكيميوضوئية مما يزيد من خطورتها على صحة الإنسان وسلامة البيئة . ويوضح الجدول التالي نصف مدة بقاء ملوثات الهواء في الغلاف الجوى : -

نصف مدة بقاء ملوثات الهواء

الملوثات	نصف مدة بقائه في الهواء
ثاني أكسيد الكبريت SO_2	٤ أيام
كبريتيد الهيدروجين H_2S	يومين
أول أكسيد الكربون CO	أكثر من ثلاثة أيام
أول وثاني أكسيد النيتروجين NO, NO_2	٥ أيام
الأمونيا NH_3	٧ أيام
N_2O	٤ سنوات
الهيدروكربونات HC	١٦ سنة
ثاني أكسيد الكربون	٢-٤ سنوات
هباء الرصاص غير العضوي	٧-٣٠ يوم

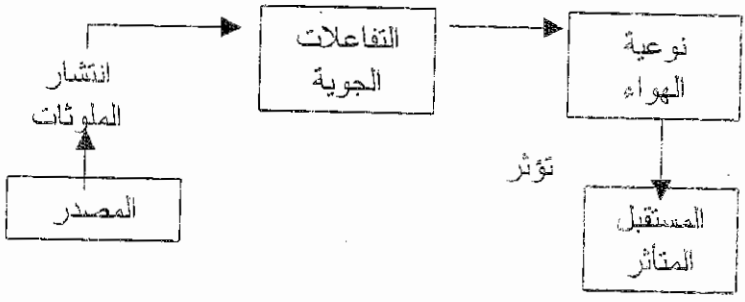
وهكذا فان معظم ملوثات الهواء ولحسن الحظ مدة بقائها في الغلاف الجوى قصيرة بدرجة كافية تحول دون تراكمها Accumulation بحيث تحول دون إحداث تغيرا كبيرا في مكونات الهواء النقي . ولذا يعتبر مقياسHalf-life (نصف مدة بقاء الملوثات في الهواء) مقياس يحدد درجة الخطورة البيئية للملوثات . ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون هو الغاز الوحيد الذي يظهر تراكم

من سنة إلى أخرى . ولهذا تعتبر المؤكسدات سواء إن كانت هوائية أو بيولوجية هي أداة الإزاحة الأولية Primary Removal Mechanism للغازات العضوية وغير العضوية .وتشمل الغازات العضوية أول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت .ومما يذكر أن عملية أكسدة ثاني أكسيد الكبريت تتم ببطء في حال وجود خليط الغازات النقية ، بينما تزيد سرعة أكسدته في وجود الضوء وثاني أكسيد النيتروجين وأكاسيد الفضة والأوزون ،إذ تصبح المحفزات Catalysts لهذا التفاعل .

هذا ويمكن إجمال العلاقة بين المدخلات والمخرجات التي تحدد درجة نقاء الهواء أو خطورة ارتفاع تركيز ملوثات الهواء من خلال نموذج نوعية الهواء التالي : ـ

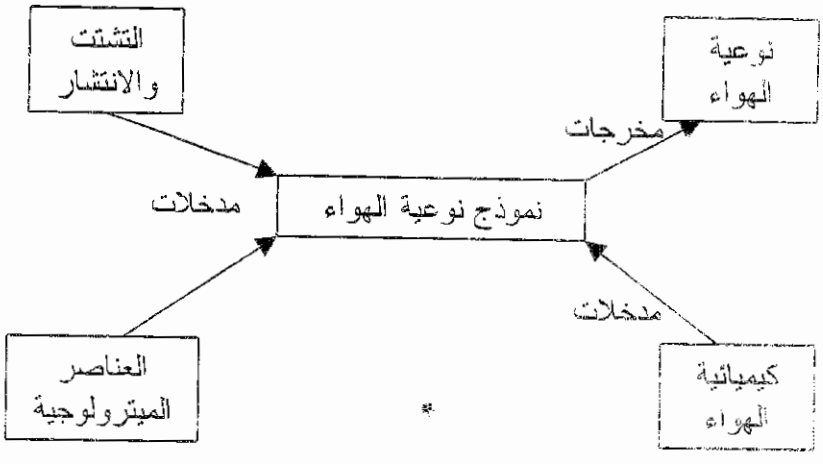
نموذج نوعية الهواء Air Quality Modeling

والعلاقة بين انتشار الملوثات وتأثيرها في نوعية الهواء



الهواء المحيط Ambient Air

المستويات النوعية Quality Standards



هذا ولتوضيح ما تحدثه الملوثات الغازية من تغيرات في المكونات الطبيعية للهواء . يستعرض الجدول التالي التركيب الطبيعي للهواء النقي : -

المكونات الطبيعية للهواء النقي

الغاز	الحجم Ppm	الوزن Mg/m^3	الحجم Ppm	الوزن Mg/m^3
نيتروجين	٧٨٠,٩٠٠	$^{٨}١٠\times٨,٩٥$	٧٥٦,٥٠٠	$^{٨}١٠\times٨,٦٧$
أكسجين	٢٠٩,٤٠٠	$^{٨}١٠\times٢,٧٤$	٢٠٢,٩٠٠	$^{٨}١٠\times٢,٦٥$
أرجون	٩,٣٠٠	$^{٧}١٠\times١,٥٢$	٩,٠٠٠	$^{٧}١٠\times١,٤٧$
ثاني أكسيد الكربون	٣١٥	$^{٥}١٠\times٥,٦٧$	٣٠٥	$^{٥}١٠\times٥,٤٩$
نيون	١٨	$^{٤}١٠\times١,٤٩$	١٧,٤	$^{٤}١٠\times١,٤٤$
هليوم	٥,٢	$^{٣}١٠\times٨,٥$	٥,٠	$^{٣}١٠\times٨,٢٥$
ميثان	١,٢-١,٠	$^{٣}١٠\times٧,٨٧-٦,٥٦$	١,١٦-٠,٩٧	$^{٣}١٠\times٧,٦٣-٦,٣٥$
أكسيد نيتروز	٠,٥	$^{٣}١٠\times٩,٠٠$	٠,٤٩	$^{٣}١٠\times٨,٧٣$
هيدروجين	٠,٥	١٠×٤,١٣	٠,٤٩	١٠×٤,٠٠
أكسينون	٠,٠٨	$^{٣}١٠\times٤,٢٩$	٠,٠٨	$^{٣}١٠\times٤,١٧$
أبخرة عضوية	٠,٠٢		٠,٠٢	

ويمكن من خلال مقارنة التركيب الطبيعي للهواء النقي كما هو في الجدول السابق ، بالتغييرات التي يحدثها انبعاث الغازات الملوثة (الناتجة عن النشاط البشرى فقط) في كمية ونسب المكونات الأساسية للهواء في الجدول التالي :

التغيرات في مكونات الهواء

العنصر	الانبعاث على المستوى العالمي بالطن/سنوياً		المحتوى في الغلاف الجوى	مدة بقائه في الهواء
	النشاط البشرى	الطبيعي		
ثاني أكسيد الكبريت	$^{٦}١٠\times١٤٦$	-	PPb ٠,٢	٤ أيام
أول أكسيد الكربون	$^{٦}١٠\times٢٢٠$	$^{٦}١٠\times١١$	PPm ٠,١	أقل من ٣ سنوات
أكاسيد النيتروجين	$^{٦}١٠\times٥٣$	$^{٦}١٠\times٥٠٠$	PPb ١,٠	٥ أيام
الهيدروكربونات — الميثان	$^{٦}١٠\times٨٨$	$^{٦}١٠\times٤٨٠$	PPm١,٥	١٦ سنة

PPb: جزء في البليون **Pam**: جزء فى المليون

هذا ويوضح الجدول التالي طرق التخلص من ملوثات الهواء بواسطة الطبيعة .

آليات (عوامل) الإزاحة لبعض ملوثات الهواء

العنصر	آليات الإزاحة
ثاني أكسيد الكبريت SO_2	التساقط سواء بالمطر أو الثلج. الأكسدة في الحالة الغازية أو تكوين الكبريتات في الحالة السائلة. التربة: العمليات الميكروبية والتفاعل الفيزيائي والكيميائي. النبات الطبيعي: الترسيب على سطحه. المحيطات والبحيرات: بالامتصاص.
كبريتيد الهيدروجين H_2S	الأكسدة إلى ثاني أكسيد الكبريت.
الأوزون O_3	التفاعل الكيميائي في النبات الطبيعي والتربة وسطح المحيطات.
أكسيد النيتروز	التربة: الهدم الميكروبيولوجي. المحيطات: الامتصاص. طبقة الاستراتوسفير: العمليات الضوئية.
أول وثاني أكسيد النيتروجين	التربة: التفاعل الكيميائي. النبات الطبيعي: الامتصاص. التفاعلات الكيميائية في حالته السائلة أو الغازية.
الميثان	التربة: النشاط الميكروبي، النبات الطبيعي: التفاعل الكيميائي. التروبوسفير والاستراتوسفير: التفاعل الكيميائي.
الأمونيا	التساقط في صورة مطر أو ثلج. السطح: التفاعل الكيميائي والفيزيائي والامتصاص.
CO	استراتوسفير: التفاعل مع هيدروكسيل.
CO_2	النبات الطبيعي: الامتصاص والتمثيل الضوئي. المحيطات: الامتصاص.
الهيدروكربونات	التفاعل الكيميائي: حيث تتحول إلى جزيئات. النبات الطبيعي: الامتصاص.