ملوثات الهواء الثانوية Secondary Air Pollutants

وهي الملوثات التي تتكون في الجو نتيجةً لتفاعل الملوثات الأولية (المنبعثة من المصادر مباشرةً) في الجو عند توفر الظروف الملائمة لهذه التفاعلات. ويقصد بالتفاعلات الكيمياوية في الجو جميع تفاعلات الملوثات والمواد الموجودة في الجو مع بعضها البعض حين تتوفر ظروف جوية معينة، وينتج عن هذه التفاعلات ملوثات ثانوية مثل الأحماض وغيرها، وقد تكون هذه الملوثات أشد خطورةً من الملوثات الأولية التي تنبعث من مصادرها مباشرةً. وأن بعض هذه التفاعلات هي تفاعلات كيموضوئية Photochemical Reactions وهي التفاعلات التي تحدث للملوثات الأولية بوجود أشعة الشمس، وبالتالي فإن هذه التفاعلات لاتحدث إلا في النهار. وأهم تلك التفاعلات الكيموضوئية التي تحدث عند سطح الأرض في أسفل طبقة التروبوسفير هي تفكك غاز ثاني أوكسيد النتروجين NO_2 نتيجة إمتصاصه لأشعة الشمس وتكون مركبات أخرى ذات تأثيرات سلبية كبيرة.

إن أهم الملوثات الثانوية للهواء هو غاز الأوزون (O_3) Ozone الذي يتكون من خلال التفاعلات الكيموضوئية، وله آثار صحية سيئة عند سطح الأرض على عكس دوره في طبقات الجو العليا. عند سطح الأرض يتكون غاز الأوزون في الجو عندما يتحلل غاز ثاني أوكسيد النتروجين بوجود أشعة الشمس إلى أوكسيد النتروجين وأوكسجين ذري (O*)، حيث يكون هذا الأخير متهيجاً حسب المعادلة الآتية:

$$NO_2 \longrightarrow NO + O^*$$

وهذا الأوكسجين الذري الذي تكوّن من التحلل إعلاه يتفاعل مع الأوكسجين الجوي في وجود جسم ثالث (M) لإمتصاص الطاقة الزائدة ويكون الأوزون، حيث أن الجسم الثالث يدخل في التفاعل ويخرج منه دون التأثير على عملية التفاعلات الكيمياوية بإعتباره جزيء خامل، كما هو موضح في المعادلة الآتية:

$$O_2 + O^* + M \longrightarrow O_3 + M$$

وهنا يجب الإنتباه إلى قضية التفريق بين وجود غاز الأوزون في طبقات الجو العليا وعند سطح الأرض، فهو في طبقات الجو العليا (الأوزون النافع) يمتص الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجة ويحمي بإذن الله الأرض من أضرارها، فهذه الأشعة من مسببات مرض السرطان وإعتام عدسة العين بالإضافة إلى زيادة تسخين سطح الأرض الذي يترتب عليه الكثير من المشاكل. أما الأوزون عند سطح الأرض (الأوزون الضار) فله أضرار صحية كبيرة فهو غاز مهيج للجهاز التنفسي كما أنه يهيج العين وهو ضار بالنباتات ويتسبب في تشقق المطاط.

التأثيرات الصحية لبعض ملوثات الهواء على الإنسان Effects of Air Pollutants On Human

إن المشاكل الصحية التي تحدث نتيجةً لتلوث الهواء تكون معقدة ومتداخلة وذلك بسبب ما يسمى بالتعاون أو التآزر أو التداؤب Synergism وهو مصطلح يطلق على إشتراك أكثر من مادة لإحداث أثر معين يكون أكثر ضرراً من ضرر كل واحدة على حده. فعند إستنشاق الهواء الملوث يتنفس الإنسان جميع هذه الملوثات دفعةً واحدةً ولذلك يكون الأثر معقداً ومضاعفاً. أما مصطلح التضاد Antagonism فهو عكس مصطلح التداؤب أو التعاون، ويقصد به بأن يكون تأثير الملوثين أو المادتين أقل شدة من كونهما منفصلين. مثل السيانيد السام جداً للحياة، في حالة وجود الخارصين والكادميوم يكون فعلها تآزري أو تعاوني، في حين عند وجود النيكل فيتكون معقد النيكل – سيانيد يحدث فعل تضادّي مما يؤدي إلى التقليل من سمية السيانيد.

وسنتناول هنا أهم التأثيرات الصحية لبعض ملوثات الهواء وآثارها السلبية، وكما يأتي:

- **غاز أول أوكسيد الكاربون:**

كما ذكرنا سابقاً فإن لهذا الغاز القابلية العالية على الإتحاد مع هيموكلوبين الدم مكوناً كاربوكسي الهيموكلوبين، وبذلك يمنع الأوكسجين من الإتحاد مع الهيموكلوبين وبالتالي يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. تعتمد سمية CO على تركيزه في الهواء المستنشق، فتركيز 0.01 % من CO يعادل 20 % من كاربوكسي الهيموكلوبين، ويؤدي إلى الشعور بالتعب، وصعوبة التنفس Dyspnoea، وطنين في الأُذن Noises in ears. وعند التركيز 0.1 % من CO فهو يعادل 50 % من كاربوكسي الهيموكلوبين، وهذا يؤدي إلى ضعف في القوة، وإرتخاء في عضلات الجسم يسبب منع المصاب من المشي بشكل جيد، وضعف في السمع Impaired hearing، وضعف في الرؤية Dimness of vision، وغثيان وتقيؤ، وإنخفاض ضغط الدم وإنخفاض درجة حرارة الجسم مع إزدياد النبض وضعف الإحساس، وأخيراً الإغماء والوفاة خلال ساعتين.

- **غاز ثاني أوكسيد الكاربون:**

إن زيادة تركيز هذا الغاز تؤدي إلى صعوبة في التنفس والشعور بالإحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية وإلتهاب القصبات الهوائية وتهيج جوف الفم.

❖ **غاز كبريتيد الهيدروجين:**

هو غاز ذو رائحة كريهه تشبه رائحة البيض الفاسد، ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي Sewage water ، وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أوكسيد الكاربون أو سيانيد الهيدروجين في تأثيراته السمية، حيث يتحد H_2S مع هيموكلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأوكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم، وهو يؤثر على الجهاز العصبي المركزي CNS، ويعمل على تثبيط عمليات الأكسدة مما يؤدي إلى حدوث إضطراب وصعوبة في التنفس، ويسبب الخمول وتشتت القدرة على التفكير، كما وأنه يعمل على تهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.

❖ **غاز ثاني أوكسيد الكبريت:**

ويدخل ثاني أوكسيد الكبريت إلى الجسم عن طريق جهاز التنفس، فيؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان والحيوان إذ يعمل على التلف الشديد للأغشية المخاطية مسبباً السعال الجاف والألم الصدري وإلتهاب القصبات الهوائية وضيقاً في التنفس. كما تسبب التراكيز العالية لهذا الغاز تشنج الحبال الصوتية الأمر الذي يؤدي إلى تشنج فجائي وإختناق، كما أنه يهيج الغشاء المخاطي للعيون وكذلك الجلد. هذا بالإضافة إلى تأثيراته السلبية على النباتات والمباني، ومن المعروف أن تأثيراته لها صفة الديمومة وقليلاً ما يؤثر فيها العلاج.

❖ **غاز ثاني أوكسيد النتروجين:**

من أضرار هذا الغاز هو أنه يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية، ويسبب أضراراً في الرئة، كما أنه يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.

❖ **الرصاص:**

ومن أضراره:

١. يسبب الصداع والضعف العام وقد يؤدي إلى الغيبوبة وإلى حدوث تشنجات تقود إلى الوفاة.
٢. يقلل من تكوين الهيموكلوبين في الجسم.
٣. يؤدي إلى إفراز أحماض اليوريا وتراكمها في المفاصل والكليتين.
٤. يحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام.
٥. يؤدي إلى القلق النفسي والليلي.

٦. يسبب التخلف العقلي لدى الأطفال.

٧. تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل.

وقد تنبهت الكثير من الدول لآثار وأضرار الرصاص ومركباته وبدأت بإستخدام البنزين الخالي من الرصاص للتقليل من مخاطر تلوث الهواء بالرصاص.

يمكن تقسيم ملوثات الهواء حسب تأثيرها الفسيولوجي على الإنسان إلى:

١- **المواد المهيجة:** وتكون هذه المواد كاوية وتحدث إلتهابات في الأسطح المخاطية أو الرطبة التي تتعرض لها، وتختلف شدة هذه الإلتهابات بإختلاف درجة تركيز هذه الملوثات في الهواء ونوعية الجزء المعرض لها من الجسم ومدة التعرض. كما أن كثير من هذه المواد المهيجة يهيئ الجسم أو العضو المصاب منه لخطر الإصابة بالسرطان، ومن أمثلتها كلور حامض البنزويك وبروم حامض البنزويك وكلوريد الأمونيوم.

٢- **المواد الخانقة:** وهي المواد التي تتداخل مع عمليات الأكسدة في أنسجة الجسم المختلفة. وتقسم هذه المواد إلى نوعين:

- **مواد بسيطة وخاملة من الناحية الفسيولوجية** مثل غازات ثاني أوكسيد الكاربون والهيليوم والميثان والنتروجين وأوكسيد النتروز، وتؤدي كثرة هذه الملوثات إلى تخفيف نسبة الأوكسجين في الهواء المستنشق إلى أقل من الحد الذي يتطلبه جسم الإنسان، وبذلك تقل كمية الأوكسجين في الدم مما يؤثر على عملية التنفس الطبيعي في أنسجة الجسم.
- **مواد كيمياوية خانقة** وهي تمنع الدم من إستخلاص الأوكسجين من الهواء المستنشق أو تمنع الأنسجة من إمتصاص الأوكسجين الموجود في الدم، ومن أمثلتها أول أوكسيد الكاربون وسيانيد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

٣- **المواد المخدرة:** هي تلك المواد التي تحدث تأثيراتها على الجسم كله من خلال إمتصاصها في الدم وتخفيفها جزئياً لضغطه مما يؤدي إلى ضعف أو كساد المجموع العصبي المركزي في المخ، ومن أمثلة ذلك المواد الكاربوهيدروجينية والكحول.

٤- **المواد السامة:** هي المواد التي تؤثر على المجموعة الدموية مباشرةً، وتقسم إلى خمسة مجموعات:

- المواد التي تحدث ضرراً عضوياً في الجهاز الهضمي وأغلبيتها من المواد الكاربوهيدروجينية المهلجنة.
- المواد التي تتلف المجموعة الدموية والتي معظمها من المذيبات العضوية مثل البنزين والفينول والتولوين والنفتالين.
- سميات الأعصاب مثل ثاني كبريتوز الكاربون والكحول المثيلي.
- الفلزات مثل الرصاص والزئبق والمنغنيز والبليريوم والكادميوم والمعادن الثقيلة الأخرى.
- اللافلزات غير العضوية مثل مركبات الزرنيخ والفسفور والكبريت والفلوريدات والسيلينيوم.

٥- **المواد الصلبة غير السامة:** وهي المواد التي تهيج خلايا الجهاز التنفسي مثل الغبار الذي يحدث تليفات في الرئة كالسليكا والأسبستوس، وكذلك الأتربة الخاملة وأغلبها من المواد الكاربونية، إضافةً إلى حبوب اللقاح والبكتيريا والفطريات والميكروبات والنشارة التي تسبب أمراض الحساسية.

الحلول المقترحة للحد أو التخفيف من تلوث الهواء Suggested Solutions for Air Pollution:

١) التحول إلى إستعمال مصادر طاقة نظيفة ومتجددة.
٢) حظر إستعمال بعض أنواع الوقود الردئ ذي الضرر العالي مثل مادة البتروكوك المسرطنة.
٣) إعتماد سياسة بيئية في مشاريع إعادة تأهيل القطاع الكهربائي من خلال تطبيق مبدأ زيادة الطاقة المنتجة بإقامة معامل جديدة ذات ضرر بيئي محدود.
٤) تخفيف إستعمال السيارات والآليات.
٥) التشجيع على إستعمال البنزين الخالي من الرصاص، وكذلك إستخدام الوقود النظيف.
٦) تجهيز عوادم السيارات بالمحول المتحفز (الحفازي)، الذي يحول بعض الغازات الضارة الناجمة عن الإحتراق مثل غازات أول أوكسيد الكاربون وأكاسيد النتروجين والغازات الهايدروكاربونية إلى مواد أخرى أقل ضرراً مثل بخار الماء وثاني أوكسيد الكاربون.
٧) إلزام جميع الصناعات التي تنتج ملوثات هواء بضرورة إنشاء وحدات معالجة للملوثات الناتجة قبل إطلاقها إلى الجو.

التنمية المستدامة أو المستديمة Sustainable Development:

إن كلمة (التنمية) تعني إستخدام مصادر الأرض المتوفرة والمصادر الأخرى لتحسين حياة الإنسان وتأمين إحتياجاته. أما كلمة (المستدامة) فتعني أن عملية التنمية يجب عليها أن تراعي حق الأجيال القادمة في الحصول على الموارد وشروط التنمية، أي أنها تنمية دائمة وليست آنية فقط. إذن (التنمية المستديمة) هي التي تحترم حاجات المجتمع وشروط البيئة ولا تفكر فقط بالأرباح الإقتصادية، وكذلك تضمن حق الأجيال القادمة بالعيش الكريم.

وأكبر مثال على سوء عملية التنمية الجارية في العالم وغير العادلة ووحشيتها ضد الإنسان والبيئة، هو أن شعوب الدول الصناعية الكبرى تشكل 20 % من سكان العالم، ولكنها تستهلك 80 % من الثروات الطبيعية للكرة الأرضية، بالإضافة إلى أنها تعتبر مصدر لـ 80 % من التلوث الحاصل في الكرة الأرضية !

الطاقة المتجددة أو الطاقة البديلة أو الطاقة الخضراء Renewable, Alternative or Green Energy:

وتعني مصادر الطاقة التي تجدد نفسها دائماً ولا يمكنها أن تنضب أبداً، مثل الشمس والرياح والمياه وغيرها من المصادر الطبيعية، والتي يمكن توظيفها بسهولة وبتقنيات بسيطة لإنتاج طاقة نظيفة وغير مضرة للإنسان والبيئة. إذن الطاقة المتجددة هي الطاقة التي لاتؤثر على البيئة ولا تسمم الإنسان. فالنفط مثلاً، ورغم فوائده المباشرة في إنتاج الطاقة إلا أنه أولاً يسمم البيئة والإنسان، وكذلك لا يتجدد، بل أن وجوده محدود في أعماق الأرض وهو قابل للنضوب.