حرق الوقود والتلوث البيئى

دخل الإنسان عصر التلوث البيئى عندما عرف النار واهتم بها فى التدفئة وطهى الطعام ، وكانت الأحطاب والأخشاب هى وقودهم ومصدر نيرانهم. ومن متخلفات الحريق يتكون غازى ثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون ، بالإضافة إلى بعض أكاسيد الكبريت والنتروجين والرماد ، وغير ذلك من ملوثات البيئة ، إلا أن أعداد الإنسان خلال آلاف السنين الأولى لاستيطان الإنسان لوجه الأرض ، لم تكن بالكثرة التى تؤدى إلى ظهور آثار ملموسة لتلويث بيئة الأرض ، ولكن من المحتمل أن يكون قد ظهر على الأفراد آثار للتلوث فى بيئاتهم الأولى عند حرق الأحطاب والأخشاب داخل الكهوف التى سكنوها بعيداً عن برودة الجو الخارجى وهروباً من الحيوانات المتوحشة ، دون أن يدركوا آنذاك معنى التلوث.

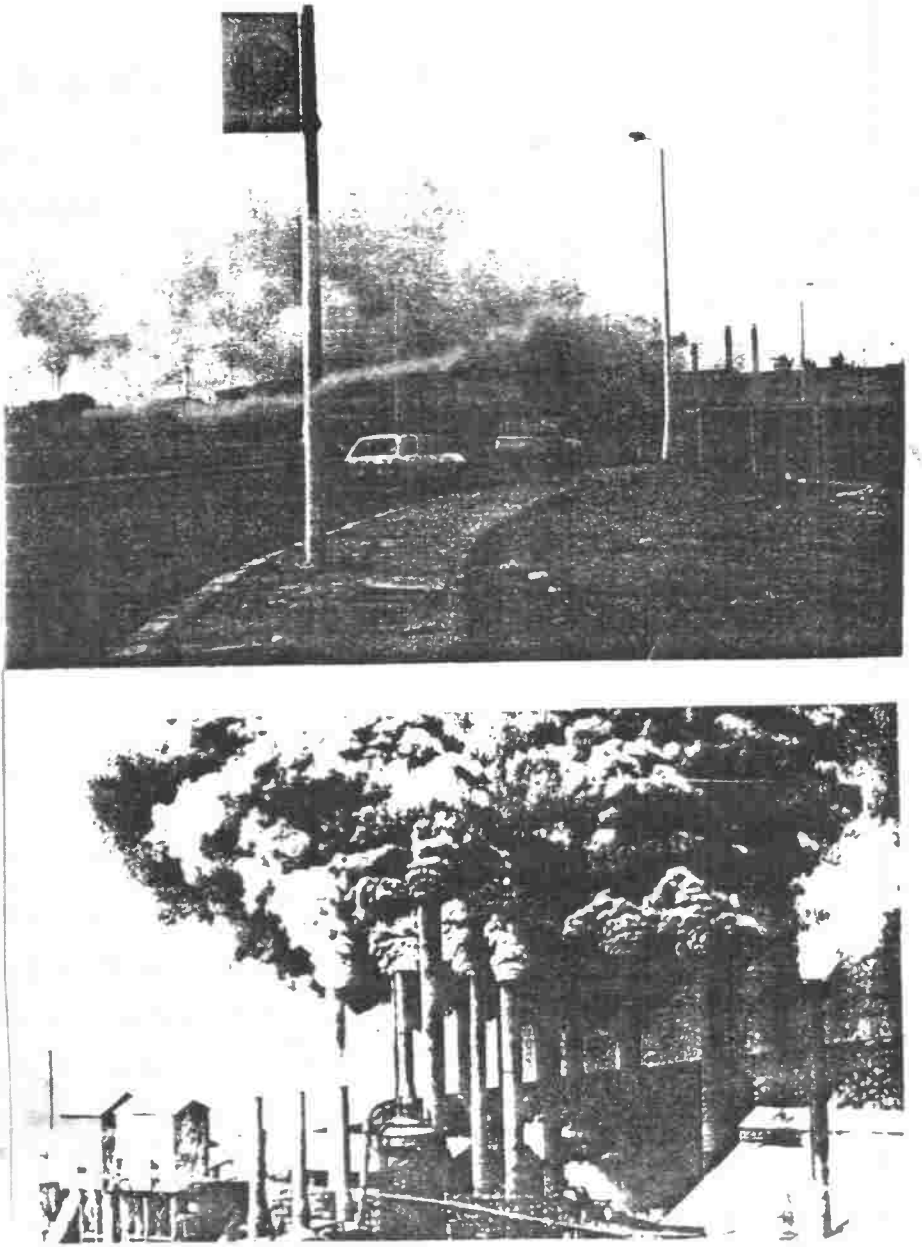
مع التوسع الحديث فى استخدامات الطاقة ، ومع كثرة الهجرة إلى المدن ومع إزدياد النشاط السكانى والصناعى بها ، ظهرت نواتج احتراق الوقود وبدأت الشكوى من آثار التلوث ، فمع احتراق الخشب والفحم ظهرت آثار التلوث من أول أكسيد الكربون ونتجت عنه بعض حالات التسمم المؤدية إلى الوفاة خاصة فى الأماكن المغلقة ، كما حدثت حالات اختناق عن التلوث الشديد لغاز ثانى أكسيد الكربون فى الأماكن المنخفضة المحصورة حيث يحل هذا الغاز محل أكسوجين الهواء نظراً لثقل ثانى أكسيد الكربون مقارنة بالأكسوجين. ومع تسيير القطارات البخارية والتى كانت تعتمد فى تسييرها على وقود الفحم ، بدأت شكوى المزارعين والأهالى على جانبى خطوط السكك الحديدية ... فمن آثار ضارة بصحة الإنسان والحيوانات المزرعية ... إلى آثار أخرى ضارة بالمزروعات .. إلى أضرار على المبانى ، نتيجة لتصاعد الدخان ، بما يحمله من نواتج الاحتراق ، من مداخن القاطرات . ونتيجة للأتربة المتصاعدة بفعل حركة القطارات ، إضافة إلى ما تحدثه تلك القطارات من حوادث وضوضاء وإزعاج. يعزى معظم التلوث الجوى الناتج عن إستخدام الوقود فى الوقت الحالى إلى وسائل المواصلات.

إن معظم مصادر الطاقة المستخدمة منذ إكتشاف النار فى قديم الزمان وحتى عصرنا الحالى ، إما طاقات بيولوجية حديثة متجددة ناتجة عن حرق الأحطاب والأخشاب ، أو طاقات حفرية غير متجددة نتجت عن أحياء عاشت على الأرض منذ ملايين السنين ، ثم دفنت فى باطن الأرض ، ثم تحولت إلى وقود حفرى يشمل الفحم الحجرى والبترول والغازات الطبيعية .

وأثناء إحتراق الوقود البيولوجى أو الحفرى فإنه يستهلك جزء من أكسوجين الجو فى أكسدة ما بالوقود من كربون وكبريت ونتروجين وغيرها من العناصر ، ومع ذلك فإنه لا يخشى من حدوث نقص فى أكسوجين الهواء الجوى يضر بصحة الإنسان أو بغيره من الأحياء ، إلا فى الأماكن المغلقة ، إذ أنه من المحسوب أن الهواء الجوى يحتوى على 250 ألف طن من الأكسوجين لكل إنسان حى ، وأن إحتراق جميع الوقود الحفرى فى العالم سيقلل الأكسوجين بمعدل 0.7 % ، وبذلك يتبقى لكل شخص 248 ألف طن ، وذلك بفرض ثبات أعداد سكان الأرض . وكما هو متوقع فإن الزيادة فى غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو الناتج عن إحتراق الوقود سوف يتسبب عنه زيادة فى قدرة النبات على القيام بعملية التمثيل الضوئى مما يتوقع معه حدوث زيادة فى معدلات النمو النباتى وزيادة فى إستهلاك غاز ثانى أكسيد الكربون وزيادة فى إنتاج الأكسوجين وتعويض العجز فيه ، ولهذا فالنتيجة المحتملة هى ثبات كمية غاز الأكسوجين بالجو .

الغاز الرئيسى الناتج عن إحتراق الوقود هو غاز ثانى أكسيد الكربون ، لكن بجانبه تنتج غازات أخرى بمعدلات أقل ، منها أول أكسيد الكربون الذى ينتج عن الأكسدة غير الكاملة للكربون ، ومنها أكاسيد كبريتية وأكاسيد نتروجينية ، وعناصر أخرى تشمل الزرنيخ والرصاص والكادميوم والزئبق والسلينيم والموليبدينم .

هذا ، وتحدث الغازات والعناصر الناتجة عن إحتراق الوقود أضرارا عامة على مستوى الكوكب الذى نعيش عليه ، وهى التسخين الشامل أو ما يعرف بظاهرة الصوب الزجاجية greenhouse effect ، والأمطار الحامضية ، بالإضافة إلى ثقب الأوزون والذى تشارك فى إحداثه بعض الكيماويات المخلقة حديثا . كذلك فإن حرق الوقود يسبب أضرارا أخرى على المستوى المحلى .



شكل 14 مداخن المصانع تنطلق منها العديد من ملوثات الجو

ثانى أكسيد الكربون والتسخين الشامل

العنصر الأساسى المشترك فى تركيب الوقود هو الكربون ، فالأحطاب والأخشاب تتكون أساساً من عناصر الكربون والإيدروجين والأكسوجين ، والبترول والغازات الطبيعية تتركب أساساً من عنصرى الكربون والإيدروجين ، أما الفحم فالمكون الأساسى له هو الكربون. لذلك فإن الناتج الأول عند الإحتراق التام لأى من أنواع الوقود هو غاز ثانى أكسيد الكربون (CO_2) الذى ينتشر فى الجو. كان تركيز هذا الغاز بالجو قبل الثورة الصناعية ، أى قبل التوسع فى إستخدام الفحم حوالى 0.027 % ثم إرتفع إلى حوالى 0.03 % فى أوائل الخمسينات من هذا القرن ، ثم إلى حوالى 0.035 % سنة 1980.

كما وجد أن إرتفاع معدلات غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو تتسبب فى إرتفاع درجة حرارة الجو ، ذلك أن هذا الغاز شفاف تماما بالنسبة للضوء المرئى والأشعة فوق البنفسجية ، فيسمح بذلك لضوء الشمس بالمرور خلاله حتى يصل إلى سطح الأرض مسببا إرتفاع درجة الحرارة. فى المساء عند برودة الجو تنبعث من سطح الأرض بعض الإشعاعات الحرارية التى تقع ضمن نطاق الأشعة تحت الحمراء. تلك الأشعة تحت الحمراء المرتدة من الأرض يحجبها ويحد من مرورها إلى الفضاء الخارجى وجود غاز ثانى أكسيد الكربون ، وبهذا تحفظ الأرض حرارتها وتمنع تبددها فى الفضاء. إزدياد تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون عن معدلاتها الطبيعية تؤدى إلى إرتفاع كفاءة الغلاف الجوى فى حفظ حرارة الشمس مما يتسبب فى إرتفاع درجات حرارة الجو عن معدلاتها ، محدثة تأثيرا حراريا يشبه ما يحدث فى الصوب الزجاجية.

تقدر الزيادة فى ثانى أكسيد الكربون الناتجة عن حرق الوقود الحفرى بحوالى 0.2 % سنويا. ويعتقد أن نصف هذه الزيادة تمتصها مياه المحيطات وتأخذها النباتات فى نشاطها المستمر لتكوين المادة العضوية. توجد عوامل أخرى ساعدت وسوف تساعد على الإزدياد المستمر فى معدلات ثانى أكسيد الكربون بالجو ، من

ذلك التقليع الزائد لأشجار الغابات لمقابلة التوسع فى إنشاء المدن والمصانع والطرق والتوسع فى زراعة المحاصيل لسد جزء من الفجوة الغذائية الناتجة عن الإزدياد السريع فى أعداد سكان الأرض. كذلك فإن الرعى الجائر أدى إلى زحف الصحراء ، وقد أصبح ذلك جلياً فى الدول الإفريقية الملاصقة للصحراء الكبرى. فى أحد تقديرات هيئة الأمم المتحدة ذكر أن ما يزيد عن 11 مليون هكتار (26.2 مليون فدان) من الغابات تدمر سنوياً وأن ستة ملايين هكتار (14.3 مليون فدان) من المراعى تتحول سنوياً إلى أراضى صحراوية ، ويتم معظم ذلك فى المناطق الحارة مما يتسبب فى قلة سحب غاز ثانى أكسيد الكربون من الجو وزيادة معدلاته. هذا إضافة إلى التوسع الصناعى الذى يعتمد على الطاقة الناتجة من حرق الوقود. ولا ننسى فى هذا المجال عوادم ما يقرب من مليار من السيارات والشاحنات والدراجات البخارية تجرى على سطح الأرض وتحرق يومياً عدة ملايين من لترات الوقود. وقد وجد أن معدل ما تقذفه السيارة الخاصة المتوسطة الحجم حوالى 60 متر مكعب من غازات العوادم فى الساعة الواحدة.

يتوقع مع التوسع الحادث فى حرق الوقود المصاحب للتقدم الصناعى والتكنولوجى ، ومع الإتجاه العالمى لإزالة الغابات ومع الرعى الجائر وتقليل الغطاء الأخضر ، حدوث زيادة مستمرة فى نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو. تقدر الزيادة السنوية فى الغاز بحوالى 0.6 جزء فى المليون. ومن حيث الكم فقد زادت كميات الغاز المنطلقة إلى الجو من حوالى 6000 بليون طن سنة 1950 إلى ما يقرب من 18000 بليون طن سنة 1980 ، أى أن المنطلق من الغاز تضاعف ثلاثة مرات خلال الثلاثين عاما على مستوى الكرة الأرضية ، لكن معدلات زيادة هذا الغاز إختلفت فى مناطق العالم المختلفة ، ففى حين تضاعف الناتج من غاز ثانى أكسيد الكربون فى أمريكا الشمالية نجد أنه قد تزايد كثيراً فى البلاد النامية خلال نفس الفترة فأصبح سبعة أمثاله سنة 1980 مقارنة بسنة 1950.

في ضوء الزيادة المستمرة في إنبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو يتوقع البعض زيادة في حرارة الجو تقدر بحوالي 1.5 - 3.0 ° م في كل قرن من الزمان ، تزداد عن ذلك عند القطبين وتقل عند المنطقة الإستوائية. وفي آخر تقدير أجري سنة 1970 وجد أن تضاعف غاز ثاني أكسيد الكربون بالجو عن معدله الحالي سوف يتسبب في إرتفاع متوسط درجة حرارة جو الأرض بحوالي 3.6 ° م ، ويختلف مقدار التسخين المتوقع حسب الموقع فالحد الأدنى للتسخين سيكون في المناطق الإستوائية والحد الأعلى للتسخين سيكون في المناطق القطبية.

يرى بعض المتفائلين أن المستوى الحالي لغاز ثاني أكسيد الكربون بالجو يجعل الجو غير منفذ للإشعاعات تحت الحمراء ، مما يعتقدون معه بأن أية زيادة أخرى في نسبة الغاز لن يكون لها تأثير حراري يذكر على حرارة الجو. وعلى العكس من المتوقع فإن علماء الطقس اتفقوا في الرأي في مؤتمرهم بمدينة بون سنة 1974 على أن حرارة الجو متجهة إلى الإنخفاض نظرا لأننا مقدمون على عصر جليدي جديد يستمر لمدة 90 ألف سنة وسيؤدي ذلك إلى إنخفاض منسوب مياه المحيطات والبحار.

ويرى أصحاب الرأي المتشائم ، والذين يؤمنون باستمرار الإرتفاع في حرارة الجو طالما أننا مستمرون في حرق الوقود ، أن مخاطر التسخين الشامل يجب أن يكون حافزا على تحديد إستخدامنا للوقود الحفري ، فقد كان تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون حوالي 270 جزء في المليون قبل النهضة الصناعية ، ومن المتوقع أن يزيد عن 560 جزء في المليون في النصف الثاني من القرن الواحد والعشرين ، مما سوف يتسبب في تمدد مياه البحار والمحيطات كما سيتسبب في إسالة جزء من جبال الجليد بالقطبين وسوف يؤدي ذلك إلى حدوث إرتفاع في سطوح البحار والمحيطات بحوالي 25 إلى 140 سم ، مما سوف يتسبب في إغراق كثير من السواحل والأراضي المنخفضة.

إقرارا للواقع فإن مسئولية التسخين الشامل لجو الكرة الأرضية لا يقع فقط على إنبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون وتزايده فى الجو ، بل هناك غازات أخرى بعضها طبيعية والبعض مصنع تساهم فى هذا المجال ، من ذلك غاز الأوزون الموجود فى الهواء الجوى قريبا من سطح الأرض وغازى الميثان وأكسيد النتروز ، ومنها الغازات المصنعة من مجموعة الكلوروفلوروكربونات التى تستخدم فى أجهزة التبريد والتكييف وفى صناعة البلاستيك وفى الرش الرذاذى فى صورة إيروسولات وفى تنظيف الأجهزة الإلكترونية الدقيقة. بالرغم من أن قدرة المركبات الكلوروفلوروكربونية على منع الفقد الحرارى أقوى من قدرة غاز ثانى أكسيد الكربون بعشرة آلاف مرة ، إلا أن كميات غاز ثانى أكسيد الكربون المنبعث فى الجو تزيد عن كميات الكلوروفلوكربونات بخمسة وثلاثين ألف مرة ، ولهذا فإن 50- 55 % من التأثير الصوبى ، أى التسخين الشامل ، ناتج عن الزيادة فى إنبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون ، فى حين أن مركبات الكلوروفلوروكربونات تساهم فى 14 % من التأثير الصوبى ، كما يساهم غاز الميثان فى 15 – 18 % وأكسيد النيتروز فى 6 – 7 % من التأثير الصوبى ، وتساهم غازات أخرى فيما تبقى من التأثير الصوبى.

يوجد إعتقاد راسخ بأنه لولا وجود ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء والأوزون طبيعيا فى الجو ، وكذلك بعض الغازات الأخرى ، والتى تعتبر مصائد للإشعاعات الحرارية المرتدة من الأرض لكان جو الأرض شديد البرودة ولغطى سطح الأرض بالثلوج. لهذا فإن الخاصية الصوبية للغلاف الجوى تعتبر علامة صحية. وقد قدر العلماء أن متوسط حرارة الكرة الأرضية هو 15 ° م فى وجود تلك الغازات ، أما فى حالة غياب الغلاف الجوى فإن حرارة الجو ستكون -18 ° م. لماذا ، إذن نعتبر التأثير الصوبى لتلك الغازات من المشكلات البيئية ؟ الإجابة على ذلك ، هو أننا زدنا وأسرعنا من درجة التأثير الصوبى.

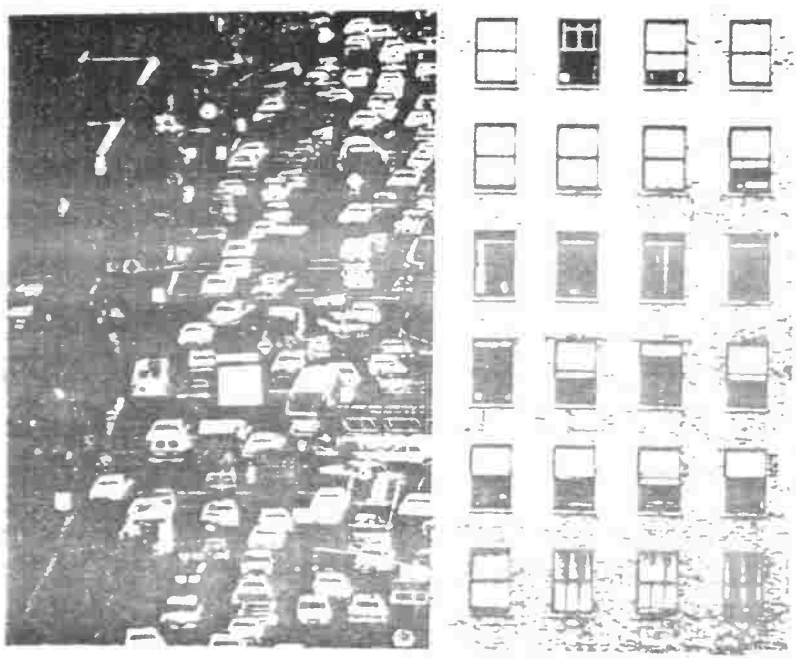
أول أكسيد الكربون ، الغاز السام

يتكون أول أكسيد الكربون (CO) عندما يكون غاز الأكسوجين الموجود حول الوقود المشتعل غير كاف لإحداث أكسدة كاملة للكربون. ليس من الضرورى لكى يتكون هذا الغاز السام أن يكون الوقود حطبا أو فحما ، بل قد ينتج عن الإحتراق غير الكامل للبترول أو الكحول أو الشمع أو غازات البترول أو روث الحيوانات أو مخلفات الحدائق أو المنازل أو عند حرق القمامة ، فأى مادة عضوية أو ذات أصل عضوى تحرق للتدفئة أو الإنارة أو للطهى أو للصناعة لابد وأن تعطى أكاسيد الكربون بجانب غازات أخرى قد تنبعث نتيجة لوجود عناصر أخرى بالوقود.

يتكون جزىء غاز أول أكسيد الكربون من ذرة أكسوجين متحدة مع ذرة كربون. ومن المعروف أن غاز الأكسوجين المكون لخمس الهواء الجوى هو العنصر الضرورى لتنفس النباتات والحيوانات ، كما أن عنصر الكربون يعتبر جزء أساسى وحيوى فى تكوين وتركيب أجسام كافة أحياء الأرض ، فلا يوجد كائن حى أو مركب عضوى سواء كان كربوايدراتى أو دهنى أو بروتينى أو غيرها كالأنزيمات أو الهرمونات أو الأكسينات أو الصبغات لا يدخل فى تركيبه عنصرى الكربون والأكسوجين. وبالرغم من أن كل من عنصرى الكربون والأكسوجين ضروريين للحياة إلا أنهما عند إتحادهما لتكوين أول أكسيد الكربون يصبحان فى تلك الصورة سما فتاكا مبيدا للحياة. ولعلنا نستعيد ذكر الحالات التى كثيرا ما حدثت فى الماضى عندما كنا نشعل مواقد الفحم فى الحجرات المقفلة خلال أشهر الشتاء البارد طلبا للدفىء ، مما كان ينتج عنه تفاعل إتحادى بين كربون الفحم الموجود بالموقد مع أكسوجين جو الغرفة ، مكونا فى المبدأ غاز ثانى أكسيد الكربون فتزداد نسبته فى جو الغرفة ، فى نفس الوقت الذى يستهلك فيه جزء من أكسوجين الغرفة بفعل حرق الوقود وتنفس الموجودين بالغرفة. بتوالى التناقص فى الأكسوجين تحدث أكسدة غير تامة لكربون الفحم فيتكون غاز أول أكسيد الكربون السام. ترجع خطورة هذا الغاز السام إلى كونه عديم اللون والرائحة فيتسلل إلى الرئتين دون إحساس من

الجالسين حول الموقد ، فيحدث التسمم والإنتقال من دار الفناء إلى دار البقاء فى يسر وهدوء. فى الوقت الحالى كثيرا ما تطالعنا الصحف عن حالات مماثلة نتجت عن إستخدام البوتاجاز أو غاز المدن فى الحمامات والمطابخ.

يرجع معظم تلوث جو المدن بغاز أول أكسيد الكربون إلى احتراق الوقود فى وسائل النقل الحديثة ، ويعزى ذلك إلى أن إحتراق الوقود عند السير داخل المدن يكون غير كامل ، نتيجة لعدم ثبات السرعة وللتوقف المتكرر عند الإشارات الضوئية وعند إزدحام حركة المرور ، بالإضافة إلى عدم كفاءة أو ضبط محركات بعض السيارات ، فى حين أنه عند سير السيارات فى الطرق السريعة خارج المدن يكون إحتراق الوقود كاملا حيث تكون سرعة السيارات ثابتة تقريبا.



شكل 15 إزدحام حركة المرور فى المدن تعرض السائقين والراكبين والمشاة وسكان المنطقة للنواتج الضارة الناتجة عن الإحتراق غير الكامل لوقود السيارات

تكمن خطورة أول أكسيد الكربون فى إحداثه لعجز أكسوجينى بجسم الإنسان ، ولكى نوضح ذلك يجب أن نتعرف على دورة الدم بالإنسان. يجرى الدم محملا بكرات الدم الحمراء فى العروق الدموية المنتشرة فى كافة أجزاء جسم الإنسان ، وذلك فى جولات مستمرة تبدأ من القلب الذى يضخ الدم إلى الرئتين ، حيث يتم تنقيته من حمولته من غاز ثانى أكسيد الكربون ثم تحميله بغاز الأكسوجين. يعود الدم النقى المحمل بغاز الأكسوجين من الرئتين إلى القلب ، ومن القلب يعاد ضخه بالشرايين إلى مختلف أجزاء الجسم حيث يوزع حمولته من الأكسوجين ويحمل بدلا منه غاز ثانى أكسيد الكربون ليعود به عن طريق الأوردة إلى القلب فالرئتين. تستغرق الدورة الكاملة للدم أقل من دقيقتين ، يضخ القلب خلالها حوالى 5% لتر دم كل دقيقة فى حالة السكون ، وخلال تلك الدقيقة ينبض قلب الشخص البالغ الطبيعى 76 نبضة تستمر ليلا ونهارا طوال حياة الإنسان.

يحدث العجز الأكسوجينى بجسم الإنسان عند وجود غاز أول أكسيد الكربون بالجو ، فوصوله إلى الرئتين أثناء عملية الشهيق يتسبب فى حدوث إضطراب فى وظيفة هيموجلوبين الدم ، فبدلا من قيام الهيموجلوبين بالتخلص من غاز ثانى أكسيد الكربون فى الرئتين ثم حمله للأكسوجين ، نجد أن الهيموجلوبين بعد تخلصه من غاز ثانى أكسيد الكربون يعطى الأفضلية لغاز أول أكسيد الكربون فيحمله بدلا من الأكسوجين مكونا لمركب كربوكسى هيموجلوبين carboxyhaemoglobin . تعود كرات الدم الحمراء المحملة بالمركب الجديد من الرئتين إلى القلب ، ثم توزع على أنسجة الجسم المختلفة حتى تصل إلى الشعيرات الدموية ، وعندها يتخلص الهيموجلوبين من حمولته من الأكسوجين ، فى حين أن الكربوكسى هيموجلوبين يصعب عليه التخلص مما به من غاز أول أكسيد الكربون فيعود محملا به إلى القلب فالرئتين بعد أن فقد قدرته على نقل الأكسوجين ، مما يتسبب فى فقد الإنسان الذى استنشق بعضا من غاز أول أكسيد الكربون جزءا من كفاءته التنفسية. تزداد الخطورة مع طول مدة التعريض لهذا الغاز ، خاصة إذا علمنا أننا نتنفس بمعدل 16 مرة فى الدقيقة ، ولا يتوقف ذلك إلا بالوفاة.

يعتقد أن كفاءة الكبد تلعب دورا كبيرا فى تحديد قدرة الإنسان على تحمل إنخفاض نسبة الأكسوجين أو لارتفاع نسبة أول أكسيد الكربون فى الجو ، وبالتالى فى تحديد كفاءة تنفس الإنسان. ففى حالة وجود نقص فى وظائف الكبد نتيجة للإصابة بمرض إلتهاب الكبد الوبائى hepatitis مثلا ، أو لتأثير بعض المواد السامة يظهر ذلك واضحا على الكفاءة النفسية للإنسان فى حالة حدوث زيادة فى أول أكسيد الكربون بالجو أو حدوث نقص فى أكسوجين الجو ، مقارنة بالأشخاص الأصحاء كبديا عند تعرضهم لمثل هذه الظروف. يعزى ذلك إلى الدور الرئيسى الذى يلعبه الكبد فى تجهيز وتخزين مغذيات المخ ، فالكبد المصاب لا يستطيع توفير متطلبات المخ والجهاز العصبى بالسرعة اللازمة مما يتسبب معه حدوث حالات إغماء أو تسمم.

يختلف الأشخاص فى مدى تحملهم للعجز فى أكسوجين الدم ، ويتضح ذلك من حادثة حدثت بفرنسا فى السبعينات من القرن التاسع عشر. ركب ثلاثة علماء بالونا صعد بهم فى الجو ، فما أن وصل البالون إلى إرتفاع 25 ألف قدم حتى فقد العلماء الثلاثة وعيهم نتيجة للنقص فى الأكسوجين الجوى. مرت فترة من الوقت بعدها استرد أحد العلماء وعيه ملاحظاً أن زميليه فى حالة إغماء وأن البالون فى حالة هبوط. أراد العالم أن يزيد من سرعة الهبوط ، لكن تقديره للأمور كان قد إختل فأسقط من البالون بعض الأثقال مما تسبب فى تغيير إتجاه حركة البالون من الهبوط إلى الصعود ، فأدى ذلك إلى فقد العالم لوعيه ثانية. إنقضت ساعة ، بعدها إسترد العالم وعيه للمرة الثانية وكان البالون فى حالة هبوط سريع ، واستمر فى ذلك حتى وصل إلى سطح الأرض بعد أن تم فقد عالمين نتيجة لعجز أكسوجينى.

يمكن ترتيب الأشخاص حسب درجة حساسيتهم لنقص أكسوجين الدم عند تعرضهم لغاز أول أكسيد الكربون كالآتى : الأجنة أكثرهم حساسية ، يليهم فى ذلك حديثى الولادة ثم الحوامل ثم مرضى الكبد ثم كبار السن وأخيراً الشباب الأصحاء.

يمكن القول بوجه عام أن العوامل التى تزيد من سرعة التنفس كما فى حالات الحمى وفقر الدم وزيادة النشاط الرياضى أو النشاط الزائد بصفة عامة تعجل من الفترة اللازمة لظهور التسمم بأول أكسيد الكربون. وكثيرا ما تختلط أعراض التسمم بأول أكسيد الكربون مع أعراض التسمم الغذائى ، خاصة أن كلا من التسممين يحدثان غثيانا ورغبة فى القىء ويؤديان إلى الإختناق.

تتوقف درجة التسمم بغاز أول أكسيد الكربون على معدلات وجوده فى الجو ، وعلى مدة التعريض له وعلى درجة حساسية ونشاط الشخص المعرض له. وعموما يمكن القول بأن الحد الأقصى المسموح به فى الجو هو 35 جزء فى المليون ولمدة ساعة ، فإذا زاد التركيز أو زاد زمن التعريض قد يحدث الضرر. وقد أكدت الدراسات أن تركيز هذا الغاز يزيد عن ذلك فى الأماكن المزدحمة بالسيارات بالمدن وخاصة عند إشارات المرور ، مما يجعل رجال شرطة المرور معرضين لأضرار زيادة هذا الغاز. وقد وجد أن التعرض لجو به 500 جزء فى المليون من هذا الغاز ولمدة ساعة يتسبب فى تحول حوالى 20 % من هيموجلوبين الدم إلى كربوكسى هيموجلوبين ، متسببا فى حدوث صداع خفيف ، وأن إطالة مدة التعريض أو زيادة نشاط الشخص أثناء ذلك يتسبب فى زيادة إرتفاع نسبة الكربوكسى هيموجلوبين. ويؤدى إرتفاع نسبة الكربوكسى هيموجلوبين بالدم إلى 50 % إلى حدوث صداع وغثيان وزيادة فى سرعة التنفس وآلام بالصدر وسوء تقدير للأمور مع قلة الإحساس بالأطراف وترنح فى المشى ، وقد يؤدى ذلك إلى حدوث إغماء مع تلون الشفاه بلون أحمر أو أزرق. إذا زاد إرتفاع نسبة أول أكسيد الكربون ووصل إلى 750 - 1000 جزء بالمليون فإن ذلك يمثل خطورة كبيرة قد تؤدى إلى الموت نتيجة لتأثيرها على مركز التنفس بالمخ وتوقف التنفس. مما سبق يتضح لنا الخطورة الناتجة عن إطالة مدة تشغيل السيارة داخل جراج صغير سيئ التهوية.

يعتقد البعض فى إستمرارية الضرر الناشئ عن التعرض لغاز أول أكسيد الكربون حتى بعد زوال التعرض إليه ، فبعض الأشخاص من رجال المرور وساكنى الأماكن المزدحمة بحركة المرور والسائقين يحدث لهم تسمم مزمن من هذا الغاز فتكون نسبة الهيكوجلوبين المتحدة مع أول أكسيد الكربون لديهم تمثل حوالى 5 % من مجموع هيموجلوبين الدم. ومن أعراض هذا التسمم المزمن الضعف العام والصداع والدوخة والغثيان.

ذكر دريسباك Dreisbach فى كتابه عن التسمم سنة 1964 أنه بالرغم من عدم اعتقاده بحدوث تأثير تراكمى لغاز أول أكسيد الكربون بجسم الإنسان ، إلا أن تكرار التعرض لهذا الغاز يتسبب عنه تلف فى الجهاز العصبى المركزى يتضح أثره فى الأعراض الآتية :

1 - قلة حساسية الأصابع.
2 - ضعف فى الذاكرة.
3 - ضعف فى القدرة الذهنية.
4 - ظهور أعراض رومبرج Romberg والتى تظهر فى تأرجح الجسم عند الوقوف والإقدام متلاصقة والعيون مغلقة.

ثانى أكسيد الكبريت والأمطار الحامضية

يوجد غاز ثانى أكسيد الكبريت طبيعياً فى الجو حيث يدخل ضمن الغازات الناتجة عن ثورة البراكين ، وتقل معدلات هذا الغاز كثيراً بالجو ويكاد أن يكون نادر الوجود ، بعيداً عن مناطق البراكين النشطة ما لم تكن تلك الأجواء معرضة للتلوث بهذا الغاز الناتج عن إحتراق الوقود أو النشاط الصناعى.

يعتبر الفحم هو الملوث الأساسى بهذا الغاز ، لهذا فإنه يكثر وجوده ملوثاً للجو حيث يحرق الفحم سواء فى الصناعة أو توليد الكهرباء أو فى الأغراض المنزلية. كذلك فإن بعض الزيوت المعدنية تحتوى على كبريت ، يتأكسد بالإحتراق إلى ثانى

أكسيد الكبريت. يحتوى غاز المدن على نسب ضئيلة من غاز كبريتيد الإيدروجين وهو غاز سام كريه الرائحة ، يتحول عند الإحتراق إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت. يتولد هذا الغاز أيضا عند حرق الأحطاب وروث الماشية.

غاز ثانى أكسيد الكبريت غاز سام نفاذ كاوى مهيج ، إستخدمه الألمان كغاز سام فى الحرب العالمية الأولى. يحدث هذا الغاز تهيجا للخلايا الطلائية للقصبة الهوائية والتهابات فى الحنجرة والبلعوم ، كذلك فإنه يحدث تهيجا فى الغدد الدمعية متسببا فى شدة إدماعها ، كما يحدث إحتقانا فى الأنف وزيادة فى إفرازاته. تزداد خطورة هذا الغاز بالنسبة لمرضى الجهاز التنفسى فهو مهيج للرئتين ويلعب دورا مساعدا فى الإصابة بالنزلات الشعبية ، ويعمل على زيادة الإصابة بالربو وضيق التنفس.

يتحول غاز ثانى أكسيد الكبريت فى الجو إلى غاز ثالث أكسيد الكبريت الذى يتحد مع الماء مكونا حمض الكبريتيك ، كما أن غاز ثانى أكسيد الكبريت يتفاعل مع الماء مكونا حمض كبريتوز الذى يتأكسد بسهولة فى الجو إلى حمض كبريتيك. يساعد إرتفاع نسبة حمض الكبريتيك بالجو على حدوث ظاهرة الضبخن* والتى تحدث عند شدة إرتفاع رطوبة الجو فى أجزائه السفلى مكونا ضبابا كثيفا محملا بالدخان الناتج عن عوادم السيارات ومداخن المصانع والمنازل القاذفة لنواتج إحتراق الوقود. يصبح الجو مظلما شديد التلوث محملا بمواد هيدروكربونية بعضه من النوع الحلقى المسرطن مثل البنزبيرين benzpyrene وغازات سامة مختلفة. ظهر الضبخن بلندن خلال ديسمبر سنة 1952 بدرجة كثيفة ، إرتفع خلالها التلوث الكبريتى بالجو إلى عشرة أمثاله فى الأوقات العادية ، وتسبب خلال ثلاثة أيام فى وفاة حوالى أربعة آلاف شخص يعادلون أربعة أمثال أعداد الوفيات فى الظروف الطبيعية ، علما بأن التركيز المسموح به من غاز ثانى أكسيد الكبريت بالجو يتراوح من 3 - 10 أجزاء فى المليون.

---

* الضبخن smog ، كلمة مكونة من كلمتى الضباب fog ، والدخان smoke ، والبعض يعرفها بالضباب الدخانى.

من الممكن معالجة الوقود لإزالة ما بـه من كبريت ، ولكن فضل البعض فى المصانع الكبيرة بناء مداخن شديدة الإرتفاع تنفث ما بها من غازات وخاصة ثانى أكسيد الكبريت على إرتفاعات عالية فى الجو ، حيث تقوم الرياح بتشتيتها ونقل ما بها من ملوثات من أماكن إنتاجها إلى أماكن أخرى حيث تسقطها المطار أو الثلوج. وقد أدى ذلك إلى حدوث تحسن ملموس فى جو تلك المدن الصناعية التى أنشأ بمصانعها المداخن عالية الإرتفاع ، لكن تسبب ذلك فى نقل التلوث ، بواسطة تيارات الهواء والسحب ، من أماكن إنتاجها إلى أماكن أخرى بعيدة.

فى الأجواء العليا ، حيث تنبعث عوادم الصناعة عبر المداخن المرتفعة ، تتحول كثير من الغازات الناتجة عن حرق الوقود والتفاعلات الكيميائية الناتجة عن عمليات التصنيع ، بتفاعلها مع بخار الماء إلى أحماض فتتحول الأكاسيد الكبريتية إلى حمضى الكبريتوز والكبريتيك ، كما تتحول الأكاسيد النتروجينية إلى حمضى النتروز والنتريك ، ويتحول ثانى أكسيد الكربون إلى حمض الكربونيك. بسقوط الأمطار أو الثلوج أو بتكون قطرات الندى ، وقد يحدث ذلك بعيدا عن مصادر التلوث ، فإنها تحمل معها تلك الأحماض إلى سطح الأرض ، عندئذ يحدث الضرر وخاصة فى البلاد الشمالية الباردة.

تظهر أضرار الأمطار الحامضية acid rain على التربة ، وعلى مياه الأنهار والبحيرات وأحيانها ، كما تظهر الأضرار على المزروعات والأشجار. تذيب الأمطار الحامضية عند تساقطها على التربة كثيرا من مركبات التربة نتيجة لتحويلها لبعض مركبات التربة غير القابلة للذوبان فى الماء إلى مركبات قابلة للذوبان فى الماء. يؤدى ذلك إلى إرتفاع تركيزات العناصر الثقيلة كالرصاص والحديد والزنبق والكادميوم والألومنيوم والنحاس والكالسيوم فى ماء التربة. تحمل مياه التربة الحامضية أملاح تلك العناصر إلى المياه الجوفية والمصارف والبحيرات والأنهار ، متسببة فى حدوث أضرار جسيمة على أحياء التربة والمصارف والبحيرات والأنهار. بدءا من الستينات من القرن الماضى سجلت زيادات مطردة فى درجات الحموضة ببحيرات أوروبا وأمريكا الشمالية ، مما تسبب فى هلاك ونقص الأعداد الطبيعية للأسماك وغيرها من الأحياء البحرية.

شكل 16 : جفاف وموت أشجار غابة نتيجة لتساقط الأمطار الحامضية

تؤثر الأمطار الحامضية على نمو وإنتاجية كثير من المحاصيل والأشجار ، فقد ثبت أنها تقلل من إنتاجية القمح والأرز والذرة. بالنسبة للأشجار فقد قدرت الأضرار الناتجة عن الأمطار الحامضية على أوراق الغابات فى ألمانيا سنة 1983 ، بحوالى 34 % ، إزدادت خلال عامين فصارت 50 % سنة 1985 ، فى حين أنه لم تكن هناك دلائل على وجود أضرار من هذا النوع على الأشجار بصفة عامة فى أوروبا سنة 1970.

لا تقتصر أضرار الأمطار الحامضية وكذلك الهواء الجوى المحمل بتلك الأحماض الكاوية على الأحياء ، بل تتعداها إلى المبانى والتماثيل والهياكل والمركبات المعدنية وأثاثات المنازل والملابس ، مؤدية إلى حدوث تآكل فى جدران المبانى والتماثيل وصدأ فى المواد المعدنية وتلف بالمنازل والأثاثات والملابس مما يقلل من قيمتها.

أكاسيد النيتروجين وثقب الأوزون

يدخل النيتروجين ضمن التكوين العضوى للأحياء ، فهو أحد العناصر التى تتكون منها البروتينات ، لهذا فهو يدخل بنسب ضئيلة فى تركيب الأحطاب والأخشاب وروث الحيوان وأنواع الوقود الحفرى. ينتج عن إحتراق الوقود أكسدة عنصر النيتروجين وتكون أكاسيد نتروجين. تتفاعل أكاسيد النتروجين مع الماء مكونة حمضى النتروز والنتريك ، والتى تساهم فى تكوين الأمطار الحامضية مع أكاسيد الكبريت حيث أن تلك الأكاسيد سهلة الإتحاد مع بخار الماء فى الجو وأن الأحماض الناتجة عنها أحماض قوية.

تحدث أكاسيد النتروجين أضرارا بالغة عند وجودها فى طبقات الجو العليا حيث تساهم مع غيرها من الغازات فى تفكك طبقة الأوزون *التى تحجز الأشعة فوق البنفسجية ، وفى نفس الوقت فإن وجود الأكاسيد النتروجينية فى الطبقة السفلى من

* تقع طبقة الأوزون على إرتفاع ما بين 15 – 35 كم فوق سطح البحر ، وهى ضمن طبقة الإستراتوسفير stratosphere. قلت كثافة الأوزون فى بعض المناطق فيما يعرف بثقب الأوزون لتساعد بعض الغازات وخاصة تلك المحتوية على هالوجينات وخاصة المركبات الكلوروفلوروكربونية.

الغلاف الجوى تتسبب فى حدوث إختزال ضوئى لغاز ثانى أكسيد النتروجين وأكسدة بعض أكسوجين الجو حيث يتحول إلى غاز الأوزون ، لهذا يرتفع تركيز الأوزون بالجو خلال ساعات النهار وخاصة فى الجهات التى يحرق فيها الوقود مثل محطات القوى الكهربائية والمصانع ووسائل الإنتقال ، كما يقل تركيز الأوزون بالجو ليلا حيث يتفاعل مع غاز أول أكسيد النيتروجين وينتج عن ذلك إختزال الأوزون ثانية إلى أكسوجين .

يعمل الأوزون فى الجزء السفلى من الغلاف الجوى كغاز ملوث فهو غاز سام لونه أزرق باهت ، يحدث التهابات فى الأغشية المخاطية وإحتقان فى العيون ، كما يقلل من مقاومة الجسم لنزلات البرد ، ومن قدرة الرئتين على طرد الهواء متسببة فى إحتباس الهواء بالرئتين ، وكثيرا ما يؤدى ذلك إلى الوفاة عند زيادة تركيزه . التركيز المسموح به للأوزون 0.06 - 0.12 جزء فى المليون .

تسبب أكاسيد النتروجين تهيجا للأنف والعين كما تحدث التهابا فى الرئتين وإضطرابات فى التنفس . وتؤثر أكاسيد النتروجين وغاز الأوزون على الكثير من النباتات مثل العنب والموالح والخوخ والمشمش والدخان محدثة بقعا على الأوراق حيث تدمر البلاستيدات الخضراء المحتوية على الكلوروفيل ، وقد تتسبب فى حدوث إلتفاف لحواف الأوراق .

الحدود المسموح بها لتركيز أكاسيد النيتروجين بالجو تتراوح ما بين 3 - 10 أجزاء فى المليون .