تلوث الهواء (Air pollution)

تعريف :

يعتبر تلوث الهواء أحرج واخطر أنواع التلوث وذلك بسبب محدودية المورد الهوائي ،إن الإنسان لا يستطيع أن يستغني عن الهواء أكثر من دقائق معدودة ، وقد سجلت عدة كوارث بيئية في كثير من المدن الصناعية نجمت عن التلوث الهوائي .

ففي بلجيكا في وادي مينز menses valley حددت تلوث للجو استمر خمسة أيام وذهب ضحيته 63 شخص وأصيب مئات آخرون بإمراض رئوية وقد وضع اللوم في حينها على التراكيز العالية من غاز ثاني اوكسيد الكبريت .

كذلك تعتبر كارثة الضباب الدخاني في لندن عام 1956 أشهر كارثة للتلوث الهوائي حيث قتل حوالي 4000 شخص وأصيب مئات آخرون .

مصادر التلوث الهوائي :

من الضروري معرفة مفردات الهواء الطبيعي والذي هو خليط من غازات مختلفة وتحديد المكونات التي تتجاوز كمياتها .

مكونات الهواء تتكون بصورة رئيسية من النتروجين بنسبة 78% والأوكسجين يمثل 21% ، أما باقي الغازات فتمثل 1% وتشمل (الأركون ، هيليوم ، كربتون ، ميثان ، نيون ، هيدروجين ، ثاني اوكسيد الكاربون) .

بالرغم من وجود انبعاث عالية لبعض الملوثات الغازية من البراكين والصناعات المختلفة إلا إن تركيز اغلب الغازات ثابتة على مر العصور عدا غاز ثاني وكسيد الكاربون الذي تضاعف تركيزه في جو الأرض منذ الثورة الصناعية نتيجة حرق كميات هائلة من الوقود نتيجة الطلب المتصاعد على الطاقة .

أنواع الملوثات :

تقسم الملوثات حسب طبيعتها إلى ملوثات جسيمية أو دقائقية والى ملوثات غازية حيث تكون الأخيرة إما غازات لا عضوية مثل :

1) ثاني اوكسيد الكاربون CO_2
2) الدقائق PM10
3) اكاسيد النتروجين NOx
4) أول اوكسيد الكاربون CO
5) كبريتيد الهايدروجين H_2S
6) الغازات والأبخرة العضوية VOC وهي تتمثل بما يلي :

الهيدروكاربونات، الكحول الكبريتي، الكحول، الكيتونات، أملاح عضوية .

7) الأوزون O_3 الناتج من التفاعلات الكيمياضوئية

.

يمكن توضيح الملوثات الغازية كما يلي :

1. **ملوثات أولية :** وهي الغازات التي تطرح مباشرة إلى الغلاف الجوي مثل اكاسيد لنتروجين والمركبات العضوية المتطايرة وتنتج من عمليات التخير والطحن والحرق مثل تبخر الكازولين وطحن ألياف الأسبستوس التي تستخدم في أنابيب الإسالة والحرق الذي هو ناجم عن حرق النفايات الصلبة .
2. **ملوثات ثانوية :** وهي الغازات التي تحصل نتيجة تفاعل عدة غازات بوجود أشعة الشمس مثل الأوزون .

كيف يحصل التلوث بالحرق :

لو كان عندنا حرق كامل لهيدروكاربون مثل الميثان لكان الناتج كما يلي :

$$CH_4 + 2O_2 \text{----------} CO_2 + 2H_2O$$

أما إذا كان الحرق ليس كاملا حيث لم يكن وجود كافي من غاز الأوكسجين أو في حالة لم يعط الوقت الكافي للحرق لكان الناتج كما يلي :

$$CH_4 + O_2 \text{----------} CO_2 + 2H_2O + (CO + HCL)$$

بما إن الغلاف الجوي فيه 78% نتروجين و 21% اوكسجين وعندما يكون الحرق غير كاف فسوف يتفاعل الأوكسجين مع النتروجين حيث يتكون اكاسيد النتروجين الحرارية كما يلي :

Fuel (H, C, S, N, Pb, ash) +Air (N_2+O_2)--------CO_2, H_2O, CO, NOx, SOx, Pb, Particulate, ash).

مصادر الملوثات حسب نشوؤها :

1 -المصادر النقطية : محطات توليد الطاقة .
2 -المصادر غير النقطية : مساكن
3 -المصادر الخطية : العجلات .

تصنيف الملوثات الغازية حسب مصدرها :

1 -طبيعية مثل البراكين .
2 -غير طبيعية أو مصادر النشاط البشري

محددان نوعية الهواء: وكالة حماية البيئة EPA وضعت محددات لكل من :

1 -نوعية الهواء : وهي تخص الملوثات المسموحة في الغلاف الجوي .
2 -الغازات المنبعثة :وهي تخص الملوثات المسموحة والتي يمكن أن تطرح من المصدر

وقد اعتمدت المحددات على اعتماد ستة ملوثات رئيسية وهي :

CO, Pb, NO_2, O_3, SO_2, Particulates (PM10)

وقد ازالت بعض المحددات الرصاص من الملوثات الغازية الرئيسية الملوثة للهواء بسبب قلة انبعاثه نتيجة للتقليل من استخدامه في صناعة الوقود للعجلات وفي الاستخدامات الانشائية .

تحويل الوحدات

إن وحدات محددات الهواء يعبر عنها بصيغتين :

1 -جزء بالمليون : ppm

2 -مايكروغرام لكل متر مكعب $\mu g/m^3$

3 -مليغرام لكل متر مكعب mg/m^3

وتعتبر وحدات ppm هي المفضلة لأنها لا تعتمد على درجة الحرارة والضغط بينما وحدات الكتلة والحجم تعتمد على الحرارة القياسية 25 درجة مئوية وضغط جوي واحد جو .

لتحويل الوحدات يجب أن نعلم أن الغاز المثالي عند ضغط جوي واحد ودرجة حرارة 25 درجة مئوية يشغل حيز قدره 24.465 لتر.

$$\mathbf{mg/m^3} = \frac{ppm * Mwt.}{24.465} \text{ for 25 C}^o \text{ and 1 atm.}$$

$$\mathbf{mg/m^3} = \frac{ppm * Mwt.}{22.414} * \frac{273}{T\ (Kelven)} * \frac{Pressure\ (atm.)}{1(\ atm.)} \text{ for any Temp. and pressure}$$

أمثالة على تحويل الوحدات :

مثال (1): إذا كان التركيز الحجمي لغاز أول اوكسيد الكربون الخارج من عادم سيارة = 1.5 جزء بالمليون فما هو التركيز الوزني له بوحدة ملغم/م^3 في الظروف القياسية؟

Solution :

Mw. Of CO=28 g/mole

$$mg/m^3 = \frac{ppm * Mwt.}{24.465} \text{ for 25 C}^o \text{ and 1 atm.}$$

$$mg/m^3 = \frac{1.5 * 28}{24.465} \text{ for 25 C}^o \text{ and 1 atm.} = 1.72$$

مثال (2) : حول وحدات الغازات التالية في ظروف قياسية :

1 -غاز CO_2 وبتركيز 5000 ppm إلى تركيز $mglm^3$ ؟

2 -الفورمالدهايد HCHO من تركيز 36 $mglm^3$ إلى تركيزppm ؟

3 -أوكسيد النتروجين NO وبتركيز 25 ppm ؟

Solution:

1- $CO_2\ (mg/m^3)$=5000ppm*(12+2*16)/24.465=9000 mg/m^3

2- HCHO ppm=24.456*3.6 mg/m^3/(2*1+12+16)=2.94ppm

3- NO mg/m^3=25ppm*(14+16)/24.465=30 mg/m^3

EX (3) Suppose the average concentration of SO_2 is measured to be 400 $\mu g/m^3$ at 25 C^o and 1 atm . does this exceed the 24 hr air quality standard of 0.14 ppm?

Solution : $mg/m^3 = \frac{ppm * Mwt.}{24.465}$ for 25 C^o and 1 atm.

0.4 = ppm*(32+32)/24.465 , Ppm=0.15 > 0.14 , yes it exceed.

EX(4) Suppose the exhaust gas from an automobile contains 1 % by volume of carbon monoxide. Express this concentration in mg/m^3 at 25 C^o and 1 atm.

Solution : 1% of CO =10,000 ppm

$mg/m^3 = \frac{ppm * Mwt.}{24.465}$

mg/m^3 = 10,000*(12+16)/24.465=11445

EX(4) For ozone (O_3) air quality of 0.08 ppm :

a) Express that in $\mu g/m^3$ at 25 C^o and 1 atm?
b) Express the ozone at that pressure 0.82 and temp . 15 C^o ?

Solution :

a) $mg/m^3 = \frac{ppm * Mwt.}{24.465} = \frac{0.08*16*3}{24.465}$ =0.157=157 $\mu g/m^3$

b) $mg/m^3 = \frac{0.08*16*3}{22.414} * \frac{273}{273+15} * \frac{0.82}{1}$ = 0.133 mg/m^3 =133 $\mu g/m^3$

EX(5) A typical motorcycle emits about 20 g of CO per mile:

a) What volume of CO would a 5 mile trip produce after the gas cools to 25 C^o and 1 atm. ?
b) Per meter of distance traveled, what volume of air could be polluted to the air quality standard of 9 ppm?

Solution:

a-Volume =20(g/mile)*5 (mile) /28 (mol/g)*24.465 (L/mol)*$1/10^3$(m^3/L)=0.087 m^3 CO

b- For one mile , 0.087/5= 0.174

9 ppm of CO means $9m^3$ of Co/ 10^6 m^3 of air

$\frac{9 \text{ ppm of CO}}{106 \text{ m3 of air}} = \frac{0.174}{V\ air}$

V= $1933m^3$

For I mile=1609m

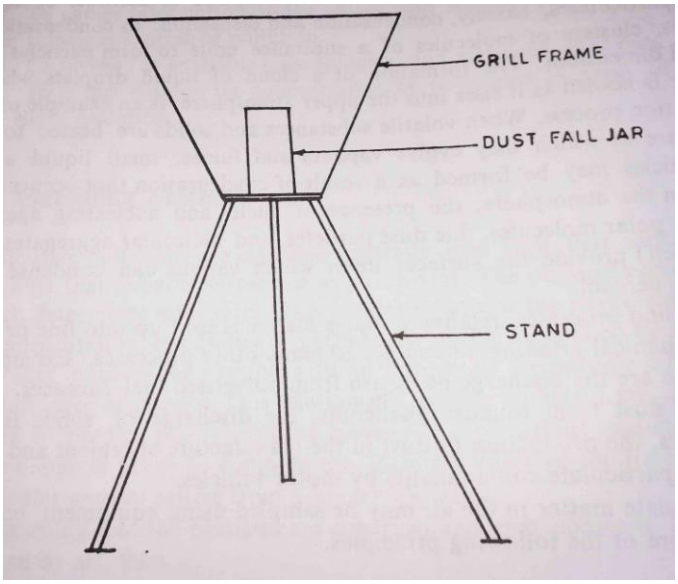
For one meter , 1933/1609 =1.2 m^3

قياس تركيز الدقائق

Particles Concentration Measurement

أولا:الغبار الساقط أو المترسب (Dust full):

ويقصد به ذلك الجزء من الدقائق التي لها الحجم والوزن النوعي الكافي لكي تترسب بواسطة الجاذبية الرضية في جامع العينات الغبار الساقط (Dust full sampler) في خلال فترة شهر واحد وبالتأكيد فان الغبار الساقط هو اقل بكثير من الدقائق العالقة الكلية وفيما يلي شكل يوضح جامع الغبار .



شروط وضع جامع الغبار:

1) إن تكون بعيدة عن المنشات القريبة مثل المحارق.

2) النهاية العلوية للحاوية لا تقل عن 2.5 م ولا تزيد عن 16 م فوق سطح الأرض وغالبا تؤخذ 6 م كمستوى قياسي .

3) في حالة وضعها داخل مدينة توضع في منطقة مرتفعة حوالي 10 م عن اقرب مدخنة وبعيدة عن الجدران بزاوية 30 درجة.

4) غالبا توضع جامعة الغبار الساقط كل 2600 هكتار.

أبعاد الحاوية :

ارتفاع الحاوية بقدر ضعف قطرها، غالبا الارتفاع بين 20-32 سم والقطر بين 10 إلى 15 سم.

وحداتها :

توزن الغبار الساقط والمتجمع خلال شهر غالبا ويعبر عن وحدتها :الوزن لكل وحدة مساحة ولكل 30 يوم $mglCm^2$, ton/km^2

مساؤها :

1 -احتمال عبث الصبيان بها .

2 -احتمال سقوط فضلات الطيور بها .

3 -نمو الأشتات وغيرها .

مثال : حاوية جامعة غبار قطرها 10 سم وجد بعد شهر من وضعها وجد فيها 100 غم من الغبار الساقط المتجمع ، ما هو تركيز الغبار اليومي محسوبا بوحدة طن/كم^2 ؟

Solution

100/30=0.3 g/d

A=(3.14/4) *10^2=80 cm^2

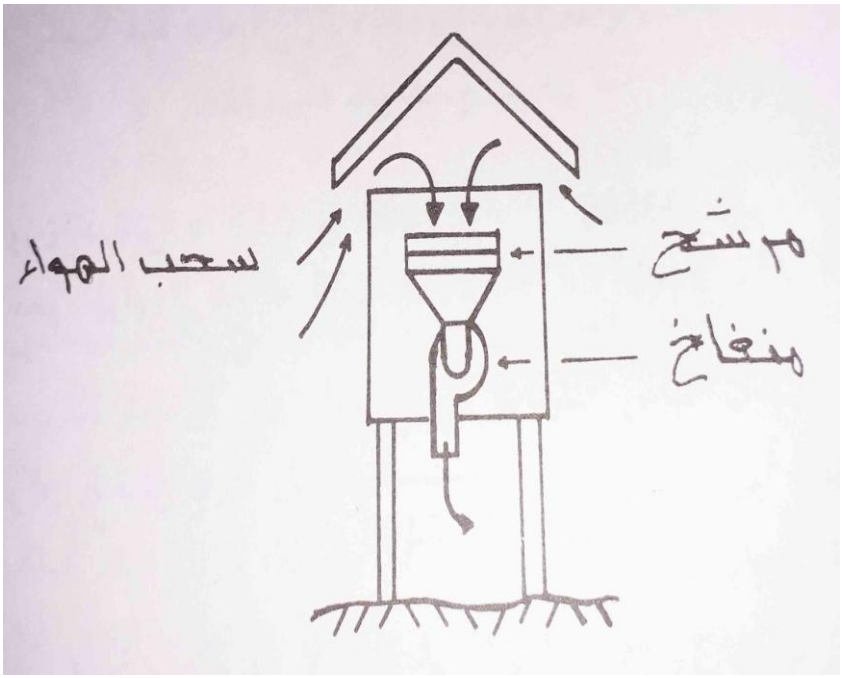
(0.3/80)=g/cm^2/d

(0.3/80)*10^4=32 g/m^2/d

32*10^6/10^6= 32 ton/km^2/d

ثانيا :الدقائق العالقة الكلية (Total suspended Particles)

وهي الدقائق التي يمكن جمعها بواسطة جامع العينات المسمى (Large Volume sampler) ويسمى أحيانا مرشح الهواء (Air filter) وفيما يلي شكل توضيحي لمرشح الهواء :



آلية عمل الجهاز :

1. سحب الهواء بواسطة مضخة أو ساحبة من خلال ورق ترشيح خلال فترة زمنية محدودة .
2. نحسب الفرق الوزني بين غشاء الترشيح قبل سحب الهواء وبعده .
3. نقسم الفرق الوزني الناتج على حجم الهواء المسحوب في ظروف الضغط والحرارة القياسية .

مثال : استخدم مرشح هواء لإيجاد المعدل اليومي لتركيز الدقائق الموجودة في حي سكني يبعد 800 م عن معمل سمنت وكان الفرق بين وزن الغشاء قبل الترشيح وبعده هو 33.6غم علما إن سعة المضخة الساحبة 100 م^3 لكل ساعة وان عملية اخذ النماذج استمرت 24 ساعة ، ما هو معدل التركيز اليومي للدقائق بالملغرام/م^3 في هواء هذا الحي السكني ؟ اعد حل السؤال في حال عملت المضخة لمدة 10 ساعات فقط ؟

الحل : وزن الدقائق = 33.6* 1000=33600 ملغم

حجم الهواء المرشح =100*24=2400 م^3/يوم

إذن تركيز الدقائق =33,600/2400=14 ملغم/م^3 (المعدل اليومي)

في حل عملت المضخة لمدة عشرة ساعات فقط :

33.6*1000=33600 ملغم

حجم الهواء =100*10 =1000 م^3

تركيز الدقائق= 33600/1000=33.6

جامع النماذج الشريطي

هو جهاز لقياس الدقائق والدخان وتسجيل تركيزها إذ يدخل الهواء إلى الجهاز مارا بغشاء ورقي حيث تتجمع الدقائق في بقعة دائرية قطرها 2.5 سم ولفترة زمنية مثبتة مسبقا تقريبا خمس دقائق إلى خمس ساعات وحسب الحاجة وعند انتهاء الفترة الزمنية المحددة يتحرك الشريط ليعرض بقعة جديدة من الشريط لمرور الهواء ثم تقارن البقعة المعرضة مع البقعة غير المعرضة من حيث نفاذية الضوء لها .بعد تحليل نتائج الجهاز يمكن معرفة مدى التلوث الحاصل سواء كان خفيف ام وسط ام شديد او شديد الخطورة ز

محاسن الجهاز :

1 -تجاوز مشكلة الوزن الدقيق للغشاء مثل حال مرشح الهواء .

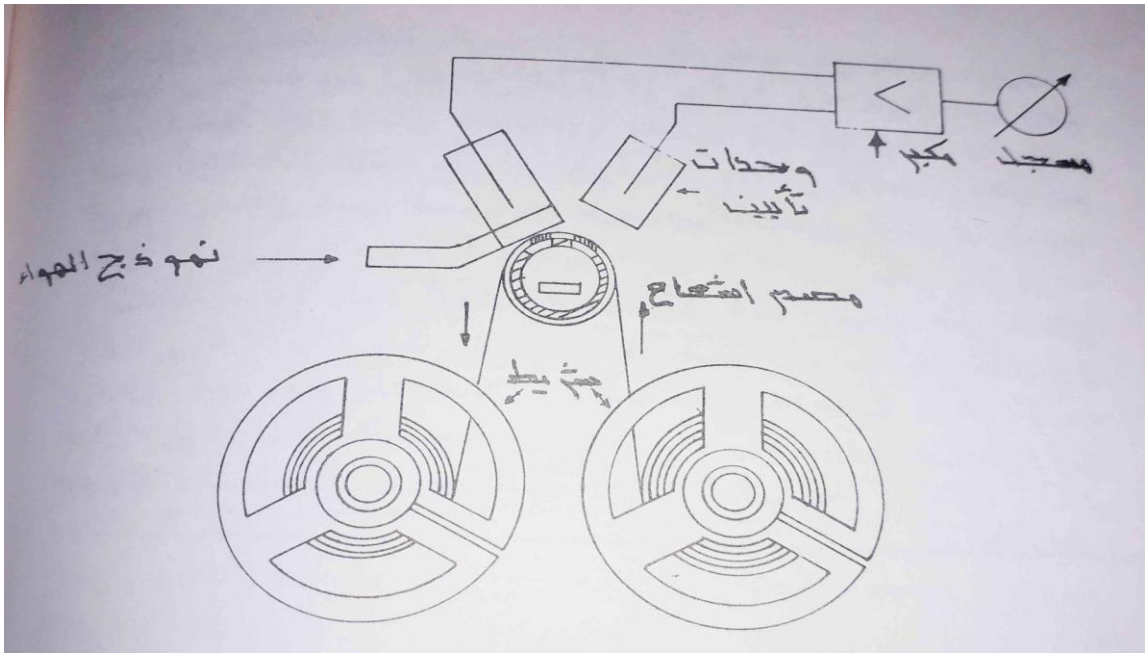
2 -له القابلية على تسجيل القراءات السابقة ويخزنها .

عيوب الجهاز :

1 -انه لا يسمح بقياس الدقائق السائلة .

2 -أنه لا يعطي أية فكرة عن التوزيع الحجمي للدقائق .

شكل يبين جامع النماذج الشريطي



عرض النتائج : يمكن معرفة النتائج من قياس سرعة دخول الهواء إلى الجهاز مضروبا في زمن التعرض ، وتكون قراءة الجهاز على شكل معامل يسمى معامل السديم .

معامل السديم (COH)(Coefficient Of Hanze)

هو مقياس لتشتت الضوء المار على مرشح ورقي شريطي يسمح بانتاج كثافة بصرية تعادل (0.01) ويعطي الجهاز قراءات لكل 1000 متر طول من الهواء المار خلال الجهاز ، ويستعمل معامل السديم في قياس نوعية الهواء .

العتمة (Opacity): هي مقلوب الضوء النافذ والذي يؤخذ على شكل كسر عشري.

Opacity=1/Light fraction transmittance

الكثافة البصرية (Optical Density) : هي لوغاريتم العتمة .

Optical density=Log of the Opacity

حدود نوعية الهواء استنادا لمعامل السديم محسوبة لكل 1000 قدم خطي

ت	المدى	مدى تلوث الهواء
1	1-0	خفيف
2	2-1	وسط
3	3-2	شديد
4	3<	شديد جدا

مثال : افترض أن نفوذية الضوء على شريط ورقي شريطي فيه نموذج لدقائق هو 60% عن النموذج النظيف الخالي من الدقائق ، ما هو معامل السديم و ما هي نوعية الهواء (مدى تلوثه) على افتراض أن الجهاز عمل لمدة 60 دقيقة وبسرعة 2 قدم/ثانية ؟

الحل : يتم تقسيم الحل على خطوتين :

1- حساب عدد وحدات معامل السديم

Opacity=1/Light fraction transmittance =1/0.6=1.67

Optical density = Log of the Opacity=Log 1.67=0.22

COH= 0.22/0.01 =22 units.

2- حساب المسافة الخطية للجهاز لكل 1000 قدم

Velocity =2 *60=120 ft/min.

Linear ft = 120*time(60 min) =7200 linear ft .

=7.2 Thousand linear ft

COH =22/7.2 =3.6

نوعية الهواء = تلوث عال جدا (من الجدول) لأنه أكثر من 3 .

مستوى الاحتمال

إن غاز أول اوكسيد الكاربون يعد من أكثر الملوثات الهوائية شيوعا ولهذا يمكن أخذه كمعيار لقياس خطورة الملوثات الرئيسية الهوائية المختلفة .

يفيد الجدول التالي معرفة معامل التأثير لعناصر التلويث الرئيسية المختلفة :

ت	الملوث الهوائي	مستوى الإحتمال (μ/m^3)
1	CO	5600
2	SOx	365
3	Particulates	260
4	NOx	250
5	HC	45

معامل التاثير

هو أعلى تركيز للعنصر الملوث يمكن ان يتحمله الإنسان وبما إن غاز أول اوكسيد الكاربون هو اقل سمية كما يتبين من الجدول أعلاه عن باقي الملوثات الغازية فلهذا يمكن اعتباره كمقياس حيث ان معامل التأثير له (1) ومن قيم مستوى الاحتمال يمكن إيجاد معامل تأثير كل ملوث فعلى سبيل المثال فان معامل تأثير غازات SO_X = 5600/365= 15.3 وهذا الرقم يعني أن غازات اكاسيد الكبريت لو وجدت في جو بتركيز قدره 5600 فان خطورتها تبلغ أكثر من خمسة عشر ضعف غاز أول اوكسيد الكاربون لو وجد بنفس التركيز .

ت	الملوث الهوائي	مستوى الإحتمال (μ/m^3)	معامل التأثير
1	CO	5600	1
2	SOx	365	15.3
3	Particulates	260	21.5
4	NOx	250	22.4
5	HC	45	125

مستوى الخطورة :

هو رقم يبين درجة خطورة أي ملوث غازي ويمكن حسابه من تقسيم تركيز هذا الملوث الفعلي على مستوى تحمله فمثلا

مستوى خطورة 100 (μ/m^3) من غازات اكاسيد النتروجين =100/250= 0.4

ومستوى خطورة 100 (μ/m^3) من الهيدروكاربونات = 100/45=2.22

ملاحظة : إذا كان مستوى الخطورة اقل من 1 لا يعد هذا الملوث خطرا.

مساؤى استعمال مستوى الخطورة كمقياس للتلوث الهوائى :

1 -إن بعض عناصر التلوث قد أعطيت مستويات تحمل معينة دون تحديد خصائص العنصر الملوث فمثلا غازات اكاسيد النتروجين يمكن أن يكون أكثر من غاز واحد وان لكل غاز منها مستوى تحمل خاص به ومع هذا فقد أعطي لمجموعة الغازات اكاسيد النتروجين رقما واحدا بافتراض أن اكاسيد النتروجين هو خليط من غازات متجانسة .

2 -إن مستوى الخطورة لا يوجد فيه تدرج لمستوى التلوث .

3 -إن مستوى الخطورة لا يأخذ بنظر الاعتبار فترة التعرض لأن أي ملوث هوائي يعتمد تأثيره على كلا من التركيز وفترة التعرض .

الوزن المؤثر

يمكن تحديد تسلسل أو خطورة الملوثات اعتمادا على الوزن المطروح السنوي لكل ملوث حيث يمكن إيجاد الوزن المؤثر للملوث الغازي كما يلي :

الوزن المؤثر= الوزن المطروح السنوي * معامل التأثير

مثال1 : فيما يلي الوزن المطروح السنوي لخمسة مكونات رئيسية في مدينة أمريكية ، جد الوزن المؤثر لكل ملوث ثم رتب الملوثات الرئيسية حسب الأوزان المؤثرة المطروحة ؟

ت	الملوث الهوائي	معامل التأثير	وزن المطروح السنوي (مليون طن)	الوزن المؤثر = الوزن*معامل التأثير
1	CO	1	147.2	147.2
2	SOx	15.3	33.9	518.7
3	Particulates	21.5	25.4	546.1
4	NOx	22.4	22.7	508.5
5	HC	125	34.7	4337.5

مثال 2 اذا توفرت لك البيانات التالية لخمس ملوثات غازية ، اوجد ما يلي :

1 -احسب معامل التأثير لكل ملوث ؟

2 -احسب مستوى الخطورة ، ثم حدد اي الغازات لع مستوى خطورة عال ؟

3 -احسب الوزن المؤثر ن ثم رتب الغازات حسب الوزن المؤثر لها ؟

ت	الملوث الهوائي	مستوى الاحتمال ($\mu g/m^3$)	معامل التأثير	التركيز ($\mu g/m^3$)	مستوى الخطورة	الوزن المطروح مليون طن / سنة	الوزن المؤثر
1	CO	5600	1	5000	0.89	147	147.2
2	SOx	365	15.3	400	1.09	33.9	518.7
3	Par.	260	21.5	200	0.77	25.4	546.1
4	NOx	250	22.4	100	0.4	22.7	508.5
5	HC	45	125	100	2.22	34.7	4337.5

مؤشر التلوث الهوائي Pollutant Standards Index (PSI)

إن مؤسسة NAAQS(National Ambient Air Quality Standards) قد صممت مقياس أو مؤشر للتلوث الهوائي والذي هو مطور من وكالة حماية البيئة (EPA) . إن هذا المؤشر يتألف من ستة ملوثات هوائية رئيسية تحسب تراكيزها في أسوأ يوم لنوعية هواء ملوث في منطقة حضرية مع العلم إن عنصر الرصاص لم يؤخذ كملوث رئيس نظرا لأنه لا يمتلك تأثيرات آنية .

مؤشر التلوث هذا يمتلك خمسة مديات من الجيد ولغاية المستوى الخطر وكما يلي :

PSI value	Descriptor	General health Effects
0-50	Good	لا يتأثر فيه أحد
51-100	Moderate	بعض الأشخاص قد يتأثرون
101-199	Unhealthful	تفاقم معتدل للناس الحساسين مع تأثر الناس الأصحاء
200-299	Very Unhealthful	تفاقم حالة مرضى القلب والرئة مع تأثر كبير للناس الأصحاء
>300	Hazardous	ولادات مبكرة ، إغماء وقد تحصل حالات من الوفيات

إذا كان المؤشر 100 فهذا يعني انه على الأقل واحد من الملوثات وصل الى الحدود المسموح بها في ذلك اليوم.
إذا كان المؤشر أكثر من 100 فان هنالك تأثر لبعض الناس الحساسين ولبعض الصناعات .
إذا كان المؤشر 200 ينصح مرضى القلب والرئة بالبقاء في الدور.
إذا كان المؤشر 300 يجب أن يكون هنالك تحذير ويجب إيقاف المحارق ومحطات الطاقة وكثير من المصانع .
إذا كان المؤشر 400 يجب ان تؤخذ حالة طوارئ وإيقاف حتى العجلات .
اذا كان المؤشر 500 يصبح اذى فعلي

مؤشر تلوث الهواء الفرعي (Sub Index):

فيما يلي جدول يبين مؤشر تلوث الهواء الفرعي

Index	Designation	1Hr. O_3 (PPm)	8 Hrs CO (PPm)	24 Hrs PM_{10} (μ/m^3)	24 Hrs SO_2 (PPm)	1 Hr NO_2 (PPm
0	------	0	0	0	0	---
50	-------	0.06	4.5	50	0	---
100	**Standards**	**0.12**	**9**	**150**	**0.14**	**----**
200	Alert	0.2	15	350	0.3	0.6
300	Warning	0.4	30	420	0.6	1.2
400	Emergency	0.5	40	500	0.8	1.6
500	Harm	0.6	50	600	1.0	2

مثال : افترض إن أعظم تراكيز مسموحة في يوم معين كان كما يلي :

1hr O_3 PPm=0.18
8hr CO =9PPm
24 hr PM_{10}=1.3 µg/m^3
24 hr SO_2=0.12 PPm
1 hr NO_2 =0.3 PPm

أوجد مؤشر التلوث وبين حالة نوعية الهواء لهذا اليوم ؟

الحل : من ملاحظة الجدول أعلاه (مؤشر تلوث الهواء الفرعي) يتبين أن مستوى المؤشر للأوزون أكثر من 100 وان غاز أول اوكسيد الكربون مؤشره =100 والدقائق وغاز ثاني اوكسيد الكبريت هو اقل من 100 وانه لا يوجد مؤشر لغاز ثاني اوكسيد النتروجين (لأنه اقل من تركيز 0.6 جزء بالمليون) ولذلك فان أعظم مؤشر يعود إلى الأوزون ولكي نحسب قيمته بشكل دقيق يجب أن نعمل تناسب وكما يلي :

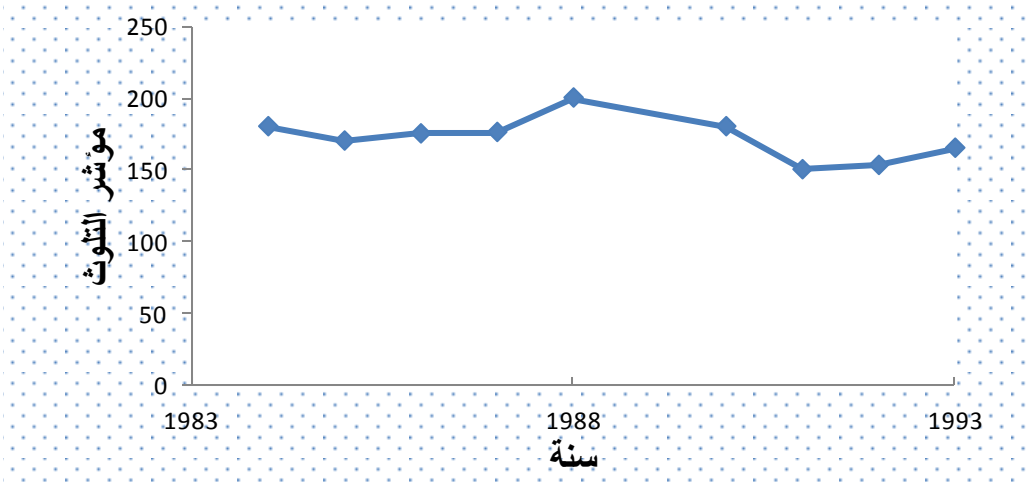
O_3=100+[(0.18-0.12)/(0.2-0.12)]*(200-100)
=175 PPm (Unhealthful)

مساوئ مؤشر تلوث الهواء :

1 -لا يأخذ بنظر الاعتبار الأضرار التي يسببها التلوث الهوائي بالنبات والمعادن .
2 -لا يأخذ بنظر الاعتبار التأثيرات المحتملة من وجود ملوثين يسبب وجودهما تأثير أكبر من تواجد كل مؤثر على حدة ، فمثلا إن وجود اكاسيد الكبريت مع وجود الدقائق (الغبار مثلا) هو أكثر تأثيرا على الصحة من تأثير كل واحد على حدة ولكن المؤشر لا يأخذ هذا بنظر الاعتبار للتأثير المزدوج .

الحكم على تلوث هواء مدينة من مؤشر التلوث :

في حالة توفر بيانات لمؤشر تلوث الهواء لمدينة معينة ولعدة سنوات يمكن رسم علاقة بين المؤشر وبين الزمن ولعدة سنوات وبذلك نستطيع أن نحكم على تلوث هواء المدينة سواء بالتحسن أو بالانخفاض .



يتبين من المخطط أعلاه إن مؤشر التلوث الهوائي لمدينة أمريكية لمدة عشر سنوات ونلاحظ انه بشكل عام يتحسن المعدل العام ولكنه بشكل عام حدوده أكثر من الحدود القياسية المسموحة مع العلم إن السبب الرئيسي بزيادة هذا المؤشر هو وجود الأوزون الأرضي ويجب تخفيضه .

المركبات العضوية المتطايرة

VOC (Volatile Organic Compounds)

هذا النوع من المركبات العضوية تتواجد غالبا في المناطق الحضرية والتي لها انبعاثات من المداخن وعندما يكون الوقود الأحفوري غير مكتمل الحرق ، وكذلك وجود وسائل النقل بشكل كثيف وتعتبر وسائل النقل مسئولة عن ثلث انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة وخاصة إذا كانت العجلات قديمة ،وهنالك مصادر أخرى لهذه المركبات تكون طبيعية المصدر مثل البراكين وبعض أنواع الأشجار .

الخلاصة :

1 -تعتبر المصادر الصناعية مسؤولة عن ثلثي انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة.

2 -تعتبر وسائل النقل مسؤولة عن أقل من ثلث انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة .

3 -تعتبر حرق النفايات والوقود مسؤولة عن 3% من انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة .

إن وجود المركبات العضوية المتطايرة في الغلاف الجوي تسبب وبشكل رئيسي الضباب الدخاني (Smog) بوجود اكاسيد النتروجين وبوجود أشعة الشمس وكما يلي :

VOC +NOx+ Sun light ----------Photochemical Smog

الأوزون :

يعتبر الأوزون من أكثر نواتج العمليات الكيميائية الضوئية (الكيموضوئية). يتواجد هذا الغاز بصورة طبيعية في المستويات المنخفضة في الجو وتتزايد درجة تركيزه نتيجة الملوثات المتزايدة المنطلقة من عوادم السيارات حيث يتواجد في الهواء الطبيعي بنسبة 0.02 جزء بالمليون اما اذا بلغ تركيزه 2 -1.5 جزء بالمليون فانه سيترك اثارا مرضية مثل التهاب العيون والحنجرة والرئتين ولذلك فان وكالة حماية البيئة EPA حددت مواصفات الهواء القياسية بأن لا تزيد نسبة الأوزون الارضي عن 0.08 جزء بالمليون.

يتفاوت تركيز الاوزون في الطبقات السفلى تبعا لساعات اليوم حيث يرتفع عند الظهر في المدن كما يؤثر الأوزن على النباتات حيث يسبب تبقع الاوراق ويظهر تأثيره بشكل واضح في نباتات البرسيم والقمح والبطاطا كما ويعتبر الأوزون الأرضي مسؤول عن 90% من الدمار الذي يلحق بالمزروعات والمحاصيل الزراعية الرئيسية مثل الذرة وتقليل معدلات النمو لها .

اما بالنسبة الى الاوزون العلوي فان له دور ايجابي على البيئة حيث يلعب دورا مهما في حماية الكرة الارضية من الاشعة فوق البنفسجية .

أكاسيد النتروجين NO_X

هنالك ثلاثة اكاسيد مالوفة للنتروجين :

1 -اوكسيد النتروز N_2O : غاز غير قابل للاحتراق ، عديم اللون ، حلو المذاق .

2 -اوكسيد النتريك NO : غاز غير قابل للاحتراق ، عديم اللون والرائحة ، سام.

3 -ثاني اوكسيد النتروجين NO_2 : غاز غير قابل للاحتراق ، له لون بني ، ذو رائحة خانقة

مضار اكاسيد النتروجين :

1 -تعتبر المسؤول الأول عن تكوين الأوزون الأرضي .

2 -تعتبر المسؤول الثاني عن تكوين الأمطار الحامضية حيث تتحول إلى حامض النتريك HNO_3 مع وجود بخار الماء الموجود في الجو .

تفاعلات أكاسيد النتروجين NO_X والأوزون الارضي

NO----------NO_2---------O_3

1 -خلال عملية الحرق يتحول النتروجين الطبيعي الى اوكسيد النتريك بوجود درجة حرارة عالية تصل الى 1000 كلفن . N_2+O_2-----2NO

2 -تأكسد اوكسيد النتريك NOبوجود الأوكسجين الى ثاني اوكسيد النتروجين NO_2 .

$2NO+O_2$----------$2NO_2$

3 -في حالة وجود ضوء شمس عال فان الفوتونات المتحررة h_v لها طاقة كبيرة تقوم بتحليل ثاني اوكسيد النتروجين NO_2 وارجاعه الى اوكسيد النتريك NO مع انتاج الاوكسجين الذري O بعملية يطلق عليا التحلل الضوئي (Photolysis) .إن الطول الموجي المؤثر للفوتون يجب ان يكون اقل من 0.39 مايكروميتر لكي ينتج الأوكسجين الذري .

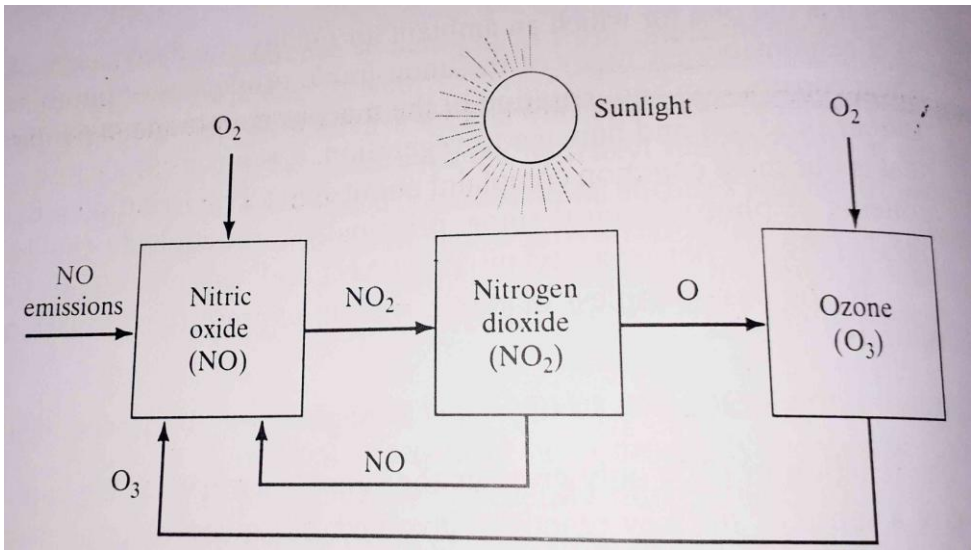
NO_2+h_v---------- NO+O

4 -يتحد الأوكسجين الذري مع غاز الأوكسجين ليكون الأوزون الأرضي .

$O+O_2$---O_3

5 -يتحد الأوزون الأرضي O_3 مع اوكسيد النتريك NO مع غياب ضوء الشمس منتجا ثاني اوكسيد النتروجين NO_2 وغاز الأوكسجين O_2 .

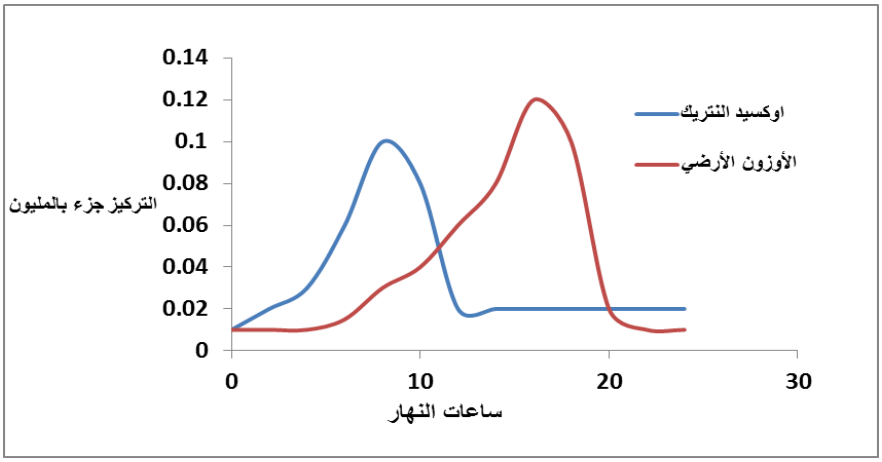
O_3+NO-----NO_2+O_2



شكل يبين تفاعل اكسيد النتروجين وإنتاج الاوزون الارضي

تعليل : زيادة في نسبة الأوزون الأرضي مع تقدم حركة المرور الصباحية والظهيرة ونقصان في نسبته مع نهاية النهار ؟

الجواب : يمكن الجواب على هذا السؤال من خلال ملاحظتنا للمخطط أعلاه حيث نلاحظ ان انبعاثات غاز اوكسيد النتريك NO سوف تطلق من عوادم السيارات في حركة المرور الكثيفة في الصباح والظهيرة وبعد ذلك نتوقع هبوط في تركيزه يقابله صعود في تركيز ثاني اوكسيد النتروجين NO_2 لأن اوكسيد النتريك سوف يتحول إلى ثاني اوكسيد النتروجين بوجود أوكسجين الغلاف الجوي وكلما زادت حرارة الشمس فان معدل تحول ثاني اوكسيد النتروجين سوف يزداد مما يؤدي إلى زيادة في تكوين الأوزون الذري كما نلاحظ انه مع انتهاء فترة النهار سوف تقل انبعاثات غاز اوكسيد النتروز وكذلك تقل تراكيزه نتيجة لاتحاده مع الأوزون ليكون كلا من غاز الأوكسجين وثاني اوكسيد النتروجين .



أول اوكسيد الكاربون CO

غاز عديم اللون والطعم والرائحة وقليل الذوبان في الماء يحترق بلون ازرق وكثافته النوعية نسبة إلى الهواء 0.965

هذا الغاز له القابلية الشديدة للاتحاد مع هيموغلوبين الدم وبذلك تقل قابلية الدم على نقل غاز الأوكسجين إلى أجزاء الجسم .

مصادره:

1 -الاحتراق الغير الكامل للوقود الأحفوري.
2 -من احتراق غاز ثاني اوكسيد الكاربون في درجات الحرارة العالية جدا .
3 -من عوادم السيارات حيث تعتبر اكبر مصدر لهذا الغاز .
4 -مصادر طبيعية من تأكسد غاز الميثان الذي ينتج من تحلل المواد العضوية وخاصة في المطامر الصحية .

كاربوكسي هيموغلوبين (COHb) :

إن اتحاد اول اوكسيد الكاربون مع هيموغلوبين الدم سوق يكون الكاربوكسي هيموغلوبين والذي يرمز له (COH_b) ويمكن إيجاد تركيز هذا المركب من معرفة تركيز الغاز الذي تعرض له الشخص وزمن التعرض وكما يلي :

$COHb\% = \beta [1 - e^{(-\alpha t)}] [CO]$

COHb= Car boxy hemoglobin as a percent of saturation

[CO]=Cabon monoxide concentration (PPm)

$\alpha = 0.4029 (hr^{-1})$

$\beta = 0.15\%/PPm\ CO$

t= exposure time in hrs.

Ex: Estimate the COHb% expected for one hr exposure to 35 PPm CO?

Solution:

$COHb\% = \beta [1 - e^{(-\alpha t)}] [CO]$

$= 0.15[1-e(-0.402*1)][35] = 1.7\%$

يتبين من المثال أعلاه انه لو كان تركيز لغاز أول اوكسيد الكاربون بتركيز 35 جزء بالمليون وهي حدود المواصفات المسموحة لهذا الغاز وتعرض شخص لهذا التركيز ولفترة تعرض مقدارها ساعة واحدة فان مستوى كاربوكسي هيموغلوبين في الدم يصل إلى نسبة 1.7% ولهذا فان بعض المواصفات العالمية مثل محددات كاليفورنيا وضعت تركيز أول اوكسيد الكاربون المسموح به هو 20 جزء بالمليون لكي يعطي كاربوكسي هيموغلوبين بنسبة اقل 1% بدلا من 1.7 % .

مضار زيادة النسبة المئوية لمركب كاربوكس هيموغلوبين في الدم على الناس_:

كلما زادت النسبة المئوية لمركب كاربوكس هيموغلوبين في الدم ساءت حالة الشخص المتعرض له وفيما يلي جدول يبين تأثير زيادة نسب هذا المركب على الجسم :

ت	النسبة المئوية	التأثير
-1	% 2.5	يحصل ضعف في ردة الفعل الشخص تجاه عارض معين
-2	%5	يحصل زيادة في دقات القلب
-3	%17	نقص في القابلية على التعلم وتأثر سواق العجلات
-4	%30	يحصل صداع وتعب ويفقد الشخص القابلية على اتخاذ قرار معين
-5	%60	يحصل غيبوبة وربما الموت

تعليل: ينصح بعدم قيادة العجلات في الأجواء الملوثة بغاز أول اوكسيد الكاربون ؟

الجواب: وذلك لأن هذا الغاز له القابلية على الاتحاد بهيموغلوبين الدم أكثر من قابلية الأوكسجين بالاتحاد به وبذلك تقل نسبة الأوكسجين في الدم مما يؤثر على قابلية الدماغ على التركيز والإدراك وبذلك تقل ردود الأفعال عند وجود عوارض معينة عند قيادته للعجلة مما يؤدي إلى التسبب بحوادث مرورية .

تعليل: ينصح مرضى القلب بعدم التعرض لغاز أول اوكسيد الكاربون ولو لفترة قصيرة؟

الجواب لأن اتحاد هذا الغاز مع الدم ينتج كاربوكسي هيموغلوبين وبذلك تقل نسبة الأوكسجين في الدم مما يؤدي إلى زيادة في عدد ضربات القلب وذلك للتعويض عن الأوكسجين المستنزف وبذلك يحصل فشل في القلب .

س/ ما هو دور التدخين في تلوث الهواء في المناطق المغلقة؟

ج/ إن تدخين السيكارة الواحدة يصل تركيز أول اوكسيد الكاربون فيه إلى أكثر من 400 جزء بالمليون وبذلك يكون مستوى الكاربوكسي هيموغلوبين لدى المدخنين إلى 10% كذلك إن التدخين في المناطق المغلقة يرفع تركيز غاز أول اوكسيد الكاربون إلى أكثر من 20 جزء بالمليون .

س/ كيف يمكن تقليل مستوى الكاربوكسي هيموغلوبين في الجسم ؟

ج/ لحسن الحظ وجد إن مركب الكاربوكسي هيموغلوبين يمكن آن يزال من مجرى الدم عند التعرض إلى هواء نقي حيث إن التنفس بهواء نقي لمدة ثلاث إلى أربع ساعات يزيل نصف كميتها .

أكاسيد الكبريت SOx (Oxides of Sulfur)

إن أكثر الأشكال السائدة لغازات اكاسيد الكبريت هي ثاني اوكسيد الكبريت SO_2 ، وتوجد بكميات أقل غاز ثالث أوكسيد الكبريت SO_3.

مصادر اكاسيد الكبريت :

1 -حرق الوقود الأحفوري .
2 -من عجلات الطرق الخارجية .
3 -من تصفية النفط ومن تصنيع السمنت .
4 -الغاز الطبيعي في المستنقعات حيث يحوي نسبة تصل إلى 30% من غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S والذي يجب أن يزال الكبريت منه قبل استعمال وعند تنقية هذا الغاز المزال يمكن الحصول على كمية لا باس بها من الكبريت وعندما يتأكسد الكبريت ينتج غاز SO_2.

صفات غاز ثاني اوكسيد الكبريت :

هو غاز عديم اللون غير قابل للاشتعال ذو رائحة نافذة مهيجة للأنسجة الحساسة في الأنف والفم والعين وقد يؤدي استنشاق كميات كبيرة منه غالى إلحاق إضرار كبيرة في الرئتين خاصة إذا تم تنفسه عن طريق الفم لوجود الرطوبة ضمن مساره إلى الرئة مكونا حامض الكبريتيك الذي يتلف الرئة .

تأثير غاز ثاني اوكسيد الكبريت على الأنسان والنبات والجماد :

1 -له القابلية العالية للذوبان في الماء (High water Soluble) ولذلك عند استنشاقه عن طريق الفم يسبب تلف في الرئة .
2 -بسبب ذوبانيته العالية في الماء يعتبر المسؤول الأول عن تكوين الأمطار الحامضية والتي تعمل على :
أ - تلف أوراق النباتات .
ب -زيادة في حامضية التربة مما يؤدي إلى نزول المغذيات الرئيسية في التربة الى باطن الأرض لأن pH المنخفض يؤدي إلى زيادة في حركيتها .
ت -يقوم بإضعاف الألياف العضوية ويجعلها رخوة
3 -أما تأثيره على سواق المركبات فانه يعمل على :
أ - تقليل الرؤية .
ب -يزيل ألوان الغلاف الجوي لأن له طول موجي مقارب للضوء المرئي أقل من 2 مايكروميتر .
4 -أما تأثيره على الأبنية فانه يعمل عل تأكل واجهات الأبنية وخاصة تلك المبنية من الحجر الجيري (Lime stone) وبوجود أجواء ممطرة يتحول إلى حامض الكبريتيك كما يلي

$$SO_3+H_2O\text{----------}H_2SO_4$$

والذي بدوره يتفاعل مع الحجر الجيري $CaCO_3$ منتجا كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ التي تكون ذوبانيتها عالية في الماء مما تؤدي إلى تآكل في هذا الحجر وكما يلي :

$$CaCO_3+ H_2SO_4\text{----------}CaSO_4+CO_2+H_2O$$

تأثير وجود الدقائق بنفس الوقت مع غاز ثاني اوكسيد الكبريت :

إن غاز SO_2 عند انطلاقه من الوقود المحترق وخاصة الفحم سرعان ما يتحول غالى غاز SO_3(Sulfur trioxide) عند اتحاده مع أوكسجين الغلاف الجوي والذي بدوره يتحد مع قطرات الماء المعلقة في الغلاف الجوي ليكون حامض الكبريتيك (H_2SO_4) كما في المعادلة

SO_2+O_2--------SO_3

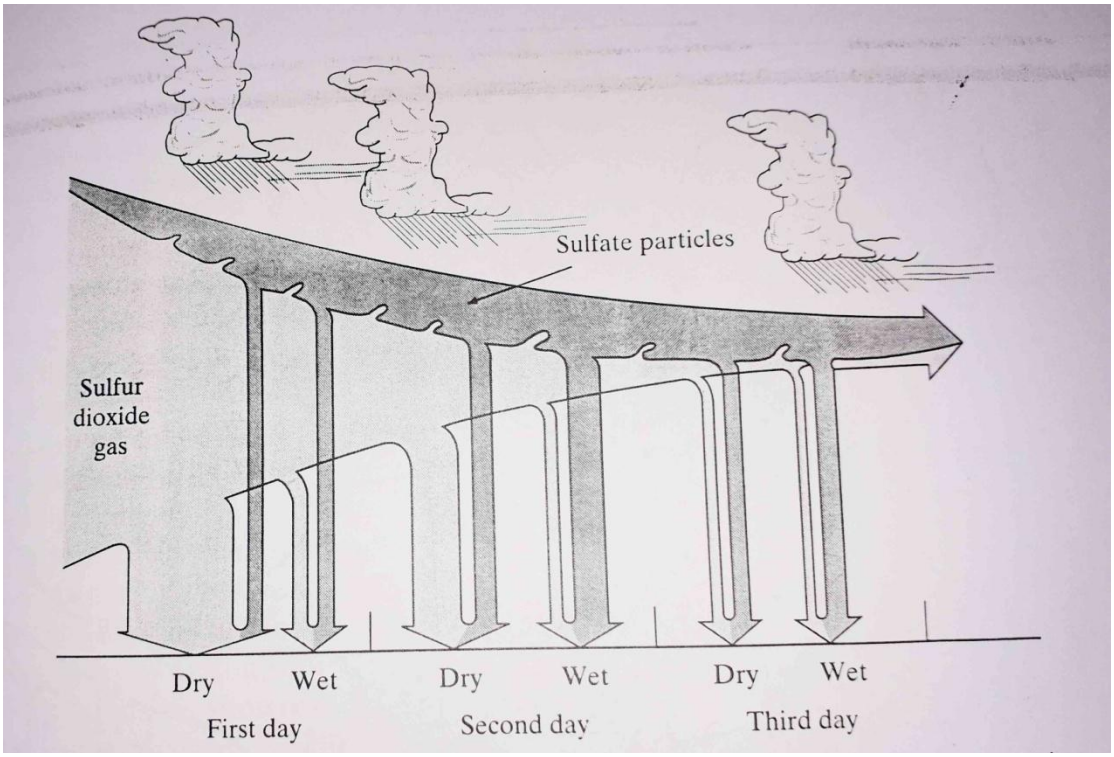
SO_3+H_2O---------H_2SO_4

إن حامض الكبريتيك يتحول بسرعة إلى دقائق من الكبريتات SO_4 أما بالتكثيف أو عند وجود دقائق من الغبار في الغلاف الجوي ولكن بالحقيقة إن تحول حامض الكبريتيك إلى دقائق من الكبريتات هو تدريجي وبطئ ويستغرق عدة أيام وخلال هذه الأيام فان ترسب الكبريتات يكون على شكلين :

1 -ترسب رطب Wet deposition (في حالة وجود رطوبة في الغلاف الجوي) وهو المسؤول عن الأمطار الحامضية والتي لها دالة حامضية أقل من 5 .

2 -ترسب جاف Dry deposition (في حالة عدم وجود الرطوبة).

إن كلا من الترسب الجاف والترسب الرطب كما ذكرنا سابقا يستغرق عدة أيام ويكون ترسب دقائق الكبريتات إما على اليابسة أو على البحار حيث يكون الترسب الجاف في الأيام الأولى أعلى كثافة من الترسب الرطب وكلما تقدمت الأيام يقل التركيز الجاف ويزداد التركيز الرطب وكما في الشكل التالي :



شكل يبين الترسب الجاف والرطب للكبريتات ولعدة أيام

مثال حول تقدير انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكبريت المنبعث من احتراق الفحم:

فحم حجري يحوي 3% كبريت تم حرقه بمعدل 1 كغم/ثا ، ما هو معدل الانبعاث السنوي لغاز ثاني اوكسيد الكبريت إذا كان نسبة الكبريت في الرماد المتبقي 5 %؟ :

الحل :نسبة الكبريت الموجودة في الفحم سوف يتحول الكثير منها إلى غاز ثاني اوكسيد الكبريت والباقي سوف يبقى على شكل رماد

$S_{in}=S_{ash}+S_{so2}$

Sin=1.00*0.03=0.03 kg/s

For one year : 0.03kg/s* 86400s/d *365d/year=$9.46*10^5$ kg/year

S ash= $0.05*9.46*10^5=4.73*10^4$ kg/year

S_{SO2}=Sin-S ash=$9.46*10^5-4.73*10^4 = 8.99*10^5$ kg/year

The amount of SO_2 formed is determined from the proportional weights of the oxidation reaction

$S+O_2$----------SO_2

Mw.=32+32=64

The amount of SO_2 formed is then 64/32 of the sulfur available for conversion

$S_{SO2}=(64/32)*8.9*10^5=1.8*10^6$ kg/year

معايير ومواصفات هواء المدن

هنالك عدة معايير ومواصفات تحدد الحد الاعلى المسموح به في هواء المدن منها المعايير التي وضعتها الولايات المتحدة وكذلك المعايير التي وضعتها منظمة الصحة العالمية كما في الجدول التالي :

ت	الملوث	الولايات المتحدة	منظمة الصحة العالمية
1	ثاني اوكسيد الكاربون سنويا 24 ساعة ساعة واحدة	0.3 جزء بالمائة بالمليون 13.9 جزء بالمائة بالمليون 49.7 جزء بالمائة بالمليون	1.5 جزء بالمائة بالمليون 4.7 جزء بالمائة بالمليون 13.4 جزء بالمائة بالمليون
2	أول اوكسيد الكاربون 8 ساعات ساعة واحدة	9 جزء بالمليون 35 جزء بالمليون	9 جزء بالمليون 25 جزء بالمليون
3	ثاني اوكسيد النتروجين سنويا 24 ساعات ساعة واحدة	5.3 جزء بالمائة بالمليون 7.9 جزء بالمائة بالمليون 21 جزء بالمائة بالمليون	-- -- ----
4	الجسيمات العالقة سنويا 24 ساعة	75 مايكروغرام /م^3 260 مايكروغرام /م^3	90-60 مايكروغرام /م3 120 مايكروغرام /م3

الملوثات الهوائية الخطرة

1 -الرصاص :

يعد الرصاص من اكثر المعادن السامة انتشارا في الهواء وهو اخطرها على الاطلاق ، لذا فان هذا المعدن جدير بان يهتم به اكثر من غيره لما له من اضرار بالغة والسبب في ذلك ان المعادن لا توجد بنسب عالية الا في بعض المناطق اي ان انتشارها محدود بينما الرصاص يعتبر معدنا واسع الانتشار ويعتبر ملوثا عالميا وللسيارات الدور الاساسي في ذلك .

يستخدم الرصاص ومركباته كمواد خام كما هو الحال في صناعة مبيدات الحشرات والدهانات في داخل الدور وخاصة مع اللون الأحمر الذي يستعمل كمانع للصدأ حيث يحوي على رابع اوكسيد الرصاص (Pb_3O_4)وكذلك يأتي من صناعة البطاريات اذ ان هذه مصانع البطاريات تقذف الى الهواء معدلات عالية جدا وقد حددت منظمة الصحة العالمية الحدود القصوى لتركيز هذا العنصر في الجو 1-0.05 ميكروغرام /م^3 كمعدل سنوي اما تركيزه في الماء فقد حددت تركيزه 0.05 جزء بالمليون حيث يدخل الرصاص الى جسم الانسان عن طريق الطعام والشراب او عن طريق النفس ويتراكم في الجسم حيث يحل محل الكالسيوم في العظام ويؤدي الى الوهن .

في الماضي كان اغلب انبعاث الرصاص يأتي من العجلات التي تستعمل الكازولين الذي يضاف له محسنات فيها رصاص مثل تيترا ايثيلين $Pb(C_2H_5)_4$ ولكن ألغيت هذه المحسنات حينها وبذلك قلت انبعاث الرصاص بشكل كبير .

كما يوجد مصدر آخر للرصاص يأتي من وصلات أنابيب الأهين ولكنها استبدلت الأنابيب بأخرى بلاستك ولكن في حالة البيوت القديمة والتي أنابيبها من الاهين يجب ترك الحنفية لبضع دقائق قبل استعمال الماء .

2 -الأسبست : مصدره مناجم الأسبست ، أنابيب الأسبست ، غابا يسبب سرطان الرئة .

3 -الزئبق :

يعتبر الزئبق المعدن الوحيد الموجود في حالة السيولة ويتبخر عند درجات الحرارة العادية ويدخل الهواء على شكل بخار الزئبق ويستخدم في صناعة الادوات الكهربائية وكمبيد للفطريات ومحات الطاقة الكهربائية التي تعمل على الفحم ويعتبر بخار الزئبق من اخطر اشكال الزئبق حيث انه ينفذ الى الرئتين ثم يتراكم في الدماغ واجزاء اخرى من الجسم حيث يتسبب في التهاب اللثة والكلية وتشوهات جينية والتخلف العقلي ، وقد حددت المواصفات العالمية تركيز المسموح به من التعرض لبخار الزئبق 0.0003 ملغم/م^3 عند التعرض لفترة 24 ساعة

4- الكادميوم :

يستخدم الكادميوم في صناعات متعددة وخاصة الصناعات الكهربائية وتكمن خطورته في خاصية التراكم حيث تتساق جسيماته مع الامطار ثم تتركز في انسجة النباتات ومنها الى الحيوانات ثم الى جسم الانسان ويسبب الكادميوم بعض انواع السرطانات وقد حددت هيئة حماية البيئة 0.1 ملغم/ م^3 على هيئة بخار وتركيز 0.2 مايكروغرام/م^3 على هيئة جسيمات حاملة للكادميوم كحد اعلى .

5- الزرنيخ :

يعتبر هذا العنصر من العناصر واسعة الانتشار في الطبيعة ويستخدم في صناعة مبيدات الافات الحشرية وتحضير بعض المواد الطبية ويستخدم كمادة حافظة للخشب

يتلوث الهواء ببخار وجسيمات مركبات الزرنيخ حيث تقوم بعض انواع الفطريات بتحويله الى بخار سام وقد يصل الى الانسان عن طريق الغذاء ويتراكم بعد ذلك في انسجة الجسم ويرجع سبب سمية هذا العنصر الى ان الزرنيخ يعمل على احباط تفاعلات الاكسدة الفسفورية في الجسم بسبب تنافس الزرنيخ مع الفسفور في التفاعلات الحيوية

6- العوامل المشعة : مصدره المفاعلات النووية تسبب العوامل المشعة أمراض السرطان وخاصة سرطان الغدة الدرقية وذلك بسبب استعداد هذه الغدة على تجميع اليود المشع .

طرق القياس :

تقسم طرق القياس إلى أسلوبين :

1-أسلوب مباشر : وتعني اخذ نموذج الهواء وتحليله ويكون على نوعين :

1 -اخذ النموذج من مصدر التلوث (لمعرفة كميات الهواء الملوث المنبعث).

2 -اخذ النموذج خارج مصدر التلوث (لمعرفة درجة خطورة هواء المنطقة).

2- أسلوب غير مباشر : وتعني عدم التماس مع موقع الشائبة نفسها وتعني مراقبة الملوث عن بعد و هو ما يطلق عليه التحسس النائي .

أجهزة القياس :

1 -دقائق التي تزيد إحجامها عن 10 مايكرون. جامعات الغبار .

2 -دقائق التي تقل أحجامها عن 10 مايكرون وفيها يستعمل .

أ - جدول رينكلمان (لقياس كثافة الدخان).

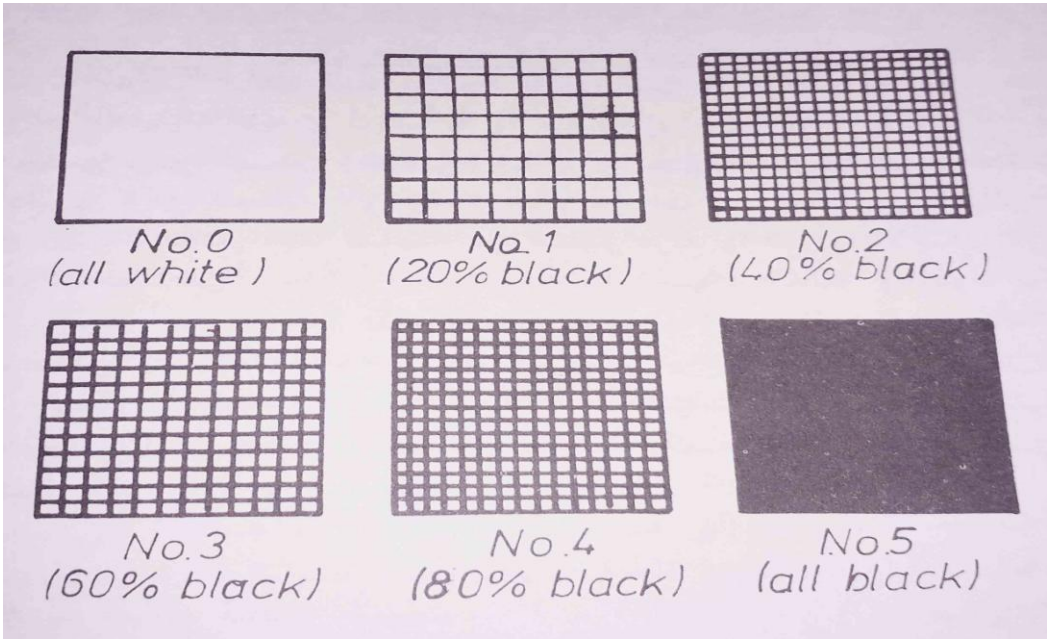
ب -مرشح الهواء (لقياس تركيز الدقائق العالقة الكلية وكثافة الدخان)

ت -جامع النماذج الشريطي

وقد تكلمنا سابق عن جامعات الغبار وإبعادها ومواصفاتها وكذلك عن مرشحات الهواء و الآن سوف نتكلم بشكل تفصيلي عن جدول رينكلمان .

جدول رينكلمان Ringelmann Chat

هي طريقة قديمة ولازالت متبعة في قضايا النزاعات البيئية في قياس كثافة الدخان الصاعد من المداخن .الجدول يتكون من أربعة درجات من الظلال الرمادية محصورة ما بين الأبيض والسود وكما مبين أدناه :



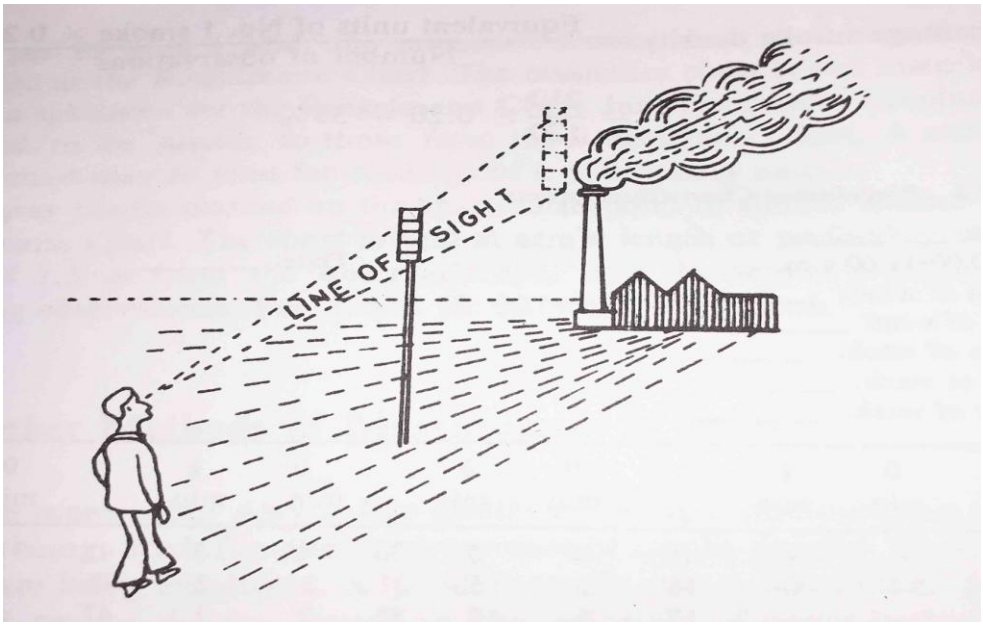
مواصفات الجدول :

Ringelmann Chart NO.	Width of black lines (mm)	Width of white spaces (mm)	Percent Black
0	All white	-----	0
1	1	9	20
2	2.3	7.7	40
3	3.7	6.3	60
4	5.5	4.5	80
5	All black	----	100

شروط استخدام الجدول :

1. أن يستعمل في النهار.
2. أن يثبت أو يمسك الجدول مقابل الراصد وبشكل مستوى عمودي .
3. أن يوضع الجدول وأعلى المدخنة ومستوى النظر بمستوى واحد .
4. أن تكون السماء صافية لكي يعطي خلفية رؤية متشابهة لكل من الكارت والدخان.
   (The chart and the Smoke have a similar sky background)
5. أن يوضع الجدول بمسافة كافية عن الراصد لكي يدخل الجدول في مجال الرؤية وبشكل عام يوضع غالبا على بعد 15 متر (بعد الراصد عن الجدول).

رسم توضيحي يبين كيفية استعمال الجدول



الية العمل :

1 - يقوم الراصد برصد الدخان الصاعد من المدخنة من خلال الجدول ويسجل رقم الجدول الذي بلائم نسبة الدخان الصاعد كل ربع دقيقة ولمدة ساعة بعدها يقوم بتلخيص مجموعة المراقبات التي تمت خلال الساعة ويثبت كل رقم من الجدول كما في المثال أدناه :

مثال : تم تسجيل البيانات التالية

10 a.m	0 min	1/2 min		0 min	1/2 min		0 min	1/2 min		0 min	1/2 min
0			15	4	5	30	4	3	45	1	1
1			16	5	5	31	2	2	46	1	--
2			17	5	5	32	2	1	47	--	--
3			18	5	4	33	1	1	48	--	--
4			19	4	3	34	1	1	49	--	--
5	1	1	20	2	1	35	1	1	50	--	--
6	1	1	21	2	2	36	1	1	51	1	2
7	1	1	22	2	2	37	--	--	52	2	2
8	2	2	23	2	2	38	--	--	53	2	3
9	2	2	24	2	2	39	--	--	54	3	3
10	2	3	25	3	3	40	--	--	55	3	4
11	3	3	26	3	3	41	1	1	56	4	3
12	3	3	27	3	3	42	--	--	57	2	2
13	3	4	28	3	4	43	--	--	58	1	1
14	4	4	29	4	4	44	1	1	59	--	--

Calculation of smoke density	Equivalent NO.1 units

6 units of NO.5	30 (5*6)
12 units of NO.4	48 (4*12)
20 units of NO.3	60 (3*20)
23 units of NO.2	46 (2*23)
26 units of NO.1	26 (1*26)
33 units of NO.0	0 (0*33)
120 units	**210**

2 - حساب النسبة المئوية للدخان حسب القانون التالي :

Percentage smoke density=

(Equivalent units of NO. 1 smoke *0.2)/Number of observations

=210*0.2/120=35%

مساوئ جدول رينكلمان :

1 -إن الإنسان يختلف في مستوى الحكم على درجة التلوث وقراءة الجدول بسبب اختلاف في تقديرهم لرؤية ظلال الدخان .

2 -إن وجود الغيوم والرياح تؤثر في مدى الرؤية لكثافة الدخان .

3 -تحتاج إلى مساعد لمسك الجدول أو عمود لتثبيته .

Miniature Chart (جدول القياس التقريبي) : هذا الجدول مشابه لجدول رينكلمان ويعطي نتائج مقاربة لجدول رينكلمان والفرق الوحيد بين الاثنين انه في هذا الجدول يقف الراصد على بعد 1.5 متر فقط عن الجدول .

أجهزة القياس البصرية Smoke Scope:

هي أجهزة طورتها شركة أمريكية تدعى (Mine safety Appliance Company) هذه الأجهزة لها القابلية على رصد كثافة الدخان الصاعد من المدخنة بمختلف الزوايا وفي أية وقت وبأي خلفية للرؤيا (أي سواء كان الجو صحو أم غائم) ولكن تمتاز بكلفتها العالية .

كيفية معالجة أو تقليل كثافة الدخان الصاعد من المداخن

1 -استعمال وقود له قابلية للتطاير واطئة (Low volatile fuels)

2 -استعمال التصميم الجيد للمداخن والصيانة المستمرة لها .

3 -استعمال أجهزة احتراق جيدة تحقق المطالب التالية :

أ - تستعمل نسبة الهواء إلى الوقود ملائمة : (Proper air-fuel ratio)

ب -تحقق مزج جيد بين الهواء والوقود .

ت -تحقق درجة اتقاد عال وكافية للحرق .

4 -استعمال أجهزة المعالجة للدخان الصاعد من المصادر الثابتة قبل خروجه من المدخنة مثل أجهزة الترسيب الكهربائية وغرف الترسيب والغسل ----- وهكذا .