

التلوث البيئي

أ.م.د. نعيم شند حمادي

المحاضرة الرابعة

تلوث الهواء بالشوائب

1. تحتوي الغازات المتدفقة من مداخل المصانع على كثير من الشوائب والأبخرة والمواد المعلقة. وتحتوي هذه الغازات في كثير من الأحيان على أبخرة مركبات شديدة السمية مثل: مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسليسيوم كما قد تحمل معها بعض مركبات الفلزات الثقيلة مثل: مركبات الزئبق والرصاص والكاديوم وما إليها وتبقى هذه الشوائب معلقة في الهواء على هيئة أيروسول أو ضباب خفيف.
2. وتظهر آثار هذا النوع من التلوث بوضوح فوق مناطق التجمعات الصناعية ولكنه قد تمتد إلى مناطق أخرى. فبالنسبة للرصاص مثلا وجد أن نسبته حول المنشآت الصناعية والمدن بفرنسا نحو 1.4 مايكروغرام في المتر المكعب كما وجدت نسبة منه كذلك في هواء المناطق الريفية وفوق الجبال تصل إلى نحو 0.03 مايكروغرام في المتر المكعب وارتفعت هذه النسبة في مياه الأمطار التي سقطت على المناطق الريفية في فرنسا عام 1971 – 1972 إلى نحو 15 مايكروغراما في المتر المكعب.
3. ويشبه الغلاف الجوي مياه المحيطات في بعض خواصها، فالهواء يستطيع أن ينقي نفسه من بعض الشوائب العالقة فيه إذا وجدت هذه الشوائب بكميات صغيرة فيه ولكن الأمر يختلف كثيرا إذا زادت نسبة هذه الشوائب على حد معين وتصبح إزالة هذه الشوائب بالطرائق الطبيعية عسيرة إلى حد كبير. وتشتبك مياه البحار في دفع الكثير من الشوائب في الهواء فعند هبوب ريح قوية على سطح البحر فإنها تحمل معها رذاذا دقيقا من الماء المحتوي على بعض الأملاح الذائبة في مياه البحر ولا يزيد حجم هذا الرذاذ الدقيق على 1 – 10 مايكرومتر. وتحمل الرياح القوية هذا الرذاذ معها إلى داخل الشواطئ لمسافة قد تصل إلى عدة كيلومترات. وعندما يتبخر هذا الرذاذ تبقى الأملاح الذائبة فيه معلقة بالهواء وتحملها التيارات الهوائية إلى كل مكان وتملأ طبقة التروبوسفير ثم تعود لتسقط على سطح الأرض مع الأمطار أو الجليد. ومن المقرر أن الرياح تحمل كل عام نحو مليار طن من هذه الأملاح من مياه البحر. وعند تحليل الجليد القطبي تبين أنه يحتوي على كثير من الأملاح منها: الكلوريدات والنترات والكبريتات لعديد من الفلزات مثل: الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم بالإضافة إلى قليل من أملاح الحديد والكوبالت وغيرهما وهي الأملاح التي تتوفر في مياه البحار والتي يعتقد أن الرياح دفعتها على هيئة أيروسول في الهواء ثم سقطت على سطح الأرض مع الجليد. وقد لوحظ أن بعض هذه الشوائب تحمل نسبة كبيرة من الفلزات الثقيلة تزيد على ما يوجد منها في مياه البحار. ومن أمثلتها شوائب النحاس والحديد والزنك والكوبالت والرصاص ولا بد من أن هذه الشوائب نتجت من النشاط الصناعي للإنسان.
4. ويشارك بعض العوامل الطبيعية الأخرى في تكوين الشوائب التي تعلق بالهواء. ومن أمثلة هذه العوامل البراكين أو العواصف الترابية والرملية التي تهب على بعض البقاع. وتخرج من بعض البراكين كميات هائلة من الرماد والدخان. وعند درجة 1000 مئوية يتطاير أغلب الكلوريدات في الهواء ومثال ذلك بركان إتنا فهو يطلق في الهواء عشرات من

الأطنان من الزئبق على هيئة الكلوريد ويطلق كذلك آلاف الأطنان من الحديد والألمنيوم وعشرات الآلاف من الأطنان من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم ويبقى أغلب هذه الكلوريدات معلقا بالهواء على هيئة شوائب.

5. كذلك تشترك التجارب النووية في إطلاق كميات من الشوائب المشعة في الهواء، وعند انفجار قنبلة نووية تتبخر مكوناتها وجزء من الأرض المحيطة بها وبعد انقضاء عدة ثوان تتصاعد هذه الأبخرة في طبقات الجو العليا وبعد أن تبرد تتحول إلى شوائب مشعة تبقى معلقة بالهواء وتغطي عدة كيلومترات حول مكان الانفجار. وغالبا ما تحمل الرياح هذه الشوائب لتمتد في كل اتجاه وتصل إلى أماكن بعيدة جدا عن مكان الانفجار. ويبين الجدول التالي الحد الأقصى المسموح به في الهواء بالنسبة للمواد المشعة خصوصا شترونيوم-90 واليورانيوم والبلوتونيوم.

جدول يبين الحد الأقصى المسموح به بالنسبة للمواد المشعة

| المادة | مليجرام في المتر المكعب من الهواء |
|-----------------|--------------------------------------|
| سترونيوم _ 90 | 10×8 |
| يورانيوم طبيعي | 10×2 |
| راديوم _ 226 | 10×1 |
| بلوتونيوم _ 239 | 10×3.7 |

6. ولا تجب الاستهانة بكمية الشوائب التي تتصاعد من المنشآت الصناعية ومحطات القوى. فمن المقدر أن محطة الكهرباء التي تصل قدرتها إلى 1000 ميكاواط وتعمل بالفحم تطلق في الهواء كل ساعة نحو 20 طنا من غاز ثاني أكسيد الكبريت و3.5 طن من أكاسيد النتروجين ونحو 45 طنا من الرماد المتطاير. ويتضح من ذلك أن المنشآت الصناعية تدفع إلى الهواء كل يوم بكميات هائلة من الرماد والشوائب يبقى أغلبها معلقا في الهواء وتحتوي على كثير من المواد الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان. ويبين الجدول السابق الحد الأقصى المسموح به في الهواء لكثير من الشوائب الصناعية كما حددها مؤتمر مراقبي الصحة الأمريكيين عام 1970.

7. وتعاني بعض المدن العربية في الوقت الحالي من هذا النوع من التلوث ومثال ذلك مدينة القاهرة في جمهورية مصر العربية فقد أصبحت تحدها من الشمال ضاحية صناعية كبيرة هي ضاحية (شبرا الخيمة) والتي أقيم بها نحو 1000 مصنع تنتج أصنافا متعددة من المنتجات فمنها مصانع النسيج والصبغة والزجاج وبعض الصناعات المعدنية والكيميائية الأخرى. وتحمل الرياح السائدة وهي رياح شمالية إلى شمالية غربية كثيرا من الشوائب العالقة بغازات هذه المصانع والتي تتساقط كل يوم فوق مدينة القاهرة. كذلك أقيمت جنوب القاهرة في حلوان منطقة صناعية أخرى فيها نحو 35 صناعة مختلفة مثل: صناعة الحديد الصلب والكيمياويات الأساسية وصناعة السيارات وعربات السكة الحديد وصناعة الإسمنت وغيرها. وبعد أن كانت حلوان تعتبر من أفضل المشاتي بمياهها المعدنية

والكبريتية أصبحت الآن مدينة صناعية يملأ جوها دخان المصانع وتتعلق بهوائها الشوائب الضارة. ويظهر أثر التلوث بالشوائب بوضوح في منطقة طرة جنوب مدينة القاهرة حيث يوجد مصنع كبير من مصانع الإسمنت ونظرا لعدم وجود الأجهزة التي ترسب الغبار المتصاعد من الأفران فقد أصبح الهواء في هذه المنطقة محملا على الدوام بغبار الإسمنت الدقيق وجف كثير من الأشجار الموجودة في هذه المنطقة وتساقطت أوراقها وتغطي ما بقي منها بغبار ناعم أبيض مثل الجير.

8. وبتفاوت تأثير الهواء الملوث من شخص لأخر ولكن المقطوع به الآن أن تلوث الهواء شديد الضرر على صحة الإنسان. ويبدو أثر ذلك بوضوح فيمن يتعرضون للهواء الملوث فترة طويلة مثل العمال الذين يعملون في المنشآت الصناعية ويتعرضون لأبخرة المواد الكيميائية المختلفة ولبعض الشوائب التي تصاحب بعض العمليات الصناعية. وهي حالة خاصة من حالات التلوث الكيميائي الذي سنتكلم عنه فيما بعد وتعرف بأسم التلوث المهني. وهذا النوع من التلوث محلي إلى حد كبير فلا يتعرض له إلا العاملون في هذه المنشآت كما أنهم لا يتعرضون له طوال الأسبوع بل يحدث ذلك أثناء ساعات العمل فقط أي أن العاملين بهذه المنشآت لا يتعرضون لهذا النوع من التلوث إلا لمدة لا تزيد على 42 ساعة فقط كل أسبوع. وعلى الرغم من قصر الفترة التي يتعرض فيها العامل لمثل هذه المواد الملوثة إلا أن تركيزها قد يكون عاليا في الهواء المحيط بهذا العامل خصوصا عندما يكون مكان العمل رديء التهوية وبالتالي فإن أثرها في صحة العامل عادة ما يكون كبيرا.

9. وهناك من يعتقدون أن تلوث الهواء بالأبخرة والشوائب يلعب دورا ما في إصابة الإنسان بمرض السرطان خصوصا بعد أن لوحظ أن سكان المدن أكثر تعرضا للإصابة بهذا المرض أكثر من سكان الريف أو الجبال. وهم يرون أن هناك ارتباطا بين الزيادة الملحوظة في الإصابة بمرض السرطان والزيادة في التصنيع والأخذ بأساليب التكنولوجيا الحديثة والزيادة في كمية الأبخرة والشوائب المتصاعدة في الهواء. وهناك خلاف كبير حول هذا الرأي ولا يمكن الجزم اليوم بوجود مثل هذه العلاقة بصورة نهائية حيث إن هناك عوامل أخرى كثيرة تتدخل في الإصابة بهذا المرض ويجب أن تؤخذ في الاعتبار. وقد تبين من الإحصائيات التي أجريت على المدخنين في كثير من الدول الأوروبية وفي الولايات المتحدة أن هناك صلة مؤكدة بين التدخين المستمر للسيجائر والإصابة بسرطان الرئة خصوصا بين الأفراد الذين يملئون رئاتهم وصدورهم بدخان التبغ عند كل شهيق. ومن المعتقد أن التدخين يؤدي إلى وفاة ما يقرب من ثلاثمائة ألف شخص في الولايات المتحدة كل عام من بينهم نحو 80000 فرد تكون وفاتهم بسبب الإصابة بسرطان الرئة. ولاشك في أن مثل هذه الإحصائيات تقوى كثيرا من احتمال وجود علاقة من نوع ما بين الإصابة بالسرطان وبين تلوث الهواء الجوي بالأبخرة والشوائب فكما أن التدخين يلوث الهواء الذي يدخل إلى الرئة ببخار القطران وبأبخرة مواد مسرطنة فإن الهواء الملوث بدخان المصانع يحمل في طياته أيضا كثيرا من الشوائب المسببة للسرطان مثل: أبخرة كلوريد الفايثيل المسبب لسرطان الكبد والرئة بالإضافة إلى كثير من أبخرة الفلزات الثقيلة والمواد المسببة لسرطان الدم.

10. وهناك بعض الشوائب الأخرى مثل ألياف الأسبستوس التي تسبب الإصابة بمرض الضفري (Asbestosis) ومثل غيار السليكا الذي يسبب الإصابة بمرض سل النحاتين Silicosis وتظهر آثار هذه الشوائب بوضوح بين عمال المنشآت الصناعية الذين يتعرضون لها يوميا وبنسبة عالية في هواء العنابر التي يعملون بها ولكنها تؤثر أيضا بنسبة أقل في صحة سكان المناطق المحيطة بهذه المصانع. وقد تنبه كثير من النقابات

والحكومات إلى خطر تلوث الهواء المهني على صحة العاملين في الصناعات المختلفة خصوصا الذين يتعرضون لأبخرة الأحماض أو الرذاذ المتطاير من رش الطلاء أو عمال المناجم وغيرهم.

11. وقد صدر في هذا السبيل في كثير من الدول بعض التوصيات والتشريعات التي تنص على ضرورة اتخاذ الاحتياطات التي تضمن سلامة صحة العاملين في مثل هذه المؤسسات. ويصعب كثيرا وضع مستويات حقيقية لدرجة التركيز المسموح بها للمواد الملوثة في الهواء الجوي وذلك لأن المواد الملوثة متعددة الأنواع ويتطلب كل منها مستوى معيناً من التركيز لا يجب تجاوزه. وقد يسهل تحديد أثر مادة واحدة من هذه المواد إذا وجدت وحدها في الهواء ولكن يصعب معرفة أثر كل هذه المواد إذا وجدت مجتمعة في الهواء في وقت واحد. كذلك قد يتفاعل بعض هذه المواد مع غيره أو قد ينحل بفعل أشعة الشمس أو بتأثير رطوبة الهواء وقد ينتج من كل ذلك خليط آخر من نوع جديد قد يؤدي إلى زيادة تلوث الهواء. ويجب أن نأخذ دائماً في الاعتبار أن تلوث الهواء شيء عام يتعرض له الجميع فيتعرض له الطفل الرضيع والرجل المسن ويتعرض له المريض والسليم على حد سواء ولذلك من المتوقع أن يختلف أثر عوامل التلوث في كل هذه الأنماط ويختلف المستوى المسموح به من فرد لآخر. ويتضح من ذلك أن وضع حدود قصوى للمواد المسببة للتلوث عملية بالغة الصعوبة ولذلك لم يتم الاتفاق عليها دولياً حتى الآن.

12. وعادة ما يتم تعيين الحد الأقصى المسموح به من مادة ما نتيجة بعض التجارب العملية على حيوانات التجارب واستناداً إلى بعض المشاهدات الميدانية التي تمت ملاحظتها في بعض حالات التلوث الحاد. وقد اتفق بصفة عامة على ألا تزيد نسبة أي مادة ملوثة في الهواء الذي يتعرض له الإنسان يومياً على 0.01% أي بنسبة جزء من عشرة آلاف جزء من التركيز المسموح به لهذه المادة.

الحد الأقصى للشوائب المسموح به في الهواء
في الولايات المتحدة

| المواد | ملحرام في التر المكعب | المادة | ملحرام في التر المكعب |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| الانيمون | 0.5 | بنتايران | 0.01 |
| الفضة | 0.01 | اليلانين | 0.002 |
| الزرنخ | 0.5 | الروديوم | 0.001 |
| الباريوم | 0.5 | السليسيوم | 0.2 |
| الكرومات | 0.1 | اليورانوم | 0.2 |
| أرسينات الكالسيوم | 1.0 | الفناديوم | 0.1 |
| أكسيد الكالسيوم | 5.0 | أكسيد الزنك | 5.0 |
| غبار الفروفيديوم | 1.0 | البريليوم | 0.002 |
| المافنيوم | 0.5 | الكاديوم | 0.1 |
| الانديوم | 0.1 | ألكيلات الرينيوم | 0.01 |
| أرسينات الرصاص | 0.15 | الزنيك | 0.1 |
| يوديد الليثيوم | 0.025 | الكوارتز | 2.0 |
| المولبدنوم | 5.0 | الاستوس ميكروجرام / سم ³ | 5.0 |
| التلوريوم | 0.1 | رابع اثيل الرصاص | 0.1 |
| القصدير | 0.1 | | |

تلوث الهواء بمركبات الكلوروفلوروكربون

تتعدد أنواع مركبات الكلوروفلوروكربون ولكنها تحتوي جميعا على ذرات من الكلور ومن الفلور وأغلب هذه المواد غازات في درجات الحرارة العادية وتسيل بسهولة تحت الضغط ولذلك فهي تستعمل بكثرة في أجهزة التبريد مثل الثلاجات المنزلية كما تستعمل كمواد دافعة في عبوات الأيروسول التي تحمل بعض المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو إزالة روائح العرق وبذلك ينتشر استعمالها في كل مكان. ويؤدي الإفراط في استعمال عبوات الأيروسول وهي في أغلب الأحوال تعتبر مشتقات هالوجينية لبعض المركبات الأليفاتية ذات الوزن الجزيئي الصغير. وبعض هذه المركبات قد يحتوي على ذرة واحدة من الفلور مثل الفريون-11 وقد يحتوي على أكثر من ذرة من الفلور كما في الفريون-12 والفران-114 ولكنها جميعا تحتوي على عدة ذرات من الكلور إلى انتشار هذه المركبات في كل مكان كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراقا غير كامل يؤدي إلى انتشار التلوث بمركبات الكلوروفلوروكربون. وعندما تنتشر هذه المركبات في الهواء تحملها التيارات الصاعدة إلى طبقات الجو العليا وقد وجد تركيز محسوس من هذه المركبات على ارتفاع 18 كيلو مترا من سطح الأرض عند خط الاستواء وعلى ارتفاع نحو 7 كيلومترات فوق المناطق القطبية. كذلك تم اكتشاف وجود هذه المركبات بواسطة أجهزة خاصة في المناطق البعيدة عن العمران والبعيدة جدا عن التلوث مثل جبال البيرينيز بجنوب فرنسا. وتقدر كمية مركبات الكلوروفلوروكربون التي تنطلق إلى الجو كل عام لما يزيد على مليون طن. وعندما تصعد هذه الغازات في طبقات الجو العليا وتتعرض للأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس تنحل جزيئاتها بطريقة خاصة وتعطي ذرات نشيطة من الكلور. وتقوم هذه الذرات بمهاجمة جزيئات الأوزون وتحويلها إلى أوكسجين وبذلك تساعد هذه المركبات على تدمير طبقة الأوزون. وقد فطن كثير من الدول إلى خطورة التلوث الناتج من مركبات الكلوروفلوروكربون فبدأت في خفض إنتاجها منذ عام 1975 بنسبة 30% كما حظر بعض الدول مثل أمريكا والسويد وكندا والنرويج والاتحاد الأوروبي استعمال هذه المركبات بشكل عشوائي وقامت بتحديد حد أقصى لانتشار هذه المركبات منذ عام 1982. وهناك محاولات لاستبدال مركبات الكلوروفلوروكربون بمواد دافعة أخرى من بينها استعمال خليط من غاز البيوتان والماء يطلق عليه اسم أكواسول Aquasol وهي خليط لا يحتوي على الكلور أو الفلور.