مصادر تلوث الهواء وآثاره البيئية في دولة البحرين

المهندس عبد الجليل محمود زينل*

أولا : المقدمة :

صاحب التطور الاقتصادي والصناعي في كثير من دول العالم زيادة كبيرة في نسبة استهلاك الطاقة. كما وترتب على نسبة إزدياد احتراق الوقود (باعتباره المصدر الأساسي للطاقة) إزدياد كمية المخلفات الغازية المنبعثة في الجو. ولذا، يمكن القول بأن إحتراق الوقود الاحفوري مثل البترول ومشتقاته، هو المصدر الرئيس في تلوث الهواء.

وهناك خمس ملوثات هوائية رئيسية أولية وهي كالآتي : الجزيئات الدقيقة (Particulates)، أكاسيد الكبريت (SOX)، أكاسيد النيتروجين (NOX)، أكسيد الكربون (CO)، والهيدروكربونات (HC). وبالاضافة إلى ذلك فهناك أيضا ملوثات هوائية أخرى تسمى بالملوثات الهوائية الثنائية، لعل أهمها ما يسمى بالمؤكسدات الكيميا ضوئية (Photochemical Oxidants) ومن ضمنها غاز الاوزون (O3) وهو شكل تأصلي للاكسجين. وقد سميت هذه الملوثات بالملوثات الثنائية نتيجة لطريقة تكوينها في الهواء، حيث أنها تنتج أساسا من جراء تفاعل الهيدروكربونات مع أكاسيد النتروجين، وجميعها من الملوثات الأولية.

ولعل السبب في اهتمام كثير من الدول بتلوث الهواء، وجهودهم في السيطرة على الملوثات الهوائية، هو ما تسببه هذه الملوثات من اضرار بالصحة والبيئة. ويبين الجدول رقم (١) أهم مصادر هذه الملوثات، كما يعطينا نبذة قصيرة عن أهم تأثيراتها السلبية على البيئة. وبالإضافة إلى هذه الملوثات، فهناك أيضا مشكلة التلوث الناجم عن الرصاص المنبعث من عادم السيارات، والتي أصبحت من القضايا البيئية المهمة في الآونة الأخيرة. وستتناول الدراسة فيما بعد بحث هذه المسألة بشيء من التفصيل. ولا بد من الإشارة هنا إلى أن هذه الدراسة تعنى بالملوثات الهوائية الرئيسة، والتي تصدر معظمها كنتيجة للانشطة السكانية المتعددة، فهي بذلك لا تشمل على

* باحث أول (شئون البيئة) بدائرة التكنولوجيا - مركز البحرين للدراسات والبحوث

جـدول رقـم (١)

الملوثات الرئيسية : مصادرها وتأثيراتها

المصدر : مراجع رقم ٥ و١٣

الملـوثـات	أهم المصادر	أسبـاب التكـويـن	التـأثـيرات علـى		المواد
			الانسـان	الحيـوان	
جسيمات دقيقة (Particulates)	المصـانـع ومحـطات الطاقة	احتراق الفحم عمليات الطحن والتكسير	الالتهاب الشعبي أمراض السرطان	تلـف الأوراق التسمـم	الصـدأ الاتساخ
أكاسيد الكبريت (SOX)	الغـلايـات، الأفـران الصناعية، الصهر	احتراق الوقود المحتوية على الكبريت	الالتهاب الشعبي	الشحوب اليخضوري	الصـدأ
أكاسيد النتروجين (NOX)	الغـلايـات، الأفـراد الصناعية، السيارات	تفاعل النتـروجين مـع الأكسجين بفعـل الحرارة العالية	الالتهاب الشعبي تقليل مدى الرؤية	ضئيلـة	الصـدأ
الهيدروكربونات (HC)	السيارات والمصانع	الاحتـراق غـير المكتمـل للوقـود وتبخـر الهيدروكبرونات والمذيبات	تتفـاعـل مـع الملوثـات الأخرى	ضئيلـة	
أكسيـد الكربـون (CO)	السيـارات والأفـران الصناعية	الاحتراق غير المكتمل للوقود	سـامـة	سامة للحيوان	
المؤكسدات الكيماضوئية الأوزون (O3)		تفـاعل الهيـدروكربـونات مـع أكـاسيـد النتروجين بفعل أشعة الشمس	التهـاب الـرئتـين، البـلاعيم، التـأثـير عـلى البصر	شديد التأثير على النبات	الصـدأ التبييض

دراسة التلوث الناجم من المصادر الطبيعية لتلوث الجو كالأتربة والغبار والتي هي من صفات البيئة الصحراوية التي تتميز بها المنطقة بشكل عام .

وتتضمن برامج منع تلوث الهواء ومكافحته ـ مثلها مثل برامج الصحة العامة الاخرى ـ الحلقات الأساسية التالية : إدراك المشكلة، وجمع المعلومات والبيانات الميدانية، تحديد المصادر والمسببات، وأخيرا إختيار الحلول المناسبة وتنفيذها . وبينما يتوافر الفهم الصحيح للأسس العامة لبرامج صحة البيئة ومكافحة التلوث، لا توجد في كثير من الدول النامية البيانات النوعية عن مصادر التلوث والملوثات المنبعثة منها .

أهداف الدراسة :

١ ـ حصر مصادر تلوث الهواء، وتحديد المصادر الرئيسه منها وذلك على حسب كمية الملوثات الهوائية المنبعثة من كل مصدر .

٢ ـ تقدير التأثيرات البيئية المحتملة للملوثات الهوائية المنبعثة من المصادر الرئيسه في البلاد .

٣ ـ وضع التوصيات .

أهمية نتائج الدراسة :

١ ـ تستخدم نتائج هذه الدراسات كأساس لوضع القوانين والأحكام لمكافحة تلوث الهواء .

٢ ـ يمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في تشكيل النظم الخاصة بمراقبة تلوث الهواء بصورة فعالة، كما أنها ذات أهمية في اختيار مواقع محطات الرقابة وأخذ العينات .

٣ ـ إن لنتائج هذه الدراسة أهمية خاصة في تحديدالأولويات بالنسبة لإجراء الدراسات التفصيلية التي قد تدعو الحاجة إليها .

أسلوب الدراسة :

١ ـ البيانات الأولية عن إستهلاك الوقود والانتاج، وتم الحصول عليها من المصادر التالية :

- المجموعة الإحصائية لسنة ١٩٨٥م (صادرة في ديسمبر ١٩٨٦م) .
- الكتيبات والنشرات الصادرة من الشركات .

بالإضافة إلى ذلك، فقد إعتمدت الدراسة في تحليلها على البيانات الخاصة بالنشاطات الصناعية كطريقة الإنتاج، ووحدات تنقية الغازات الموجودة، وموقع المصنع بالنسبة للمناطق السكنية الرئيسه، وتم الحصول على هذه البيانات عن طريق الاستبيانات والزيارات الميدانية التي جاءت ضمن دراسة سابقة أجراها الباحث[٧] .

٢ ـ حساب كمية الملوثات الهوائية المنبعثة من كل مصدر :

وقد اتبع في ذلك طريقة التقدير السريع لمصادر التلوث المعتمدة من قبل منظمة الصحة العالمية [١١] إلى جانب الاستعانة بمنشور «مجموعة عوامل الانبعاثات للملوثات الهوائية» التي تصدرها وكالة حماية البيئة الامريكية [١٢] .

وتعتمد طريقة التقدير السريع في حساب كمية الملوثات المنبعثة على استعمال عوامل التلوث والتي يمكن تعريفها : بأنها كمية المواد الملوثة التي يطلقها المصدر (أو صناعة ما) في البيئة ، لكل وحدة من وحدات السلعة المنتجة أو لكل وحده من وحدات المادة الخام المستهلكة . وذلك على حسب نوع الصناعة أو طريقة حساب عامل التلوث . ويمكن الحصول على عوامل التلوث المطلوبة من المرجع المذكور اعلاه [١٣] . وبضرب عوامل التلوث الخاصة بكل مصدر في إحدى مؤشرات الاستهلاك ككمية الوقود المستهلكة خلال فترة زمنية محددة نحصل على مقدار الإنبعاث أو كمية الملوثات الهوائية المنبعثة من المصدر خلال تلك الفترة .

ثانيا : لمحة عامة عن دولة البحرين :

تقع دولة البحرين في منتصف الخليج العربي بين كل من دولة الكويت والامارات العربية المتحدة على خط عرض ٢٦ شمالا ، وخط طول (٤٥ ، ٥٠ ، ٥٠) شرقي خط جرينتش ، وتبعد عن الساحل الشرقي للمملكة العربية السعودية بحوالي ٢٥ كيلو مترا .

ودولة البحرين عبارة عن أرخبيل من الجزر يبلغ في مجموعها ٣٣ جزيرة أكبرها جزيرة البحرين ، التي تضم العاصمة (المنامة) . وتمثل جزيرة البحرين ٨٥٪ من إجمالي مساحة جزر البحرين البالغة ٨٦ , ٩٠ كيلو مترا مربعا (٩) .

بلغ تعداد السكان حسب إحصائيات ١٩٨١م (٧٩٨ , ٣٥٠) نسمة منها ٧٠٪ من البحرينيين . أما في الوقت الحاضر فيقدر عدد سكان البحرين بناء على التوقعات السكانية (٩) بحوالي (٤١٦) ألف نسمة .

أما بالنسبة لطبيعة الأرض فإن أغلب جزر البحرين عبارة عن أرض صخرية جيرية تغطيها كثبان من الرمال الجافة والمالحة التي لا تساعد على نمو الزراعة باستثناء بعض النباتات البرية .

ثالثا : المناخ وأهميته في تلوث الهواء :

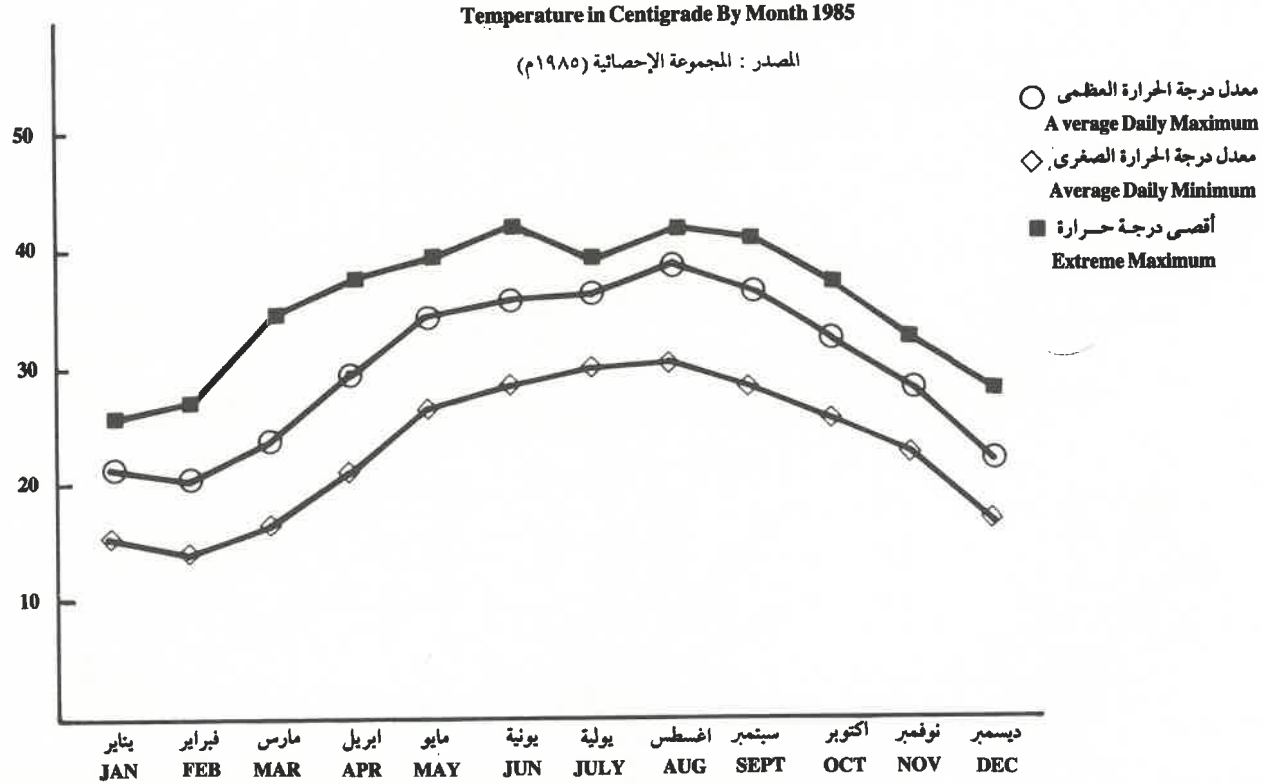
إن العوامل الجوية كسرعة الرياح واتجاهاتها هي من أهم المؤثرات على سرعة انتقال وتشتت الملوثات الهوائية . فعندما تكون الرياح ساكنة ترتفع الغازات الساخنة المنبعثة من المداخن إلى أعلى بفعل كثافتها التي تكون أقل من الهواء البارد نسبيا ، وقد تصل إلى إرتفاع شاهق فتقل تأثيرها عند سطح الأرض . وكذلك الحال بالنسبة للرياح القوية التي تعمل على تشتيت الغازات المنبعثة ،

شكـــل (١)

متوسط درجات الحرارة حسب الشهر ١٩٨٥م

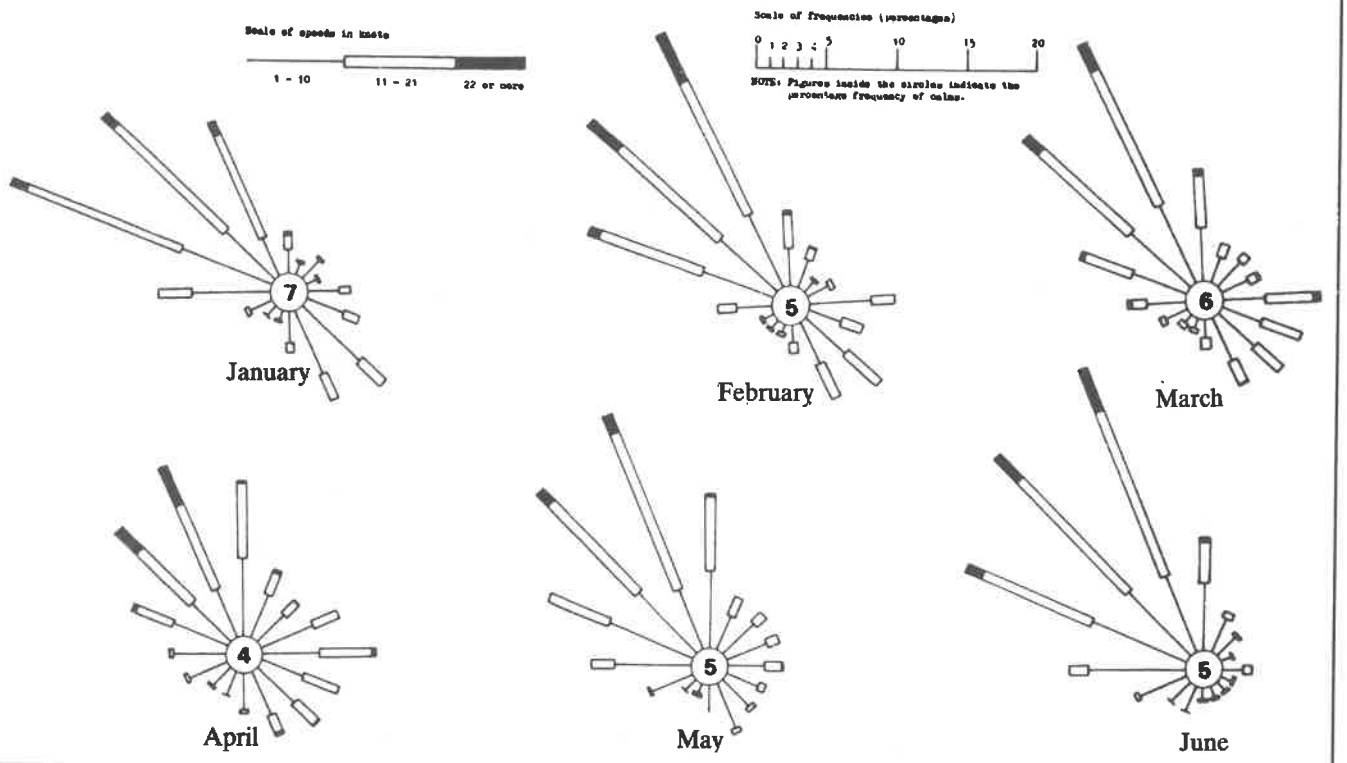
Temperature in Centigrade By Month 1985

المصدر : المجموعة الإحصائية (١٩٨٥م)

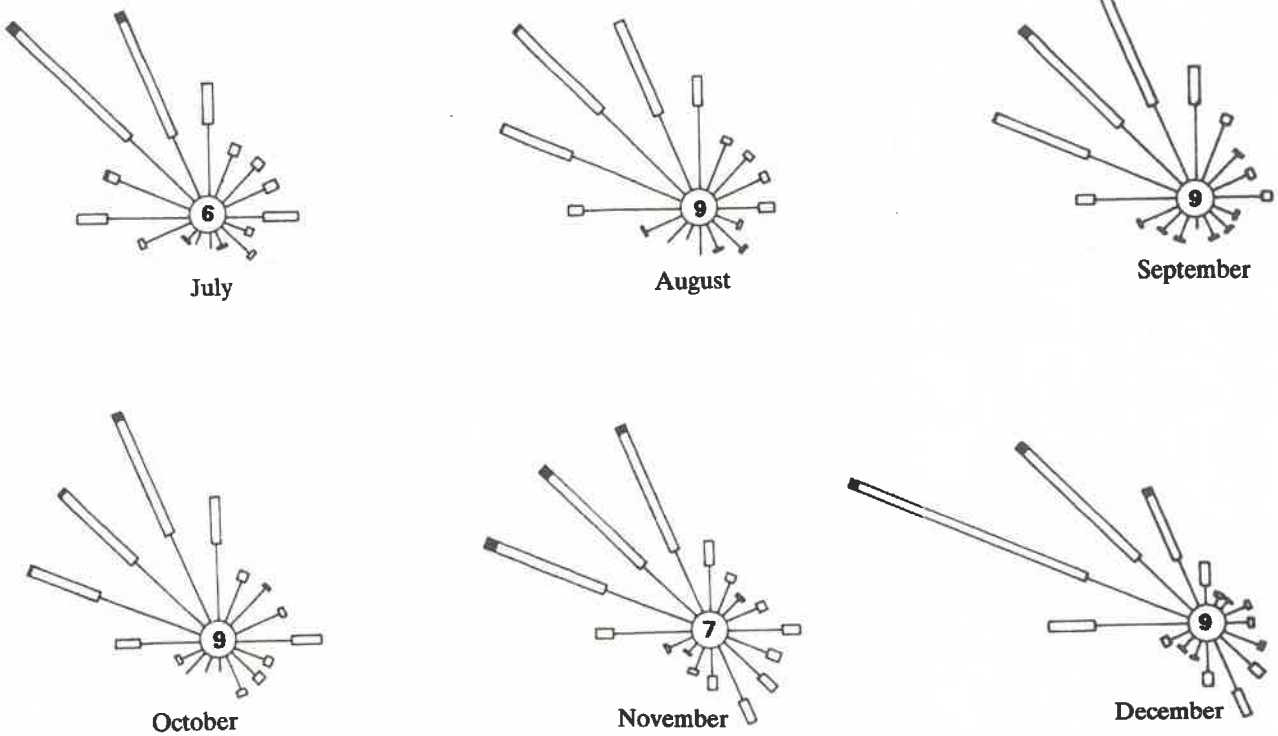


شكل ٢ ـ أ دورة الرياح في البحرين (يناير - يونيو)

BAHRAIN AIRPORT



شكل ٢ - ب دورة الرياح في البحرين (يوليو - ديسمبر)



وبالتالي تقل تركيزها في الجو. إلا أنه تحدث في حالات كثيرة بعض التقلبات في الجو كظاهرة التقلب الحراري (Temperature Inversion)، والتي تحدث نتيجة التبادل الحراري بين طبقات الأرض والجو فترتد بسببها الغازات إلى أسفل وبالتالي يزداد تركيزها عند سطح الأرض .

أما بالنسبة لعامل إتجاه الرياح، فله أهمية خاصة في تحديد مسار الغازات، وبالتالي، فإن المدن الواقعة على خط سير الرياح السائدة، تتعرض لتلوث الهواء باستمرار إذا كانت تلك الرياح مشبعة بالملوثات .

وللأمطار أيضا دور مهم في التخفيف من تلوث الهواء، فهي تعمل على إمتصاص الملوثات الجوية وترسيبها، وبالتالي تنقية الجو من هذه الملوثات .

أما مناخ دولة البحرين فإنه حار وجاف بصفة عامة، حيث يبلغ متوسط هطول الأمطار ٧٠مم في السنة فقط، تسقط معظمها في فصل الشتاء. وتنقسم السنة إلى ثلاثة مواسم متميزة، وعادة ما تكون الفترة الممتدة في ديسمبر حتى مارس أكثر المواسم برودة، وتسودها الرياح الشمالية الغربية إلى جانب رياح جنوبية شرقية مع بعض الأمطار. إبتداء من نهاية مارس تبدأ الحرارة في الارتفاع الشديد حتى تبلغ ذروتها في أغسطس، إلا أنه يتخلل هذه الفترة رياح شماليةباردة تساعد على تلطيف الجو، وحدث هذا في شهر يونيو وتعرف هذه الرياح باسم (البارح). وتتميز بقية الأشهر برياح (الشمال) وهي رياح شمالية غربية رطبة أو برياح حارة محملة بالغبار تهب من الجنوب وتعرف باسم (الكوس). وعادة ما تكون أشهر الصيف حارة ورطبة إلا أن الطقس يبدأ في الاعتدال بسرعة مع بداية شهر أكتوبر حيث يبدأ فصل الخريف .

ويبين الشكل رقم (١) متوسط درجات الحرارة حسب الشهر لعام ١٩٨٥م، كما يبين الشكل رقم (٢) دورة الرياح في البحرين. لاحظ أن الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة حيث أنها تهب بنسبة حوالي ٥٠٪ على مدار السنة .

رابعا : مصادر تلوث الهواء الرئيسة في البحرين :

أن أهم مصادر تلوث الهواء في البحرين هي معمل التكرير، مصهر الالمنيوم، محطات توليد الطاقة والكهرباء، مجمع البتروكيماويات ومصنع الحديد والصلب، بالاضافة إلى عوادم السيارات. لاحظ الشكل ٣ ستجد أن جميع المصادر الرئيسه المذكورة تقع على الساحل الشرقي البحرين. وبالرجوع إلى الشكل رقم (٢) نلاحظ أن موقع المصانع الكبيرة ملائم بالنسبة لإتجاه الرياح الشمالية الغربية السائدة، حيث تعمل على حمل الملوثات الهوائية معها في إتجاه البحر .

وفيما يلي نبذة قصيرة عن المصادر الرئيسة لتلوث الهواء .

معمل التكرير (مصفاة النفط)

قدرة التكرير اليومي ٢٥٠ ألف برميل .
كمية الكبريت المزال من النفط ١٣٠ طن متري .

أهم الملوثات الهوائية : ثاني أكسيد الكبريت (SO2)، وينتج الجزء الأكبر من هذا الغاز من وحدة تكسير البترول والأفران المتعددة التي تدار بالغاز الناتج من التكرير (REFFINERY GAS)، ويحتوي هذا الغاز على نسبة ٢,٩٪ (حجما) من غاز كبريتيد الهيدروجين، والذي يتأكسد عند الاحتراق، ليتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت حسب المعادلة التالية :

$$2HS + 3O \qquad 2SO + 2HO$$

إلى جانب غاز ثاني أكسيد الكبريت، تنبعث أيضا كميات كبيرة من الهيدروكربونات من خزانات النفط نتيجة لتبخير الزيوت ومنتجاتها، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه لم تجر أي دراسة لقياس هذه الغازات أو الأبخرة في الهواء، علما بأن هناك عدد «كبير» من الخزانات، خاصة وأن معظمها من النوع ذي الغطاء الثابت والذي تزداد فيها عمليات التبخر .

محطات توليد الطاقة :

هناك ثلاث محطات لتوليد الطاقة الكهربائية في البحرين وهي كالأتي :

المحطة	نوع التربينات	عددها	الحد الأقصى لانتاج الطاقة (ميجاوات)
الرفاع	غازية	١١	٧٠٠
سترة	٤ بخارية + غازية	٥	١٤٤
منامة	غازية	١٤	١٦٥

أهم الملوثات الهوائية = أكاسيد النتروجين الناتجة من احتراق الغاز الطبيعي .

ويلاحظ عند المرور بالقرب من بعض محطات الكهرباء الكبيرة إنبعاث غازات بنية اللون من المداخن . وبالرغم من عدم وجود قياسات ميدانية إلا أن هناك أدلة علمية تشير إلى أن سبب انبعاث الغازات المرئية يعزي إلى وجود نسب عالية من غاز ثاني أكسيد النتروجين (NO) .

مصهر الألمنيوم :

طاقة الإنتاج السنوية ١٧٠ ألف متري من قوالب الألمنيوم

أسلوب عملية الصهر	Prebaked Reduction Cell
طاقة إنتاج وحدة إنتاج الكربون	٢٠٠ ألف قطب في السنة
محطة توليد الطاقة	
طاقة التوليد	٤٨٠ ميجاوات
عدد التربينات ونوعها	٢٤ غازية

أهم الملوثات الغازية ومصادرها داخل المصنع :

المصدر	اهم الملوثات	ملاحظات
خلايا الصهر	الفلورايد (غازية وصلبة)	- يتم حاليا اتخاذ إجراءات لإدخال تحسينات للحد من تلوث جو المصنع، وسيشمل ذلك تغطية خلايا الصهر، وتزويدها بمخارج للتخلص من غاز العادم بعيدا عن جو المصنع .
محطة توليد الطاقة وحدة إنتاج أقطاب الكربون	أكاسيد النتروجين جزئيات القطران	- كثرة عدد المداخن، وقصر إرتفاعاتها . - أتمت الشركة في العام المنصرف (١٩٨٦م) تركيب مرسب اليكتروستاتيكي يعمل على إزالة معظم جزيئات القطران من الغازات المنبعثة في الهواء .

مجمع البتروكيماويات :

طاقة الإنتاج اليومية	- ١٠٠٠ طن متري من كل من الأمونيا والميثانول .
الاسلوب المتبع في الانتاج	تصنيع الأمونيا والميثانول من الغاز الطبيعي .

أهم الملوثات الهوائية = الهيدروكربونات (HC)، والأمونيا (NH4) .

مصنع درفلة الألمنيوم :

طاقة الانتاج السنوية	- ٤٠ ألف طن متري من شرائح، وملفات الالمنيوم .

أهم العمليات

أفران لتسخين الالمنيوم، وأخرى لصهرها .
- عمليات دلفنة بطريقة التبريد والتسخين .
- أفران لإزال السقايا (Annealing)

أهم الملوثات الهوائية = دقائق (رذاذ) الألمنيوم التي تتطاير من بعض العمليات .

وقد بدأت الدول الصناعية الكبرى، وفى مقدمتها الولايات المتحدة واليابان من أوائل السبعينات باستعمال بدائل لمركب الرصاص في الغازولين، تؤدي نفس الغرض، ولكنها غير ضارة بالصحة. كما قامت بعض الدول الاوروبية باتخاذ اجراءات مماثلة، وقد شرعت في التقليل من نسبة الرصاص المضاف إلى الغازولين. أما في البحرين فإنه لا يوجد تفكير في الوقت الحاضر لإتخاذ إجراءات مماثلة. ومن الملاحظ أن نسبة الرصاص المضاف إلى وقود السيارات محليا تفوق الكميات المضافة إلى الوقود في العديد من البلدان الاخرى :

نسبة الرصاص في الوقود (جم لكل لتر)

البحرين (١٩٨٤)	(ممتاز)	,٨٤
	(جيد)	,٥٤ وأكثر
الدول الاوروبية		,٤٠ وأقل
اليابان		,٣١ وأقل
الولايات المتحدة		,٢٩ وأقل

وفي عام ١٩٨٥م أجريت دراسة حول تلوث الهواء بالرصاص في البحرين[١٤]، تم خلالها أخذ عينات من الهواء من داخل المدينة وخارجها بالاضافة إلى عينات من الدم أخذت من عدة مراكز صحية، وذلك لقياس نسبة الرصاص فيها. وحيث أن الدراسة لم تنشر بعد نكتفي بالقول بأن النتائج دلت على أن مستوى الرصاص في عينات الدم كانت طبيعية حسب المواصفات العالمية .

- إلى جانب الرصاص تنبعث من عادم السيارات كما أسلفنا كميات كبيرة من الغازات الملوثة الأخرى، وخاصة أكاسيد النيتروجين، وأول أكسيد الكربون السام. وقد اتخذت بعض الدول المتقدمة إجراءات واقية للحد من انبعاثات العادم، لعل من أهمها تزويد السيارة بجهاز خاص (Catalytic Reactor) يقلل من نسبة انبعاث الملوثات، وذلك بتحويلها إلى غازات عديمة الضرر .

مصنع الحديد والصلب :

طاقة الانتاج السنوية
- ٤ مليون طن متري من كريات أكسيد الحديد

أهـم العمليـات
- نظام تفريغ وتخزين أكسيد الحديد الخام .
- عمليات تجفيف وطحن
- عمليات التكوير والتصليد (Indurating) .

أهم الملوثات الهوائية = دقائق من أكسيد الحديـد تتطايـر من مختلف العمليات . إلا أن المـرسبات الالكتروستاتيكية المركبة على وحدات الإنتاج تعمل على إزالة معظم هذه الدقائق من الغازات المنبعثة إلى الهواء .

عــوادم السيــارات :

يشير الجدول رقم (٢) إلى أن مجموع عدد السيارات في البحرين قد تضاعف بين الفترة من سنة ١٩٧٧م (٥٢,٥٩٣ سيـارة)، وحتى سنة ١٩٨٥م (١٠٥,٨٦٨ سيـارة) ممـا يـدل عـلى أن كميـة الملوثات الهوائية المنبعثة عن هذا المصدر قد إزدادت بنسبة كبيرة خلال فترة قصيرة نسبيا .

أما أهم الملوثات الغازية المنبعثة من عوادم السيـارات، فهي أول أكسيد الكـربون (CO)، وأكاسيد النتروجين (NOX) . بالاضافة إلى ذلك وكـما ذكرنـا سابقـا فهناك أيضـاً مشكلة التلوث الناجم من الرصاص المنبعث من العادم، حيث يضاف أحد مركباته إلى الغازولين لزيادة كفاءة آلة إحتـراق السيارة، ومنـع الخبط. وقد أثبتت التجـارب خطورة هـذا النوع من التلوث عـلى صحـة الإنسان. وفيما يلي عرض سريع حول هذا الموضوع .

أثبتت نتائج بعض الدراسات العلمية من أن لعنصر الرصاص ومركباته تأثيرات ضـارة على صحة الإنسان ـ خصـوصا تـأثيره عـلى مخ الأطفـال ـ (١ ـ ٢)، ويدخـل الرصـاص إلى الدم عن طريق الجهاز التنفسي، لذلك فإن نسبة تركيزه في الدم تعتبر مؤشرا لمدى تعرض الإنسان له .

وقـد استنتج دوغـان[٣] من دراسته بـأن لكل ١٠٠ جـزء من المليـون من الـرصـاص الـذي يتعرض له الطفل في الجو، تزداد نسبة الرصاص في دمه بحـوالي ٥ ميكروجـرام لكل ١٠٠ ملليتر. وإلى جانب تأثير الرصاص على المخ، فإنه له تأثيرات أخرى على الصحة .

وقـد دلت نتائـج احدى الـدراسات[٤] أن حـوالي ٥٠٪ من الـرصـاص المنبعث من عـوادم السيارات، والذي يزيد قطر جزيئاته عن ١٠ ميكرون، يتساقط عـلى جوانب الشـارع، بينما يـظل الجزء الآخر والذي يقل قطر جزئياته عن ١ ميكرون معلقا في الهواء، وينتقل إلى مسافات بعيدة إلى أن ينزل بفعل الأمطار. وهذه الجزيئات العالقة هي التي تسبب الأضرار الصحية .

جـــدول ٢ TABLE

العربات المسجلة والمستخدمة على شوارع البحرين حسب نوع الترخيص (١٩٧٧ - ١٩٨٥م)

REGISTERED VEHICLES USED ON THE ROADS CLASSIFIED BY TYPE OF LICENCE (1977-1985)

Year	المجموع Total	Type of Licence					نـــوع الترخيـص	السنـة
		دراجات نارية Motorcycles	باصات عامـة Puplic Buses	باصات خاصـة Private Buses	لـوريـات وبوكسات Vans and Lorries	سيارات أجـرة Taxi Cars	سيارات خـاصـة Private Cars	
1977	٥٢,٥٩٣	٣,٩٢٥	٢٨٣	١,٣٠٥	١١,٦١٨	١,١٧٨	٣٤,٢٨٤	١٩٧٧م
1978	٥٨,٧٩٧	٤,١٨٩	٢٩٣	١,٤٦٦	١١,٦٩٣	١,٢٢٨	٣٩,٩٢٨	١٩٧٨م
1979	٦٥,٠٤٢	٤,٣٢٥	٢٩٤	١,٦١٣	١٢,٦٢٩	١,٢٥٩	٤٤,٩٢٢	١٩٧٩م
1980	٦٧,٨٣٠	٢,٤٤٧	٢٠٠	١,٦٢٥	١٦,٦٠٤	٩٠٠	٤٦,٠٥٤	١٩٨٠م
1981	٧٠,٠٦٥	١,٣٨٢	٢١٣	١,٦١٦	١٥,٧٤٩	٩٠١	٥٠,٢٠٤	١٩٨١م
1982	٨١,٢٧٢	١,٤٧٧	٤٣٢	١,٦٩٥	١٧,٥٨٧	٩٧١	٥٩,١١٠	١٩٨٢م
1983	٨٩,١٨٥	١,٦١٠	٤٤٥	١,٧١٩	١٨,٨٥١	٩٧٢	٦٥,٥٨٨	١٩٨٣م
1984	٩٧,٩٣٥	١,٦٤٢	٤٧٩	١,٩٥٢	٢٠,٦٥١	٩٥٨	٧٢,٢٥٣	١٩٨٤م
1985	١٠٥,٨٦٨	١,٧٠١	٤٩٩	٢,٢٧٢	٢١,٩٤٩	٩٥٠	٧٨,٤٩٧	١٩٨٥م

خامسا : حساب معدل الانبعاثات السنوية للملوثات الهوائية :

يبين الجدول (رقم ٣) المعدل السنوي لاستهلاك الوقود في البلاد وتوزيعه، كما تبين الجداول (٤) و(٥) بعض الاحصائيات عن حركة الطائرات والسفن في الموانى الرئيسة في البلاد .

جدول رقم (٣)
استهلاك الوقود وتوزيعه في البحرين
(١٩٨٥م)

المصادر : المجموعة الاحصائية (١٩٨٦م) وادارة الكهرباء والماء :

نوع الوقود	نسبة الكبريت حجما (٪)	الاستهلاك متر/سنة×١٠^٨	الجهة
غاز التكرير	٢,٩	١,٦٩٢٤	معمل التكرير
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	٩,٦٩١٨٨	معمل التكرير
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	١٤,٩٤٠٠	مصهر الالمنيوم
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	٥,٣٢٤٣	محطة سترة للكهرباء
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	٧,٠٥١٠	محطة الرفاع للكهرباء
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	١,٣١٧٠	محطة المنامة للكهرباء
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	٤,٩٨	مصنع البتروكيماويات
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	١,٠٣	مصنع الحديد والصلب
الغاز الطبيعي	٠,٠٥	,٠١٣٥٨	مصنع درفلة الالمنيوم
	وزنا (٪)	طن/ سنة	
غازولين	٠,٠٥ (جيد) ٠,٠٠٤ (ممتاز)	١٧١٠٢٣	السيارات والمركبات الاخرى
زيت الديزل	٠,٨٤	١٠٥٥٦٣	السيارات والمركبات الأخرى
كيروسين	٠,١٨	٩٨٧٥	عام
غاز البترول المسال	٠,٠٤٤	١٨١١١	الأفران المنزلية

جـدول رقـم (٤)

حركة الطائرات في مطار البحرين الدولي حسب النوع (١٩٨٤م)

المصدر : إدارة الطيران المدني

نـوع الطـائـرات	متوسـط عـدد مـرات الهبـوط / الاقـلاع فـي السنـة
طائـرات واسعـة المـدى	٨٥٣٠
طائـرات متوسطـة المـدى	٨٧٦٠
طائـرات طـوربينيـة بمـراوح	٢٣٣٠
طـائـرات رجـال الأعـمـال الـنـفـاثـة	١٢٢٠

جـدول رقـم (٥)

حركة السفن في الموانى الرئيسة في البحرين (١٩٨٥م)

المصدر : المجموعة الإحصائية (١٩٨٦)

نـوع الباخـرة	عدد البواخر / سنة	عدد أيام مكوث السفن في الميناء	مجمل الأيام في السنة
حامـلات بضـائـع	٩٤٢	٣	٢٨٢٦
حامـلات نفـط	٦٠٩	٢	١٢١٨
حامـلات غـاز	٣١	٢	٦٢
المجمـوع	١٥٨٢		٤١٠٦

استنادا إلى الجداول السابقة ، وباستعمال عوامل انبعاث التلوث الواردة في المصـادر ١ و٢ ، نستـطيع حسـاب كمية الملوثـات الهوائيـة المنبعثة من المصـادر المختلفة في البـلاد كـما هي مبينـة في الجداول رقم ٥ و٦ .

جـدول رقـم (٦)

معدل الانبعاثات السنوية للملوثات الهوائية من المصادر الرئيسية في البلاد

طـن / سنـة (١٩٨٥م)

	مصـدر الانبعـاث	NO X	SO2	CO	PARTICULATES	HC	ملوثات اخرى
١	معمـل التكـرير	٣٤١٥	٣٢٠٣٨	٣٠٧	٦٠٩	١٤١٩٧	
٢	مصهـر الالمنيـوم	٩٨٦١	٢٤٦٨	٢٧٩٤	٧٣٧٤ (أ)	١٠٧٢	(HF) ٢١٠٠ (SO_3) ٢
٣	محطـة الرفـاع لتوليد الكهرباء	٤٦٥٤	١٠٥٨	١٢٩٧	١٩٤	٤٧٢	
٤	مصنع البتروكيماويات	٩٨٥	١٦	٢٩٥٩	٢٦	١٧٢٦	(NH3) ٤٨٠ (ب)
٥	مصنع درفلة الألمنيوم	١٤٨	١٣٠	—	١٦٥	—	
٦	محطـة سـترة لتوليد الكهرباء	٥١١٢	٧٩٩	١٤٤	١٢٨	٨	
٧	محطة المنامة لتوليد الكهرباء	٨٦٩	١٩٨	٢٤٢	٣٦	٨٨	
٨	مصنع الحديد والصلب	—	٤٥٦	٨٣	٧٤	٥	٢٠٤١ (جزئيات الحـديـد)
	المجمـــوع	٢٥٠٤٤	٣٧١٦٣	٧٨٢٦	٨٦٠٦	١٧٥٦٨	

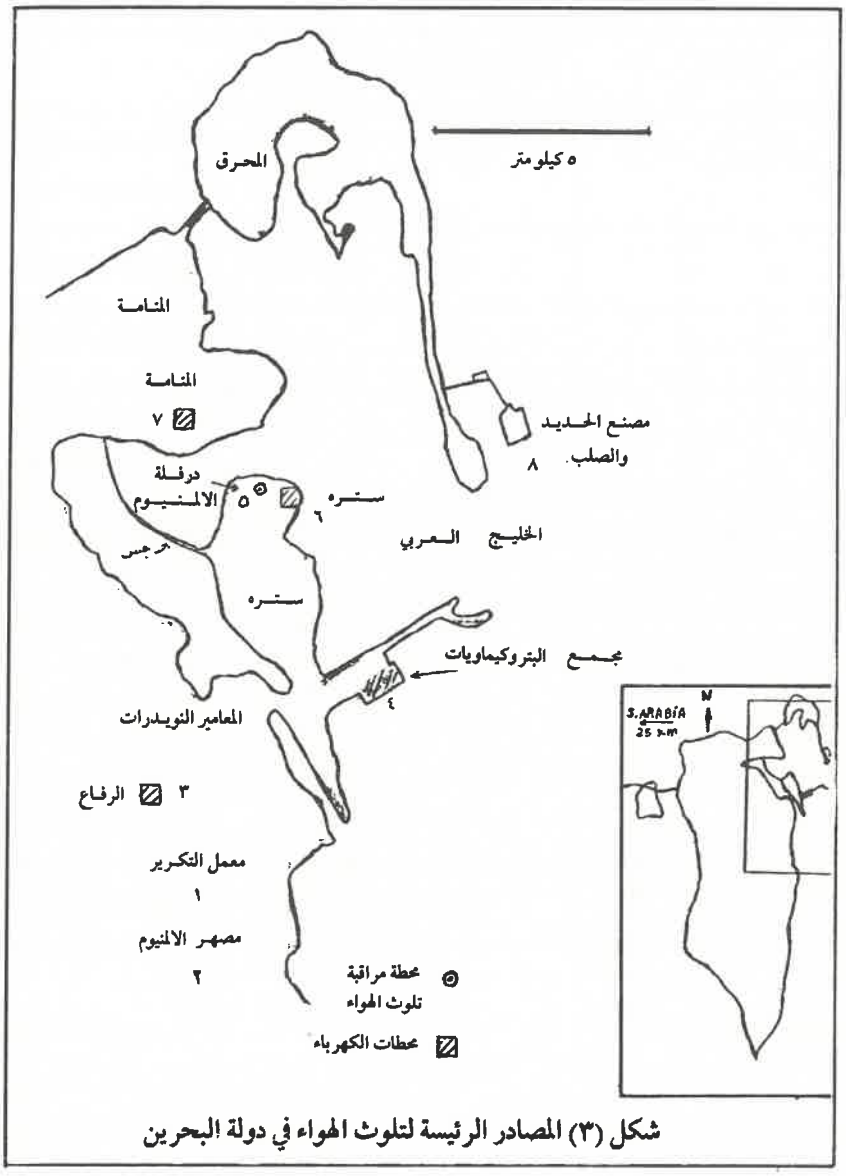
ملاحظة : تم حساب كمية انبعاث غاز (SO 2)النـاتج عن الاحتـراق باستخـدام المعادلـة الآتية :

$$2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$$

أ ـ ٤٠٩ طن من محـطة توليـد الكهربـاء، ٦٩١٠ طن من خلايـا الصهر، ٥٥ طن من الافـران

باعتبار ان كفاءة وحدة تنقية الغاز الالكتروستاتيكية = ٩٥٪ .

ب ـ ٤٣ طن انبعاثات عملية التشغيل وذلك بافتراض ان معدل الانبعاث خلال هذه الفترة = ٣٠كجم / دقيقة ، وان مجموع الساعات = ٢٤ في السنة . أما الباقي (٣٦٥ طن في السنة) فهو مجموع انبعاثات الهيدروكربونات من عملية تحميل (شحن) السفن .



شكل (٣) المصادر الرئيسة لتلوث الهواء في دولة البحرين

جـدول رقـم (٧)

معدل الانبعاثات السنوية للملوثات الهوائية
من المواصلات والمصادر المنزلية

طـن / سنـة

	HC	PARTICULATES	SO_2	NO X	CO
سيارات وشاحنات تدار ابلبنزين (ب)	٢٤٨٠	٣٤٢	٩٢	١٧٦١	٦٤٤٦٧
محطات تعبئة البنزين	٥٠٨				
تعبئة شاحنات النقل البري	١٧٦				
سيارات وشاحنات تدار بالديزل (ج)	٢٧٦	٢٥٤	١٦٩٢	١١٦٦	٤٦١١
المطار (الهبوط والاقلاع)	٢١٧	٢٥	٣٦	٥٣١	٨١٥
الموانى (السفـــن)	٦١	٣١	٨٠	٩٣	٨٦
الأفـران المنزليـة ١ ـ كـيروسـين	٤	٣٠	٣٠	٢٣	٢,٥
٢ ـ غاز بترولي مسال	٣	٧,٦	دون الاعتبار	٣٣	٨
المجمـــوع	٣٧٢٥	٦٨٩,٦	١٩٣٠	٣٦٠٧	٦٩٩٨٩,٥

عوامل التحويل : **النسبة المئوية للكبريت**

غازولين ١ طن = ١١,١٠ برميل امريكي ,١٥

كيروسين ١ طن = ٨,٠ برميل امريكي ,١٨

ديـــزل ١ طن = ٧,٤٢ برميل امريكي ,٨٤

غاز البترول المسال ١ طن = ٨,٦٥ برميل امريكي ,٠٤

(ب) محسوبة بالطريقة الاوروبية .

(ج) تشمل على المصادر الاخرى التي تستخـدم زيت الديـزل كالغـلايات والمـولدات الكهـربائيـة الصغيرة .

سادسا : التوزيع النسبي للانبعاثات الهوائية حسب المصدر :

تبين الجداول (٨) إلى (١١) الانبعاثات الهوائية ، والنسبـة المئويـة المنبعثة من كـل مصدر، كـما يلخص الجدول (رقم ١٢) نتائج حصر تلوث الهواء من المصادر الرئيسـة في البحرين مـوزعة عـلى أربع قطاعات .

جـدول رقـم (٨)

التوزيع النسبي لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت حسب المصدر

المصـــــدر	كميـة الانبعـاث (طـن / سنـة)	النسبـة المئويـة المنبعثة من المصدر
معمـــل التكـريـــر	*٣٢٠٣٨	٨٢,٠
جميـع المصـانـع الاخـرى	٣٠٧٠	٨,٠
محطـات توليـد الطـاقـة	٢٠٥٥	٥,١
المواصـلات والافـران المنزليـة	١٩٣٠	٤,٩
المجمـــــوع	٣٩٠٩٣	١٠٠

* باعتبار ان معامل الكفاءة المئوية لوحدة كلاوس لاسترجاع الكبريت = ٩٠

جـدول رقـم (٩)

التوزيع النسبي لانبعاثات غازات أكاسيد النتروجين حسب المصدر

المصـــــدر	كميـة الانبعـاث (طـن / سنـة)	النسبـة المئـويـة المنبعثة من المصدر
مصهـر الألمنيـوم	٩٨٦١	٣٥
محطـات توليـد الطاقـة	١٠٦٣٥	٣٧
المصـانـع الـرئيسـة الاخـرى	٤٥٤٨	١٦
السيـارات بأنـواعهـا	٢٩٢٧	١٠
مصـادر اخـرى	٦٨٠	٢
المجمـوع	٢٨٦٥١	١٠٠

جـدول رقـم (١٠)

التوزيع النسبي لانبعاثات الهيدروكربونات حسب المصدر :

المصـــــدر	كميـة الانبعـاث (طـن / سنـة)	النسبـة المئـويـة المنبعثة من المصدر
معمـل التكـريـر	١٤١٩٧	٦٦
السيـارات بأنواعهـا	٢٧٥٦	١٣
مصنـع البتروكيمـاويـات	١٧٢٦	٨
محطـات توليـد الطاقـة (بالاضـافـة الـى مصهـر الألمنيوم ومصنع الحديد)	١٦٤٥	٨
مصـادر اخـرى	٩٦٩	٥
المجمـوع	٢١٢٩٣	١٠٠

جـدول رقـم (١١)

التوزيع النسبي لانبعاثات غاز اول اكسيد الكربون حسب المصدر :

المصـــــدر	كميـة الانبعـاث (طـن / سنـة)	النسبـة المئويـة المنبعثة من المصدر
السيـارات بأنـواعهـا	٦٩٠٧٨	٨٩
محطات توليد الطاقة والمصانع	٧٧٧٦	١٠
مصـادر أخـرى	٩١٢	١
المجمـــوع	٧٧٧٦٦	١٠٠

جـدول رقـم (١٢)

ملخص حصر الانبعاثات الهوائية في دولة البحرين

القطـــاع (طـن / سنـة)	SO_2 ٣٩٠٩٣	NO X ٢٨٦٥١	CO ٧٧٧٦٦	الجسيمات الدقيقة ١٠٤٤٤	HC ٢١٢٩٣
المصـانـع (٪)	٩٠	٥٠	٨	٩٠	٨٠
محطات توليد الطاقة (٪) (الرفاع، ستره والمنامة)	٥	٣٧	٢	٣,٤	٣
* المـواصـلات (٪)	٤,٨	١٢,٨	اكثر من ٨٩	٦	١٧
المصـادر المنـزليـة (٪)	٠,٢	٠,٢	أقـل من ٠,١	أقـل مـن ٠,١	أقـل من ٠,١

سابعا : الإدارة البيئية في البحرين ودورها في التحكم في تلوث الهواء :

إن لجنة حمايـة البيئة ؛ والتي تـأسست عام ١٩٨٠م بمـرسوم أميـري هي المسؤولة عن حمـاية البيئة في البلاد، ويشمل ذلك جودة الهواء. وتقوم بتنفيذ توصيات اللجنة السكرتارية الفنية التابعة

* بما في ذلك الموانى ومحطات تعبئة الوقود

لها. إلا أن اللجنة تفتقر خطة وطنية للتحكم في مصادر التلوث، والمحافظة على جودة الهواء. ولعل أهم ما يعيق تقدمها في هذا المضمار ما يلي :

- نقص الكفاءات العلمية من اخصائيين وفنيين في مجال حماية البيئة .
- الافتقار إلى التشريعات البيئية؛ والمقاييس الملائمة للمحافظة على جودة الهواء .
- نقص في الدراسات البيئية؛ والقياسات الميدانية المعنية بتلوث الهواء .

والجدير بالذكر أن السكرتارية الفنية قد بدأت منذ فترة بتشغيل محطة حديثة (شبه متنقلة) لرقابة جودة الهواء تقع في منطقة شمال سترة الصناعية (راجع شكل ٣). وهذا مما لا شك فيه انجاز هام. وقد تم الحصول على بعض القياسات الميدانية؛ والتي لا تشير حتى الآن إلى وجود نسب عالية من الملوثات الهوائية في الموقع المذكور. إلا أنه يجب الإشارة هنا إلى أن تلك النتائج أو القياسات تخص الموقع المشار إليه؛ ولا نستطيع من ذلك الحكم على مدى جودة الهواء في البحرين أو تلوثه بشكل عام. لذا فهناك حاجة إلى نصب المزيد من أجهزة رقابة تلوث الهواء في مناطق متعددة من البلاد .

ثامنا : نتائج الدراسات وأبعادها :

١ ـ نستدل من جداول الانبعاثات السابقة أن القطاع الصناعي في دولة البحرين هو المصدر الرئيسي لتلوث الهواء باستثناء التلوث الناجم عن غازات أول اكسيد الكربون التي تنبعث معظمها من عوادم السيارات .

٢ ـ بالإشارة إلى الجدول (رقم ٦) نلاحظ أن كمية الانبعاثات كبيرة قياسا بصغر مساحة الدولة، كما نلاحظ أيضامن الشكل رقم (٣) أن المصانع الرئيسة قريبة نسبيا من المناطق السكنية .

٣ ـ الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة، وتليها الرياح الجنوبية الشرقية. وبالرجوع إلى الشكل (رقم ٣) نلاحظ أن مواقع المصانع الرئيسة على الساحل الشرقي للبلاد ملائمة لاتجاه الرياح السائدة التي تحمل الغازات المنبعثة من مداخن هذه المصانع باتجاه البحر .

أما بالنسبة للرياح الجنوبية الشرقية؛ والتي تهب بنسبة ٢٠٪ من الوقت فهي تحمل معها الملوثات الهوائية المنبعثة من المصانع في اتجاه المناطق السكنية .

٤ ـ يبين الجدول (رقم ٨) أن معمل التكرير هو المصدر الرئيسي لانبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون حيث يساهم بأكثر من ٨٠٪ من المجموع الكلي المنبعث من جميع المصادر. وقد يتوقع البعض ان يسبب ذلك ارتفاعا في نسبة غاز ثاني اكسيد الكبريت في المناطق القريبة من المعمل. وحيث انه لا توجد أي قياسات ميدانية لتركيز الملوثات الغازية في البلاد، فاننا نكتفي بالإستعانة بنتائج إحدى الدراسات النظرية (٨) التي أجريت عام ١٩٨٠م لتعيين النسب المتوقعة لغاز

ثاني أكسيد الكبريت في المناطق الصناعية في البلاد، حيث دلت نتائج هذه الدراسات إلى احتمال ارتفاع تركز هذا الغاز في بعض المناطق السكنية القريبة من مصنع التكرير، وتوقعت الدراسة حدوث هذا الارتفاع عند هبوب الرياح الجنوبية والجنوبية الشرقية التي تهب بنسبة ٢٠٪ من الوقت كما أسلفنا .

ومما يزيد الأمر سوءا بالنسبة لتلوث الهواء في المناطق الصناعية وجود عدد من مصانع الاسفلت ومواد البناء التي تبعث إلى الهواء كميات من الأتربة والغبار .

٥ ـ ينبعث سنويا حوالي ٢٠٤٩٦ طن من أكاسيد النيتروجين من محطات توليد الكهرباء. وهذا يمثل حوالي ٧٢٪ من المجموع الكلي الناتج عن جميع المصادر. والجدير بالاهتمام أن أكبر محطتين لتوليد الطاقة (محطة الرفاع والمحطة التابعة لمصهر الالمنيوم) تقعان في المناطق الصناعية المذكورة أعلاه، وهي نفس المناطق التي تتركز فيها انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكبريت .

٦ ـ بالاشارة إلى الجدول (رقم ١٠)، نلاحظ أن كميات كبيرة من الهيدروكربونات تنبعث من معمل التكرير. وكما أسلفنا فإن وجود نسب عالية من الهيدروكربونات إلى جانب غازات أكاسيد النيتروجين تكون مشكلة بيئية حيث تتحد هذه الغازات بفعل ضوء الشمس لتكوّن غاز الأوزون الضار بالصحة .

٧ ـ مشكلة التلوث الناتج عن انبعاث غازات الفلورايد من خلال صهر الألمنيوم تتطلب اهتماما خاصا فمن المتوقع أن تكون نسبة تركز هذه الغازات عالية داخل المصهر مما يشكل خطرا صحيا. فبالرغم من قدرة الإنسان على التخلص من الجرعات الصغيرة التي تدخل الجسم، إلا أن الخطر الأساسي من جراء التعرض لغازات الفلورايد يكمن في تراكم الفلورايد؛ وتأثيره على العظام على المدى البعيد[٦] .

تاسعا : الاستنتاج :

١ ـ إن الكميات الكبيرة من الملوثات الهوائية التي تطلقها بعض المصادر الصناعية ومحطات الطاقة، هذه الكميات قياسا بصغر مساحة البحرين، بالإضافة إلى طبيعة المناخ المتميز بإرتفاع الحرارة والرطوبة، كلها عوامل تزيد من احتمال تراكم الملوثات الهوائية من تأثيراتها على البيئة والسكان، وبالأخص عند هبوب الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية .

٢ ـ أن تلوث الهواء في البحرين مرتبط ببضعة مصادر معينة تم تحديدها في هذه الدراسة. وهذه المعلومات ضرورية كما ذكرنا لتحديد الأولويات عند اتخاذ القرارات بالنسبة لتنفيذ برامج مكافحة تلوث الهواء .

عاشرا : التوصيات :

١ ـ ضرورة القيام بدراسة لقياس تلوث الهواء في المناطق الصناعية القريبة من معمل التكرير مع

التركيز على المناطق السكنية القريبة من تلك المناطق .

٢ ـ سنُّ التشريعات البيئية، ووضع مقاييس ملائمة لجودة الهواء ونظم للتحكم في كمية الملوثات المنبعثة عن مصادر تلوث الهواء مع أخذ الجوانب الاقتصادية في الاعتبار .

٣ ـ تشكيل نظام خاص لمراقبة تلوث الهواء يشمل على محطات رقابة (بما في ذلك المحطة الموجودة حاليا لقياس جودة الهواء) . وتشرف عليها السكرتارية الفنية التابعة للجنة الوطنية لحماية البيئة . ويراعى عند التخطيط لتشكيل هذا النظام الأخذ بالأمور الرئيسة التالية : عدد المحطات المطلوبة لتحقيق الغرض المنشود، نوع المحطات وأجهزة الرقابة المطلوبة لتحقيق الغرض المنشود، نوع المحطات وأجهزة الرقابة المطلوبة، سهولة نقل المحطات وتوزيعها على المواقع المختارة، والتكلفة . وكخطة أولية، فإن الدراسة توصى بناء على النتائج السابقة بمراقبة جودة الهواء في المناطق المختلفة من البلاد وذلك على حسب التوزيع الآتي :

المنطقة	عدد المحطات المقترحة
المنامة والمحرق	٢
الرفاع، عوالي والقرى المجاورة	٢
مدينة عيسى	١
المنطقة الجنوبية (عسكر وجو)	١
المجموع	٦

ويجب تحديد مواقع نصب هذه المحطات بدقة . ويمكن تحقيق ذلك بالاستعانة بنتائج هذه الدراسة، واستخدام النماذج الرياضية الخاصة بتشتت الغازات .

٤ ـ اعداد الكوادر العلمية من اخصائيين وفنيين في شؤون حماية البيئة وتلوث الهواء .

٥ ـ اعداد دراسات التقييم البيئي ضمن دراسات الجدوى للمشاريع الكبيرة وربط ترخيص المشاريع والمرافق بموافقة لجنة حماية البيئة .

٦ ـ تشجيع الدراسات والبحوث العلمية في مجال تلوث الهواء وحماية البيئة .

المراجـع :

1 - D.Bryce and R. Stephens, conservation society pollution working party' Lead or Health' - H.M. Government Working Party Report, 2nd Edition, Feb, 1981 .

2 - Prof. lawther, The Report of a DHSS working party on Lead in the Environment, (1980) .

3 - Duggan M.J., Lead in Urban Dust. Report DG/SB/ESD/R84, ENV. Div. Scientific Branch, GLC, 1980 .

4 - William R., Boggess and B.Wixson, 'Lead in the Environment' .

5 - Wark and Warner, 'Air Pollution', Its Origin and Control.Harper & Row, publishers, New York. chap. 8,PP.371 .

6 - IPAI, Health protection in Primary Aluminum Production .

7 - Jalil Zainal, 'Assessment of Sources of Air, Water, and Land pollution in the State of Bahrain'. A National project report

Prepared for ROPME (The Regional Organization for the protection of the Marine Environment, 1985).

8 - Motor Columbus Consulting Engineers, Power Station Development (1981- 1985), Environmental Aspects, March, 1978 .

9 - State of Bahrain, Central Statistics orgnisation, Statistical Abstract 1985 (Published Dec. 1986) (In Arabic & English) .

10 - Civil Aviation Directorate, Bahrain meteorologial Service, Aerodrome Climatological Summary, .

11 - WHO, Rapid Assessment Of Sources of air, Water, and Land Pollution, WHD Offset Publiction No. 62, 1982 .

12 - U.S. Environmental Protection Agency, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, (AP-42), May 1983 .

13 - Wanieliesta, Yousef, Taylor, And Cooper, 'Engineering and the Environment' Wadsworth, Inc. Calif. 1984. PP. 274 .

14 - Vreeland, Raveendran, Ali Hasan. and Khamdan, 'lead in Air' Bahrain Center For Studies and Research, 1985 .

التعاون الصناعي

دورية ربع سنوية تصدرها منظمة الخليج للاستشارات الصناعية

* صدر العدد الأول منها في أبريل ١٩٨٠م .
* تعنى بالتنمية الصناعية والتعاون في دول الخليج العربية بصفة خاصة والتطبيقات والنظريات الحديثة في هذه المجالات بصفة عامة .
* تحتوي على الأبحاث ومراجعات الكتب والأبواب الثابتة من تقارير ووثائق ومستخلصات وأخبار ومؤتمرات ... إلخ .
* يحررها عدد من كبار الكتاب المتخصصين في شئون الصناعة والتنمية .
* تصدر أربع مرات سنوياً باللغتين العربية والانجليزية .

رئيس التحرير

د. عبدالله حمد المعجل

تطلب من : إدارة الإعلام والتنسيق الصناعي
منظمة الخليج للاستشارات الصناعية
ص.ب : ٥١١٤ الدوحة ، دولة قطر .
تلكس : ٤٦١٩ جويك دهـ ، هاتف : ٨٣١٢٣٤
فاكسميلي : ٨٣١٤٦٥ (٠٩٧٤)

الاشتراك السنوي

● ٤٠ ريالاً قطرياً (أو ١١ دولاراً أمريكياً) للأفراد ●
● ٦٠ ريالاً قطرياً (أو ١٧ دولاراً أمريكياً) للمؤسسات ●
● ترسل الشيكات باسم منظمة الخليج للاستشارات الصناعية ●