الفصل السابع

الملوثات النيتروجينية

مصادرها - تفاعلاتها - مستوياتها

مقدمة

أولا: خصائص ومصادر الملوثات النيتروجينية.

ثانيا: معدلات التلوث.

ثالثا: مستويات التلوث الطارئة.

١- التلوث اليومى.

٢- التركيزات القصوى.

خلاصة الفصل.

توطئة:-

يبحث هذا الفصل فى التلوث بأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثانى أكسيد النيتروجين بوصفها نتاج للإنبعاث من النشاط الصناعى والحركة النقلية على السواء.

ويحدد أحوال الطقس والمناخ المصاحبة لدوراتها اليومية وتركيزاتها القصوى لاستجلاء أبعادها التأثيرية فى ضوء الخصائص الكيميائية والطبيعية لهذه الملوثات.

ويهدف إلى تقييم أثارها السلبية فى صحة الإنسان والبيئة فى ضوء التشريعات المحلية والعالمية أيضاً.

مقدمة:

تتميز الملوثات النيتروجينية التى تشتمل على كل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثانى أكسيد النيتروجين بتعدد المصادر البشرية لانبعاثها. إذ تسهم وسائل النقل بأكثر من ثلاثة أخماس كميتها فى الغلاف الجوى، كما تنبعث من الصناعات البتروكيميائية ومصافى تكرير الزيت وكذا محطات توليد الطاقة الكهربائية.

ولذا يعتبر مستوى تركيز هذه الملوثات حصيلة الانبعاث من كل من وسائل النقل والنشاط الصناعى تحت تأثير الخصائص المناخية العامة التى تتحكم فى توزيعها وتشتتها، ومن ثم فى معدلاتها. وتسهم فى ذات الوقت أحوال الطقس فى وضع ملامح دوراتها اليومية وكذا تركيزاتها القصوى.

ويمكن التحقق من أبعاد العلاقة بين هذه الملوثات ومصادر انبعاثها من ناحية، وعلاقتها بالظروف المناخية وأحوال الطقس بالمنطقة - فى ضوء خصائصها الكيميائية - من ناحية أخرى، من خلال دراسة العناصر التالية:-

أولا: خصائص ومصادر الملوثات النيتروجينية.
ثانيا: معدلات التلوث.
ثالثا: مستويات التلوث الطارئة.

أولا: خصائص ومصادر الملوثات النيتروجينية

يعتبر غاز النيتروجين أهم الغازات المكونة للغلاف الجوى لكونه ضرورياً لاستمرار الحياة على سطح الأرض حيث يدخل فى تركيب سيتوبلازما الخلية الحية. وتبلغ نسبة غاز النيتروجين الحر فى الغلاف الجوى ٨٠% من

حجم الهواء متمثلا فى أكسيد النيتروز[1] Nitrous Oxide، وأول أكسيد النيتروجين Nitric Oxide، وثانى أكسيد النيتروجين Nitrogen Dioxide ويطلق عليها جميعا أكاسيد النيتروجين Nitrogen Oxides ويتشكل غاز أول أكسيد النيتروجين فى الغلاف الجوى نتيجة لعمليات الاحتراق الجوى Atmospheric Combustion (عمليات الأكسدة الجوية). ويتميز بأنه غاز عديم اللون والمذاق والرائحة ويوجد بتركيز منخفض فى الغلاف الجوى ومن ثم تقل خطورته على صحة الإنسان والبيئة.[2] وتأتى أهميته كملوث للهواء من سرعة أكسدته بواسطة غاز الأوزون الجوى Atmospheric Ozone والتفاعلات الكيميوضوئية فيتشكل غاز ثانى أكسيد النيتروجين [3] ويحدث ذلك التفاعل بمجرد أن يبلغ تركيز أول أكسيد النيتروجين جزءً واحداً فى البليون فيتحول فى جزء من الثانية إلى غاز بنى اللون هو ثانى أكسيد النيتروجين [4] ولذا لم تهتم الهيئة الملكية بالجبيل وكذلك مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بوضع حد التلوث المسموح

---

[1] يتميز غاز أكسيد النيتروز بأنه غاز خامل ينتج فى مجمله من المصادر الطبيعية ولذلك لا يدرس كأحد الغازات الملوثة للهواء. ويوجد فى الهواء الجوى بتركيز ٥٠٠ جزءا فى البليون ، ويدخل فى العديد من التفاعلات الكيميائية فى الهواء [Smit, 1976. p.251].

[2] يتراوح التركيز القاعدى لغاز أول أكسيد النيتروجين بين ٠,٢ و ٥,٠ جزءا فى البليون . ويكاد يختفى غاز ثانى أكسيد النيتروجين فوق المسطحات المائية بينما يرتفع إلى ٤ جزءا فى البليون كحد أقصى فوق القارات [Robinson, 1970. p.56] . ويتمتع غاز النيتروجين بأشكاله المختلفة بدوره ثابته فى الطبيعه تؤدى إلى الحفاظ على نسبته فى الهواء [أبو شقرا، سنة ١٩٧٧. ص١١١].

[3] غاز ثانى أكسيد النيتروجين هو غاز بنى اللون ينتج طبيعيا عن أكسدة النيتروجين فى درجات حرارة تبلغ أكثر من ١١٠٠ درجة مئوية. ويعتبر غاز جيد الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية [Sellers, 1984. p.20].

[4] تقل سرعة هذا التفاعل عندما ينخفض تركيز أول أكسيد النيتروجين فى الهواء فمثلا: عندما يبلغ تركيزه ٠,٠٠١ جزءا فى البليون، يحتاج إلى مائة ساعة ليتحول نصفه فقط إلى غاز ثانى أكسيد النيتروجين. ويساعد توفر الأوزون فى الغلاف الجوى على سرعة هذا التفاعل إذ تتم عملية أكسدته خلال ١,٨ ثانية فقط حينما يبلغ تركيز الأوزون ١٠٠٠ جزءا فى البليون [Smit, 1976 p.251].

ثابت لغاز أول أكسيد النيتروجين. ويعتبر غاز ثانى أكسيد النيتروجين [1] أهم الغازات النيتروجينية الملوثة للغلاف الجوى وإن كان يمثل ٠,٥% من إجمالى أكاسيد النيتروجين [Hodges, 1977. p.62].

وينبعث أول وثانى أكسيد النيتروجين من المصادر الطبيعية بنسبة ٧١% من إجمالى كميتها فى الغلاف الجوى [Sterm, 1984 p.31]. وتعتبر العمليات البيولوجية الطبيعية Natural Biological Processes من أهم هذه المصادر، يضاف إليها العمليات الحيوية فى التربة، فضلا عن البرق والبراكين. وتسهم الأنشطة البشرية - المصادر الملوثة للهواء - بنسبة ٢٩% من كميتها، وتكون مساهمتها أكثر وضوحا وخطورة على صحة البيئة لانحصارها فى مساحة محدودة بالقرب من مصادر الانبعاث [2].

ويمكن حصر هذه الأنشطة البشرية المسئولة عن تلوث الهواء بالغازات النيتروجينية بالمنطقة فى:

---

[1] تنخفض مدة بقاء غاز ثانى أكسيد النيتروجين نتيجة النشاطه الكيميائى ومن أمثلة ذلك:

أول أكسيد النيتروجين + الأوزون ← ثانى أكسيد النيتروجين + أكسجين ذرى (ويساعد هذا التفاعل على سرعة إزاحة غاز الأوزون كما سيتضح فيما بعد)

ثانى أكسيد النيتروجين + الأوزون ← نترات + أكسجين جوى

ثانى أكسيد النيتروجين + نيترات ← خامس أكسيد النيتروجين

خامس أكسيد النيتروجين + بخار الماء ← حمض النيتريك (أحد مكونات المطر الحامضى)، كما يسهم فى تكوين الضبخان الكيميوضوئى نتيجة لسرعة أكسدته فى المناطق الدفيئة ذات الطقس المشمس [Whelpdale, 1976. p.302].

[2] تعد الغازات النيتروجينية من ملوثات الهواء الخطيرة إذ تسهم فى تكوين الضبخان الكيميوضوئى كنتيجة لتفاعلاتها تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation فيما يعرف بالتفاعل الكيموضوئى Photochemical Reaction الذى ينتج عنه العديد من ملوثات الهواء الثانوية مثل الأوزون والالدهيدات والكيتونات والفورمالدهيدات (جدول ٣٤).

وسائل النقل:

تعتبر وسائل النقل أهم المصادر البشرية لإنبعاثها إذ تسهم بحوالى ٧٠% من كمية التلوث على المستوى العالمى كنتيجة للإحتراق الغير كامل للوقود [الحسن، سنة ١٩٨٨. ص١٢]. وتتباين درجة تأثر محطات الرصد بالتلوث من وسائل النقل تبعا لاختلاف موقعها على الطرق الرئيسية وكثافة الحركة على كل منها (شكل ٥).

وتعتبر محطة الميناء التجارى أكثر المحطات تعرضاً للتلوث بالغازات النيتروجينية المنبعثة من وسائل النقل لموقعها على أهم الطرق الساحلية الرئيسية السريعة فى مدينة الجبيل الصناعية وهو طريق الجبيل – الدمام. وتتأثر أيضاً نتيجة لموقعها فى المنطقة المركزية بمدينة الجبيل بالعديد من الطرق الداخلية التى تتميز بكثافة الحركة النقلية حيث تقع ثلاثة مبان تجارية ضخمه إلى شرقها مباشرة.

وتأتى محطة القاعدة البحرية لتحتل المركز الثانى لموقعها إلى الجنوب مباشرة من قاعده الملك عبد العزيز البحرية، كما يمتد طريق الجبيل – الدمام وطريق الطاقة إلى غربها مباشرة، وتتأثر أيضاً بكثافة الحركة المرورية على طريق الدمام – أبوحدرية. وتحتل محطة الميناء الصناعى المركز الثالث حيث تقع على بعد كيلومتر واحد إلى الشمال الغربى من الطريق الصناعى الذى يمتد مسافة حوالى سبعة كيلومترات إلى الغرب والجنوب والجنوب الغربى من هذه المحطة. كما تتأثر بالتلوث الناتج عن طريق الجبيل – الدمام الذى يمتد غرب المحطة على بعد حوالى نصف كيلومترا فقط. وتعتبر محطة المنتزة الداخلية هى المحطة الأكثر تأثراً بالتلوث الناتج عن الحركة النقلية على طريق الجبيل – الكويت لموقعها شماله على بعد حوالى نصف كيلومتر. ويصل إليها أيضاً التلوث من وسائل النقل على طريق الدمام – أبوحدرية الذى تبعد عنه مسافة كيلومترين تقريبا.

صناعة تكرير الزيت والبتروكيميائيات:

ينبعث ثانى أكسيد النيتروجين بوصفه ملوثا أوليا مباشرة من مصافى تكرير الزيت بالمنطقة بكمية تعادل ١٤,٨% من جملة الملوثات الناتجة عنها (جدول ٢٠)، يضاف إليها إنبعاثه من مصنعى فرز غاز الزيت ومصنع برى لسوائل الغاز الطبيعى، ومصنع سوائل الغاز الطبيعى فى بئدة العضيلة وكذا خط أنابيب التابلاين. وتسهم أيضا بعض الصناعات البتروكيميائية والمعدنية فى إنبعاث كميات مختلفة من أكاسيد النيتروجين (جدول ٢٥)، وتعتبر الشركة السعودية للحديد والصلب. (١)

صناعة توليد الطاقة الكهربائية:

تعتبر الغازات النيتروجينية أخطر ملوثات الهواء الناتجة عن محطات توليد الطاقة الكهربائية لاعتمادها على الغاز الطبيعى كوقود فى المنطقة. إذ ينبعث منها كمية من غاز ثانى أكسيد النيتروجين تقدر بحوالى ٣٩٠ رطل لكل مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعى المستخدم. (٢)

وتؤثر الغازات النيتروجينية تأثيراً سلبياً فى نوعية الهواء من خلال تفاعلاتها الكيميوضوئية (جدول ٣٤)، فضلا عن تأثيرها الخطير فى صحة الإنسان إذ يعتبر غاز ثانى أكسيد النيتروجين شديد السمية.(٣)

---

(١) ينبعث مثلا فى منطقة الشعيبة (على بعد ٤٠ كم جنوب شرق الكويت العاصمة) من مصاف تكرير الزيت ومصانع البتروكيميائيات والحديد والصلب كمية من أكاسيد النيتروجين يبلغ معدلها ٣٩٧٢٨ طن/سنويا بالإضافة الى ٧٣,٢٦ طن/ سنويا من غاز الامونيا [العجمى، سنة ١٩٨٦. ص٢٦٨].

(٢) تختلف كمية الملوث باختلاف الوقود المستخدم، ففى المحطات التى تعتمد على الغاز الطبيعى بوصفه وقودا كما هو الحال بالمنطقة، يتراوح معدل انبعاث أكاسيد النيتروجين بين ٠,٣ و ١,٤ جزءا فى البليون. ويقل عن ذلك كثيرا عند استخدام زيت الوقود ليتراوح بين ٠,٢ و٠,٧ جزءا فى البليون [المعتاز، سبتمبر سنة ١٩٨٦ ص٢١].

(٣) يتحد غاز ثانى أكسيد النيتروجين مع هيموجلوبين الدم فتقل كفاءة امتصاص الدم للأكسجين. ولا يستطيع الإنسان تحمله عندما يبلغ تركيزه فى الهواء ٢٥ جزء فى المليون نتيجة لرائحته النفاذة [صالح، أكتوبر سنة ١٩٧١. ص٩٤].

ثانيا: معدلات التلوث

تسهم أحياناً بعض العناصر المناخية فى الحد أحيانا من الآثار السلبية للتلوث الشديد بالغازات النيتروجينية. وتعتبر سرعة الرياح أهمها على الإطلاق إذ أثبتت الدراسات [1] أن ارتفاع سرعة الرياح يؤدى إلى انخفاض تركيزها لما تحققه السرعة الشديدة من انتشار لمسافات بعيدة عن مصدر التلوث. ويتبع ذلك انخفاض فى خطورتها البيئية، وكذا تأثيرها السلبى فى صحة الإنسان.

وإذ تتمتع المنطقة من ارتفاع فى سرعة الرياح معظم شهور السنة (جدول ١٠)، فإنها تسهم بشكل ايجابى فى الحد من ارتفاع درجة تلوث الهواء بالغازات النيتروجينية لفترات زمنية طويلة .

هذا وإن كانت بعض الخصائص المناخية للمنطقة مثل طول مدة الشروق وكثافة الاشعاع الشمسى وارتفاع درجة الحرارة تساعد فى مجملها على سرعة نشاط التفاعلات الكيميائية والضوئية التى تؤدى إلى إنتاج ثانى أكسيد النيتروجين.

وهكذا يلعب مناخ المنطقة دورين متباينين فيما يتعلق بالتلوث بالغازات النيتروجينية.

---

(١) أثبتت وزارة الصحة الكويتية سنة ١٩٨٥م فى بحث عن مستوى تلوث الهواء بالمناطق السكنية بالغازات الناتجة عن عوادم السيارات نتيجة لحركة المرور فى الكويت العلاقات التالية:

سرعة الرياح تركيز أكاسيد النيتروجين تركيز أول أكسيد النيتروجين تركيز ثانى أكسيد النيتروجين

م/ ث	جزء فى البليون	جزء فى البليون	جزء فى البليون
اقل من ١	١٧٨	١٣٢	٤٥
١ – ٢	٨٧	–	٠,٠٣٥
٢ – ٣	٤٦	١٨	–

وهذه العلاقات توضح العلاقة العكسية بين سرعة الرياح وتركيز الغازات النيتروجينية فى الهواء. [وزارة الصحة الكويتية، سنة ١٩٨٨. ص٢١٦].

ويتضح من تحليل نتائج بيانات رصد الملوثات النيتروجينية فى محطات الجبيل التسع[1] بالإضافة إلى محطات الظهران وبقيق والعضيلة[2] (جدول ٣٧) إنخفاض معدل التلوث الشهرى بالغازات النيتروجينية إذ يتراوح بين ١١-١٥ و٤-٦ و ٥-٧ جزء فى البليون لاكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النتيروجين وثانى أكسيد النيتروجين على التوالى.

وتقل الفروق بين قيم معدلات التلوث من شهر إلى آخر بسبب عدم ارتباط أى منها بفصلية واضحة، وارتباطها جميعا بالتلوث من وسائل النقل. وقد بلغ أعلى معدل للتلوث بأكاسيد النيتروجين ٧١ جزءً فى البليون فى محطة الميناء الصناعى فى شهر أكتوبر سنة ١٩٨١، ويرجع ذلك إلى كثافة أعمال البناء فى محطة التحلية بالقرب منها، ومن ثم زادت كثافة حركة النقل وما يتبعها من تلوث. ومما يدل على ذلك إنخفاض قيم التلوث بهذه المحطة منذ إستكمال عملية إنشاء محطة التحلية سنة ١٩٨٢.

ويرتفع معدل التلوث الشهرى بثانى أكسيد النيتروجين فى محطة الظهران بصفة عامة بسبب كثرة عدد سكانها، وتنوع مقاصد حركتهم إذ يوجد بها منطقة تجارية ضخمة وجامعة البترول والمعادن ومطار الظهران الدولى ومجمع مساكن شركة آرامكو وغيرها.

ويضاف إلى ذلك التلوث من محطة توليد الطاقة الكهربائية فى مدينة الدمام وكذا معمل التكرير فى رأس تنورة وخط أنابيب التابلاين. بينما تنخفض قيم التلوث بثانى أكسيد النيتروجين إلى أدنى مستوى لها فى محطة العضيلة لكونها بلدة صغيرة تقل فيها الحركة النقلية. ومن ثم تقتصر مصادر التلوث على

---

(1) Royal Commission for Jubail, Kingdom of Saudi Arabia: Jubail Atmospheric Surveys Project, Annual Reports: 1978-1989.

(٢) يرصد ثانى أكسيد النيتروجين فى محطة الظهران (سنة ١٩٨٣ - سنة ١٩٨٧) ومحطة بقيق (سنة ١٩٨٦ - سنة ١٩٨٧) ومحطة العضيلة (سنة ١٩٨٦ - سنة ١٩٨٧) وتصدر بياناتها عن شركة أرامكو.

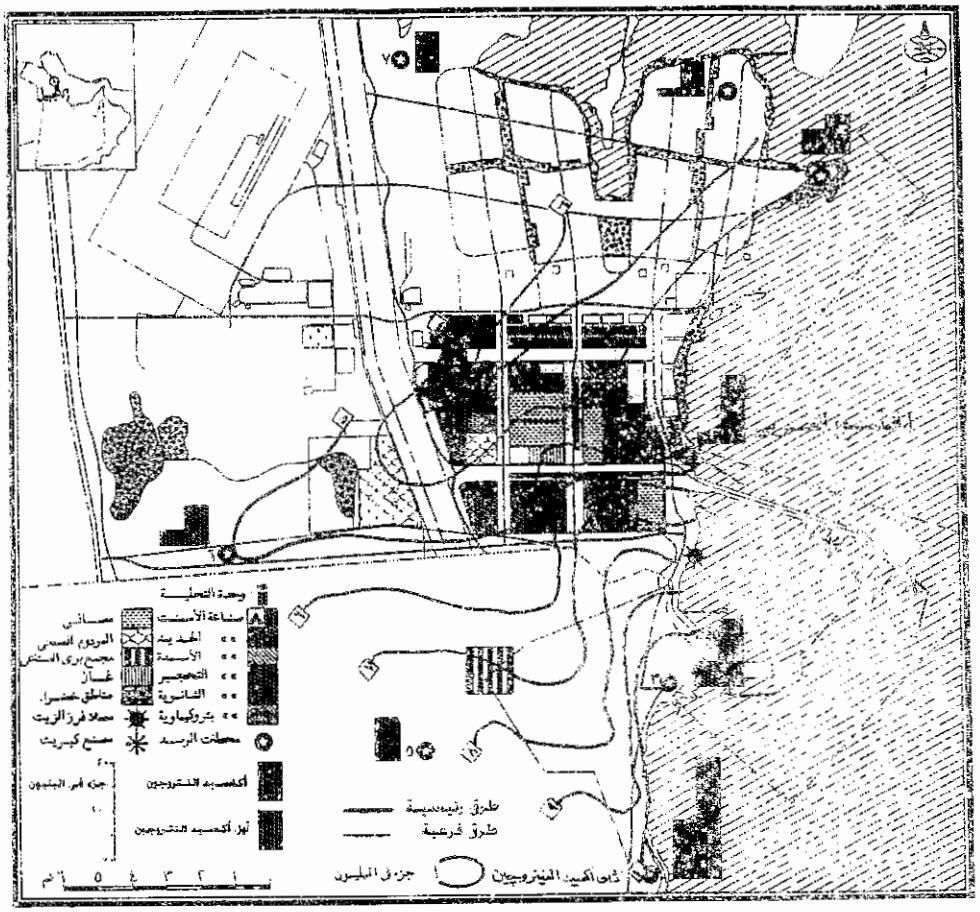
النشاط الصناعى الذى يتمثل فى محطة توليد الطاقة الكهربائية ومصنع سوائل الغاز الطبيعى إلى الشرق من موقع المحطة، وإذ يتوقف التأثر بهما على هبوب الرياح الشرقية فقط وكذا مدى سرعتها، ينخفض مستوى التلوث فى هذه المحطة.

وتنخفض كذلك قيم المعدلات السنوية للتلوث بالغازات النيتروجينية لتتراوح بين ١-٩ و ٣-٦ و ٥-٧ لأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثانى أكسيد النيتروجين جزءً فى البليون على التوالى (جدول ٣٧).

وتعتبر محطة القاعدة البحرية اكثر المحطات معاناة من إرتفاع معدل التلوث السنوى بالغازات النيتروجينية (شكل ٥٨) إذ يبلغ ٢٥ و ١٢ و ١٠ جزءً فى البليون للغازات الثلاث على التوالى[1]. وتعتبر هذه المعدلات مرتفعة جدا قياسا بمثيلاتها فى محطة الخزانات بنطاق الصناعات الثانوية، إذ تبلغ ١٣ و ١ و٣ جزءً فى البليون لكل منها على التوالى. وهكذا يمكن القول بأن التلوث بهذه الغازات النيتروجينية يرجع فى جزء كبير منه إلى المصادر التى يتغير موقعها Non-Stationary Sources التى يقصد بها الإنبعاث من وسائل النقل Vehicular Emission. ويتضح ذلك من تجمع خطوط التساوى لمعدل التلوث بثانى أكسيد النيتروجين فى اتجاه قمة واحدة على الساحل الشرقى للخليج العربى حيث تقع المحطات الساحلية الثلاث (جدول ٣٧) على أهم الطرق وأكثرها كثافة مرورية بمدينة الجبيل الصناعية، فضلا عن قاعدة الملك عبدالعزيز البحرية. ويتطابق ذلك أيضا مع إرتفاع معدلات التلوث بكل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين حيث تقع محطة القاعدة البحرية (شكل ٥٨).

---

[1] يعتبر هذا المعدل للتلوث بأكاسيد النيتروجين مرتفعا مقارنة بالتركيز الطبيعى فى هواء نصف الكرة الشمالى الذى يتراوح بين ١ و ١٠ جزءا فى البليون (جدول٢٧).



شكل (م) معدلات التلوث بالغازات النتروجينية فى مدينة الجبيل .

ويعتبر المعدل السنوى للتلوث بأكاسيد النيتروجين بالمنطقة مرتفعاً حين مقارنته بمثيله فى مدينة الرياض السعودية[1] حيث بلغ ٢ جزءً فى البليون، يقابله ٢١ جزءً فى البليون بالمنطقة، فيرتفع عنه بمقدار عشرة أمثال تقريبا. بينما يعد ذات المستوى من التلوث بالمنطقة منخفضا حين مقارنته بمثيله فى بعض محطات دول الجوار مثل محطات دولة الكويت سنة ١٩٨٧م [وزارة الصحة العامة بالكويت، سنة ١٩٨٧]. حيث قد بلغ ٦٣ و ٣٠ و ٤٩ جزءً فى البليون فى المحطات: المنصورية ورابح وربجة على التوالى، يقابلها ٢٣ جزءً فى البليون (كحد أقصى فى المنطقة فى العام ذاته) تعادل فقط ما نسبته ٣٦,٥% و ٧٦,٧% و ٤٦,٩% منها على التوالى.

ومما يذكر أن معدل التلوث السنوى بأكاسيد النيتروجين قد اتجه نسبيا نحو الانخفاض منذ عام سنة ١٩٨٢ حينما تم إرساء البنية الأساسية للمنطقة الصناعية، ومن ثم انخفضت كثافة الحركة المرورية نسبياً، فضلاً عن حرص الحكومة السعودية ممثلة فى مصلحة الأرصاد وحماية البيئة على تطبيق وثيقة حماية البيئة (جدول ١٨) التى تهدف إلى إستخدام تقنيات مكافحة تلوث الهواء.

وينخفض معدل التلوث السنوى بغاز ثانى أكسيد النيتروجين فى المنطقة لتقع فى مجملها ضمن حدود التلوث المسموح فى الجبيل والمملكة العربية السعودية التى تبلغ ٥٣ جزءً فى البليون) حيث أنها تتراوح بين ٥ و ٧ جزءً فى البليون(٢) .

كما يعد منخفاضاً عند مقارنته بمثيله فى ذات المحطات بالكويت سنة ١٩٨٧، حيث بلغ ٢٤ و١٥ و ٢٤ جزءً فى البليون فى المنصورية ورابح وربجة على التوالى [وزارة الصحة العامة بالكويت، سنة ١٩٨٧]. يقابلها

---

[1] فى دراسة قامت بها شركة (UOP) سنة ١٩٨١م (المعتاز، اكتوبر سنة ١٩٨٦م ص١٦).

[2] وتنخفض أيضا عند مقارنتها بمثيلاتها فى بعض محطات المدن الأمريكية بولاية تكساس خلال عامى سنة ١٩٧٩ و سنة ١٩٨٠. إذ تتراوح بين ٥ر٨ و ٠ر٢٥ جزءا فى البليون (الملحق جدول رقم (٣١).

بالمنطقة ١٠ جزءً في البليون فى ذات العام، تمثل ما نسبته ٤١,٧% و٦٦,٧% و ٤١,٧% منها على التوالى.

ثالثا مستويات التلوث الطارئة

يرتبط بلوغ الملوثات النيتروجينية حدودها القصوى بظروف خاصة تتعلق فى جزء منها باتجاه الرياح التى تتحكم فى توزيعها أفقياً من المصادر إلى المناطق المتأثرة بالتلوث. وكذا الانقلاب الحرارى الذى يحدد النطاق الرأسى لتوزيعها، ومن ثم درجة تركيزها بالقرب من سطح الأرض.

وتتميز فى ذات الوقت هذه الملوثات النيتروجينية بتأثرها بمستوى تلوث الهواء بغاز الأوزون الذى يؤثر فى تركيزاتها القصوى من خلال بعض التفاعلات الكيميائية.

ويمكن دراسة المستويات الطارئة للملوثات النيتروجينية من جانبين:-

- التلوث اليومى - التركيزات القصوى

١- التلوث اليومى:-

ترتبط الملوثات النيتروجينية بعلاقة طردية مع كثافة الحركة المروريـة على الطرق. ولذا تأخذ فى الزيادة التدريجية بعد ساعات قليلة من شروق الشمس لتصل إلى أقصى مستوى لها فى ساعة الذروة المرورية The RushHour فيما بين الثانية بعد الظهر والسادسة مساء. ويتأثر مستوى هذا التلوث باتجاه الرياح الذى يحدد مدى تأثر محطات الرصد بالتلوث من وسائل النقل على الطرق الرئيسية. وتتضح هذه العلاقة عند العلم بأن ارتفاع مستوى التلوث فى المحطات الساحلية يقترن بموقعها فى منصرف الرياح القارية من الطرق الرئيسية الداخلية ويقترن أيضاً فى محطة المنتزه الداخلية بوقوعها فى منصرف الرياح البحرية من الطريق الإقليمى الجبيل - الدمام. وإذ تعد محطة الخزانات فى نطاق الصناعات

الثانوية أقل المحطات تأثرا بالملوثات من وسائل النقل، فقد كانت أقلها تلوثاً بالغازات النيتروجينية.

ويرتفع التلوث اليومي بالغازات النيتروجينية ليصل إلى تركيزاته القصوى أثناء أحوال معينة للطقس. فقد بلغ أقصى تلوث يومي ١١٢ و ٦٠ و٥٢ جزءا في البليون لكل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين في أكثر المحطات تأثرا بعوادم وسائل النقل ألا وهي محطة الميناء التجاري (جدول ٣٧). وقد سجلت هذه المستويات القصوى خلال شهر يناير سنة ١٩٨٥م. في أثناء هبوب رياح بلغ متوسط سرعتها ١,١ متر/الثانية ولم تتجاوز سرعتها القصوى ٢,٢ متر/الثانية. وهكذا فقد ساعد انخفاض سرعة الرياح على تركيز ملوثات الهواء قريبا من مصدر التلوث. وإذ يتميز شهر يناير بانخفاض طبقة اختلاط الملوثات نتيجة لتكرار الانقلاب الحراري السطحي ليلاً (يستمر حتى الساعات الأولى من الصباح ثم يبدأ في التلاشي تدريجيا في حوالي الساعة الثامنة صباحا)، فان حدوث الانقلاب غالبا ما يقترن بذروة حركة المرور خلال الفترة الصباحية، ومن ثم تزيد كمية الملوثات ويرتفع تركيزها بالقرب من مستوى سطح الأرض.

ويرتفع أقصى تلوث يومي بثاني أكسيد النيتروجين ليتفوق على نظيره بأول أكسيد النيتروجين في محطة الخزانات في نطاق الصناعات الثانوية، في حين يحدث العكس في سائر المحطات الأخرى (جدول ٣٧). ويرجع ذلك إلى انبعاث ثاني أكسيد النيتروجين كملوث أولي مباشرة من الصناعات البتروكيميائية ومصفاة بترومين شل بالقرب منها.

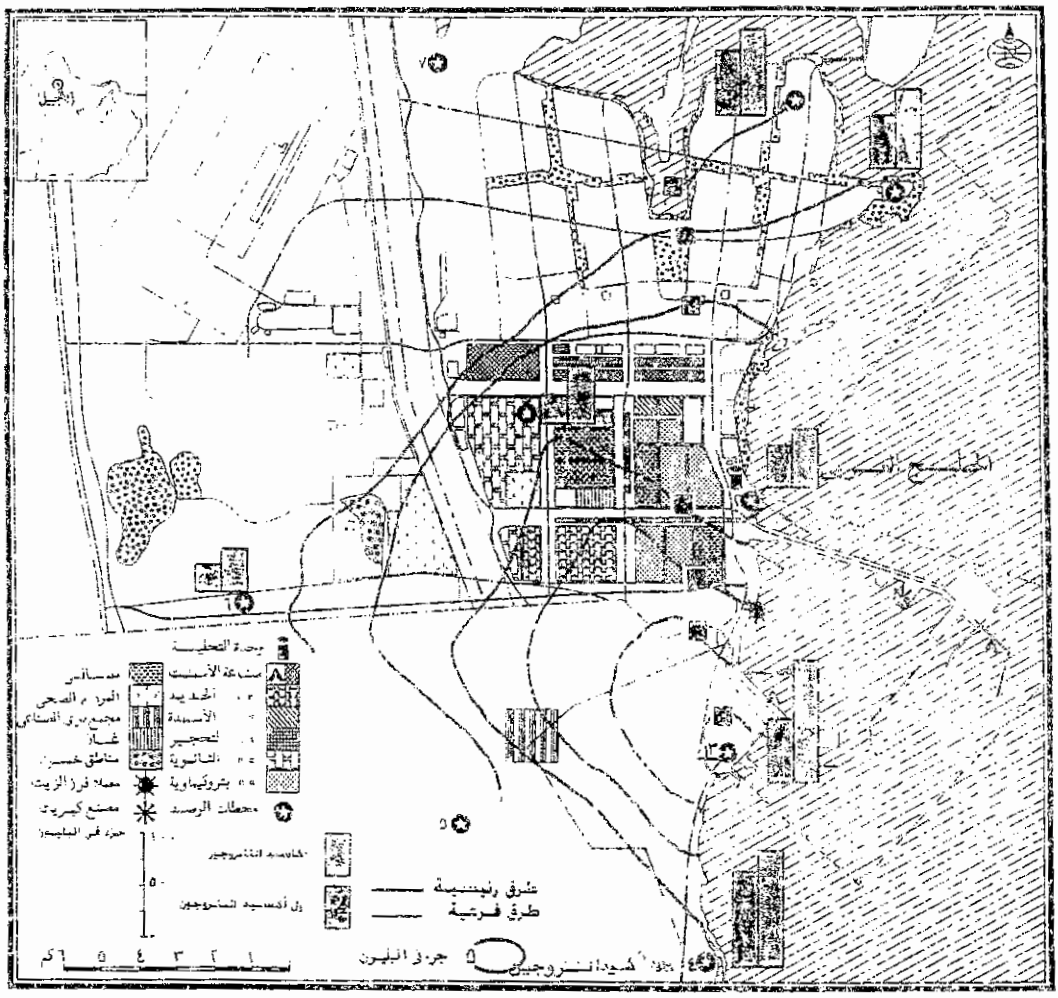
في حين يكون السبب الرئيسي في التلوث بثاني أكسيد النيتروجين في المحطات الساحلية الشرقية، إنما يرجع إلى ارتفاع نصيبها من أول أكسيد النيتروجين الذي سرعان ما يتأكسد بعضه إلى ثاني أكسيد النيتروجين.

وبناء على ذلك، يصبح ارتفاع التلوث اليومى بثانى أكسيد النيتروجين أما بسبب انبعاثه كملوث أولى من النشاط الصناعى، وأما نتيجة لأكسدة أول أكسيد النيتروجين بعد انبعاثه من وسائل النقل، وعندئذ يصبح ملوث ثانوى. ومن الطبيعى أن يرتفع مستوى التلوث بهذا الغاز بدرجة ملموسة حينما يتوفر التلوث من المصدرين معا كما هو الحال فى محطة الميناء التجارى (شكل٥٩) حيث تتجمع خطوط التساوى لأقصى تلوث يومى بثانى أكسيد النيتروجين لتكون قمة واحدة تتجاوز ٥٠ جزءً فى البليون.

وقد ارتفعت أيضا التركيزات القصوى للملوثات الثلاث فى المنطقة السكنية حيث تقع محطة جلمودة فى يوم السادس عشر من شهر أكتوبر سنة ١٩٨٨م، إذ بلغت ٨١ و ٦٢ و ١٩ جزءا فى البليون لكل منها على التوالى (جدول ٣٧).

وقد حدث ذلك فى أثناء هبوب رياح جنوبية شرقية منخفضة السرعة ٣,٣ متر/الثانية، ومن ثم وقعت المحطة فى منصرف الرياح من طريق الجبيل - الدمام، والطرق الداخلية فى حى الفناتير أيضا. وقد صاحب ذلك انخفاض فى تركيز غاز الأوزون إذ بلغ ٢٩ جزءً فى البليون، مما حال دون أكسدة أول أكسيد النيتروجين إلى ثانى أكسيد النيتروجين، وحينئذ ارتفع تركيز الأول. كما حال فى الوقت ذاته دون أكسدة ثانى أكسيد النيتروجين إلى نيترات وخامس أكسيد النيتروجين، فارتفع تركيز ثانى أكسيد النيتروجين. وهكذا أسهم انخفاض سرعة الرياح واتجاه هبوبها من مصدر التلوث فى ارتفاع درجة تلوث الهواء بالغازات النيتروجينية فى حى جلمودة بالمنطقة السكنية، ومن ثم ترتفع خطورته على صحة السكان.

وتجدر هنا الإشارة إلى أن التركيزات القصوى اليومية لثانى أكسيد النيتروجين فى المنطقة تعد منخفضة فى مجملها إذ لم تتجاوز ٥٢ جزءً فى



شكل (٤٩) أقصى تلوث يرصد بالغازات السنروجينية في مدينة الجبيل

البليون، فتعادل فقط ربع حد التلوث المسموح فى الجبيل والذى لا يسمح بتجاوزه على الإطلاق (٢١٤ جزءً فى البليون).

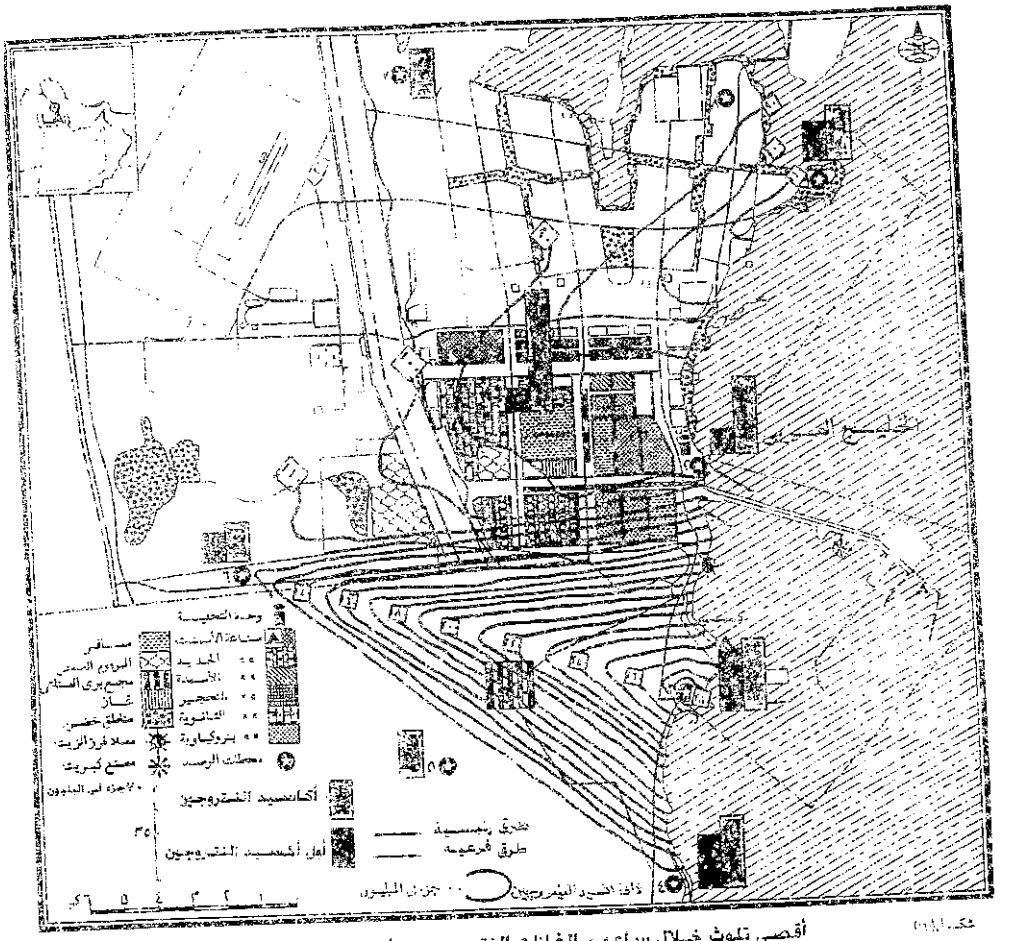
٢- التركيزات القصوى:-

يرتفع مستوى التلوث بالغازات النيتروجينية خلال فترة زمنية قصيرة قد لا تتجاوز ساعة واحدة تحت ظروف خاصة.

إذ ارتفع أقصى تلوث خلال ساعة بأكاسيد النيتروجين ليبلغ ٨٧٧ جزءً فى البليون فى نطاق الصناعات الثانوية حيث تقع محطة الخزانات والتى تميزت بانخفاض مستوى التلوث بالغازات النيتروجينية بشكل عام (جدول ٣٧).

وقد وقع ذلك المستوى من التلوث فى شهر فبراير سنة ١٩٧٩ تحت وطأة إنشاء المنطقة الصناعية الأساسية بمدينة الجبيل الصناعية، وهكذا يغيب التلوث الناتج عن النشاط الصناعى ويقتصر على عوادم وسائل النقل فى أثناء عملية الإنشاء للشركات الصناعية بالمدينة وما قد تبعه من زيادة فى كثافة الحركة النقلية على الطرق الداخلية، ومن ثم ارتفعت كمية أكاسيد النيتروجين. ويتأكد ذلك من ملاحظة الهبوط الحاد والسريع فى مستوى التلوث فى هذه المحطة الذى انخفض إلى ٢٧٠ جزءً فى البليون سنة ١٩٨٢م عندما أشرفت القواعد العامة والبنية الأساسية للمنطقة الصناعية على الانتهاء. وهكذا يكون قد انخفض مستوى التلوث بنسبة (-٦٩%) خلال ثلاث سنوات فقط.

هذا وقد تسهم بعض أحوال الطقس الخاصة فى إرتفاع مستوى التلوث كما حدث فى محطة المنتزة الداخلية فى اليوم الثامن عشر من شهر أكتوبر سنة ١٩٨٩م حينما بلغ أقصى تلوث بأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثانى أكسيد النيتروجين ٢٧٣ و ١٩٩ و ٧٤ جزءً فى البليون لكل منهم على التوالى (شكل ٦٠).



أقصى تلوث خلال ساعه بالغازات النتروجينيه في مدينة اجبيل

وقد حدث ذلك في أثناء وقوع المحطة في منصرف رياح شرقية إلى شمالية شرقية نقلت الملوثات من طريق الجبيل – الدمام والطريق المعروف محلياً بطريق (الطاقة) وقد ساعد حدوث انقلاب حراري سطحي ليلاً في بلوغها هذه التركيزات القصوى.

ويعد ارتفاع تركيز أول أكسيد النيتروجين خطيراً إذ أنه غالباً ما يتأكسد إلى ثاني أكسيد النيتروجين مما أدى فعلا إلى تجاوزه ٦٠ جزءً في البليون مما يعني زيادة احتمالات إصابة السكان بأمراض الجهاز التنفسي.

كما أرتفع أقصى مستوى للتلوث بأول أكسيد النيتروجين خلال ساعة ليبلغ ٤٧٧ جزءً في البليون في محطة الميناء التجاري. وقد حدث ذلك في يوم السابع عشر من شهر ديسمبر سنة ١٩٨٧م في الساعة الثانية عشرة مساءً. وقد صاحب ذلك ارتفاع في مستوى التلوث بأكاسيد النيتروجين ليبلغ ٥٤٩ جزءً في البليون وارتبطت هذه التركيزات القصوى بوقوع المحطة في منصرف رياح غربية نقلت إليها الملوثات من طريق الجبيل – الدمام في أثناء حدوث انقلاب حراري سطحي تبعه انخفاض في طبقة الاختلاط وصل إلى أدنى مستوى له في الثانية عشرة مساء كما يحدث عادة في مدينة الجبيل (شكل ١٢).

وأرتفع كذلك أقصى تلوث خلال ساعة في محطة القاعدة البحرية ليبلغ ٣٨٥ جزءً في البليون في يوم الخامس من شهر يونية سنة ١٩٨٦ في الساعة العاشرة مساء مصحوبا بارتفاع في مستوى أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين ليبلغ ٤٦٢ و ٧٧ جزءً في البليون لكل منهما. وقد ارتبطت هذه التركيزات بهبوب رياح شمالية شرقية نقلت الملوثات من قاعدة الملك عبد العزيز البحرية. وترتفع هنا خطورة التلوث بثاني أكسيد النيتروجين إذ تجاوز ٦٠ جزءً في البليون مما يعرض سكان المدن التي تقع في منصرف الرياح السائدة (شمالية غربية إلى شمالية) من مدينة الجبيل مثل رحيمة وصفوة والدمام وغيرها لاحتمالات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي.

هذا وينخفض كثيرا مستوى أقصى تلوث خلال ساعة بثانى أكسيد النيتروجين مقارنة بأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين. إذ لم يتجاوز ٢٨١ جزءا فى البليون مقابل ٨٧٧ و ٤٧٧ جزءً فى البليون لكل منهما (جدول ٣٧)، وقد حدث ذلك فى محطة الميناء التجارى حيث تتجمع خطوط التساوى لأقصى تلوث خلال ساعة بثانى أكسيد النيتروجين لتكون قمة واحدة عند هذه المحطة (شكل ٦٠). ثم تتدرج تناقصا غربا حيث محطة المنتزة (١١٩ جزءً فى البليون)، وشمالا فى اتجاه محطة جلمودة (٧٨ جزءً فى البليون).

ويقل مستوى هذا التلوث عن الحد المسموح فى الجبيل والمملكة العربية السعودية(١) بالنسبة لثانى أكسيد النيتروجين (٣٥٣ جزءً فى البليون (٢) ويسمح بتجاوزه مرتين فى الشهر) ليعادل ٧٩,٦% فقط. كما ينخفض أيضا فى محطات الرصد البيئى خارج مدينة الجبيل الصناعية إذ يتراوح بين ١٥٢ جزءً فى البليون كحد أقصى فى محطة الظهران و ٣٥ جزءً فى البليون فى محطة العضيلة كحد أدنى.

وينخفض أقصى تلوث خلال ساعة بثانى أكسيد النيتروجين فى المنطقة عند مقارنته بمثيله فى بعض محطات دولة الكويت سنة ١٩٨٧م. فقد بلغ فى محطات المنصورية ورابح وريحة ٥٢٨ و ٥٢٨ و ٤٧٦ جزءً فى البليون،

---

(١) طريق داخلى متفرع من الطريق الإقليمى الجبيل – الدمام ويصل إلى مجمع برى الصناعى ليربطه بمعملى فرز غاز الزيت شمال الميناء التجارى.

(٢) يعد حد التلوث المسموح به محليا بثانى أكسيد النيتروجين مرتفعا حين مقارنته ببعض المقاييس العالمية.
– إذ يعتبر أقصى تلوث خلال ساعة بثانى أكسيد النيتروجين (٢٨١ جزءا فى البليون) فى المنطقة مرتفعا عند مقارنته بحد التلوث المسموح به فى القانون الفيدرالى الأمريكي (٢٥٠ جزءا فى البليون) (جدول ١٦).
– بل أنه يعتبر شديد الخطورة حين العلم بأنه يتجاوز بداية تاثيره السلبى على الجهاز التنفسى للإنسان (يبلغ ٦٠ جزءً فى البليون) بمقدار خمسة أمثال تقريبا.

يقابلها فقط ٢٨١ جزءً في البليون في العام ذاته بالمنطقة لتعادل نصف هذه التركيزات في محطات الكويت [وزارة الصحة العامة بالكويت، سنة ١٩٨٧]. ولم يختلف الوضع أيضا بالنسبة لأول أكسيد النيتروجين في ذات المقارنة، إذ يبلغ ٢٢٨٥ و ١٢٦٠ و ٩١١ جزءً في البليون في تلك المحطات بالتوالي، ويقابلها في المنطقة ٤٧٧ جزءً في البليون في سنة ١٩٨٧م. وهكذا فانه يعادل فقط ما نسبته ٢٠,٩% و٣٧,٩% و ٥٢,٤% من هذه التركيزات على التوالي.

خلاصة الفصل:-

يمكن القول بأن انخفاض مستوى التلوث بالغازات النيتروجينية بصفة عامة، وبثانى أكسيد النيتروجين بصفة خاصة (لكونه أخطرها) يحد من الآثار السلبية الخطيرة على صحة الإنسان. وإن كان ارتفاع تركيز ثانى أكسيد النيتروجين خلال فترات زمنية قصيرة ليتجاوز ٦٠ جزءً فى البليون يؤدى إلى ارتفاع احتمالات إصابة السكان بأمراض الجهاز التنفسى سواء فى مدينة الجبيل أو المدن الساحلية إلى جنوبها والتى تقع فى منصرف الرياح السائدة.

وتأتى أهمية هذه الملوثات فى كونها تتحكم فى تفاعلات إنتاج غاز الأوزون كملوث للهواء، وإزاحة الأوزون فى طبقات الجو العليا فى ذات الوقت. وسوف تتكشف أبعاد هذه العلاقة بالتفصيل فى الفصل الثامن.