الفصل الرابع

الملوثات الكبريتية واقعها ومستقبلها

مقدمة.

أولا: خصائص ومصادر الملوثات الكبريتية.

ثانيا: معدلات التلوث.

ثالثا: مستويات التلوث الطارئة.

١- التركيزات اليومية القصوى .

٢- أقصى تلوث خلال ساعة .

خلاصة الفصل.

تمهيد:-

يدرس هذا الفصل الملوثات الكبريتية التى تعد أكثر أنواع الملوثات الغازية انبعاثا من الصناعات القائمة بالمنطقة خاصة تكرير الزيت والبتروكيميائيات والكبريت وتسييل الغاز الطبيعى وغيرها. ويبحث مساهمة هذه المصادر فى التلوث بكل من ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين، وأبعاد العلاقة بينهما.

ويهتم بإبراز معدلات التلوث بهذه الغازات، فضلا عن مستويات التلوث الطارئة التى تحدث فى أثناء ظروف طقسية خاصة لتفهم أبعاد العلاقة بينهما.

ويهدف إلى تقييم درجة خطورة هذه الملوثات فى ضوء المقاييس المحلية والإقليمية والعالمية أيضا، مع الاهتمام بعقد المقارنات لتزداد الصورة وضوحا.

ويحاول التنبؤ بمستقبلها فى ضوء أبعاد العلاقة بين مصادرها البشرية وخصائصها الكيميائية والطبيعية من ناحية، ومناخ المنطقة من ناحية أخرى.

مقدمة:

يعد النشاط الصناعى المسئول الأول عن انبعاث ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين بوصفهما أهم الملوثات الكبريتية. وتتعدد أنواع الصناعات التى ينبعث منها هذه الملوثات، وإن كان أهمها صناعة تكرير الزيت والصناعات البتروكيميائية التى تتوطن فى منطقة الدراسة بصفة عامة، ومدينة الجبيل بصفة خاصة. ولذا جاءت دراسة هذه الملوثات تالية للنشاط الصناعى بهدف فحص أبعاد العلاقة بينهما فى إطار فاعلية عناصر الطقس والمناخ كضوابط توزيعية.

ويمكن دراسة الملوثات الكبريتية على النحو التالى:-

- خصائص ومصادر الملوثات الكبريتية
- معدلات التلوث
- مستويات التلوث الطارئة

أولا: خصائص ومصادر الملوثات الكبريتية

يعد الكبريت Sulphur المصدر الأساسي لأكاسيد الكبريت بصورها المختلفة[1]. وتوجد أكاسيد الكبريت Sulphur Oxides فى الغلاف الجوى فى خمس صور أهمها غاز ثانى أكسيد الكبريت[2] Sulphur Dioxide (SO2) وغاز كبريتيد الهيدروجين(H2S) .

---

[1] تبلغ القيمة التقديرية للكبريت على المستوى العالمى حوالى ٤٦٩ بليون طن/ سنويا. وترجع ٨٥% منها إلى الانبعاث من المصادر الطبيعية (الترسيب الجاف على اليابس والماء - التحلل البيولوجى البحرى والأرضى - الرزاز البحرى الصاعد - الجسيمات الغازية المتنقلة). وترجع النسبة الباقية ١٥% إلى التلوث بفعل النشاط البشرى [المعتاز، اكتوبر سنة ١٩٨٦م. ص١٩].

[2] يتميز غاز ثانى أكسيد الكبريت بأنه غاز عديم اللون Colourless وقابل للاشتعال Inflammable Gas وذو طعم حامضى Acid Taste ورائحة نفاذة Irritating Odour. ويمكن أدراك وجوده بالتذوق أو الشم حتى فى أثناء انخفاض تركيزه الى ٣٨٥ جزء فى البليون [Hodges, 1977. p.56]. ويتميز أيضا بسرعة ذوبانه فى الماء عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية [Sellers, 1984. p.16] فيتأكسد بسرعة مع توفر الرطوبة الجوية. ويدخل فى العديد من التفاعلات الكيميائية التى ينتج عنها حمض الكبريتيك ودقائق الكبريتات العالقة [Dobbins, 1979. p.161].

Hydrogen Sulphide [1] ويتراوح التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكبريت وغاز كبريتيد الهيدروجين فى هواء نصف الكرة الشمالى بين صفر و ٢ جزء فى البليون، وبين صفر و ٧ جزء فى البليون لكل منهما (جدول ٢٧).

ويرجع هذا التركيز الطبيعى لكل منهما فى الغلاف الجوى إلى الانبعاثات من المصادر الطبيعية التى تشمل بالنسبة لثانى أكسيد الكبريت: البراكين وأكسدة الكبريت وكبريتيد الهيدروجين (جدول ٢٢). بينما تشمل بالنسبة لكبريتيد الهيدروجين التفاعلات البيولوجية والكيميائية للكبريت فى ظل الحرارة المرتفعة، وعمليات التحلل الطبيعى Natural Decay Processes فى المياه الراكدة بالبحيرات والمستنقعات وأراضى المد ومياه الرى والصرف. وتعد هذه المصادر الطبيعية مسئولة عن ٩% و ٩٧% من كمية ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين فى الغلاف الجوى.

ويمكن حصر المصادر الطبيعية لانبعاث كبريتيد الهيدروجين بالمنطقة فى التحلل الطبيعى للمياه السطحية الراكدة Stagnant Surface Water مثل مياه المستنقعات والمسطحات الطينية المرتبطة بالمد Tidal Mud Flats حيث ينخفض منسوب السطح إلى أقل من خمسة أمتار. فضلا عن الانبعاث من قنوات مياه الرى والصرف التى تنتشر بالمنطقة نتيجة اعتمادها الكلى على الرى لسيادة المناخ الصحراوى الحار.

---

[1] يتميز غاز كبريتيد الهيدروجين بأن له رائحة منفرة، ويصبح سما Toxic حينما يبلغ تركيزه حوالى ٩٨ جزء فى البليون. ويوجد بتركيزات مرتفعة فى الأراضى المنخفضة لكونه أثقل من الهواء فيهبط مباشرة بالقرب من سطح الأرض [Sellers, 1984, p.19].

وكذلك ينبعث ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين من المصادر البشرية Human Sources التى تعد مصادراً التلوث للهواء لعجز الطبيعة عن استيعابها [1].

ويمكن إجمال أهم المصادر البشرية لانبعاث ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين بالمنطقة فى: صناعة تكرير الزيت والصناعات البتروكيميائية وصناعة الكبريت ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ووحدات تحلية المياه (جدول ٢٥ و شكل ٥).

ويضاف إليها انبعاث كبريتيد الهيدروجين من المرادم الصحية ووحدات معالجة مياه المجارى. وتتجمع فى منطقة المردم الصحى بمدينة الجبيل الصناعية كميات هائلة من النفايات بأشكالها المختلفة (جدول ١٧) ينبعث منها كبريتيد الهيدروجين أثناء عمليتى النقل والمعالجة قبل تخزينها تحت سطح الأرض بعمق مناسب بعيدا عن منسوب المياه الجوفية.

---

[1] يتم إزاحة غاز ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين بفعل آليات الإزاحة الطبيعية Natural Sink Mechanisms مثل: التساقط بأشكاله المختلفة – الأكسدة إلى كبريتيات فى حالتها الغازية أو السائلة – العمليات الميكروبية والتفاعل الفيزيائى والكيميائى والامتصاص فى التربة – التثبيت على سطح النبات الطبيعى – الامتصاص بواسطة المسطحات المائية [Whelpdale, 1976. p.202].

– كما يتأكسد غاز كبريتيد الهيدروجين خلال ساعات من انبعاثه إلى غاز ثانى أكسيد الكبريت. ويؤدى ذلك إلى انخفاض تركيزه فى الغلاف الجوى مقارنة بالكمية الفعلية لانبعاثه. وتقل تبعا لذلك مدة بقائه فى الهواء فلا تتجاوز يومين، بينما تمتد إلى أربعة أيام بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكبريت.

– وتنخفض كمية ثانى أكسيد الكبريت فى الغلاف الجوى مقارنة بكميته المنبعثة فى حال توفر الأشعة فوق البنفسجية وغاز ثانى أكسيد النيتروجين كما هو الوضع فى منطقة الدراسة.

– وقد أثبتت القياسات التجريبية أن الأشعة فوق البنفسجية تؤدى إلى تشتت نسبة تتراوح بين ٠,٠١% و٠,٤% من ثانى أكسيد الكبريت فى الدقيقة. وتزيد هذه السرعة مع توفر غاز ثانى أكسيد النيتروجين لتصل الى ١,٩% من كمية ثانى أكسيد الكبريت فى الساعة [Smit, 1976. pp.245-249]

وترتفع خطورة هذا الانبعاث كنتيجة للزيادة المطردة في كميتها السنوية مع التوسع الصناعي الهائل في مدينة الجبيل الصناعية. إذ يتوقع أن ترتفع كمية نفايات الرواسب الطينية العضوية ونفايات السوائل العضوية خلال الفترة (١٩٨٦ - ١٩٩٦م) بنسبة ٨٤٠% و ٤٦٤% لكل منهما.

وقد كان لارتفاع درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية معظم شهور السنة في المنطقة الأثر الأكبر في زيادة سرعة تحللها عضويا. ومن ثم يتوقع ارتفاع في كمية انبعاث كبريتيد الهيدروجين في المنطقة. ويساعد الانخفاض العام لسطح المنطقة على سهولة تراكمه وارتفاع تركيزه في الهواء قريبا من سطح الأرض.

ثانيا: معدلات التلوث

تعتمد دراسة الملوثات الكبريتية (ثاني أكسيد الكبريت - كبريتيد الهيدروجين) على بيانات محطات الرصد التسع في مدينة الجبيل الصناعية (محطات الرصد البيئي والمناخ) وتتبع للهيئة الملكية للجبيل (جدول ٣) [١] ويضاف إليها محطات للرصد البيئي التي تتوزع في المنطقة وتتبع لشركة آرامكو السعودية (جدول ١٩ وشكل ٦) [٢].

وتشير بيانات هذه المحطات[٣] إلى انخفاض معدلات التلوث الشهري بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل الصناعية لتتراوح بين ١,٧ جزء في البليون كحد أدنى في شهر أغسطس و ٤,٣ جزء في البليون كحد أقصى في شهر إبريل لغاز ثاني أكسيد الكبريت.

---

[١] Royal Commission for Jubail - Kingdom of Saudi Arabia: Jubail Atmospheric Surveys Project, Annual Reports: 1978-1989.

[٢] Aramco - Environmental Unit Process Division, Process and Control Systems Department: Aramco Air Quality Monitoring Network, Report: 1982-1987.

[٣] تعرض نتائج تحليل بيانات هذه المحطات في جدول ٢٨.

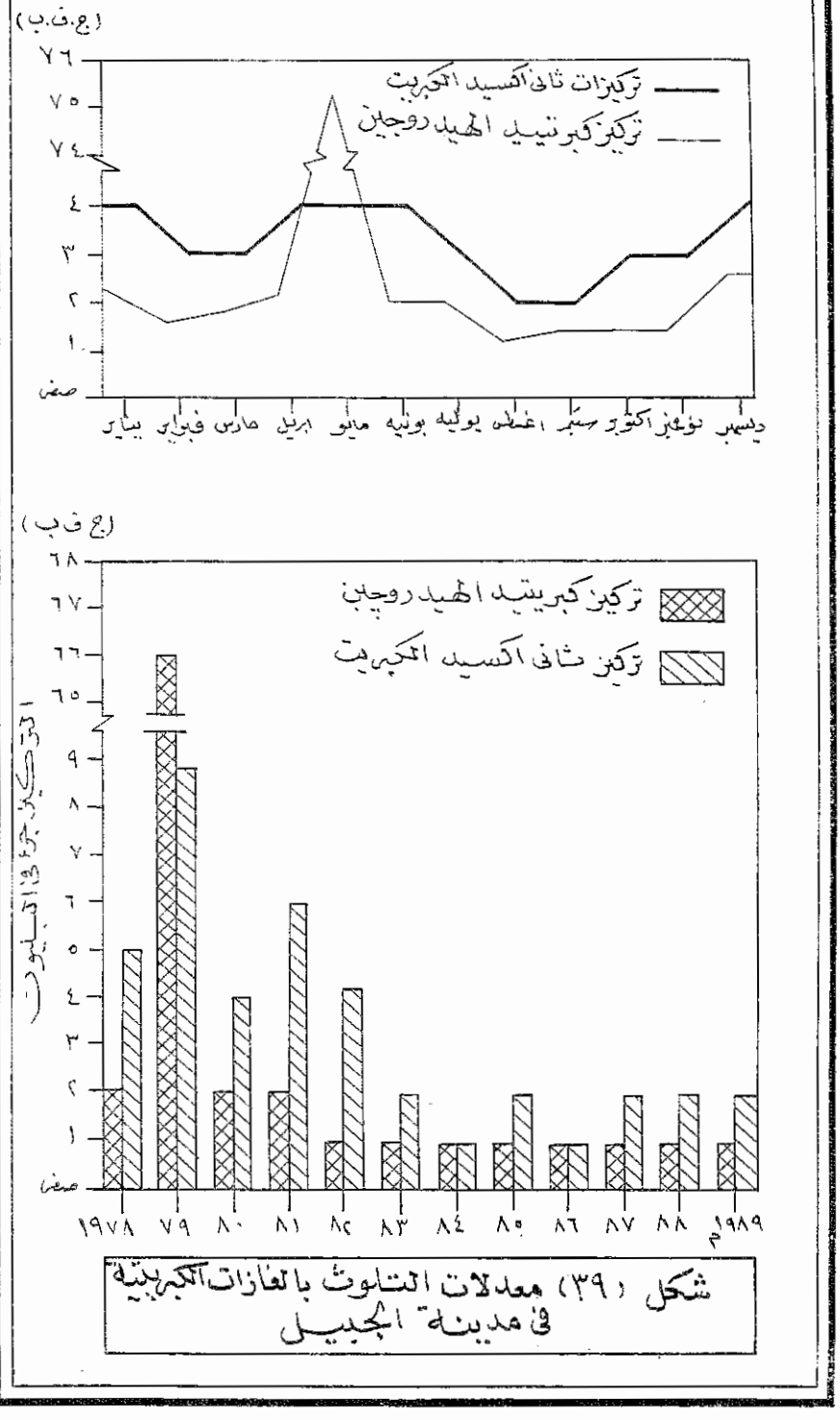
وتتراوح أيضا بالنسبة لغاز كبريتيد الهيدروجين بين ١,٣ جزء في البليون كحد أدنى في شهر أغسطس و ٢,١ جزء في البليون في شهر إبريل (شكل ٣٩).

ويتضح من التوزيع النسبى للمعدلات الشهرية للتلوث بثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين (شكل ٤٠) ارتفاع مستوى التلوث بالأول ليصل إلى أعلى مستوياته في محطة النخيل. وينخفض معدل التلوث بكبريتيد الهيدروجين في سائر المحطات باستثناء محطة السروج التي تقع في نطاق أراضي المد الطينية في الساحل الشمالي.

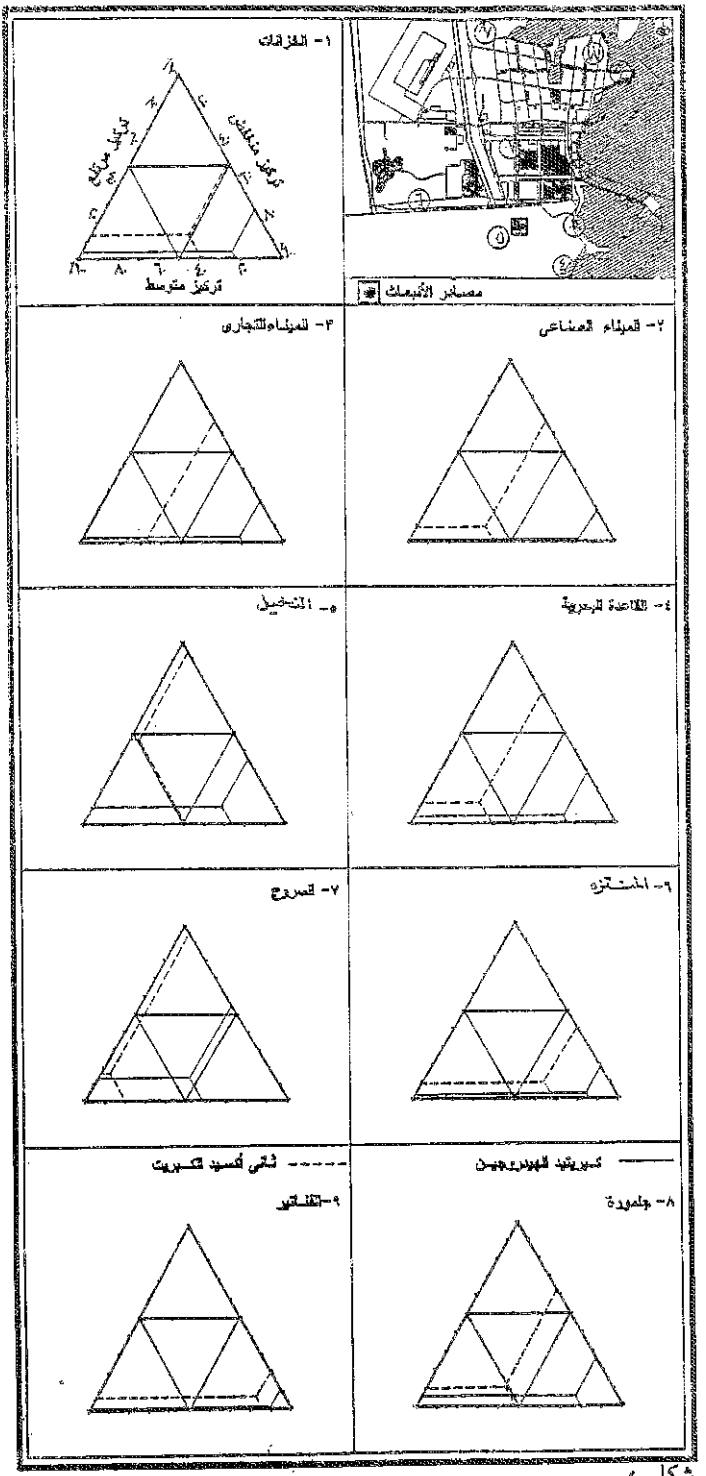
وقد ارتفعت درجة التلوث السنوى بغاز كبريتيد الهيدروجين خلال عام ١٩٧٩ في جنوب المنطقة الصناعية حيث تقع محطة النخيل. ويرجع ذلك إلى التلوث الناتج عن مجمع برى الصناعى الذى يضم مصنع سوائل الغاز الطبيعى Natural Gas Liquids (NGL)، ومصنع إزالة الكبريت Desulphurization ومحطة توليد الطاقة الكهربائية.

وتعد محطة النخيل هذه أكثر المحطات تأثراً بهذا التلوث لموقعها في منصرف الرياح الشمالية [تبلغ تكراراتها النسبية ٦٠% من إجمالى هبوب الرياح السطحية (على ارتفاع أقل من عشرة أمتار)] التى تنقل إليها التلوث من هذه المصادر.

وقد تدنى مستوى التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين بعدما استخدمت وسائل مكافحة التلوث بالكبريت في مصنع إزالة الكبريت منذ يوليو سنة ١٩٧٩، وحينئذ انخفض مستوى الكبريت المنبعث بنسبة ٩٥% من كميته قبل استخدام تقنيات خفضه. وقد انعكس ذلك بوضوح على درجة التلوث السنوى الذى انخفض من ٤,٨ جزء في البليون سنة ١٩٧٩ إلى ١,٨ جزء في البليون سنة ١٩٨١. ومن ثم فقد بلغت النسبة المئوية لهذا التغيير (-٦٢,٥%).



شكل (٣٩) معدلات التلوث بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل



شكل ٤ التوزيع النسبى للمعدلات الشهرية للتلوث بالغازات الكبريتية بمدينة الجبيل

ويتراوح معدل التلوث السنوى بالغازات الكبريتية فيما بين ٣,٥ و ١٠,٥ جزءً فى البليون لغاز ثانى أكسيد الكبريت، وبين ٩,٠ و ١٠,٨ جزءً فى البليون لغاز كبريتيد الهيدروجين فى سائر محطات المنطقة (شكل ٣٩).

ويعد معدل التلوث السنوى بغاز ثانى أكسيد الكبريت منخفضا مقارنة بحد التلوث السنوى المسموح به فى المملكة العربية السعودية الذى يبلغ ٣٣ جزءً فى البليون (جدول ١٥). ومن ثم يصبح أعلى تلوث سنوى بغاز ثانى أكسيد الكبريت وهو ١٢ جزءً فى البليون فى محطة شدقم (تقع فى منصرف الرياح من مصنع للكبريت وخط انابيب التابلاين [١] ومحطة توليد الطاقة الكهربائية) يعادل فقط ٣٦% من ذلك الحد المسموح به محليا. كما يعادل ٣٩% من التركيز المسموح به فى القانون الفيدرالى (٣١ جزءً فى البليون) (جدول ١٦).

ويعتبر أيضا معدل التلوث السنوى بغاز كبريتيد الهيدروجين منخفضاً فى المنطقة بمقارنته ببعض المدن المصرية حيث بلغ ٨٠ جزءا فى البليون و٣٥ جزءً فى البليون فى شبرا الخيمة وحلوان سنة ١٩٨٨. وينخفض أيضاً بمقارنته بمثيله فى مدينة لندن البريطانية حيث بلغ مثلا ٣٦ جزءً فى البليون سنة ١٩٧٨م [سعود، سنة ١٩٩٣. ص٨٣].

وجدير بالذكر، أن مستوى الغازات الكبريتية فى المنطقة وإن كان منخفضا إلا أنها تعتبر ملوثة للهواء إذ ترتفع كثيرا عن تركيزها الطبيعى فى الهواء[٢] .

---

[١] خط التابلاين هو خط لرفع الزيت الخام فى أنابيب يتراوح قطرها بين ٣٠ و ٣١ بوصة، ويمتد من حقل الدمام وينتهى فى مدينة صيدا اللبنانية بطول إجمالى يبلغ ١٧١٢ كيلومترا. ويمر فى الأراضى السعودية بطول يبلغ ١٣٦٦,٢ كيلومترا. وتبلغ طاقته نصف مليون برميل زيت يوميا [جودة، سنة ١٩٨٩. ص٩٨].

[٢] يتراوح التركيز الطبيعى لغاز ثانى أكسيد الكبريت وغاز كبريتيد الهيدروجين فى هواء نصف الكرة الشمالى بين (صفر – ٢) و(صفر–٧) جزء فى البليون (جدول ٢٧).

ثالثا مستويات التلوث الطارئة:

تسهم أحوال الطقس أحيانا فى ارتفاع تركيز الملوثات الكبريتية حين تحصل دون تشتتها رأسيا فى أثناء الانقلابات الحرارية، وكذا أفقياً فى أثناء انخفاض سرعة الرياح. وتلعب الرياح دوراً فعالاً فى تحديد نطاق التأثر بهذه الملوثات، إذ قد تؤدى إلى انحصارها بالقرب من مصدر التلوث، وقد تنقلها لمسافات بعيدة. ويتبع ذلك ارتفاع فى درجة التلوث بصورة طارئة قد تستمر يوما أو بعض يوم.

ويمكن دراسة مستويات التلوث الطارئة من ناحيتين:

التركيزات اليومية القصوى أقصى تلوث خلال ساعة

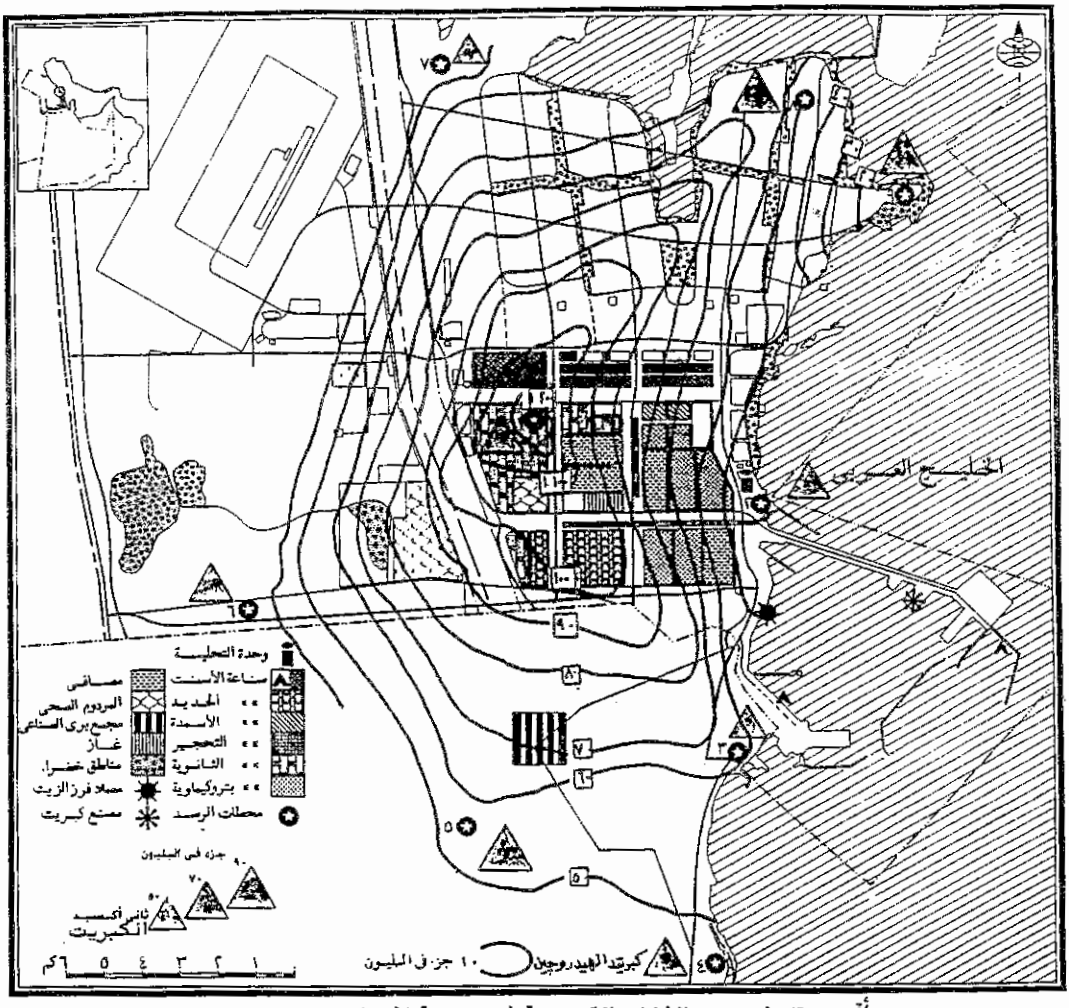
١- التركيزات اليومية القصوى :-

يرتفع أقصى تلوث يومى بغاز كبريتيد الهيدروجين بمدينة الجبيل الصناعية ليتجاوز الحدود المسموح بها عالميا. إذ يرتفع فى نطاق الصناعات الثانوية حيث تقع محطة الخزانات ليبلغ ١٢٣ جزءً فى البليون. فيزيد بمقدار ٨,٨ مثلا و ٤,٤ مثلا عن حد التلوث المسموح به فى الجبيل (١٤ جزءً فى البليون) وحد التلوث المسموح به فى المملكة العربية السعودية (٢٨ جزءً فى البليون). وقد حدث ذلك التركيز الخطير فى شهر نوفمبر سنة ١٩٧٩م بسبب وقوع هذه المحطة فى منصرف الرياح الجنوبية من مجمع بترى الصناعى الذى يعد المصدر الأساسى لانبعاث كبريتيد الهيدروجين خاصة قبل استخدام وسائل مكافحة انبعاثه. وقد ساعد على ارتفاع مستوى التلوث حدوث انقلاب حرارى سطحى صاحبه استقرار فى حالة الهواء. ومن ثم انخفضت سرعة التشتت الهوائى فكان ذلك الارتفاع الخطير(شكل ٤١).

وقد انخفض أيضا متوسط التلوث اليومى[1] بغاز كبريتيد الهيدروجين فى مدينة الجبيل عندما استخدمت الوسائل التقنية لمكافحة انبعاث الكبريت من مجمع بترى الصناعى. حيث انخفض من ١٨,٨ جزءً فى البليون سنة ١٩٧٩م إلى ٤,١ جزءا فى البليون سنة ١٩٨١م . وحينئذ بلغت النسبة المئوية للتغيير

---

[1] كان حدث بالنسبة للتلوث السنوى بغاز كبريتيد الهيدروجين



شكل (١) أقصى تلوث يومى بالغازات الكبريتية فى مدينة الجبيل

(-٧٢,٩%). ويشير أيضا انخفاض عدد التجاوزات من ٢٠٧ تجاوزا فى عام ١٩٧٩م إلى ٣٥ تجاوزا سنة ١٩٨٠م بنسبة تغيير بلغت (-٨٣%) خلال عام واحد إلى الهبوط الحاد فى التلوث اليومى بغاز كبريتيد الهيدروجين (شكل ٤٢).

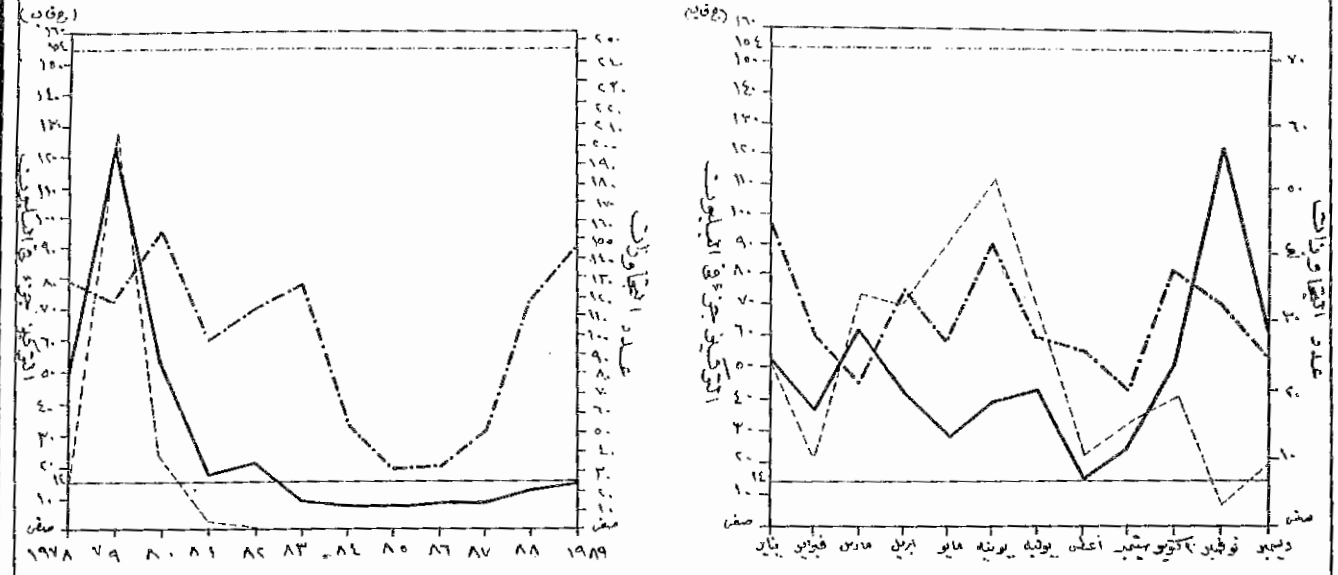
ويجدر التنويه إلى ارتفاع مستوى التلوث اليومى بكبريتيد الهيدروجين إلى الجنوب من المنطقة الصناعية حيث تقع محطة النخيل التى تستحوذ على ٢٦% من إجمالى عدد التجاوزات (جدول ٢٨)، ويرتفع كذلك فى المنطقة السكنية الشرقية حيث تقع محطة الميناء التجارى التى حدث فيها ١٨,٨% من إجمالى التجاوزات للتركيز المسموح [١]. وتعد هذه التجاوزات خطيرة لوقوعها فى المنطقة السكنية، ومن ثم تؤثر سلبياً على صحة سكانها.

ويرتفع أقصى تلوث يومى بكبريتيد الهيدروجين بمستوى واضح فى شهر يونية (شكل٤٢) الذى حدث خلاله ١٨,٤% من جملة التجاوزات. ويفسر ذلك بإرجاعه إلى سيادة الرياح الشمالية والشمالية الغربية ذات السرعة الشديدة، وعندئذ تقع أغلب محطات الرصد فى منصرف هذه الرياح من أراضى المد والمستنقعات وحقول الزيت الشمالية ومعمل تكرير الخفجى بالإضافة إلى مصادر إنبعاثه من مناطق الجوار الصناعية خارج الحدود السعودية.

ويرتبط ارتفاع التلوث فى محطة المنتزة الداخلية بهبوب الرياح الغربية التى تنقل إليها الانبعاث من خطى أنابيب الزيت وحقول الزيت، فضلا عن بعض مصادر انبعاثه فى مناطق الجوار الصناعية. بينما يرتبط ارتفاع التلوث بمحطة الخزانات بهبوب الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية التى تنقل الانبعاث من الصناعات البتروكيميائية ومصفاة بترومين شل ومجمع برى الصناعى.

---

[١] يسمح بتجاوز التركيز اليومى المسموح به لغاز كبريتيد الهيدروجين فى الجبيل (١٤ جزءاً فى البليون) والمملكة العربية السعودية (٢٨ جزءاً فى البليون) مرتين فى السنة. وقد تم حساب عدد التجاوزات بعد حذف التجاوزين المسموح بهما سنويا.

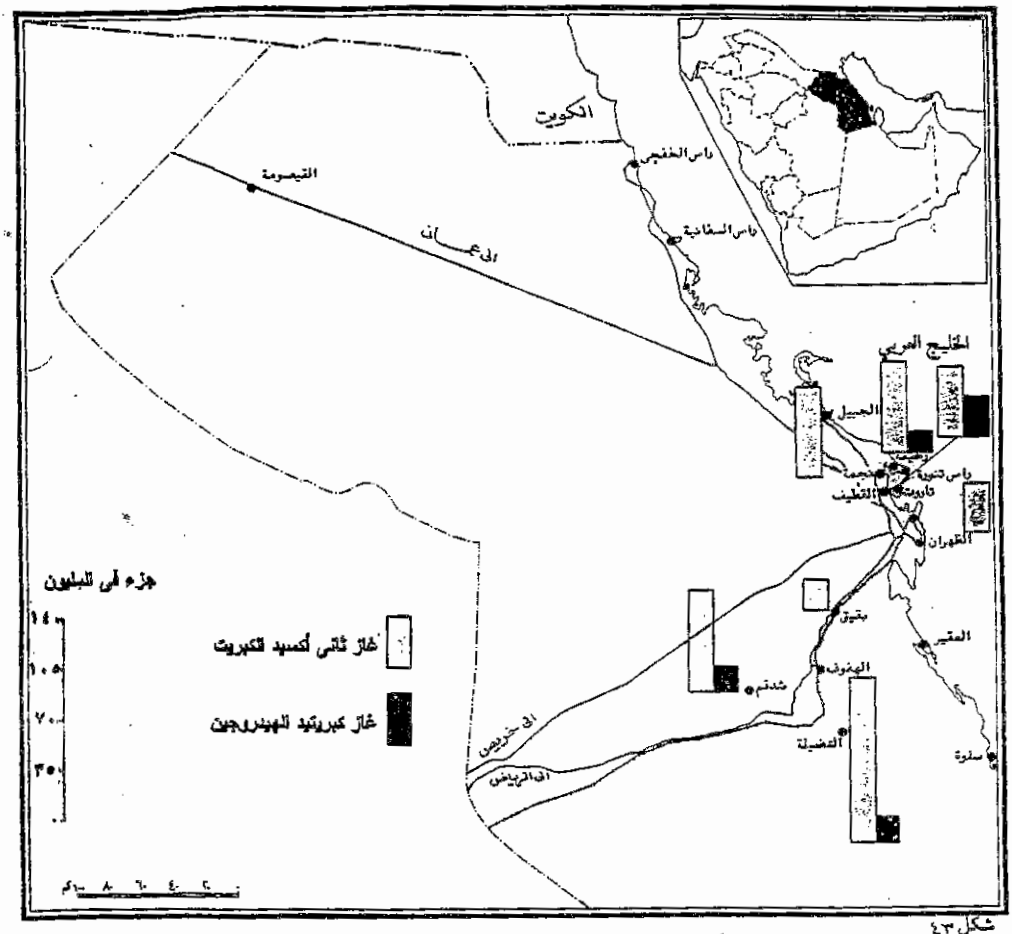


شكل (٤٦) أقصى تلوث يومى بالغازات الكبريتيه وعدد التجاوزات (الجيزة)

وينخفض مستوى التلوث اليومى بغاز كبريتيد الهيدروجين خارج حدود مدينة الجبيل الصناعية حيث يقع فى سائر محطات الرصد بالمنطقة ضمن حد التلوث المسموح به فى المملكة العربية السعودية. وإن كان يرتفع نسبياً فى محطة تاروت (جدول ٢٨-ب و شكل ٤٣) بسبب موقعها فى منصرف الرياح السائدة من معمل تكرير رأس تنورة - أحد أهم مصادر التلوث - فضلا عن موقعها فى أراضى سبخية واسعة (جدول ١٩) حيث ينبعث هذا الغاز نتيجة سرعة التحلل العضوى تحت تأثير ارتفاع الحرارة والرطوبة النسبية معا. ويسهم أيضا انخفاض سطح الجزيرة فى ارتفاع التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين الذى يميل إلى التراكم فى الأراضى المنخفضة بسبب ارتفاع كثافته مقارنة بالهواء.

هذا وإن كان أقصى تلوث يومى بغاز ثانى أكسيد الكبريت يرتفع مقارنة بغاز كبريتيد الهيدروجين سواء فى مدينة الجبيل (شكل ٤٢) أو خارجها (شكل ٤٣)، فإنه يقع ضمن حد التلوث المسموح الذى يبلغ ١٥٤ جزءً فى البليون (جدول ٢٨-ب). وقد بلغ أقصى تلوث يومى ٩٧ جزءً فى البليون، ومن ثم يعادل فقط ٦٣% من التركيز المسموح به محليا، ويعادل أيضا ٦٩% من التركيز المسموح به فى القانون الفيدرالى الأمريكى (١٤٠ جزءً فى البليون) وينخفض كثيرا عند مقارنته بمثيله فى منطقة شبرا الخيمة بجمهورية مصر العربية حيث بلغ أقصى تلوث يومى بغاز ثانى أكسيد الكبريت ٣٣٠ جزءً فى البليون سنة ١٩٨٨م. [سعود، سنة ١٩٩٣. ص٨٣].

هذا وقد ارتبط أيضا التلوث اليومى بغاز ثانى أكسيد الكبريت باتجاه الرياح حيث يرتفع فى محطة الميناء الصناعى فى أثناء هبوب الرياح من جهة الجنوب والغرب، وحينئذ تنقل إليها الانبعاث من مجمع برى لإزالة الكبريت وسوائل الغاز الطبيعى، ومصفاة بترومين شل، ومعملى فرز غاز الزيت والصناعات البتروكيميائية الأخرى. بينما ارتبط ارتفاع التلوث فى محطتى الخزانات والمنتزة الداخليتين بالرياح من جهة الشرق التى تنقل إليهما الانبعاث من ذات المصادر.



شكل ٤٣

أقصى تلوث يومى بالغازات الكبريتية فى منطقه الدراسه

ويرتفع مستوى التلوث بثانى أكسيد الكبريت بدرجة ملحوظة فى محطة العضيلة (جدول ٢٨-ب وشكل ٤٣) بسبب موقعها فى منصرف الرياح من مصنع سوئل الغاز الطبيعى وخط أنابيب التابلاين (جدول ١٩).

٢- اقصى تلوث خلال ساعة

وتؤدى أحيانا أحوال الطقس إلى ارتفاع درجة التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت خلال فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز ساعة واحدة.

فقد ارتفعت درجة التلوث خلال ساعة لتصل إلى ٦٢٢ جزءا فى البليون[1] فى المنطقة السكنية الشرقية حيث تقع محطة الميناء التجارى (جدول ٢٨ و شكل ٤٤).

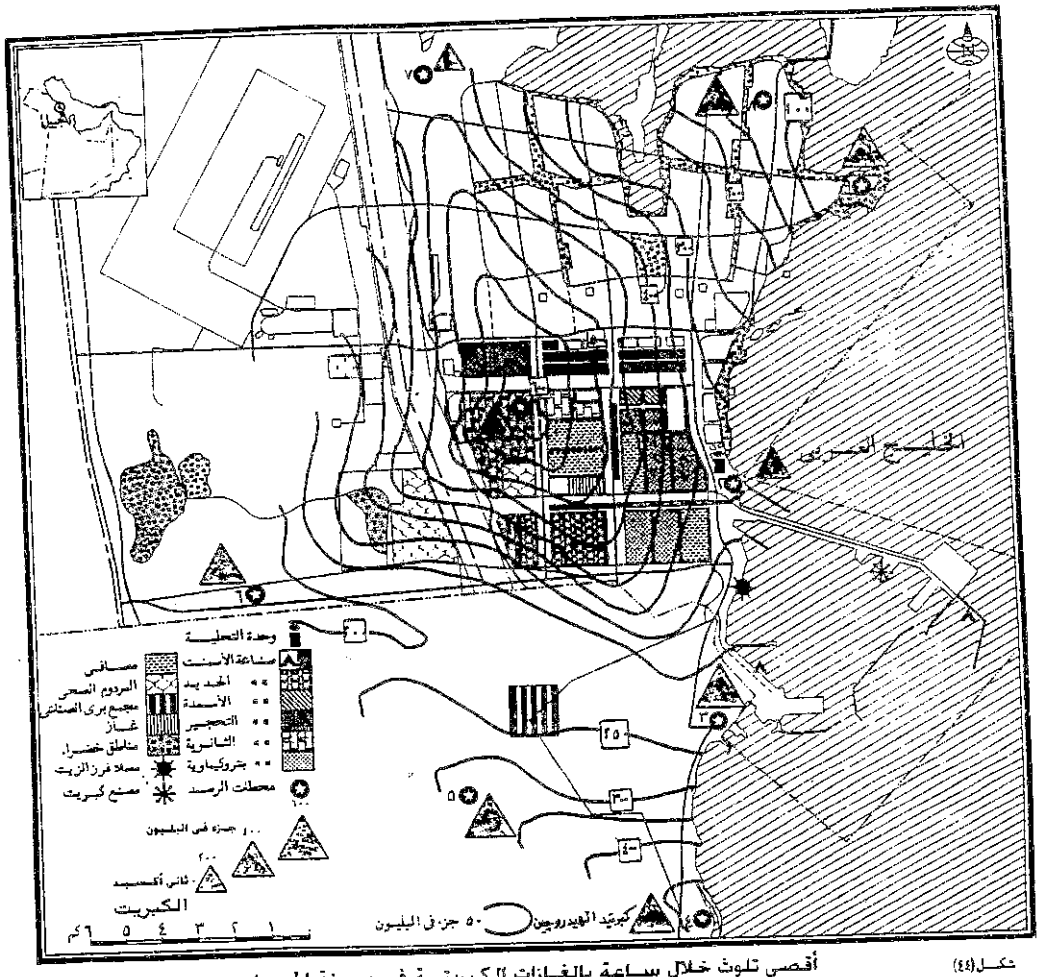
وحدث ذلك التلوث الخطير فى أثناء حدوث انقلاب نسيم البحر (الذى يبلغ أقصاه فى شهور الصيف) مصحوبا باستقرار هوائى شديد (درجة G) حال دون الاختلاط الرأسى للغاز. ومن ثم انحصر غاز ثانى أكسيد الكبريت المنبعث من معملى فرز غاز الزيت Gas Oil Separating Plants (على بعد حوالى أربعة كيلومترات جنوب شرق المحطة)، ومن مصنع كبريت آرامكو (على بعد حوالى سبعة كيلومترات) ومن محطة التحلية (على بعد حوالى تسعة كيلومترات جنوب شرق المحطة).

ويعد هذا التركيز خطيرا إذ يتجاوز حد التلوث المسموح به فى الجبيل (٤٩٠ جزءً فى البليون) وفى المملكة العربية السعودية (٣١٠ جزءً فى البليون). ويرتفع أيضا بمقدار ١,٦ مثلا عن التركيز الذى يبدأ عنده الإحساس برائحته النفاذة فى الهواء (٣٨٥ جزءً فى البليون) ويعرض الإنسان للعديد من الأضرار الصحية وأخطرها سرطان الرئة (جدول ٢٣).

وبمقارنة هذا التلوث الخطير الذى وقع بالمنطقة السكنية بالجبيل بمثيله فى بعض محطات دولة الكويت سنة ١٩٨٧م حيث بلغ أقصى تركيز ١٥٢ و١٠٩ جزءً فى البليون فى محطة المنصورية وريجة [منظمة الصحة العامة بالكويت،

---

[1] حدث هذا التركيز فى شهر يونية سنة ١٩٧٩ (جدول ٢٨-أ).



شكل (٤٤) أقصى تلوث خلال ساعة بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل

سنة ١٩٨٧. ص٣٧]، يتضح أن هذا المستوى من التلوث بالمدينة يعادل أكثر من أربعة أمثال نظيره في محطات الجوار هذه.[١]

ويعد هذا المستوى من التلوث انتهاكا حاداً لمقاييس منظمة الصحة العالمية التي تحدد أقصى تركيز مسموح بغاز ثاني أكسيد الكبريت للمحافظة على صحة الإنسان وهو ٢٣ جزءاً في البليون [Bradstreet, 1978. p.7]. وهكذا فان مستوى التلوث هنا يتجاوزه بأكثر من ٢٧ مثلا، ويعكس ذلك خطورته الجسيمة على صحة سكان المدينة حتى لو كانت مدة التعرض له لا تتجاوز ساعة واحدة.

وقد ارتفع أيضا في جنوب المنطقة الصناعية حيث تقع محطة النخيل (شكل ٤٤)، إذ بلغ ٥٥٤ جزءً في البليون. وهكذا فإنه يتجاوز التركيزات المسموح بها محليا وعالميا أيضا[٢] . وقد ارتبط ذلك التلوث بموقع المحطة في منصرف الرياح الشمالية من مجمع برى[٣]، وحقل زيت برى وخط أنابيب الزيت

---

[١] تفيد هذه المقارنة لأن دولة الكويت من دول الجوار التي تعاني من مشكلة تلوث الهواء بالغازات الكبريتية خاصة في مناطق الشعيبة والفحاحيل والفنطاس وغيرها حيث تقع مصافي الزيت والصناعات البتروكيميائية (شكل ٢٦) [غنيمي، سنة ١٩٧٤. ص٣١].

[٢] قد تضرر سكان المنطقة الصناعية بالشعيبة (الكويتية) من جراء إرتفاع مستوى التلوث بثاني اكسيد الكبريت في إحدى ليالي صيف سنة ١٩٦٧م حينما بلغ تركيزه حوالي ٨٠٠ جزءاً في البليون. وقد أدى ذلك إلى إصابة السكان بضيق في التنفس والسعال الشديد وحالات الإغماء الطويلة. وقامت الكويت بتهجيرهم فعلا من هذه المنطقة سنة ١٩٧٤ [غنيمي، سنة ١٩٧٤.ص٣٠].

[٣] يحتوى حقل زيت برى على نسبة كبريت تبلغ ١,٣٤% [Al-Mutaz, June 1988. p.4].

(١) (٢). وقد حال انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٤٩% فى أثناء حدوث هذا التركيز المرتفع دون إذابة ثانى أكسيد الكبريت وتحويله إلى حمض الكبريتيك. كما وقد صاحبه انخفاض فى ارتفاع طبقة الاختلاط بسبب حدوث انقلاب حرارى سطى ليلا.

هذا وقد أسهم نسيم البحر فى ارتفاع التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت فجأة بمقدار حوالى ٤٠٠ جزءً فى البليون خلال ثلاث ساعات فقط. وقد حدث ذلك فى يوم ١٩ فبراير سنة ١٩٨١ حينما أرتفع تركيز ثانى أكسيد الكبريت من جزءا واحداً فى البليون الساعة الثانية عشرة ظهرا إلى ٤٣١ جزءً فى البليون الساعة الثالثة بعد الظهر فى محطة المنتزة الداخلية. وقد ارتبط ذلك بهبوب رياح شمالية شرقية أسهمت فى نقل غاز الكبريت من مناطق الجوار الصناعية، فضلا عن مصفاة بترومين والصناعات البتروكيميائية الأخرى إلى المناطق الداخلية الغربية بمدينة الجبيل. وقد صاحب ذلك حدوث انقلاب نسيم البحر على مقربة من سطح الأرض، ومن ثم انخفض ارتفاع طبقة خلط الملوثات، فانحصر ثانى أكسيد الكبريت فى نطاق رأسى محدود.

وقد كانت نتيجة هذه الظروف حدوث ارتفاع فجائى وخطير على صحة السكان – حين يمكن إدراكه بحاسة الشم – وان كان يقع ضمن المقاييس المسموح بها فى الجبيل.

هذا ويمكن القول بأن ارتفاع التلوث بثانى أكسيد الكبريت خلال ساعة يقع ضمن الحدود المسموحة فى الجبيل. والمملكة العربية السعودية [يسمح بحدوث تجاوزين شهريا (جدول ١٥)]. إذ ارتفع عن التركيز المسموح مرتين

---

(١) تقع محطة النخيل على بعد حوالى أربعة كيلومترات من مجمع برى الصناعى، ومسافة خمسة كيلومترات من خط أنابيب الزيت. ويساعد إنخفاض السطح شمال المحطة إلى أقل من خمسة أمتار على سهولة وصول الكبريت المنبعث من هذه المصادر إلى المحطة فى أثناء هبوب الرياح الشمالية.

(٢) ينبعث من خط أنابيب الزيت كل من كبريتيد الهيدروجين وثانى أكسيد الكبريت بنسبة ٢:١ ثم سرعان ما يتأكسد كبريتيد الهيدروجين فينتج ثانى أكسيد الكبريت، ويتبع ذلك ارتفاع فى تركيز الثانى.

فقط أحدهما فى محطة النخيل والثانى فى محطة الميناء الصناعى. ويرجع الفضل فى ذلك إلى الخصائص المناخية للمنطقة من ارتفاع فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية مما يساعد على سرعة أكسدته، فضلا عن ارتفاع سرعة الرياح معظم شهور السنة فيتشتت بسرعة ويقل تركيزه فى الهواء على الرغم من تعدد المصادر البشرية للتلوث.

ويختلف الوضع بالنسبة لأقصى تلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين خلال ساعة[1] إذ يرتفع كثيراً عن حد التلوث المسموح مقارنة بغاز ثانى أكسيد الكبريت. وقد بلغت أقصى درجات التلوث ٦٣٧ جزءً فى البليون ويرتفع بذلك عن حد التلوث المسموح به فى الجبيل والمملكة وأيضا فى القانون الفيدرالى بمقدار ٢٢,٨ و ٤,٥ و ٢١,٢ مثلا على التوالى. ويعتبر ذلك التركيز خطيراً على صحة الإنسان لكونه يزيد بمقدار سبع مرات تقريبا عن بداية التأثر السام والخطير لغاز كبريتيد الهيدروجين والذى يبلغ ٩٨ جزءً فى البليون. وقد حدث ذلك التركيز فى نطاق الصناعات الثانوية حيث تقع محطة الخزانات. كما أرتفع أيضاً فى جنوب المنطقة الصناعية حيث تقع محطة القاعدة البحرية ليبلغ ٤٦٩ جزءً فى البليون.

ويرتبط ذلك التلوث الخطير بالانبعاث من مجمع برى الصناعى قبل استخدام تقنيات مكافحة التلوث بالكبريت، حيث وقع الأول فى شهر نوفمبر سنة ١٩٧٩م والثانى فى شهر يولية سنة ١٩٧٩م. ولهذا السبب عانت محطة النخيل من ارتفاع تركيزه لدرجة أن ١٨% من جملة التجاوزات[2] حدثت فى هذه المحطة إلى جنوبه مباشرة . ولذا تتجمع خطوط التساوى لتكون قمتين، إحداهما فى

---

[1] يبلغ حد التلوث المسموح بالجبيل ٢٨ جزءاً فى البليون، ويسمح بتجاوزه مرتين فقط فى السنة، مما يعنى ارتفاع خطورة تجاوزه مقارنة بغاز ثانى أكسيد الكبريت.

- يبلغ حد التلوث المسموح به فى المملكة العربية السعودية ١٤٢ جزءاً فى البليون، ويسمح بتجاوز واحد فى السنة

- ويبلغ حد التلوث وفق القانون الفيدرالى الأمريكي ٣٠ جزءاً فى البليون.

[2] تعتبر هذه النسبة من التجاوزات كبيرة عند النظر الى ضيق مدة الرصد بهذه المحطة (جدول ٣).

المنطقة الصناعية حيث التلوث من مصافى الزيت والصناعات البتروكيمايئية، والثانية إلى الجنوب من مصنع برى حيث الانبعاث من مصنع سوائل الغاز الطبيعى ومصنع إزالة الكبريت.

وتتدرج خطوط التساوى تناقصا فى اتجاه المنطقة السكنية حيثما تقع محطة الفناتير (شكل ٤٤). ويعكس ذلك الارتباط الوثيق بين مستوى التلوث والموقع بالنسبة لمصادر انبعاث الكبريت تحت تأثير اتجاه الرياح السائدة.

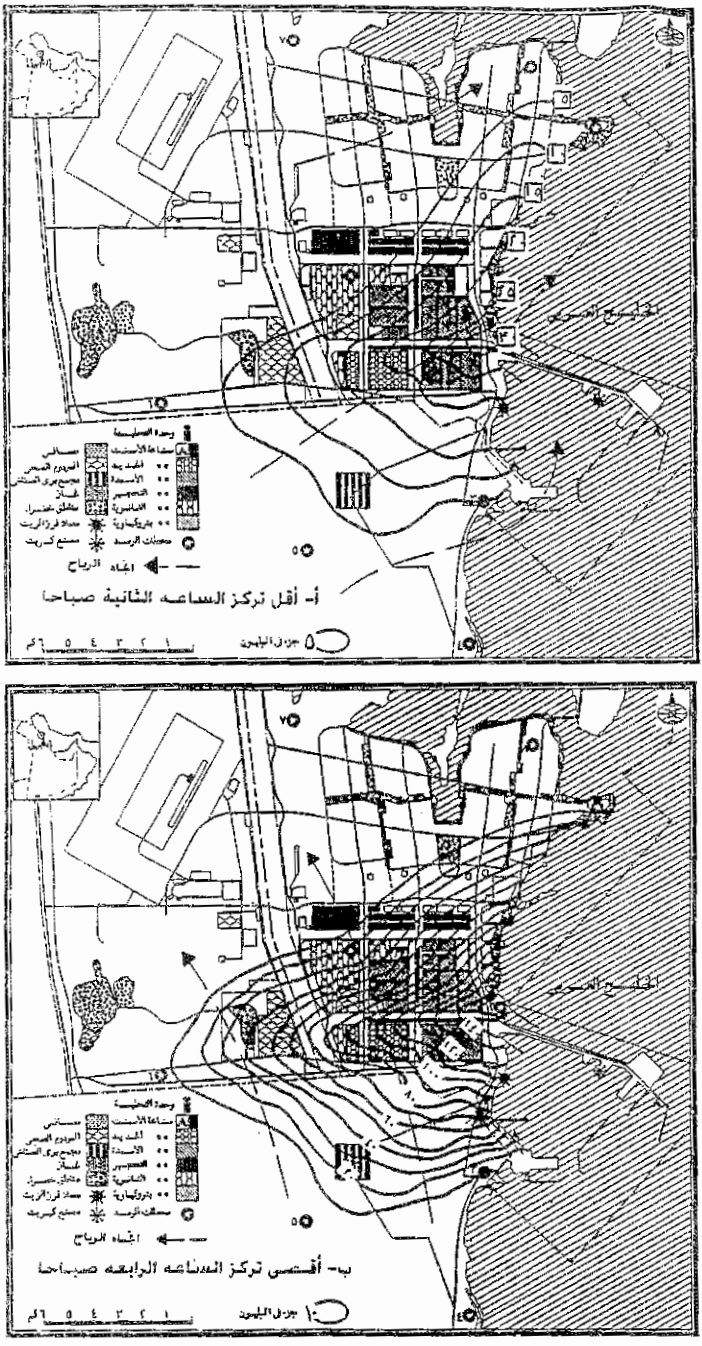
هذا وتساعد أحوال الطقس أحيانا على حدوث تغيرات خطيرة فى مستويات التلوث بصورة فجائية. فقد ارتفعت درجة التلوث فى محطة المنتزه الداخلية لتصل إلى ١٨٥ جزءً فى البليون فى شهر نوفمبر سنة ١٩٨١م [1]. وقد حدث ذلك التركيز الساعة العاشرة صباحا حينما أرتفع من ١٨ جزءً فى البليون الساعة الثامنة صباحا ليصل إلى ١٨٥ جزءا فى البليون خلال ساعتين فقط. وقد ارتبط هذا الارتفاع الشديد بحدوث انقلاب حرارى جبهى إقترن بهبوب رياح غربية متوسطة السرعة (٤,٥ متر/الثانية) أسهمت فى نقل الملوثات من خط الزيت إلى هذه المحطة. وقد انخفض ارتفاع طبقة اختلاط الملوثات نتيجة لهذا الانقلاب، ومن ثم ارتفع تركيز كبريتيد الهيدروجين قريبا من سطح الأرض.

وقد ارتفع أيضا مستوى التلوث فى المنطقة السكنية على الساحل الشرقى للخليج العربى حيث تقع محطة الميناء الصناعى فى اليوم الثانى والعشرين من شهر مايو سنة ١٩٨٢م ليصل إلى ١٦١ جزءً فى البليون الساعة الرابعة صباحا (شكل ٤٥). حين قفز تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين من ٤ جزءا فى البليون حوالى الساعة الثانية من صباح ذلك اليوم ليصل هذا المستوى الخطير محققا زيادة تقدر بأربعين مثلا خلال ساعتين فقط.

وحدثت هذه الزيادة الفجائية فى درجة التلوث فى أثناء وقوع المحطة فى منصرف رياح من جنوب الجنوب الشرقى فنقلت معها الانبعاث من مصنعى

---

[1] يرتفع ذلك التركيز بمقدار ٦,٦ و ١,٣ و ٢٦,٠ مثلا عن حد التلوث المسموح به فى الجبيل والمملكة العربية السعودية والقانون الفيدرالى الأمريكي على التوالى.



شكل(٥٥) تركيز كبريتيد الهيدروجين بمدينة الجبيل فى يوم ٢٢ مايو ١٩٨٢ .

فرز غاز الزيت بالمدينة، وكذا معمل تكرير رأس تنورة إلى الجنوب. وقد اقترنت هذه الرياح بحالة استقرار شديد [1] أدى إلى ضعف التشتت الهوائي فإنعدم الاختلاط الرأسى للملوثات واستقرت قريبا من سطح الأرض [2].

وهكذا تضافرت أحوال الطقس مع مصادر الانبعاث البشرية على بلوغ ذلك التركيز الخطير [3] فى النطاق السكنى على الساحل الشرقى.

هذا ويشير إرتفاع عدد التجاوزات لحد التلوث المسموح به فى الجبيل بالنسبة لغاز كبريتيد الهيدروجين لتصل الى ٤٠٥ تجاوزا (جدول ٢٨ وشكل ٤٦) إلى شدة خطورة مستوى التلوث بهذا الغاز السام. [4] إذ يعد هذا العدد الضخم من التجاوزات انتهاكاً خطيراً لمقاييس نوعية الهواء بالجبيل (جدول ١٥) حيث ترتفع بمقدار ستة عشر مثلا للعدد المسموح به.

ويرتفع كذلك مستوى التلوث خارج مدينة الجبيل الصناعية إذ يبلغ مثلا فى محطة العضلية (جدول ٢٨-ب) ٣٠٤ جزءا فى البليون فى شهر يونية سنة ١٩٨٧م. [5]

---

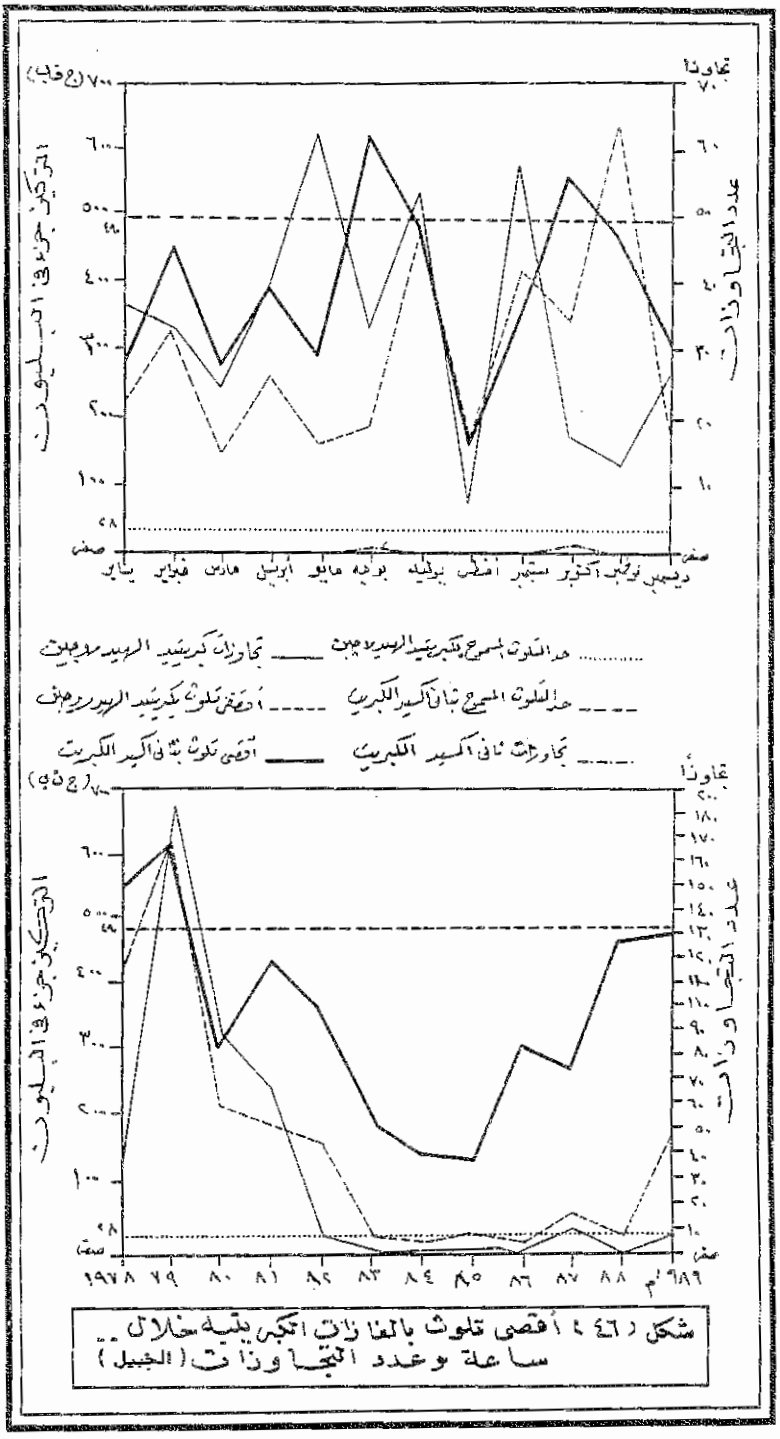
[1] حالة الاستقرار الشديد تمثله درجة (G) وفق درجات العالم باسكويل Pasquil

[2] يؤدى ارتفاع كثافة غاز كبريتيد الهيدروجين مقارنة بالهواء الجوى الى ميله للهبوط فى الأراضى السهلية المنخفضة كما هو الحال فى موقع هذه المحطة الساحلية.

[3] يزيد هذا التركيز (١٦١ جزء فى البليون) بمقدار الضعف تقريبا عن بداية التركيز السام الخطير لكبريتيد الهيدروجين (٩٨ جزءا فى البليون).

[4] قد انخفضت عدد التجاوزات من ٦٨ تجاوزا سنة ١٩٨١م إلى أن انعدمت تماما سنة ١٩٨٦م، مما يشير إلى انخفاض مستوى التلوث بعد خفض نسبة انبعاث الكبريت من معمل برى. ولكنها قد اتجهت إلى الزيادة التدريجية منذ سنة ١٩٨٧م نتيجة لبداية تشغيل مصفاة بترومين شل وبعض الشركات الصناعية الأخرى.

[5] يزيد عن حد التلوث المسموح به فى المملكة العربية السعودية (١٤٢ جزءً فى البليون) بمقدار الضعف ويزيد أيضا بمقدار ٣,١ مثلا عن بداية التأثير السام لغاز كبريتيد الهيدروجين.



شكل (٤٦) أقصى تلوث بالغازات الكبريتية خلال ساعة وعدد التجاوزات (الجبيل)

ويرجع ذلك التلوث إلى الانبعاث من مصنع سوائل الغاز الطبيعي في أثناء توقف صمام التحكم في ماسورة الغاز وتركيب ماسورة أخرى جديدة. وقد تبع ذلك انبعاث كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت الذي أرتفع تركيزه إلى ٤١٤ جزءً في البليون ثم سرعان ما تأكسد إلى كبريتيد الهيدروجين. وقد حالت أحوال الطقس أيضا دون تشتته رأسياً وأفقياً فارتفع تركيزه فجأة خلال فترة زمنية قصيرة.

خلاصة الفصل:-

يمكن القول بأنه على الرغم من التعدد الكثيف للمصادر البشرية لانبعاث الغازات الكبريتية متمثلة فى صناعات تكرير الزيت وفرز غاز الزيت وسوائل الغاز الطبيعى وإزالة الكبريت، فضلاً عن العديد من الصناعات البتروكيميائية، إلا أن مستوى التلوث مازال منخفضا. [1]

ويرجع ذلك فى جزءٍ منه إلى حداثة التصنيع وما تبعه من انخفاض فى خلفية تركيز ملوثات الهواء Air Pollutants Background Concentration خاصة فى مدينة الجبيل الصناعية.

ويسهم فى ذلك أيضاً حرص الجهات الحكومية على استخدام تقنيات متطورة لمكافحة التلوث بالغازات الكبريتية كما حدث فى مجمع برى الصناعي، وكذلك عمليات استعادة الكبريت المنبعث من معمل تكرير رأس تنوره بدلاً من إطلاقه فى الهواء، وإزالة الكبريت من الغاز المستخدم كوقود وغيرها.

وتلعب الخصائص المناخية للمنطقة دوراً ملموساً فى خفض التلوث بالغازات الكبريتية. لما تتمتع به من رياح شديدة السرعة وتوفر ضوء الشمس والأشعة فوق البنفسجية، ومن ثم يسهل تشتت انتشار الغازات الكبريتية فينخفض تركيزها وتقل خطورتها على صحة الإنسان والبيئة.

هذا ولا يمكن إغفال تأثير أحوال الطقس الطارئة فى رفع مستوى التلوث خلال فترات زمنية قصيرة، خاصة بالنسبة لكبريتيد الهيدروجين الذى كثيرا ما يصل إلى مستويات حرجة يتجاوز خلالها مقاييس نوعية الهواء محلياً وإقليمياً وعالمياً أيضاً. ولذا ترتفع درجة خطورته قياساً بغاز ثانى أكسيد الكبريت الذى يرتفع تركيزه مقارنةً بغاز كبريتيد الهيدروجين، ويرجع السبب فى ذلك إلى أن غاز كبريتيد الهيدروجين أكثر سمية من ثانى أكسيد الكبريت من ناحية، ويتجاوز كبريتيد الهيدروجين حدود التلوث المسموح بها من ناحية أخرى.

---

[1] قد اتجه مستوى التلوث بكل من ثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين نحو الانخفاض منذ سنة ١٩٧٩م. ثم ظهر ارتفاع طفيف منذ سنة ١٩٨٦م حينما بدأت بعض الصناعات البتروكيمائية الحديثة. وقد ظهر هذا الارتفاع فى محطات الفناتير وبقيق وشدقم.