

البيئة ومشكلاتها

من

منظور جغرافى

تأليف

الدكتورة/ إيملى محمد حلمى حمادة

كلية الآداب - جامعة المنوفية

٢٠٠٢



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ،

وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَوْزُونٍ﴾

صدق الله العظيم

سورة الحجر آية ١٩

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
و	إهداء
	الباب الأول : دراسة عامة
١	الفصل الأول : المفاهيم البيئية
١٥	الفصل الثاني: تلوث الهواء في البيئة الحضرية
٦١	الفصل الثالث : الأبعاد البيئية والصحية لتلوث الهواء
٧٧	الفصل الرابع : تلوث المياه
١١٥	الفصل الخامس : تلوث التربة
١٢١	الفصل السادس : التدهور البيئي ونقص الموارد الغذائية.....
١٥١	الفصل السابع : أساليب المحافظة على توازن الأنظمة الطبيعية
١٧١	الفصل الثامن : نماذج من المشكلات البيئية في مصر
١٨٣	المراجع
١٩١	الباب الثاني : المناخ والتلوث الهوائى بالمنطقة الشرقية فى المملكة العربية السعودية - دراسة فى المناخ التطبيقى رسالة الدكتوراه - جامعة المنوفية - مايو ١٩٩٥
١٩٦	شكر وتقدير
أ	فهرس المحتويات.....
ج	فهرس الأشكال
هـ	فهرس الجداول

١٩٧	 المقدمة
٢١٧	الفصل الأول : الخصائص الطبيعية والإطارات المكانية للنظم الفعل
٢٥١	الفصل الثاني : فاعليات العناصر الجوية للطقس والمناخ وملوثات الهواء
٢٣٩	الفصل الثالث : النشاط الصناعي أهم مصادر تلوث الهواء.....
٣٦٩	الفصل الرابع : الملوثات الكبريتية وأفعها ومستقبلها.....
٣٩٦	الفصل الخامس : تطور المعمر والحركة النقلية وتلوث الهواء.....
٤٢٩	الفصل السادس : الملوثات الكربونية وقعها وآثارها البيئية الحالية والمستقبلية
٤٦١	الفصل السابع : الملوثات النيتروجينية مصادر ها - تفاعلاتها - مستوياتها
٤٨٥	الفصل الثامن : التلوث بالأوزون في الإطار المحلي والإقليمي.....
٥١١	الفصل التاسع : التغيرات المناخية العالمية المرتقبة ونصيب منطقة الدراسة منها
٥٢٩	 الخاتمة
٥٣٦	 الجداول
٥٨٢	 المصادر والمراجع
٦٠٥	 كشف المصطلحات
٦١٤	 ملخص البحث عربي
٦٢٠	 ملخص البحث إنجليزي

فهرس الاشكال

رقم الصفحة	اسم الشكل	م
٢٢١	التقسيم الإدارى للملكة العربية السعودية	-١
٢٣٢	التكوينات الرملية واتجاه الرياح بالمنطقة الشرقية	-٢
٢٣٥	طبوغرافية منطقة الدراسة	-٣
٢٣٩	معدل التكرارات النسبية لهبوب الرياح الحرجة	-٤
٢٤٤	مدينة الجبيل الصناعية	-٥
٢٥٥	محطات الدراسة فى المنطقة الشرقية المناخية والبيئية	-٦
٢٥٨	خصائص درجة حرارة الهواء فى محطات المنطقة	-٧
٢٦١	خطوط الحرارة المتساوية لمنطقة الدراسة — المتوسط السنوى	-٨
٢٦٣	معدل المدى الحرارى السنوى	-٩
٢٦٥	معدلات درجة القارية والمدى الحرارى بمنطقة الدراسة	-١٠
٢٧٠	الانقلاب الحرارى فى مدينة لندن فى شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢ م	-١١
٢٧٤	ارتفاع مستوى طبقة الاختلاط فى محطات الجبيل خلال عام ١٩٨٥ م	-١٢
٢٨١	خطوط الرطوبة النسبية المتساوية لمنطقة الدراسة — المعدلات السنوية	-١٣
٢٨٤	خصائص الرطوبة النسبية (١٠٠ %) فى محطات المنطقة	-١٤
٢٨٧	معدلات التكرارات النسبية لأيام ذات الرطوبة النسبية (١٠٠ %)	-١٥
٢٨٣	المنحنيات المناخية لمحطات المنطقة	-١٦
٢٩١	معدل أيام الضباب فى محطتى القيصومة والظهران	-١٧
٢٩٣	توزيع المطر فى منطقة الدراسة	-١٨
٢٩٨	الفترات الرطبة بالمنطقة	-١٩
٣٠٠	فاعنية موسم المطر بالمنطقة	-٢٠
٣٠١	كثافة المطر فى محطات المنطقة	-٢١
٣٠٣	الانحراف عن معدل كمية المطر السنوى فى المنطقة	-٢٢
٣٠٤	تكرارية كمية المطر فى المنطقة	-٢٣
٣٠٦	كمية المطر بالمليمترات	-٢٤
٣٠٧	ملاحم المناخ الصحراوى فى المنطقة	-٢٥
٣١١	فاعليات عوامل الجوار فى بيئة المنطقة الشرقية	-٢٦
٣١٢	خصائص سرعة الرياح فى محطات الدراسة	-٢٧
٣٢٢	الظواهر الجوية المصاحبة للتلوث بالغبار الساقط	-٢٨
٣٢٧	المعدلات الشهرية للتلوث بالجسيمات السابحة بمدينة الجبيل	-٢٩
٣٣٠	معدلات التلوث بالجسيمات السابحة فى مدينة الجبيل	-٣٠
٣٣١	رسم تخطيطي مواضع محطات الرصد فى مدينة الجبيل الصناعية	-٣١
٣٣٤	التوزيع النسبى للمعدلات الشهرية للتلوث بالجسيمات السابحة	-٣٢
٣٣٥	أقصى تلوث يومي بالجسيمات السابحة فى مدينة الجبيل	-٣٣
٣٤٤	المناطق الصناعية الحضرية بالملكة العربية السعودية	-٣٤
٣٤٩	المنطقة (المدينة) الصناعية الأولى بالدمام	-٣٥
٣٥١	المنطقة (المدينة) الصناعية الثانية بالدمام	-٣٦
٣٥٤	توطن وتوجيه المناطق الصناعية بالمدينة السعودية	-٣٧
٣٥٦	توزيع حقول البترول فى المنطقة	-٣٨
٣٧٧	معدلات التلوث بالغازات الكبريتية فى مدينة الجبيل	-٣٩
٣٧٨	التوزيع النسبى للمعدلات الشهرية للتلوث بالغازات الكبريتية بمدينة الجبيل	-٤٠

رقم الصفحة	اسم الشكل	م
٣٨١	أقصى تلوث يومي بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل	-٤١
٣٨٣	أقصى تلوث يومي بالغازات الكبريتية وعدد التجاوزات (الجبيل)	-٤٢
٣٨٥	أقصى تلوث يومي بالغازات الكبريتية في منطقة الدراسة	-٤٣
٣٨٧	أقصى تلوث خلال ساعة بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل	-٤٤
٣٩٢	تركيز كبريتيد الهيدروجين بمدينة الجبيل في يوم ٢٢ مايو ١٩٨٢	-٤٥
٣٩٤	أقصى تلوث بالغازات الكبريتية خلال ساعة وعدد التجاوزات (الجبيل)	-٤٦
٤٠٤	البديلات الأربعة للنمو الإقليمي	-٤٧
٤١٠	شبكة الطرق البرية لإمارة الدمام	-٤٨
٤١٣	الكثافة السكانية لمنطقة الدراسة	-٤٩
٤٢٤	التغيرات في عدد السيارات على مدار ساعات اليوم على طريق الدمام — الخبر	-٥٠
٤٣٧	التغيرات المحتملة في درجة حرارة كوكب الأرض خلال الفترة ١٩٥٠ — ١٩٧٩ م	-٥١
٤٤٦	معدلات التلوث بغاز أول أكسيد الكربون بمدينة الجبيل	-٥٢
٤٤٨	التلوث بأول أكسيد الكربون على مدار ساعات اليوم في شهر نوفمبر ١٩٨٦ م	-٥٣
٤٥٠	أقصى تلوث يومي بغاز أول أكسيد الكربون في مدينة الجبيل	-٥٤
٤٥٣	أقصى تلوث بغاز أول أكسيد الكربون خلال ساعة (الجبيل)	-٥٥
٤٥٥	أقصى تلوث خلال ساعة بغاز أول أكسيد الكربون بمدينة الجبيل	-٥٦
٤٥٧	أقصى تلوث خلال ساعة بالهيدروكربونات غير المشبعة في مدينة الجبيل	-٥٧
٤٧٢	معدلات التلوث بالغازات النيتروجينية في مدينة الجبيل	-٥٨
٤٧٧	أقصى تلوث يومي بالغازات النيتروجينية في مدينة الجبيل	-٥٩
٤٧٩	أقصى تلوث خلال ساعة بالغازات النيتروجينية في مدينة الجبيل	-٦٠
٤٩٥	معدلات التلوث بغاز الأوزون في مدينة الجبيل	-٦١
٤٩٨	أقصى تلوث يومي بغاز الأوزون في مدينة الجبيل	-٦٢
٥٠٠	العلاقة بين الأوزون والملوثات النيتروجينية في محطة القاعدة البحرية	-٦٣
٥٠١	أقصى تلوث بالأوزون خلال ساعة وعدد التجاوزات	-٦٤
٥٠٣	أقصى تلوث خلال ساعة بغاز الأوزون في مدينة الجبيل	-٦٥
٥٠٥	التلوث بغاز الأوزون خلال اليوم الثاني والعشرين من شهر إبريل في مدينة الجبيل	-٦٦
	١٩٨١ م	
٥٠٧	التلوث بغاز الأوزون خلال اليوم العاشر من شهر سبتمبر ١٩٨١ في مدينة الجبيل	-٦٧
٥٢٠	التوزيع الجغرافي للتغير المحتمل في درجة الطبقة السطحية للهواء في شهر يوليو	-٦٨
	١٩٨٨ مقارنة بشهر يوليو سنة ١٩٥٨ م	
٥٢٥	التوزيع الجغرافي المحتمل في كمية التساقط (ملليمتر / يومياً على أساس) تضاعف كمية ثاني أكسيد الكربون مستقبلاً	-٦٩

قائمة الجداول

عنوان الجدول

٥٣٦	١- العلاقة بين سرعة الرياح وحركة الرمال في التكوينات الرملية بمنطقة الدراسة.
٥٣٧	٢- محطات رصد المناخ بمنطقة الدراسة.
٥٣٨	٣- محطات الرصد البيئي والمناخ في مدينة الجبيل الصناعية.
٥٤٠	٤- خصائص درجة حرارة الهواء (درجة مئوية) في محطات المنطقة.
٥٤١	٥- الفروق المناخية في المدن مقارنة بالريف.
٥٤٢	٦- العلاقة بين الرطوبة النسبية والتلوث بكل من السخام وثاني أكسيد الكبريت.
٥٤٣	٧- خصائص الرطوبة النسبية (%) في محطات المنطقة.
٥٤٤	٨- خصائص المسطر (مليمتر) في محطات المنطقة.
٥٤٥	٩- تأثير سرعة الرياح على تركيز السخام وثاني أكسيد الكبريت.
٥٤٦	١٠- خصائص سرعة الرياح على تركيز السخام وثاني أكسيد الكبريت.
٥٤٧	١١- أيام العواصف الرملية/ الترابية في مدينة الجبيل الصناعية.
٥٤٨	١٢- ظواهر الجو الترابية (السديم - أتربة مثارة - الدوامات الترابية) في محطة الظهران.
٥٤٩	١٣- مصادر ملوثات الهواء والحدود المسموح بها.
٥٥٠	١٤- تلوث الهواء بالجسيمات السابحة (ميكروجرام/ المتر المكعب).
٥٥١	١٥- مقاييس نوعية الهواء المحيط المنطقة لمدينة الجبيل الصناعية والمقترحة للمملكة العربية السعودية (جزء في البليون).
٥٥٢	١٦- مستويات نوعية الهواء وفق القانون الفيدرالي الأمريكي (جزء في البليون).
٥٥٣	١٧- أنواع النفايات الحالية والمستقبلية من الصناعات المختلفة في مدينة الجبيل الصناعية (طن متري).
٥٥٤	١٨- طرق وأهداف قياس ملوثات الهواء في المملكة العربية السعودية.
٥٥٥	١٩- محطات أرامكو للرصد البيئي.
٥٥٦	٢٠- ملوثات الهواء المنبعثة من مصافي الزيت وفق طاقتها التكريرية بنهاية سنة ١٩٨٧م ٢/٦ كيلوجرام/ يومياً).
٥٥٨	٢١- ملوثات الهواء المنبعثة من مصافي الزيت (جرام/لتر).
٥٥٩	٢٢- المصادر الطبيعية والبشرية لغازات الغلاف الجوي.
٥٦٠	٢٣- تأثير ملوثات الهواء على صحة الإنسان.
٥٦١	٢٤- استبيان خاص بالمشروعات الصناعية في مدينة الجبيل الصناعية وملوثات الهواء المنبعثة.
٥٦٣	٢٥- ملوثات الهواء المنبعثة من الصناعات البتروكيميائية والمعدنية.
٥٦٦	٢٦- المصادر البشرية لانبعاث ملوثات الهواء في مدينة الجبيل الصناعية.
٥٦٧	٢٧- التركيز الطبيعي للغازات الرئيسية في هواء نصف الكرة الشمالي.
٥٦٨	٢٨- الملوثات الكبريتية (جزء في البليون) في منطقة الدراسة.
٥٧٠	٢٩- تطور عدد سكان منطقة الدراسة.
٥٧١	٣٠- الخصائص العمرانية لأهم مدن المنطقة سنة ١٩٨٧م.
٥٧٢	٣١- انبعاث ملوثات الهواء من أنواع السيارات المختلفة.
٥٧٤	٣٢- الخصائص الحالية والمستقبلية للطرق في أهم إمارات المنطقة.
٥٧٥	٣٣- الآثار المناخية لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكبريت.
٥٧٦	٣٤- أهم التفاعلات الكيمووضوئية لتكوين الضبخان.
٥٧٧	٣٥- التلوث بالغازات الكربونية (جزء في المليون).
٥٧٨	٣٦- ملوثات الهواء في بعض المدن بولاية تكساس الأمريكية (جزء في البليون) في عامي ١٩٧٩ و ١٩٨٠م.
٥٧٩	٣٧- التلوث بالغازات النيتروجينية (جزء في البليون).
٥٨٠	٣٨- الآثار الصحية لتلوث الهواء بغاز الأوزون.
٥٨١	٣٩- التلوث بغاز الأوزون (جزء في البليون).



إهداء الغم :

أعتز بالانتساب إليه
أفتخر بالإقتداء به
أعتز بالولاء له
أشتمخ بالذل له
أسعد بذكره

إلى والدي في الذكرى الثانية لرحيله رحمه الله وأسكنه
فسيح جناته .

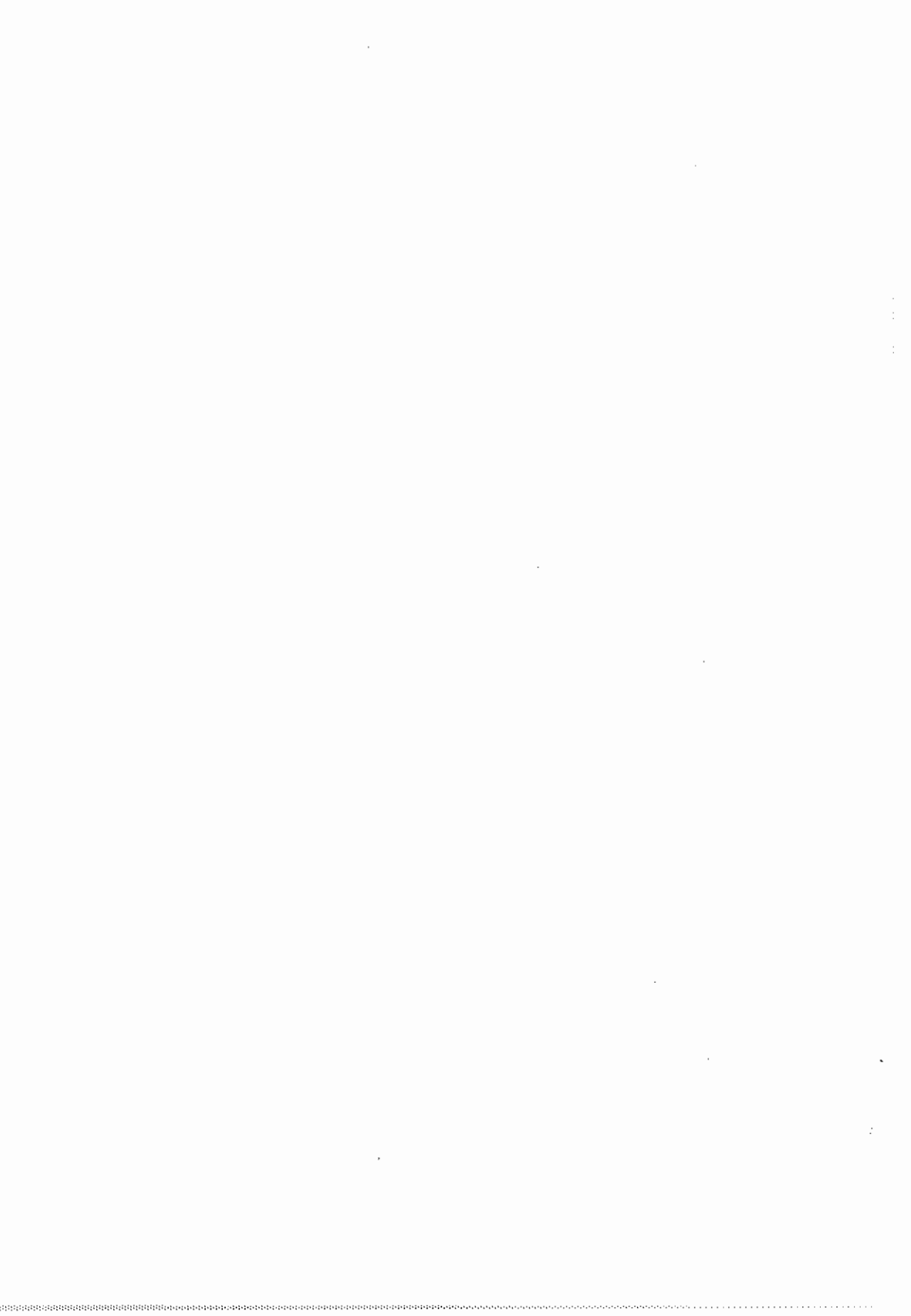
أبتك إيملى

٣ يناير ٢٠٠٢



الباب الأول

دراسة عامة



الفصل الأول

المفاهيم البيئية

تعريف البيئة:

إن البيئة هي كل العناصر الطبيعية والحياتية الموجودة على سطح الكرة الأرضية وما حولها. وبذلك فهي تشمل الهواء بمكوناته الغازية العديدة وكذلك الطاقة ومصادرها ومسارها ومياه المطر والأنهار والبحيرات والمحيطات والتربة وما يعيش عليها من كائنات حية مختلفة كلها تمثل عناصر البيئة، وتتميز هذه المكونات البيئية بترابطها وتداخلها واعتمادها بعضها على بعض. وتضم البيئة عناصر الأرض والهواء والمياه التي يعيش عليها وبها سائر الكائنات الحية. وتشمل عناصر عضوية **Organisms** وأخرى غير عضوية **In organisms** والتفاعل بينهما متبادل ومستمر. وهكذا يمكن القول بأن كلمة البيئة **Environment** ترمز إلى المكان بكافة خصائصه الطبيعية وملامحه البشرية، بينما الأيكولوجيا تعنى العلاقات والتفاعلات فيما بين كافة عناصر ومكونات البيئة.

التعريف الدولي للبيئة:

هو التعريف الذي أقره مؤتمر البيئة في استكهولم سنة ١٩٧٢: "إن البيئة هي مجموعة من النظم الطبيعية والاجتماعية والثقافية التي يعيش فيها الإنسان والكائنات الأخرى، والتي يستمدون منها زادهم، ويؤدون فيها نشاطهم". وهى بذلك تشمل الموارد بالإضافة إلى المنتجات الطبيعية والصناعية التي توفر احتياجات البشرية.

تعريف النظام البيئي **Ecosystem**:

يمثل النظام البيئي المستوى التاسع في مستويات التنظيم في العالم الحي أو الطيف البيولوجي في العالم الحي وذلك على مستوى الكرة الأرضية. ويشمل

النظام البيئي أي نطاق من الطبيعة بكل ما يحتوى عليه من كائنات حية وغير حية متفاعلة مع بعضها مما ينتج عنه إضافة مواد أخرى حية أو غير حية.

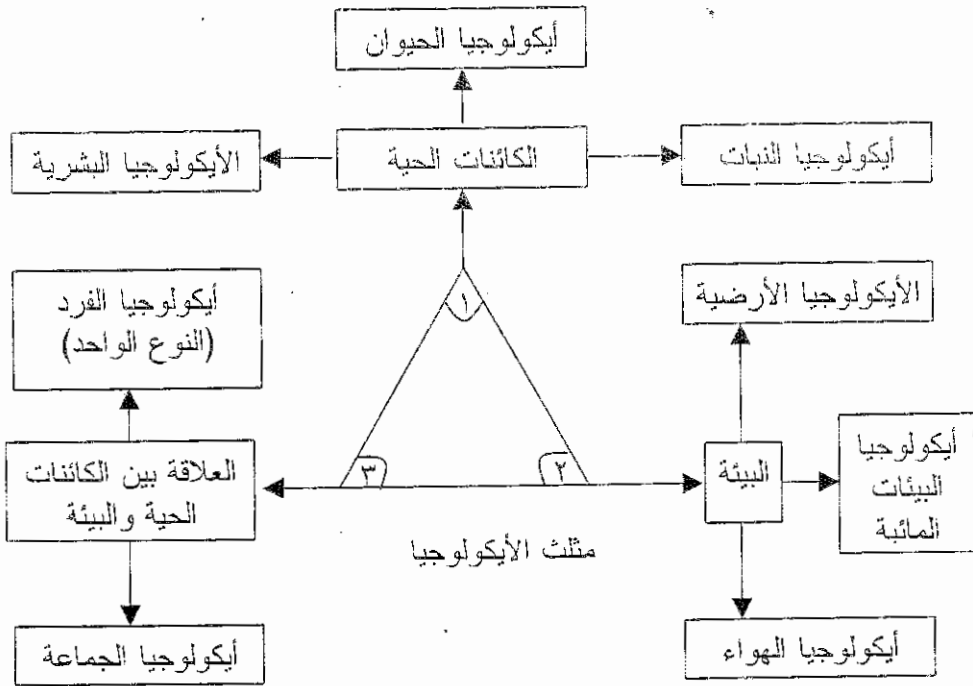
مثلث الأيكولوجيا:

يتألف مثلث الأيكولوجيا من ثلاث زوايا:

- ١- الكائنات الحية: ويقصد بها العوامل البيولوجية التي تشمل:
 - أيكولوجيا النبات **Phyto Ecology** ويقصد بها التفاعل بين المجموعات النباتية الطبيعية وبينها وبين بيئاتها المختلفة.
 - أيكولوجيا الحيوان **Zoo Ecology** ويقصد بها العلاقات بين الفصائل الحيوانية بعضها ببعض من ناحية وعلاقتها ببيئاتها من ناحية أخرى.
 - الأيكولوجيا البشرية **Human Ecology** ويقصد بها دراسة العلاقات المتبادلة والمتداخلة بين الإنسان وبيئاته ومؤثرات التفاعل بينهما.
- ٢- البيئة: وتشمل:
 - الأيكولوجيا اليابسة (الأرضية) **Terrestrial Ecology** وتشمل دراسة الخصائص البيئية المرتبطة بعوامل المناخ والتربة وأشكال السطح. وتضم أيكولوجيا الغابات، أيكولوجيا المراعى وأيكولوجيا الصحارى.
 - أيكولوجيا البيئات المائية **Hydrological Ecology**: وتغطي المياه ٧٢% من سطح الأرض وتشمل:
 - أيكولوجيا المياه العذبة **Limnology** وتشمل مياه الأنهار والرطوبة الجوية ورطوبة التربة والمياه الجوفية والمطر والعديد من البحيرات العذبة والجليد والأنهار الجليدية أي ما يعادل ٢,٧% من حجم البيئة المائية عالمياً.
 - أيكولوجيا الأنهار **Riverine Ecology** وهي تعادل ما نسبته ٠,٠٠٤% فقط من جملة حجم المياه العذبة في العالم.
 - أيكولوجيا الهواء **Aerial Ecology** ويقصد به الغلاف الجوى الذي يحيط إحاطة كاملة بالكرة الأرضية يابسها ومائها.

٣- العلاقة بين الكائنات الحية والبيئة وتشمل:

- أيكولوجيا الفرد (النوع الواحد) وتركز على تتبع العلاقة الأحادية بين أحد الكائنات الحية وبين أحد عناصر البيئة الطبيعية المحيطة به.
- أيكولوجيا الجماعة (المجموعة) وترصد العلاقات والتفاعلات المتبادلة والمداخلات بين مجموعة من الكائنات الحية بعضها مع بعض من ناحية، وبينها وبين بيئتها من ناحية أخرى.



التوازن البيئي :-

هناك توازنًا طبيعيًا في المكونات الأساسية للبيئة ، ويتضح ذلك من

الدورة الطبيعية لبعض العناصر كما يلي :-

١ - دورة الكربون :-

أن عنصر الكربون مهم للكائنات الحية المنتجة ، وتحصل عليه في صورة ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء . كما يوجد الكربون في الصخور الكلسية في صورة كربونات تستفيد منها عند سقوط المطر . هذا ويوجد الكربون

في الطبيعية في شكل ثالث في صورة النفط والفحم ، ولكن الكائنات الحية لا تستفيد منه إلا بعد احتراقه لإنتاج ثاني أكسيد الكربون . وتستفيد النباتات الخضراء من ثاني أكسيد الكربون في أثناء عملية التمثيل الضوئي حيث تحوله من صورته اللاعضوية إلى مركبات عضوية مثل النشا والجلوكوز والسليولوز . وهناك دورة مستمرة من عمليات الهدم والبناء التي تحافظ على توازن الكربون في الطبيعة ، وتسهم مياه المحيطات في استكمال حلقة الدورة وفق المعادلة التالية :

كربونات الكالسيوم + ثاني أكسيد الكربون + ماء = كالسيوم + بيكربونات الكالسيوم
ويحدث هذا التفاعل في حال زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إذ تتحلل الصخور الكلسية (كربونات الكالسيوم) في مياه البحار والمحيطات .
بينما يحدث العكس في حال نقص نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي ، إذ تتدخل هنا المسطحات المائية في تحقيق التوازن في نسبته في حدود ٠.٣% بالنسبة لحجم الهواء .

٢ - دورة الهيدروجين :

إن المصدر الرئيسي للهيدروجين هو الماء إذ أن التركيب الكيميائي للماء هو عنصري الهيدروجين والأكسجين بنسبة ٢ : ١ ، حيث يمتص الماء بواسطة جذور النباتات ثم تتحلل بفعل التركيب الضوئي فتنج الهيدروجين الذي يدخل في تركيب المواد العضوية التي تتغذى عليها الحيوانات . وتحصل الكائنات الحية الحيوانية المائية على الهيدروجين اللازم لها مباشرة من الماء ، ثم يعود الهيدروجين إلى الهواء في صورة بخار الماء الذي يخرج من النبات والحيوان في أثناء عمليتي التنفس والنتج . وتساعد وجود الأنزيمات على دمج الهيدروجين المحرر في الوسط الخلوي مع الأكسجين الناتج من عمليتي التنفس في النبات فيتكون الماء .

٣ - دورة الأكسجين :

تقوم النباتات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي بامتصاص ثاني أكسيد الكربون وتطلق الأكسجين ، وفي نفس الوقت تمتص النباتات الأكسجين مثلها في ذلك مثل الحيوان والإنسان في أثناء عملية التنفس الحيوية . وهناك توازن مستمر في كمية الأكسجين الموجودة في الهواء لأن كمية الأكسجين المستهلكة في التنفس وفي الاحتراق الداخلي للكائنات الحية تعادل كمية الأكسجين التي يطلقها النبات في أثناء التمثيل الضوئي .

٤ - دورة النيتروجين :

النيتروجين هو عنصر أساسي لاستمرار الحياة لكونه يدخل في تركيب سيتوبلازما الخلية الحية . ويستفيد الإنسان من النيتروجين في صورة السبوترونات الحيواني أو النباتي . إذ تمتص النباتات النيتروجين عن طريق أملاح التربة مثل النترات وأملاح الأمونيا وتحولها إلى مركبات نيتروجينية أو بروتينية في أثناء عملية التمثيل الضوئي . ثم تتغذى حيوانات آكلة العشب على هذه النباتات مما تحويه من مركبات نيتروجينية ثم تنتقل إلى الحيوانات آكلة اللحوم حيث يسسرى النيتروجين في الأسجة الحيوانية . ثم تعود ثانية للتربة عن طريق مخلفات الحيوان وتحلل البكتريا والفطريات . وهكذا فإن النيتروجين لا يمتص بصورة مباشرة بواسطة النبات بل لابد

من :

- تثبيت نيتروجين الجو في التربة بواسطة البكتريا المثبتة للنيتروجين .
- بعد موت هذه البكتريا تتحول إلى نترات وأملاح أمونيا .

وجدير بالذكر أن ، جميع الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية تتكون من مجموعة من المواد العضوية التي يدخل في تركيبها الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحديد والكالسيوم والصوديوم والكلوريت . وتوجد هذه العناصر في الطبيعة في صورة عضوية أو في صورة معدنية (لا عضوية) ، مما يساعد على استمرار الدورة الحياتية

الأرضية الكيماوية . ولا يستهلك العنصر الكيماوي في كل دورة ، ولكنه يتحول عاجلا أو آجلا ليرجع إلى حالته الأصلية .

فمثلا ثاني أكسيد الكربون في الجو تمتصه المادة العضوية في أثناء ضوء الشمس من خلال عملية التمثيل الكيميائي والتمثيل الضوئي ، في حين ينطلق من المادة العضوية عن طريق التحلل وإحتراق . وكذلك الحال بالنسبة للنيتروجين الحر في الهواء لا يستطيع النبات امتصاصه مباشرة ، ولكن لابد من امتصاصه بواسطة البكتريا المثبتة للنيتروجين ثم تستهلكه في صورة الأمونيا ، أو تستهلكه في صورة النترات لكي تكون البروتينات . ولكي يتحول من صورته العضوية إلى صورته اللاعضوية لابد من توفر كائنات مجهرية وبكتريا النترة وبكتريا النترة .

المجال الحيوي Biosphere : -

إن أول من استخدم هذا اللفظ هو العالم الجيولوجي الروسي فرنادسكي (١٩٦٣-١٩٤٥) وهذا المجال الحيوي هو النطاق الذي يحوى ويتضمن جميع مظاهر الحياة ، ويمتد إلى ١٧ ألف قدم في الهواء ، و ١٠ آلاف قدم في مياه المحيط ، وبضع أقدام من التربة الصخرية . وهذا المجال الحيوي يمثله في الخارج الطاقة الشمسية ، وفي الداخل استمرار الحياة من نمو الخلايا وموتها .

أما الغلاف الحيوي Biosphere : فهو النطاق الذي يعيش فيه الكائنات الحية ، ويشمل طبقة رقيقة من الكرة الأرضية بما فيها الأرض والبحار والمحيطات والهواء . وتأتى أهمية الغلاف الحيوي في كونه النطاق الذي يعيش فيه جميع الكائنات الحية ، فضلا عن النطاق الأساسي للتغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تصيب الكائنات غير الحية الموجودة في الكرة الأرضية تحت تأثير الأشعة الشمسية .

أهمية الهواء : -

يمتص الإنسان يوميا حوالي ١٥ كيلو جرام من الهواء ، و ٢,٥ كيلو جرام من الماء ، و ١,٥ كيلو جرام من الطعام يوميا . وليس للإنسان خيارا في

الهواء الذي يستنشقه بعكس الحال بالنسبة لخياره الواسع في نوعية المياه التي يشربها . ولذا ينبغي أن تكون لدينا القدرة على استنشاق الهواء فسي أي مكان نذهب إليه ، ومن هنا تأتي خطورة تلوث الهواء لأنه يأخذ صفة العالمية والإنتشار دون أي حدود بشرية أو طبيعية .

التلوث البيئي :

يعرف التلوث البيئي من وجهة نظر علماء البيئة بأنه : " أي تغيير فيزيائي أو كيميائي أو بيولوجي مميز ، ويؤدي إلى تأثير ضار على الهواء أو الماء أو الأرض أو يضر بصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى ، وكذلك يؤدي إلى الإضرار بالعملية الإنتاجية كنتيجة للتأثير على حالة الموارد المتجددة " .

وهناك تعريف آخر يحدد التلوث البيئي في كونه : " كل ما يؤدي بشكل مباشر أو غير مباشر إلى الإضرار بكفاءة العملية الإنتاجية نتيجة للتأثير السلبي والضار على سلامة الوظائف المختلفة لكل الكائنات الحية على الأرض سواء النباتات أو الحيوان أو المياه ، وبالتالي يؤدي إلى ضعف كفاءة الموارد وزيادة تكاليف العناية بها وحمايتها من أضرار التلوث البيئي ، إذ أن التلوث البيئي يؤثر على العملية التبادلية للموارد بشكلها الجماعي للإنتاج في اتجاهين : أولهما أنه يهدد البيئة الطبيعية بالتدهور ، وثانيهما يتمثل في انعكاس تدهور الموارد الطبيعية على البيئة التكنولوجية التي يستخدمها الإنسان في التعامل مع البيئة الطبيعية لإنتاج سلع وخدمات تشبع حاجاته ورغباته " .

ويعرف البنك الدولي التلوث البيئي بأنه : " كل ما يؤدي نتيجة التكنولوجيا المستخدمة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الماء أو الغلاف الأرضي في شكل كمي تؤدي إلى التأثير على نوعية الموارد وعدم ملائمتها وفقدانها خواصها أو تؤثر على استقرار استخدام تلك الموارد " .

تعريف تلوث الهواء :

يمكن تعريف تلوث الهواء بأنه إضافة العديد من الغازات والمواد للغلاف الجوي ويكون لها تأثيرا سلبيا على كافة أشكال الحياة على الأرض . وقد

يكون بعض هذه الملوثات الغازية منها والصلبية ، بعضها سام مثل المركبات الهيدروكربونية ، أو ربما تكون مثل التلوث بالإشعاع الذري Atomic radiation بصورة غير مرئية ولكن تأثيرها قد يقضى على كافة أشكال الحياة على الأرض .

وقد عرف المجلس الأوروبي تلوث الهواء سنة ١٩٦٧ : " تلوث الهواء عندما توجد مادة غريبة أو عندما يحدث تغير هام في النسب المكونة للهواء قد يؤدي إلى نتائج ضارة وكل ما يسبب مضايقات وانزعاجا " .
وينتج تلوث الهواء عن العديد من العمليات الكيميائية والفيزيائية البسيطة والمعقدة سواء فيما يتعلق بالملوثات نفسها أو بينها وبين المواد العالقة بالهواء بصورة طبيعية . هذا ومن المؤكد أن الملوثات بأشكالها وتركيزاتها المختلفة لها تأثيرها الذي يزداد وضوحا عبر السنوات على الناس أو ممتلكاتهم الخاصة أو منشآتهم الحضرية .

وتشمل مصادر تلوث الهواء المصادر المتحركة Mobil Sources ومنها السيارة ، الشاحنات ، الأتوبيسات ، الطائرات ، والمصادر الثابتة Stationary source وتشمل محطات توليد الطاقة الكهربائية والاستعمالات المنزلية وبعض الصناعات .

ويمكن إجمال أهم المسببات التي تتحكم في نوعية الهواء في الجدول

الآلي : --

مببات نوعية الهواء Air Quality Matrix

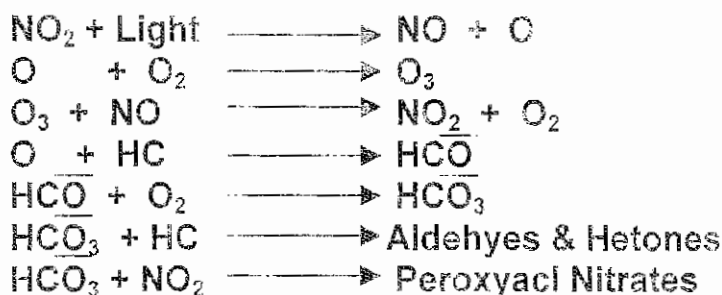
العوامل التقنية Technical	العوامل السياسية الاجتماعية Sociopolitical
١- المصادر	١- الاقتصادية
- المتحركة	- النظام الاقتصادي
- الساكنة (الثابتة)	- المنشآت الاقتصادية
٢- الغلاف الجوي	٢- السياسية
- التفاعل	- القوانين العامة

- الهيئات والمنظمات العامة	- العناصر الجوية
- السياسة العامة	- كيميائية الهواء
٣- الاجتماعية	٣- التأثير
- السكان	- الصحة
- السلوك الاجتماعي	- النبات
- المنظمات الاجتماعية	- المواد
	- الجماليات

ويمكن تقسيم الملوثات إلى ملوثات أولية تنبعث مباشرة من المصادر الثابتة أو المتحركة ، وملوثات ثانوية وهي التي تنتج عن تفاعل كيميوضوئى. وكذلك يمكن تقسيم الملوثات إلى ملوثات ثابتة **Stable** وهي التي تظل كما هي في الغلاف الجوى ولا تدخل في تفاعلات كيميائية ضوئية، وملوثات غير ثابتة **Unstable Pollutants** وهي التي تؤدي إلى إنتاج المزيد من الملوثات الثانوية وتشمل الجزيئات وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وأول أكسيد النيتروجين (NO).

وتتحكم العناصر الميترولوجية في تحديد انتشار الملوثات وسرعتها وتركيزها ودرجة تشتتها والمستوى الأفقي الذي تنتشر فيه إذ يرتبط بسرعة الرياح واتجاهها. وتؤثر كذلك في مستوى انتشارها وتشتتها على المستوى الرأسي إذ تحدد درجة استقرار الهواء ومدى حدوث الانقلاب الحراري **Thermal Inversion** ويقصد به ارتفاع درجة حرارة الهواء كلما ارتفعنا عن سطح الأرض مما يؤدي إلى احتباس ملوثات الهواء قريباً من سطح الأرض في مجال تنفس الإنسان فيزيد تركيزها وترتفع درجة خطورتها على صحة الإنسان والبيئة.

وتحدث العديد من التغيرات الكيميائية في الهواء نتيجة عمليات الأكسدة الكيميوضوئية **Photo Chemical Oxidation** ويتبع ذلك تكوين العديد من المؤكسدات الكيميوضوئية ومن أهمها:



وهكذا تتكون الملوثات الثانوية في الهواء تحت تأثير أشعة الشمس والتفاعلات الكيميائية . وتختلف درجة خطورة ملوثات الهواء وفقا لمدة بقائها في الهواء وما يتبع ذلك من دخولها في العديد من التفاعلات الكيميائية والكيميائية مما يزيد من خطورتها على صحة الإنسان وسلامة البيئة . ويوضح الجدول التالي نصف مدة بقاء ملوثات الهواء في الغلاف الجوي :-

نصف مدة بقاء ملوثات الهواء

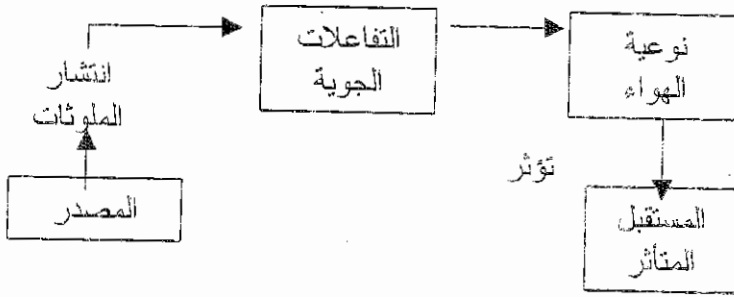
نصف مدة بقاءه في الهواء	الملوثات
٤ أيام	ثاني أكسيد الكبريت SO_2
يومين	كبريتيد الهيدروجين H_2S
أكثر من ثلاثة أيام	أول أكسيد الكربون CO
٥ أيام	أول وثاني أكسيد النيتروجين NO, NO_2
٧ أيام	الأمونيا NH_3
٤ سنوات	N_2O
١٦ سنة	الهيدروكربونات HC
٢-٤ سنوات	ثاني أكسيد الكربون
٣٠-٧ يوم	هباء الرصاص غير العضوي

وهكذا فإن معظم ملوثات الهواء ولحسن الحظ مدة بقائها في الغلاف الجوي قصيرة بدرجة كافية تحول دون تراكمها Accumulation بحيث تحول دون إحداث تغيرا كبيرا في مكونات الهواء النقي . ولذا يعتبر مقياس Half-life (نصف مدة بقاء الملوثات في الهواء) مقياس يحدد درجة الخطورة البيئية للملوثات . ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون هو الغاز الوحيد الذي يظهر تراكم

من سنة إلى أخرى . ولهذا تعتبر المؤكسدات سواء إن كانت هوائية أو بيولوجية هي أداة الإزاحة الأولية Primary Removal Mechanism للغازات العضوية وغير العضوية . وتشمل الغازات العضوية أول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين وكبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت . ومما يذكر أن عملية أكسدة ثاني أكسيد الكبريت تتم ببطء في حال وجود خليط الغازات النقية ، بينما تزيد سرعة أكسدته في وجود الضوء وثاني أكسيد النيتروجين وأكاسيد الفضة والأوزون ، إذ تصبح المحفزات Catalysts لهذا التفاعل .

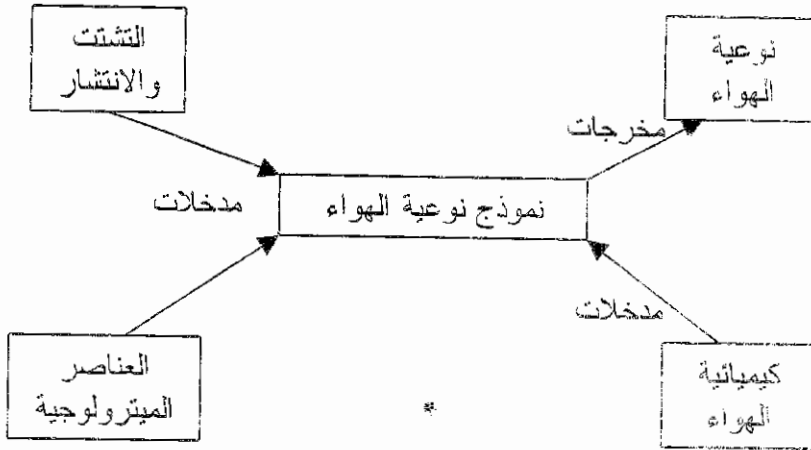
هذا ويمكن إجمال العلاقة بين المدخلات والمخرجات التي تحدد درجة نقاء الهواء أو خطورة ارتفاع تركيز ملوثات الهواء من خلال نموذج نوعية الهواء التالي : _

Air Quality Modeling نموذج نوعية الهواء والعلاقة بين انتشار الملوثات وتأثيرها في نوعية الهواء



الهواء المحيط Ambient Air

المستويات النوعية Quality Standards



هذا ولتوضيح ما تحدثه الملوثات الغازية من تغييرات في المكونات

الطبيعية للهواء . يستعرض الجدول التالي التركيب الطبيعي للهواء النقي : -

المكونات الطبيعية للهواء النقي

الغاز	المجم Ppm	الوزن Mg/m^3	الحجم Ppm	الوزن Mg/m^3
نيتروجين	٧٨٠,٩٠٠	$^{10} \times 8,95$	٧٥٦,٥٠٠	$^{10} \times 8,٦٧$
أكسجين	٢٠٩,٤٠٠	$^{10} \times 2,٧٤$	٢٠٢,٩٠٠	$^{10} \times 2,٦٥$
أرجون	٩,٣٠٠	$^{10} \times 1,٥٢$	٩,٠٠٠	$^{10} \times 1,٤٧$
ثاني أكسيد الكربون	٣١٥	$^{10} \times ٥,٦٧$	٣,٠	$^{10} \times ٥,٤٩$
نيون	١٨	$^{10} \times 1,٤٩$	١٧,٤	$^{10} \times 1,٤٤$
هيليوم	٥,٢	$^{10} \times 8,٥$	٥,٠	$^{10} \times 8,٢٥$
ميثان	١,٢-١,٠	$^{10} \times ٧,٨٧-٦,٥٦$	١,١٦-٠,٩٧	$^{10} \times ٧,٦٣-٦,٣٥$
أكسيد نيتروز	٠,٥	$^{10} \times ٩,٠٠$	٠,٤٩	$^{10} \times 8,٧٣$
هيدروجين	٠,٥	$^{10} \times ٤,١٣$	٠,٤٩	$^{10} \times ٤,٠٠$
أكسينون	٠,٠٨	$^{10} \times ٤,٢٩$	٠,٠٨	$^{10} \times ٤,١٧$
أبخرة عضوية	٠,٠٢		٠,٠٢	

ويمكن من خلال مقارنة التركيب الطبيعي للهواء النقي كما هو في الجدول السابق ، بالتغيرات التي يحدثها انبعاث الغازات الملوثة (الناجمة عن النشاط البشري فقط) في كمية ونسب المكونات الأساسية للهواء في الجدول التالي :

التغيرات في مكونات الهواء

العنصر	الانبعاث على المستوى العالمي بالطن/سنويا		المحتوى في الغلاف الجوى	مدة بقائه في الهواء
	النشاط البشرى	الطبيعي		
ثاني أكسيد الكبريت	$^{10} \times 1٤٦$	-	PPb ٠,٢	٤ أيام
أول أكسيد الكربون	$^{10} \times ٢٢٠$	$^{10} \times ١١$	PPm ٠,١	أقل من ٣ سنوات
أكاسيد النيتروجين	$^{10} \times ٥٣$	$^{10} \times ٥٠٠$	PPb ١,٠	٥ أيام
الهيدروكربونات - الميثان	$^{10} \times ٨٨$	$^{10} \times ٤٨٠$	PPm ١,٥	١٦ سنة

Pam: جزء في المليون

PPb: جزء في البليون

هذا ويوضح الجدول التالي طرق التخلص من ملوثات الهواء بواسطة

الطبيعة .

آليات (عوامل) الإزاحة لبعض ملوثات الهواء

العنصر	آليات الإزاحة
ثاني أكسيد الكبريت SO_2	التساقط سواء بالمطر أو الثلج. الأكسدة في الحالة الغازية أو تكوين الكبريتات في الحالة السائلة. التربة: العمليات الميكروبية والتفاعل الفيزيائي والكيميائي. النبات الطبيعي: الترسيب على سطحه. المحيطات والبحيرات: بالامتصاص.
كبريتيد الهيدروجين H_2S	الأكسدة إلى ثاني أكسيد الكبريت.
الأوزون O_3	التفاعل الكيميائي في النبات الطبيعي والتربة وسطح المحيطات.
أكسيد النيتروز	التربة: الهدم الميكروبيولوجي. المحيطات: الامتصاص. طبقة الاستراتوسفير: العمليات الضوئية.
أول وثاني أكسيد النيتروجين	التربة: التفاعل الكيميائي. النبات الطبيعي: الامتصاص. التفاعلات الكيميائية في حالته السائلة أو الغازية.
الميثان	التربة: النشاط الميكروبي، النبات الطبيعي: التفاعل الكيميائي. التروبوسفير والاستراتوسفير: التفاعل الكيميائي.
الأمونيا	التساقط في صورة مطر أو ثلج. السطح: التفاعل الكيميائي والفيزيائي والامتصاص.
CO	استراتوسفير: التفاعل مع هيدروكسيل.
CO_2	النبات الطبيعي: الامتصاص والتمثيل الضوئي. المحيطات: الامتصاص.
الهيدروكربونات	التفاعل الكيميائي: حيث تتحول إلى جزيئات. النبات الطبيعي: الامتصاص.

الفصل الثاني

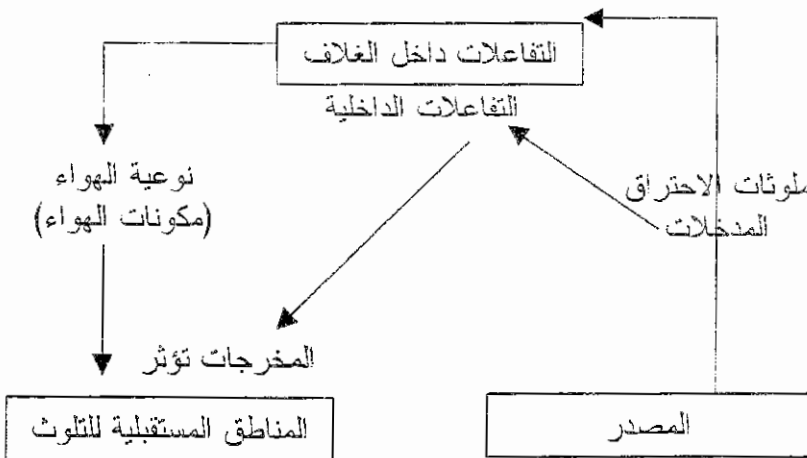
تلوث الهواء في البيئة الحضرية

مقدمة : -

ليس للإنسان خياراً في الهواء الذي يستنشقه بعكس الحال بالنسبة لخياره الواسع في نوعية المياه التي يشربها. ولذا ينبغي أن تكون لدينا القدرة على استنشاق الهواء في أي مكان نذهب إليه، ومن هنا تأتي خطورة تلوث الهواء لأنه يأخذ صفة العالمية والانتشار دون أي حدود بشرية أو طبيعية. وينتج تلوث الهواء عن العديد من العمليات الكيميائية والفيزيائية البسيطة والمعقدة سواء فيما يتعلق بالملوثات نفسها أو بينها وبين المواد العالقة للهواء بصورة طبيعية. هذا ومن المؤكد أن هذه الملوثات بأشكالها وتركيزاتها المختلفة لها تأثيرها الذي يزداد وضوحاً عبر السنوات على الناس أو ممتلكاتهم الخاصة أو منشآتهم الحضرية، إذ تؤثر في خصائص الهواء ومكوناته الطبيعية كما يتضح في الرسم

التالي : -

نموذج نوعية الهواء



وتشمل مصادر تلوث الهواء المصادر المتحركة Mobile Sources ومنها السيارات، الشاحنات، الأتوبيسات، الطائرات. والمصادر الثابتة Stationary Sources وتشمل محطات توليد الطاقة الكهربائية والاستعمالات المنزلية وبعض الصناعات. ويبدأ التلوث بانبعاث الملوثات من مصادرها المختلفة ثم تنقلها الرياح إلى المصادر المتأثرة بها وفقاً لسرعة الرياح واتجاهها. وقد تدخل بعض هذه الملوثات في سلسلة التفاعلات الكيميائية في أثناء عملية النقل بواسطة الرياح وتكون محصلة ذلك هو التأثير فتسى مكونات الهواء (نوعية الهواء).

ويرتبط هذا التأثير بكمية الملوثات التي تحملها الرياح العليا فتنتشر في الهواء الجوي فتتفاعل كيميائياً بجانب تشتتها حتى تصل إلى المناطق المستقبلية Receptors Areas فتؤثر في صحة جميع الكائنات الحية.

هذا ويمكن عرض بعض النماذج التطبيقية عن نوعية الهواء في بعض

المدن :-

أولاً: المدن الأمريكية (الولايات المتحدة الأمريكية) :-

هناك العديد من الدراسات التي تهدف إلى محاولة الكشف عن آثار ونتائج العوامل المؤثرة في خصائص مكونات الهواء بفعل النشاط البشري. ومن أهمها النمو السكاني، النشاط الصناعي، توليد الطاقة، توزيع الريف والحضر، شكل وحجم المناطق السكنية، التغيرات الاجتماعية والاقتصادية، وتأثير جميع هذه العوامل المسببة للتلوث في تغيير وتحديد نوعية الهواء فوق المناطق السكنية وغير السكنية. إذ اتضح وجود العديد من المواد العالقة بالهواء وتشمل الكبريتات، النترات، الكلوريدات، البنزين، الهيدروكربونات، النحاس، الرصاص، الفاناديوم، الزنك وغيرها. وقد تم ذلك من خلال دراسة مستويات التلوث في ٣١ محطة تقع في قلب منطقة سكنية (في قلب المدن) لمدة ١١ سنة (١٩٥٧-١٩٦٧) و ٣٠ محطة في مناطق بعيدة عن الكتلة السكانية لمدة سنة واحدة (١٩٦٦-١٩٦٧). وقد اتضح من نتائج هذه الدراسة ارتفاع معدلات جميع

العناصر السابقة فى المدن أكثر من الريف خاصة تركيزات الحديد والزنك والرصاص. وقد كان أيضاً الفارق كبيراً بين تركيز الفانديوم (V) والنيكل (Ni) بين المدن والريف إذ ارتفع كثيراً فى المدن عن الريف. وقد كان النحاس هو العنصر الوحيد الذى ارتفع فى الريف أكثر من المدن وذلك بسبب كون التربة فى المناطق الريفية تعد مصدراً رئيسياً لمحتوى الهواء من النحاس.

وقد أثبتت هذه الدراسة أيضاً أن عدد سكان المدن له تأثير الواضح فى ارتفاع معدلات انبعاث الرصاص Pb والفانديوم والنيكل ، إذ يرجع انبعاث الرصاص إلى مخلفات الاحتراق فى السيارات بينما يرجع الفانديوم إلى احتراق زيوت الوقود. ويرجع انبعاث النيكل إلى المحركات الآلية مثل السيارات وبعض مناطق توليد الطاقة وكذلك الوقود. ويرتبط ارتفاع معدلات تلوث الهواء بالحديد فى المدن الكبيرة إلى شيوع وضخامة استخدام مادة الحديد فى العديد من الأنشطة البشرية فى المناطق السكنية.

ومما يذكر أن هذه العناصر ترتفع بشكل ملحوظ فى محطات رصد التلوث فى مدن البحيرات العظمى ومدن نيوانجلند الساحلية الشرقية حيث أكبر نطاق صناعي أمريكي بينما تقل بوضوح فى المدن الأمريكية فى نطاق السهول الوسطى حيث يسود النشاط الزراعي.

ومن المؤسف حقاً أن ، قدرة الإنسان على إحداث المزيد من التلوث فى اتجاه مستمر نحو الزيادة نتيجة للنمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة والإفراط فى استخدام وسائل النقل والآلات والمعدات الكهربائية والتدفئة والتبريد مع استخدام وسائل الرفاهية .

وإذا كانت التوقعات تشير إلى أن عدد سكان الولايات الأمريكية سيتضاعف حتى عام ٢٠٢٥ ويقترن ذلك بارتفاع فى مستوى المعيشة، فيمكن التنبؤ بأن استخدام الأمريكيون للطاقة سوف يتضاعف فى الوقت الحاضر كل ١٠ سنوات وسوف يستمر هذا التضاعف لعدة عقود زمنية قادمة. ويعنى ذلك أن قدرة الأمريكي على تلوث البيئة سوف تزيد ما بين ٦-٨ مرات على الأقل. مع

الأخذ في الاعتبار أن هذه الزيادة لا تكون واحدة بالنسبة لجميع الملوثات الغازية. فعلى سبيل المثال، نجد أن أول أكسيد الكربون الناتج عن السيارات لا يمكن التنبؤ بزيادته بنفس المعدلات (٦-٨ مرات) لأن الإنسان لا يستطيع أن يفقد أكثر من سيارة في نفس الوقت مهما ارتفع مستوى الرفاهية والدخل الفردي وإن كان من المتوقع أن تزيد عدد السيارات. أما ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والأكاسيد الهيدروكربونية الميثانية وغير الميثانية والجزيئات العالقة فهي في اتجاه حتمي نحو الزيادة وفقاً للمؤشرات الحالية.

ثانياً بعض المدن السعودية :

تبحث العديد من الدراسات في تلوث الهواء في المملكة العربية السعودية العديد من المشاكل الحالية والمستقبلية المتعلقة بتلوث الهواء. ولعل من أهمها تلك التي تبحث المشاكل البيئية في مدينة جدة السعودية في ضوء العلاقة بين تلوث الهواء والخصائص المينرولوجية ومصادر انبعاث الملوثات. وتقع مدينة جدة على ساحل البحر الأحمر وتحاط بالتلل الرملية Sandy Hills والكثبان الرملية Sand Dunes والصحراء Desert. وسكانها حوالي ١,٤ مليون نسمة يعيشون على مساحة ١٣٨ كيلو متراً مربعاً في وسط المدينة. وقد قفزت عدد السيارات من أقل من ٣٠,٠٠٠ سيارة إلى ٧٥٠,٠٠٠ سيارة خلال ١٠ سنوات فقط ١٩٧٣-١٩٨٣ وقد تبع ذلك إلى انبعاث كمية كبيرة من عوادم السيارات. وتسهم الخصائص المينرولوجية للمدينة من ارتفاع في الرطوبة الجوية وارتفاع درجة حرارة الهواء ونُدرة المطر وانخفاض سرعة الرياح السائدة ونشاط ظهيرة نسيم البر والبحر (الرياح اليومية) في تلوث هواء المدينة وتكون الدخان الكيميوضوئي Photochemical Smog أي الضبخان. ويزيد من سرعة تكون الضبخان هبوب الرياح الرملية في أثناء هبوب رياح السموم خلال شهور الربيع. ونظراً لقلة المطر إذ أن معدل المطر السنوي ٥٠ ملليمترًا يسقط في ٧ أيام فقط (أي كثافة المطر مرتفعة وتتركز في فترة قصيرة) وغالباً ما تكون هذه الكمية في

أواخر الخريف وبدايات فصل الشتاء فيحول ذلك دون إزاحة ملوثات الهواء بفعل عنصر المطر.

وتعانى مدينة جدة من التساقط الغبارى Dust Precipitation بسبب ارتفاع محتوى الهواء من الجزيئات العالقة كبيرة الحجم مما يؤدي إلى ترسيبها فى صورة الغبار الساقط Dust Fall وهى عبارة عن جزيئات غير قابلة للاستنشاق ولا يستطيع الهواء حملها لفترات طويلة فيرسبها (حينما تنخفض سرعة الرياح خاصة فى فترات السكون) فوق المدينة فى صورة تساقط غبارى. وهناك ثلاث نطاقات رئيسية يرتفع فيها التساقط الغبارى:

- ١- الجنوب الشرقى من مصنع الأسمنت الذى يقع شمال جدة إذ يبلغ المعدل السنوى للغبار المتساقط حوالى ٦,٤٥ جرام/م^٢/شهرياً.
- ٢- وسط المدينة (مركز المدينة التجارى) حيث يزيد عدد السيارات ويبلغ معدل التساقط الغبارى ٢٠ جرام/م^٢/شهرياً. وهكذا يزيد معدل التساقط الغبارى ثلاث مرات عن مثيله فى جنوب شرق المدينة الذى يعتبر كخلفية للوسط التجارى.

وهكذا يصبح قلب مدينة جدة شديد التلوث Heavily Polluted وفق مؤشر بنسلفانيا للغبار المتساقط. ويحدد دليل بنسلفانيا للغبار المتساقط Guidelines For Dust Fall ١٤-٣٥ جرام/م^٢/شهرياً بأنه تساقط غبار كثيف . وهكذا ترتفع معدلات التلوث بالغبار الساقط فى وسط مدينة جدة عن مثيله فى إنجلترا، بل وأكثر من ذلك أن أعلى كمية غبار متساقط فى أكبر المدن الأمريكية لا يزيد عن ١٠,٨ جرام/م^٢/شهرياً.

- ١-النطاق الثالث فى جدة ويمثل المنطقة الصناعية فى جنوب جدة ويبلغ معدل التساقط الغبارى ١٨,٣ جرام/م^٢/شهرياً وهى أعلى أيضاً من المدن الأمريكية. ويرجع ارتفاع التلوث بالغبار فى هذا النطاق الثالث إلى موقع هذا النطاق فى منصرف التى تنقل الملوثات من مصافى تكرير الزيت والمصانع المحلية ، فضلاً عن الأتربة المنتشرة فى النطاق الصحراوى المجاور.

هذا ومما يذكر أن معدلات تساقط الغبار تختلف في معدلاتها داخل الكتلة السكنية نفسها وفقاً لعدد السكان وموقعها من النطاق الصحراوي ومواقع المصانع وغيرها. إذ ترتفع معدلات الترسيب الغباري في الجزء الجنوبي من المدينة لتتراوح ما بين ١٢,٧-٢٢,١ جرام/م^٢/شهرياً، بينما تتراوح في المنطقة الشمالية ما بين ١٠,٨-١٣,١ جرام/م^٢/شهرياً أي أن معدل التساقط في شمال جدة يعادل نصف كمية الغبار المتساقط في مركز مدينة جدة. وينخفض كثيراً معدل تساقط الغبار على أطراف المناطق السكنية ليستراوح بين ٧,٥-١٠,٥ جرام/م^٢/شهرياً. وتعتبر هذه الكمية معتدلة وفق مؤشر بنسلفانيا حيث يحدد الكمية المتوسطة أو المعتدلة بأنها تتراوح بين ٧-١٤ جرام/م^٢/شهرياً. ولكنها مرتفعة عند مقارنتها بمدن الدول الغربية كما حددها العالم Oregon فوق المناطق السكنية والتجارية إذ تبلغ ٥,٣ جرام/م^٢/شهرياً.

ومما يذكر أن جدة تعاني في ذات الوقت من ارتفاع معدلات التلوث بالجزيئات العالقة Suspended Particulat التي قد يستنشقها الإنسان إذ بلغت مثلاً في يوم ٢٦ أبريل سنة ١٩٨٢ إلى ٣٠٠٠ ميكرو جرام/م^٣ في أثناء هبوب عاصفة رملية.

ويعتبر هذا التركيز مرتفع جداً إذ أنه يزيد مرتين عن أعلى تركيز تم تسجيله في المدن الأمريكية خلال الفترة ١٩٥٦-١٩٦٤ وقد بلغ ١٧٠٦ ميكرو جرام/م^٣.

وفي دراسة حول التلوث من وسائل النقل في مدينة الرياض السعودية اتضح أن إجمالي الانبعاث السنوي من وسائل النقل في السعودية سنة ١٩٨٤ ١٦,٠٠٠ طن/السنة، وفي مدينة الرياض بلغ ١٢٥,٠٠٠ طن/السنة أي ما يعادل ٣٠% من إجمالي الانبعاث في المملكة سنة ١٩٨٤.

ومما يذكر أن وسائل في السعودية قد زادت خلال الفترة ما بين ١٩٧٣-١٩٨٣ بنسبة زيادة وصلت إلى ٨٤٣% تقابلها زيادة في كمية الملوثات تصل إلى ٢٠% تضاف سنوياً إلى الغلاف الجوي. وتعتبر وسائل النقل مسئولة

عن ٩٧% من إجمالي هذه الملوثات التي تضاف سنوياً إلى الغلاف الجوى فى السعودية.

هذا ويمكن إيجاز أهم مصادر التلوث الناتج عن وسائل النقل فى :-

(أ) مركبات الرصاص: يصل متوسط تركيز الرصاص داخل مدينة الرياض فى موقعين ٥,٥ ميكرو جرام/م^٣ وهذه التركيزات تعكس كثافة الحركة المرورية داخل المدينة. وتنخفض هذه التركيزات خارج المدينة على بعد ٢٥ كيلومتراً إلى ٠,٣١ ميكرو جرام/م^٣. ويضاف إلى التلوث بالرصاص من وسائل النقل فى نفس الدراسة سنة ١٩٨٤ أنبعاث :

(ب) الهيدروكربونات HC ١٥,٠٠٠ طن سنة ١٩٨٤.

(ج) أول أكسيد الكربون CO ٩٠,٠٠٠ طن سنة ١٩٨٤.

(د) أكاسيد النيتروجين NOx ١٩,٠٠٠ طن سنة ١٩٨٤.

ومما يذكر أن متوسط تركيز Co ارتفع خلال ساعة إلى ٤٣ Ppm

بينما انخفض فى ضواحي المدينة إلى ٢ Ppm.

هذا وينبعث من محطات توليد الطاقة الكهربائية فى مدينة الرياض ١٥,٠٠٠ مليون طن سنوياً من Co، بالإضافة إلى ٥٠% من إجمالي كمية SO₂ المنبعثة إلى الغلاف الجوى. ومما يذكر أن محطات توليد الطاقة الكهربائية التى تبلغ طاقتها الإنتاجية ٧٥٠ ميجاوات ينبعث منها ٩٠٠٠ باوند من أكاسيد النيتروجين فى الساعة الواحدة. ومما يذكر أيضاً أن حرق زيوت الوقود Fuel Oil الذى يحتوى على ما نسبته ٣,٥% منه كبريت، فإنه ينبعث منه ٢٠٠٠ Ppm (جزء فى المليون) من أكاسيد الكبريت نتيجة عملية الاحتراق.

وينبعث ثانى أكسيد الكبريت SO₂ من مصافى تكرير الزيت (البترول) فى الرياض وقد انعكس ذلك على كون أقصى تركيز SO₂ خلال ساعة بلغ فى الرياض ٢٠,٩ Ppm، ولمدة ٢٤ ساعة بلغ ٢,٥ Ppm والتركيز السنوى بلغ ٠,٤٠١ Ppm جزء فى المليون. ومما يذكر أن المستويات المسموح بها فى السعودية هى ٠,١٤ Ppm خلال ٢٤ ساعة و ٠,٠٣ Ppm الحد الأقصى للتركيز السنوى.

يضاف إلى ذلك التلوث بالرصاص الناتج عن استخدام البنزين حيث يضاف سنوياً ١٨١٥ طن/سنوياً إلى الهواء في مدينة الرياض.

ويؤدى مصنع أسمنت العريضة في مدينة الرياض إلى ارتفاع المتوسط الشهري لتركيز الغبار ليصل إلى ٨٤ طن/كيلومتر المربع . وقد بلغ فى ذات الدراسة الحد الأقصى الشهري لتركيز الغبار ١٩٦ طن/كيلومتر المربع على بعد ٣ كيلومتر جنوب مصنع الأسمنت.

ويمكن أجمال مستويات التلوث في مدينة الرياض وفق هذه الدراسة

في الجدول التالي :

مستويات التلوث في مدينة الرياض السعودية مارس سنة ١٩٧٧

TSP Ug/M ³	PPm Co		PPm O ₃		PPm So ₂		المنطقة من المدينة
	المتوسط	الأقصى	المتوسط	الأقصى	المتوسط	الأقصى	
-	٤٠	٢	٠,١٤	٠,٠٢٥	٠,٠٣	٠,٠١	الشمالية
٨٧٠	٥٠	١٢	٠,١٤	٠,٠١٥	٠,٠٨	٠,٠٣	وسط المدينة
٩٦٧	٣٥	١٥	٠,٠٢٥	٠,٠٢	٠,٠٦	٠,٠٢٥	الجنوبية

أما التلوث بالغبار الساقط Dust Fall (وهو الجزيئات التى يزيد قطرها عن ١٠ ميكرون) وتصل كمية الغبار الساقط فوق المناطق السكنية بمدينة الرياض ٧٧ طن/كم^٢/شهر . ويصل فى المنطقة الصناعية حول مصنع الأسمنت ٣٠٠ طن/كم^٢/شهر بينما الحد المسموح به ٩ طن/كم^٢/شهر ، فى حين يصل بالقرب من مصنع الأسمنت فى مدينة جدة لكمية تتراوح بين ١٠٠-١٥٠ طن/كم^٢/السنة.

أما التلوث بالجزيئات السابحة العالقة:

ويقصد بالجزيئات العالقة Suspended Particles الجزيئات التى يتراوح قطرها بين ٠,١-١٠ ميكرون وتكمن خطورتها أنها تظل معلقة بالهواء لفترات طويلة وترسب ببطء.

وتصل كميتها في مدينة الرياض حوالى ٩٦٠ ميكروجرام/م^٣ فسوق المناطق السكنية وتتراوح ما بين ٢٠٠٠-٣٠٠٠ ميكروجرام/م^٣ فوق المناطق الصناعية، والحد المسموح به عالمياً ٥٠٠ ميكروجرام/م^٣.

ويمكن مقارنة هذه المستويات للتلوث ببعض المدن والمناطق الأوروبية إذ يسقط ٧٨ طناً من الدخان سنوياً على مدينة لندن، ويسقط ٣٨ طناً/كم^٢ من الدخان سنوياً على مدينة بروكسيل، وفي المناطق السكنية في إنجلترا تتراوح نسبة الغبار الساقط ما بين ٥٠٠-٢٠٠٠ طن/السنة/١٠٠٠ كم^٢.

ثالثاً بعض المدن المصرية :-

تتعدد الدراسات التي تهتم ببحث تلوث الهواء في المدن المصرية ، ولعل من أهمها ما يرتبط بمدينة القاهرة الكبرى . وقد أتضح من رصد تلوث الهواء في هذه المدينة أنه :-

١- يصل معدل الأتربة المتساقطة في بعض أشهر السنة إلى ٣٦٢ طن/ميل^٢ ويعادل ذلك ٢٤ مرة الحد الأقصى المسموح به دولياً.

٢- يصل معدل الأتربة العالقة ١٨٨٨ مليون جزئ/م^٣/الهواء أى يزيد حوالى ٣٠ مرة عن الحد الأقصى المسموح به دولياً.

وقد أوضحت الدراسات ارتفاع مستويات تلوث الهواء في مدينة القاهرة ، ويمكن إيجازها في الجدول التالي :-

مستويات تلوث الهواء في مدينة القاهرة

المنوئات	النسبة في هواء القاهرة	النسبة المسموح بها عالمياً
الأتربة العالقة بالهواء	٢٥٠-٥٢٣ ميكروجرام/م ^٣	٧٥ ميكروجرام/م ^٣
الأتربة الساقطة فوق شبرا الخيمة	١٥٠ طن/ميل ^٢ /شهرياً	١٥ طن/ميل ^٢ /شهرياً
شبار الأسمت/حلوان	٤٧٨ طن/ميل ^٢ /شهرياً	١٥ طن/ميل ^٢ /شهرياً
الأتربة العالقة/حلوان	١٨٨٨ ميكروجرام/م ^٣	٧٥ ميكروجرام/م ^٣
تلوث بالرصاص	١٥ ميكروجرام/م ^٣	٨,٥ ميكروجرام/م ^٣

مصادر التلوث في مدينة القاهرة:

١- وسائل النقل: يبلغ عدد السيارات في مدينة القاهرة ١,١٣٧,٥٥٥ سيارة وتزيد بمعدل ٣٤% سنوياً. وهو عدد كبير خاصة عند العلم بأن كل ١٠٠٠ سيارة ينبعث منها:

- ٣٢٠٠ كيلوجرام من أول أكسيد الكربون.
- ٣٥٠ كيلوجرام من بخار البنزين.
- ١٠٠٠ كيلوجرام من أكاسيد النيتروجين.

هذا بالإضافة إلى كون وسائل النقل مسئولة عن ٦٠% من أسباب الضوضاء في مدينة القاهرة.

٢- الصناعة: تعتبر الصناعات مسئولة عن ارتفاع درجة التلوث بالأتربة المنساقطة والأتربة العالقة في هواء مدينة القاهرة. ومن أهم هذه الصناعات في حلوان التي تضم وحدها ١٧ صناعة منها صناعة الأسمنت والسيارات والحديد والصلب والكوك والكيماويات والأسمدة والصناعات المعدنية وغيرها.

ويبلغ معدل تساقط هذه الأتربة في حلوان ٣٠٤ جرام/م^٢/شهرياً وقد كان منذ عقدين تقريباً لا يتجاوز ٤٣ جرام/م^٢/شهرياً. ويبلغ تركيز الجزيئات العالقة بالهواء في حلوان حوالي ٩٤٦ ميكروجرام/م^٣ هواء/كمتوسط سنوياً. في حين أن النسبة المسموح بها عالمياً ٧٥ ميكروجرام/م^٣ وعندها يبدأ الخطر على صحة الإنسان وسلامة البيئة. أي أنها تجاوزت مستوى الخطر بـ ١٢ ضعفاً.

وبلغ تركيز الدخان حول مصانع حلوان أيضاً ٥٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغ تركيز ثاني أكسيد الكبريت ١٤ ميكروجرام/م^٣ سنة ١٩٩٠ كمتوسط عام، وقد بلغ مقدار الفاقد من الأسمنت المتطاير يومياً في منطقة حلوان ٢٠٠ طن يومياً

بنسبة ٥,٥% من جملة الطاقة الإنتاجية للمصانع. ويؤدي ذلك إلى سحب ٢٠% من الأشعة فوق البنفسجية مما يصيب أطفال حلوان بالكساح ولين العظام. وتدخل رئة ساكني حلوان حوالي نصف كيلو جرام من الملوثات سنوياً ومن بينها مادة السليكا التي تصيب الإنسان بمرض التآكل الرئوي. كما تدخل الجزيئات العالقة (مصدرها صناعات الأسمنت) الجهاز التنفسي فتصيب السكان بنزلات شديدة حادة وحساسية صدرية والربو المزمن واحتقان الرئة.

تلوث هواء المدن:

يختلف هواء المدن في خصائصه عن هواء الريف لكون هواء المدن كثيراً من مكوناته الأساسية وأضيف إليه العديد من الملوثات الغازية مثل غاز الأمونيا NH_3 وكبريتيد الهيدروجين H_2S والأوزون O_3 بالإضافة إلى الجسيمات الصلبة السابحة في الهواء التي تتضمن عناصر الألومنيوم، الكربون، الفضة، النحاس، الحديد وغيرها. ويؤدي اتحاد ثالث أكسيد الكبريت SO_3 مع بخار الماء (الرطوبة الجوية) H_2O إلى تكوين حمض الكبريتيك H_2SO_4 مما يتبعه تكون حمض ضباب المدن Urban Fog. كما يتحد الكبريتيك مع غاز الأمونيا ويتبع ذلك تكون سلفات الأمونيا $(NH_4)_2SO_4$ وهي عبارة عن غبار صلب Solid Dust. ويعد زيادة مكونات الرصاص Pb والفانديوم V من أخطر الملوثات على صحة الإنسان ويرجع مصدرها الأساسي إلى الانبعاث من السيارات.

وتعاني بعض مدن العالم من ارتفاع درجة تركيز الأتربة والدخان في الهواء مثل أغلب مدن وسط أفريقيا والجزيرة العربية وجنوب آسيا وشمال غوب الهند وغرب باكستان والصين والبرازيل. ويغلب على هذه المدن انتشار الضباب الأزرق والدخان الناتج عن الحرق الزراعي، والضباب البني الناتج عن المنساجم المعدنية. وتعاني بشكل دائم من وجود السحب الترابية Dust Cloud. ويرجع هذا التراب البني في تكوينه أساساً إلى مواد طبيعية مثل الصلصال والطين بأحجام صغيرة ودقيقة جداً. أما الأتربة الزرقاء فتُرجع إلى مخلفات زراعة التحريق.

وتشير الدراسات الحديثة إلى الزيادة الملموسة في درجة تركيز الأتربة ومن أمثلة ذلك ارتفاع درجة تركيزها فوق مدينة واشنطن فيما بين ١٩٠٥-١٩٦٤ حيث كان تركيزها ٥٧% وبلغت هذه النسبة ٨٨% فيما بين ١٩٢٠-١٩٥٨ م.

وقد قدر التلوث السنوي الناتج عن ثاني أكسيد الكبريت SO_2 سنة ١٩٦٥ بأنه يبلغ حوالي 10×147 طن/سنوياً. ويرجع ٧٠% من هذه الكمية إلى احتراق الفحم، و١٦% إلى احتراق منتجات ومشتقات البترول خاصة زيت الوقود. وتقدر كمية الكبريت المضافة إلى الغلاف السنوي بنحو 10×220 طن/سنوياً.

أما كمية ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 فتقدر بحوالي $10 \times 52,9$ طن/سنوياً. ومن أهم مصادر التلوث بثاني أكسيد النيتروجين احتراق الفحم - واحتراق الزيوت وتكرير البترول.

ويعتبر أول أكسيد الكربون CO من أخطر الغازات الملوثة للهواء لكونه غاز سام وسريع الانتشار ومصدره عوادم السيارات وعمليات احتراق الفحم والغلايات وبعض العمليات الصناعية. وتقدر نسبة CO التي تنطلق سنوياً إلى الغلاف الجوي بحوالي 10×257 طن. وتتركز ٩٥% منها في نصف الكرة الشمالي حيث تقع أغلب الصناعات الثقيلة والمدن الصناعية الكبرى، فضلاً عن ارتفاع مستوى المعيشة وارتفاع معدلات استخدام السيارات الخاصة في التنقلات الداخلية. وترتفع درجة تركيز هذا الغاز السام فوق المدن لتتراوح فيما بين ٥٠-١٠٠ جزء في المليون. ويبلغ تركيزه العام في نصف الكرة الشمالي على نحو التقريب ٢٠ جزء في المليون بينما ينخفض إلى ٠,٠٦ جزء في المليون في نصف الكرة الجنوبي.

ويصل المعدل السنوي لكمية الغبار المضافة سنوياً إلى هواء مدينة بتسميرج الصناعية في الولايات المتحدة الأمريكية إلى ٦١٠ طن/غبار/ميل^٣/سنوياً. وتبلغ هذه الكمية في شهور الصيف ١,٥ طن/ميل^٣/يوم، وفي

شهور الشتاء تصل لأكثر من ٢,٢٥ طن/ميل^٢/يوم. ومما يذكر أن نسبة الكربون في هذا الغبار تعادل ٥%. يوضح الجدول التالي تركيز بعض الملوثات الغازية من خلال قياسات لـ ١٠ مدن أوروبية وأمريكية.

مدى تركيز الملوثات الغازية في هواء المدن

الغاز	التركيز جزء في المليون	الكمية الحرجة الضارة بصحة الإنسان ملجرام/م ^٣
ثاني أكسيد الكربون CO ₂	٣٠-١٠	١٠٠
أول أكسيد الكربون CO	٤٠٠-٥٠	
ثاني أكسيد الكبريت SO ₂	٢-٠,١	٣
أكاسيد النيتروجين NO _x	٦-١	٢٥

هذا ويؤثر تلوث هواء المدن في خصائصها المناخية إذ يؤدي ارتفاع التلوث بالغبار والأتربة فوق المدن إلى فقدان المدن ما نسبته تتراوح بين ١٠%-٢٠% من جملة الإشعاع الشمسي أو فترات شروق الشمس مقارنة بالريف. وينعكس ذلك أيضاً على درجة الإضاءة في المدن التي تقل بصفة عامة عن المناطق الريفية. وقد أثبت ذلك العالم Fedorov سنة ١٩٥٨ في مدينة أوكرانيا الروسية إذ أثبت أن كمية الضوء الشمسي الذي يصل إلى أوكرانيا في شهر يونية يقل عن الريف بمقدار ٥% وترتفع نسبة النقص هذه لتصل إلى ١٣% خلال شهر ديسمبر.

ويتبع تلوث هواء المدن بعض التأثيرات السلبية لملوثات الهواء التي قد تفقدنا إحساسنا بخطورتها مثل العمليات الكهربائية في الغلاف الجوي. إذ يوجد في الغلاف الجوي عدد من الأيونات الصغيرة ذات إشارات واضحة ويبلغ عددها حوالي عدة مئات/السنتيمتر المكعب وهذه الأيونات ذات توصيل عالي للكهرباء. وتعاني المدن من كون هذه الأيونات (الأجسام الصغيرة) مدة بقائها محدودة. وتتحد بعض هذه الأيونات مع الهباء الجوي Aerosol فتصبح أيونات كبيرة. ولهذا يقل عدد الأيونات الصغيرة في هواء المدن الكبيرة التي يرتفع فيها

معدل التلوث بالهباء الجوى حيث تقل بنسبة تتراوح بين ٥٠-٧٥% عن عددها فى هواء الريف. ومما يذكر أن، هذه الأيونات الكبيرة فى هواء المدن يزيد ارتفاعها بمقدار حوالى ١٠ مرات فوق المناطق الحضرية الملوثة. وينعكس ذلك على نقص التوصيل الكهربى كلما زاد عددها. ويصل عدد هذه الأيونات الكبيرة فوق المدن خلال شهور الشتاء حوالى ٢٠٠ فولت/متر وينخفض صيفاً إلى ٤٠-٧٠ فولت/متر بينما يتراوح عددها فوق الريف إلى حوالى ٤٠-٧٠ فولت/متر شتاءً.

وقد أمكن تسجيل مستويات التلوث بثانى أكسيد الكبريت So_2 فى الغلاف الجوى فى نطاق المجال الجوى للطائرات فيما بين دائرتى عرض ٥٧°-٧° درجة شمالاً خلال سنة ١٩٧٥، وقد كان توزيعه على النحو التالى:

النطاق	الهواء الجوى (pptv)	التروبوسفير (pptv)
نصف الكرة الشمالى	٨٩	١٢٢
نصف الكرة الجنوبى	٥٧	٩٠
يابس القارات	١١٢	١٦٠
المحيطات	٥٤	٨٥

ويتضح مما سبق أن تركيز So_2 فى المناطق القارية أعلى من هوامش المحيط الأطلنطى. وتنخفض درجة تركيز So_2 بمعدل حوالى ٨٠ pptv (جزء/الترليون/حجم (Parts Per Trillion by Volume) كلما بعدنا عن المناطق القارية (يابس القارات). ونلاحظ ارتفاع تركيزه فى النصف الشمالى عن النصف الجنوبى. ويحتوى الغلاف الجوى على العديد من الملوثات الأولية (التي تدخل فى تفاعلات كيميائية مع مكونات الهواء فتنتج مزيداً من الملوثات) Primary Pollutants سواء إن كان مصدرها طبيعى أو ناتجة عن النشاط البشرى، هذا بالإضافة إلى الملوثات الثانوية Secondary Pollutants التي لا تتكون أو تنبعث بصورة مباشرة من الطبيعة ولكنها ترجع إلى مجموعات من التفاعلات الكيميائية

والكيميووضوئية Photochemical Reactions لملوثات أولية أخرى. وتجدر الإشارة هنا، إلى أن غازات الكبريت ترجع أو تنبعث فى أغلبها من مصادر بشرية يغلب عليها غاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2 وحينئذ يدخل SO_2 فى سلسلة من التفاعلات الكيميائية إذ يتأكسد فى عدة صور منها (هبياتيسات كبريتية Sulfate Aerosols)، وهذه الهبياتيات الكبريتية (جسيمات تحتوى على جزيئات من الكبريت المؤكسد) أكثر سمية من ثانى أكسيد الكبريت لأن قطر حبيباتها يقل عن ميكرومتر واحد (μm) ولذلك فهي تخترق بعمق الجهاز التنفسى Respiratory Tract أى أنها قابلة للاستنشاق Inhalable.

ملوثات الهواء وأهم مصادر انبعاثها :-

تتعدد ملوثات الهواء فيما بين ملوثات غازية وأخرى صلبة ، كما تتنوع مصادر انبعاث كل منها ، وكذلك تفاعلاتها الكيميائية ، فضلا عن درجة خطورتها البيئية ، ويمكن دراسة هذه المتغيرات على النحو التالي :-

١- الغازات الكبريتية :-

ينبعث الكبريت ومركباته المختلفة من احتراق الوقود والعمليات الصناعية ووسائل النقل وتحلل النفايات وغيرها ، ويوضح الجدول التالى أهم مصادر انبعاثه على سبيل المثال فى الولايات المتحدة الأمريكية ١٩٧٥ .

انبعاث أكاسيد الكبريت فى الولايات المتحدة الأمريكية

من المصادر المختلفة سنة ١٩٧٥

المصدر	الكمية طن متري/سنوياً	نسبته %
احتراق الوقود	٢٣,٠٧٣,٢٨٠	٧٨
العمليات الصناعية	٥,٩٦٦,٥١١	٢٠
النقل	٥٥,٣٦٧	صفر
النفايات الصلبة المتراكمة	٦٤٧,٤٩٦	٢
أخرى	٢	صفر
المجموع	٢٩,٧٤٢,٦٥٦	%١٠٠

٢ - غاز أول أكسيد الكربون (Carbon Monoxide (Co):

ينتج ٩٠% من غاز Co عالمياً من عملية الأكسدة لغاز الميثان الناتج عن احتراق الوقود العضوي. ويعتبر النشاط البشري مسئولاً عن ٩٠% من إجمالي كمية Co المنبعثة إلى الغلاف الجوي بسبب انبعاثه من وسائل النقل المختلفة ولذا يرتفع تركيزه في المدن الصناعية الكبرى.

٣ - غازات أكاسيد النيتروجين (Nitrogen Oxides (Nox):

ينبعث ٦٠% من No_x من المصادر الطبيعية Natural Sources مثل احتراق الغابات، الإضاءة، البرق، أكسدة الأمونيا. وترجع (٤٠%) الباقية إلى المصادر البشرية مثل وسائل المواصلات البرية والجوية واحتراق الوقود وتكرير الزيت ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وغيرها. وقد أجمعت منظمة الصحة العالمية أهم مصادر انبعاث هذه الملوثات على النحو التالي :-

كمية ملوثات الهواء المنبعثة سنوياً (مليون طن/سنوياً)

عن منظمة الصحة العالمية

المصدر	ثاني أكسيد الكربون	أكاسيد الكبريت	أكاسيد النيتروجين	هيدروكربونات	الجزيئات	المجموع
النقل	٦٧,٣	٠,٣	٧,٠	١٢,٧	٠,٧	٠,٨٨
الأخرى	٣,٩	٠,١	١,٠	١,١	٠,٥	٦,٦
المجموع	٧١,٢	٠,٤	٨,٠	١٣,٨	١,٢	٩٤,٦
احتراق الوقود						
الطاقة النباتية	٠,١	١٤,٠	٣,٥	كمية ضئيلة	٢,٣	١٩,٩
الصناعة	٠,٣	٥,٥	٣,١	٠,١	٣,٠	١٢,٠
الغابات	١,٣	١,٨	٠,٥	٠,٦	٠,٤	٤,٦
الأخرى	٠,٢	٠,٧	٠,٤	كمية ضئيلة	٠,٣	١,٦
المجموع	١,٩	٢٢,٠	٧,٥	٠,٧	٦,٠	٣٨,١
العمليات	٧,٨	٧,٢	٠,٢	٣,٥	٥,٩	٢٤,٦
التفاريق الصلبة	٤,٥	٠,١	٠,٧	١,٤	١,٢	٧,٩
مصادر متنوعة	١,٢	٠,٦	٠,٢	٤,٢	٠,٤	٦,٦
الإجمالي	٨٦,٦	٣٠,٣	١٦,٦	٢٣,٦	١٤,٦	١٧٢,٨

ويتضح من ذلك الجدول أن ثانى أكسيد الكربون هو أكثر الغازات انبعاثاً إلى الغلاف الجوى وينطلق أغلبه من عمليات الاحتراق الداخلى فى وسائل النقل خاصة السيارات . أما أكاسيد الكبريت فترجع إلى احتراق الوقود العضوي والصناعة.

أما الصناعة فتعتبر المصدر الأساسى لانبعاث أكاسيد النيتروجين. أما الاحتراق الداخلى لسلالات فهى المسئول الرئيسى فى انبعاث المواد الهيدروكربونية، والجزيئات يرجع انبعاثها فى المقام الأول من الصناعة. نماذج تطبيقية لملوثات الهواء فى بعض المدن السعودية (جدة - الرياض - الظهران - الجبيل - ينبع) :

١ - أول أكسيد الكربون:

قد تم قياس أقصى تركيز لـ Co بالقرب من الطرق المتجهة إلى مدينتى جدة والرياض حيث ترتفع الكثافة المرورية. وقد وصل هذا التركيز إلى ٥٠ جزء فى المليون وهو أعلى من الحدود القصوى المسموح بها عالمياً خلال ساعة واحدة فى الولايات المتحدة الأمريكية وهى ٣٥ جزء فى المليون . وقد بلغت أيضاً ٢٠ جزء فى المليون لمدة ٣ ساعات فى جدة والرياض.

٢ - ثانى أكسيد الكبريت:

ترتفع تركيزاته بنسبة حوالى ٢٠% عن المعدل السنوى الذى حددته منظمة الصحة العالمية وهو ٠,٠٢٣ جزء فى المليون. وقد بلغت التركيزات القصوى فى مدينة صفوة (جنوب الجبيل على الخليج العربى) تعادل ٣ مرات هذا المستوى العالمى وذلك بسبب مصافى تكرير الزيت فى رأس تنورة.

٣ - الجزيئات العالقة:

بلغ تركيزها ١٨٤ ميكروجرام/المتر المكعب فى مدينة الظهران و ٩٣٥ ميكروجرام/المتر المكعب فى مدينة جدة. وهذه التركيزات تعادل الحد الأقصى للمستوى المسموح به فى الولايات المتحدة الأمريكية خلال ٢٤ ساعة.

ويوضح الجدول التالي معدلات التلوث بثاني أكسيد الكبريت في مدينة ينبع السعودية على ساحل البحر الأحمر وحيث تقع مصافي تكرير البترول ومصانع الكبريت.

الحدود القصوى		المنطقة الصناعية		المنطقة السكنية	
خلال ساعة	٢٤ ساعة	خلال ساعة	٢٤ ساعة	خلال ساعة	٢٤ ساعة
٥٤٠	٤٠٠	٨٠٠	٢٥٠	٥٠٠	
٨٢٠					
٧٢٧					

وحدة القياس ميكروجرام/م^٣

٨٢٠ أقصى تركيز تم رصده في مدينة ينبع في المنطقة الصناعية الرئيسية واستمر لمدة ساعة وكان بسبب الانبعاث من مصانع حمض الكبريتيك الذي نقلته الرياح الشمالية الغربية بسرعة خفيفة.

٧٢٧ حدث هذا التركيز بسبب الانبعاث من مصانع حمض الكبريتيك.

٥٤٠ حدث هذا التركيز بسبب الانبعاث من مصافي تكرير الزيت ومصانع حمض الكبريتيك ومصنع الأسمنت في ظل رياح من غرب الشمال الغربي وسرعتها خفيفة.

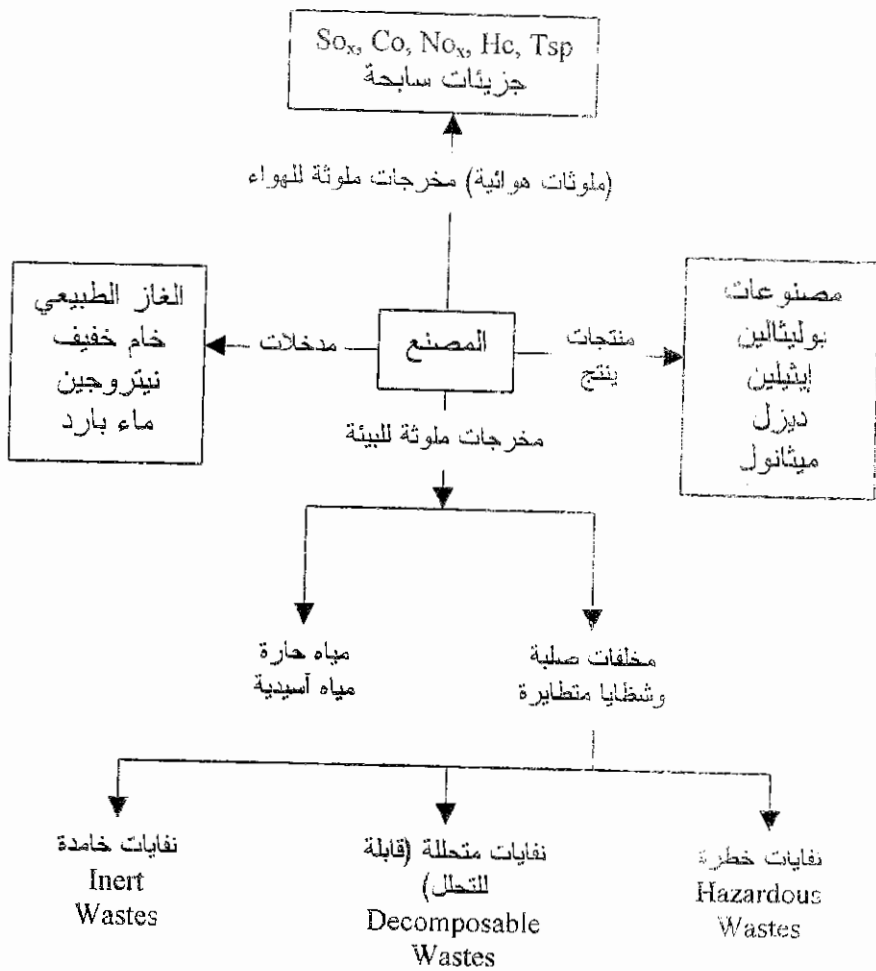
التلوث بالجزيئات العالقة Particulates في مدينة ينبع

التركيزات القصوى		المنطقة الصناعية		المنطقة السكنية	
خلال ساعة	في منطقة الصناعات الأساسية	١ ساعة	٢٤ ساعة	١ ساعة	٢٤ ساعة
٣٢٢	٥٠٠	٣٤٠	٣٠٠	٢٠٠	
٣٢٠					
٢٥٨					

وهذه القياسات تم رصدها على بعد ١٠ كيلومتر من المنطقة الصناعية الرئيسية في مدينة ينبع السعودية. وترجع التركيزات القصوى (٣٢٢ و ٣٢٠ و ٢٥٨) ميكروجرام/م^٣ في ٩٨% منها إلى الانبعاث من مصنع الأسمنت.

هذا ويسهم التركيز الصناعي على ساحل الخليج العربي في تلوث الهواء في المدن السعودية إذ تؤدي (ببلغ معدل النمو السكاني في السعودية ٣% سنوياً) الصناعات البتروكيميائية إلى ارتفاع تلوث الهواء بالفلورين، أكاسيد الكبريت، أكاسيد الحديد، و الهيدروكربونات. وينتج عن الصناعات البتروكيميائية خاصة تلك التي تعتمد على الغاز الطبيعي الذي يرتفع محتواه من الكبريت إذ تعد من أهم مصادر انبعاث ثنائي أكسيد الكبريت. وقد انعكس ذلك على مستويات التلوث بـ SO_2 في المدن السعودية الخليجية مثل الدمام والظهران والخبر حيث تستقبل ٢ مليون طن سنوياً من SO_2 ويعادل ذلك ما نسبته ٧٣% من إجمالي التلوث بهذا الغاز في منطقة الخليج العربي بأسرها.

وينتج عن المصانع التي تعتمد على الغاز الطبيعي انبعاث كمية من ملوثات الهواء مثل أكاسيد الكبريت والجزيئات وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والمواد الهيدروكربونية هذا فضلاً عن الملوثات غير الغازية مثل المياه الصناعية الحارة والمياه الآسدية الحارة فضلاً عن النفايات ويتضح ذلك من النموذج التالي:



هذا ويمكن أجمال الملوثات الناتجة عن مصافي التكرير في الجدول التالي:

الملوثات المنبعثة من مصافي تكرير الزيت

المصادر المحتملة	الملوث
الغلايات، عمليات التسخين، وحدات التكسير، وحدات المعالجة، اشتعال كبريتيد الهيدروجين.	كبريتيد الهيدروجين
قنوات التخزين، نفايات المياه، الأتابيب، أبراج التبريد، هبوب الهواء، عمليات التسخين، الغلايات، العزل.	الهيدروكربونات
عمليات التسخين، الغلايات، التكسير، التوهج.	أكاسيد النيتروجين
التكسير، الغلايات، عمليات التسخين.	الجسيمات (الجزينات)
وحدات المعاملة، النفايات.	الروائح
التكسير.	أول أكسيد الكربون

وجدير بالذكر أن كمية الهيدروكربونات المنبعثة من مصافي تكرير الزيت تمثل نسبة تتراوح ما بين ٥-١٠% من إجمالي كميتها المنبعثة إلى الغلاف الجوي.

هذا ويعتبر ثاني أكسيد الكبريت أهم الغازات المنبعثة من مصافي تكرير الزيت وإن كان ذلك يتوقف على محتوى الزيت من الكبريت ويبلغ في متوسطة على مستوى حقول الزيت السعودية حوالي ٣% من وزن الزيت الخام هو عنصر الكبريت.

ويستعرض الجدول التالي كمية الملوثات الغازية المنبعثة من مصافي الزيت وفقاً للعمليات الإنتاجية في حال استخدام وسائل مكافحة التلوث من عدمه :

كمية المواد المنبعثة من مصافي الزيت الخام جرام/لتر

العملية	So ₂	No ₂	Co	Hcls	الجزينات
١- الغلايات	١٩,٢	٨,٠	ضئيل	٠,٤	٢,٤
٢- عمليا التكسير					
(أ) بدون وسائل تحكم	١,٤	٠,٢	٣٩,٢	٠,٦	٠,٧
(ب) بوسائل تحكم	١,٤	٠,٢	ضئيل	٠,٦	٠,١٣
٢- التكسير المانع					
(أ) بدون وسائل تحكم	ضئيل	ضئيل	ضئيل	ضئيل	١,٥
(ب) بوسائل تحكم	ضئيل	ضئيل	ضئيل	ضئيل	٠,٠٢

ويمكن تناول أهم مصادر تلوث الهواء بالتفصيل على النحو التالي : -

- ١ - المنافع ،
- ٢ - احتراق الوقود ،
- ٣ - النشاط الصناعي ،
- ٤ - وسائل النقل ،
- ٥ - حرق النفايات ،

١- المنافع Utilities:

ويقصد بها استخدام الأساليب الحديثة للرفاهية مثل التوسع في استهلاك الطاقة الكهربائية بغرض التدفئة والتبريد والإضاءة والأجهزة الكهربائية فعلى سبيل المثال، فإن مصنع يعتمد على الطاقة البخارية لإنتاج الكهرباء بطاقة ٢٠٠٠ ميغاوات، فإنه يحرق مليون كيلو جرام/ساعة من الفحم وينتج عن ذلك انبعاث ٤% من وزن الفحم المحروق رماد الفحم Ash Coal و يترسب تبعاً لذلك كمية تصل إلى ٤٠,٠٠٠ كيلو جرام/ساعة من الرماد الفحمي. وقد تستخدم بعض وسائل التحكم في كمية الرماد الفحمي المنبعث من المداخن وإن كان جزء منها ينبعث مع الغازات الأخرى الناتجة عن حرق الفحم. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه لو أمكن حجب ٥٠% من الرماد المنبعث بإعادته إلى المدخنة ثم أمكن في أحسن الأحوال السيطرة على ما نسبته ٩٩% منها، فإنه وفي مثل هذه الظروف المشالية، ينبعث حوالي ٢٠٠ كيلو جرام/ساعة من الرماد إلى الغلاف الجوي. هذا بالإضافة إلى ٣٤١,٠٠٠ كيلو جرام/ساعة ثاني أكسيد الكبريت/يومياً، و ١٨٥,٠٠٠ كيلو جرام/ساعة أكاسيد النيتروجين/يومياً.

٢- احتراق الوقود:

يستخدم حرق (الاحتراق) Combustion بشكل واسع لتحويل الطاقة الكيميائية للوقود إلى طاقة حرارية Thermal Energy ومن أمثلتها حرق الوقود الحفري، والأفران المنزلية ومحركات وسائل النقل.

وينتج عن أبسط صور الاحتراق ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وهي في جملتها غير ملوثة للهواء. ولكن تأتي خطورة الاحتراق من انطلاق مواد أخرى هي ملوثات الهواء مثل Co و SO_2 و NO_x والدخان والمعادن وأكاسيدها، أملاح المعادن، الألدهايدز والأحماض والهيدروكربونات.

وتعتبر عمليات الاحتراق في محركات وسائل النقل مسئولة عن ١% من كمية Co في الغلاف الجوي وهي كمية كبيرة لا يمكن تجاهلها في بحث مشكلات التلوث. هذا وعند حرق الوقود في صورته السائلة مثل زيت الوقود Fuel Oil، فإن جزءاً كبيراً يتبخر في صورة غازات قبل أن تبدأ عملية الاحتراق نفسها وذلك بسبب الحرارة الخارجية التي تؤدي إلى تجزئة الوقود إلى غازات تتبخر كل منها وفقاً لدرجة غليانه. ويوضح الجدول التالي العلاقة بين درجة حرارة احتراق الوقود وبين التغيرات التي تطرأ على كمية الملوثات المنبعثة :-

العلاقة بين درجة حرارة الاحتراق وكمية انبعاث الملوثات

المنوث	درجة الحرارة	كمية الانبعاث
أكاسيد النيتروجين	مرتفعة	زيادة
أكاسيد الكبريت	لاتؤثر	كمية ثابتة مرتفعة بصفة عامة
الجزينات أول أكسيد الكربون، الهيدروكربونات	مرتفعة	انخفاض
الدخان	مرتفعة	انخفاض

٣ - النشاط الصناعي :

يعتبر النشاط الصناعي من أكثر الأنشطة البشرية المسؤولة عن تلوث الهواء خاصة الغازات الكبريتية والنيتروجينية كما يتضح ذلك على سبيل المثال في الجدول التالي :-

المعدل السنوي لانبعاث ملوثات الهواء بمنطقة الشعبة الصناعية بالكويت

المعدل السنوي لانبعاث طن/سنوياً	الملوث
٩٨٠١٧	ثاني أكسيد الكبريت
٣٩٧٢٨	أكاسيد النيتروجين
٧١١٧٤	المواد الهيدروكربونية
٦٨٨٦٤	أول أكسيد الكربون
٧٣,٢٦	الأمونيا

وتتنوع ملوثات الهواء باختلاف الوقود والمواد الخام وحجم الإنتاج ومدى استخدام وسائل مكافحة التلوث وغيرها . ويمكن عرض أهم الصناعات على النحو التالي :-

أ - صناعة الأحماض Acid Manufacture :

تستخدم الأحماض كمواد خام في العديد من العمليات الصناعية الحديثة خاصة حمض الكبريتيك الذي يعد واحداً من أكثر الأحماض الكيميائية غير العضوية استخداماً في الصناعة. وينبعث من مصانع حمض الكبريتيك العديد من الملوثات إلى الغلاف الجوي وتتضمن ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك والأيروسول الرطب (رذاذ الأيروسول Aerosol Mists).

ب- الأسمدة الفوسفاتية:

يتم معالجة بعض الأسمدة الفوسفاتية بإضافة حمض الكبريتيك لإنتاج أسمدة فوسفات Super Phosphate Fertilize ، ينتج مثلاً من ١٠٠ مصنع أسمدة سوبر فوسفات في الولايات الأمريكية حوالي بليون كيلو جرام منها سنوياً ويتبع ذلك انبعاث الفلوريد الذي يضر كثيراً بالمراعى بالإضافة إلى انبعاث الجزيئات وثاني أكسيد الكبريت ودقائق الأمونيا Ammonia Particulat.

ج - الصناعات الكيميائية غير العضوية:

الصناعة	ملوثات الهواء
أكسيد الكالسيوم (الجير)	غبار جيرى
كربونات الصوديوم (رماد الصودا)	أمونيا - غبار رماد الصودا
هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية)	أمونيا - غبار كاوى ورذاذ
نترات الأمونيوم	أكاسيد النيتروجين
كلورين	غاز الكلورين
برومين	غاز البرومين

د - الصناعات البتروكيميائية:

تنتج جميع مشتقات البترول من الزيت الخام Crude Oil وينشأ التلوث بداية من استخراج الزيت من الحقل ونقله إلى المصفاة Refinery حيث تنبعث الروائح وبعض المواد الهيدروكربونية وكميات قليلة من غازات الكبريت. وقد يمتد تأثير هذا الانبعاث إلى بعض المناطق البعيدة نسبياً عن حقول الزيت نفسها ولكن تأثيرها يكون أوضح على العاملين فى هذه المصانع التى غالباً ما تستخدم أسلوب التصنيع المغلق للحد قدر الإمكان من انبعاث الملوثات والروائح.

هـ - صناعة الألومنيوم:

تعتبر صناعة الألومنيوم من أهم مصادر تلوث الهواء بالفلوريد ويؤدى انبعاث الفلوريد إلى إحداث خسائر جسيمة بالنبات الطبيعى وبالتالي حيوانات المراعى.

و - صناعة الحجر والطفل:

تؤدى الصناعات الحجرية إلى انبعاث الجزيئات إلى الهواء فى جميع المراحل الإنتاجية. وهذه الجزيئات تشمل الغبار المعدني Mineral Dusts فى أحجام تؤذى اللسان. ولذا فإن هناك محاولات مستمرة للحد من انبعاث الغبار حفاظاً على صحة العاملين. و يؤدى مثلاً مصنع أسمنت العزيزية فى مدينة الرياض إلى ارتفاع المتوسط الشهري لتركيز الغبار ليصل إلى ٨٤ طن/كيلومتر المربع ٠ وقد

بلغ في ذات الدراسة الحد الأقصى الشهري لتركيز الغبار ١٩٦ طن/كيلومتر المربع على بعد ٣ كيلومتر جنوب مصنع الأسمنت.

أما الغبار الماقط Dust Fall (وهو الجزيئات التي يزيد قطرها عن ١٠ ميكرون) وتصل كميته فوق المناطق السكنية بمدينة الرياض ٧٧ طن/كم^٢/شهر ، ويصل في المنطقة الصناعية حول مصنع الأسمنت ٣٠٠ طن/كم^٢/شهر بينما الحد المسموح به ٩ طن/كم^٢/شهر . ويصل بالقرب من مصنع الأسمنت في مدينة جدة لكمية تتراوح بين ١٠٠-١٥٠ طن/كم^٢/السنة. ومما يذكر أن احتراق البنزين مسئول عن ما نسبته ٩٤,٨% من إجمالي كمية الرصاص المنبعثة إلى الغلاف الجوي في حين أن الصناعة تسهم فقط بنسبة ٢% من إجمالي الرصاص في الغلاف الجوي.

ويوضح الجدول التالي مساهمة مصادر التلوث في انبعاث أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين ، إذ ترتفع مساهمة وسائل النقل في كل منها لتصل إلى ٦٣% لأول و ٤٢% للثاني .

مصادر الانبعاث لبعض الغازات على المستوى العالمي

الغاز	المصدر	النسبة
Co	وسائل النقل Traffic	٦٣%
	الصناعة Industry	١١%
	حرق النفايات Burning of Refuse	٨%
	(التدفئة) التسخين Heating	٢%
	مصادر أخرى Others	١٦%
No _x	محركات وسائل النقل	٤٢%
	محطات الطاقة الحرارية	٢٣%
	الحرائق المنزلية	٤%
	الصناعة	٢٤%

٤ - وسائل النقل :

تعتبر وسائل النقل مسئولة عن ٦٠% من ملوثات الهواء بينما الصناعة مسئولة عن ٢٠% ويرجع ذلك إلى وقود السيارات سواء البنزين أو الغاز أو الديزل كلها عبارة عن مواد هيدروكربونية وعند احتراقها غير الكامل تنبعث كمية كبيرة من غازات العوادم ومن أهمها أول أكسيد الكربون بالإضافة إلى أول أكسيد النيتروجين الذى يتأكسد فى الهواء مكوناً ثانى أكسيد النيتروجين الذى يؤثر سلباً على صحة الإنسان عند تركيز يتراوح بين ١-١٠ Ppm (جزء فى المليون). وينبعث أيضاً من عوادم السيارات ثانى أكسيد الكبريت الذى يذوب فى الرطوبة الجوية مكوناً حمض الكبريتيك.

وعند احتراق ١٠٠٠ لتر من البنزين فى وسائل النقل ينبعث ١,٨ كيلو جرام من ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء، هذا بالإضافة إلى انبعاث الغازات الهيدروكربونية التى تحتوى فى أبسط صورها على غاز الميثان، وفى أعقد تركيباتها على البنزوبيرين والتولوين والزيلين. وتعتبر السيارات مسئولة عن ٢٠% من البنزوبيرين المسرطنة (تصيب بالسرطان) الموجود فى الهواء.

ويعتبر الرصاص من أخطر ملوثات الهواء التى تنبعث من وسائل النقل بسبب محتوى البنزين من الرصاص ، ولذا اضطرت العديد من الدول إلى خفض كمية الرصاص فى البنزين نظراً لخطورته البيئية. فقد اتجهت هيئة حماية البيئة الأمريكية إلى خفض كمية الرصاص فى البنزين إلى ٠,٤٥ جرام/لتر سنة ١٩٧٣ و ٠,١٣ جرام/لتر سنة ١٩٨٥ و ٠,٠١ جرام/لتر سنة ١٩٨٨.

وفى أوروبا الغربية انخفض إلى ٠,١٥ جرام/لتر سنة ١٩٩٠. ويحتوى البنزين فى السعودية على ٠,٨٤ جرام/لتر من الرصاص وهى نسبة مرتفعة خاصة مع زيادة عدد المركبات من ٢٢٨,٤٨١ سنة ١٩٧٣ إلى ٢,١٥٤,٩٠٥ سنة ١٩٨٣. وقد تبع ذلك ارتفاع تركيز الرصاص فى الهواء ليتجاوز الحدود المسموح بها عالمياً. ومما يذكر أن احتراق البنزين مسئول عن

ما نسبته ٩٤,٨% من إجمالي كمية الرصاص المنبعثة إلى الغلاف الجوي في حين أن الصناعة تسهم فقط بنسبة ٢% من إجمالي الرصاص في الغلاف الجوي. هذا وتختلف كمية انبعاث العوادم ، المركبات الهيدروكربونية ، وأول أكسيد الكربون ، وأول أكسيد النيتروجين من السيارات باختلاف سرعة السيارة وحركتها وتوقفها كما يتضح من الجدول التالي :-

اختلاف كمية ملوثات الهواء باختلاف حركة السيارة

الحالة	كمية العوادم	مركبات Hc	نسبة Co	تركيز No
الماتور دائر والسيارة واقفة	٨-٦ قدم ^٣ /الدقيقة	١٠٠٠-٥٠٠ Ppm	٦-٤%	٥٠-١٠ PPb
تتحرك السيارة بسرعة مختلفة	٣٥-٣٠ قدم ^٣ /الدقيقة	٥٠٠-٥٠ Ppm	٦-١% صفـر	٤٠٠٠-١٠٠٠ Ppm
تتحرك بسرعة منتظمة ٦٠ كم/ساعة	٣٥-١٥ قدم ^٣ /الدقيقة	٣٠٠٠-٢٠٠٠ Ppm	٤-١%	٣٠٠٠-١٠٠ Ppm
عند الضغط على الفرامل فجأة	٨-٦ قدم ^٣ /الدقيقة	٤٠٠٠-١,٢٠٠,٠٠٠ Ppm		

وتسهم السيارات بنسبة مرتفعة من إجمالي الغازات الملوثة للهواء على المستوى العالمي ، ومثال لذلك دولة الكويت كما يتضح في الجدول التالي :

نسبة ملوثات عوادم السيارات من إجمالي تلوث الهواء بالكويت

نسبة المنبعث من السيارات	نسبته من إجمالي التلوث سنة ١٩٨٥
أول أكسيد الكربون	٩٥,٩%
المواد الهيدروكربونية	٧٦,٢%
أكاسيد النيتروجين	٢٥,٩%
ثاني أكسيد الكبريت	٠,١٢%

وتتضح خطورة أول أكسيد الكربون المنبعث عن السيارات حينما يتجاوز متوسط تركيزها للحدود الآمنة والمقترحة في المناطق السكنية كما يتضح في الجدول التالي :-

ملوثات الهواء في محطة المنصورة الكويتية بسبب السيارات سنة ١٩٨٥

المستوى المقترح في المناطق السكنية الكويتية PPm	متوسط تركيزه PPm	الملوث
٨	١,٢٠	أول أكسيد الكربون
	٠,٠١٥	الأوزون
	٠,٠٧١	أكاسيد النيتروجين
	٠,٤١	أول أكسيد النيتروجين
	٠,٠٣١	ثاني أكسيد النيتروجين
٠,٢٤	٢,٥٨	الهيدرو كربونات (غير الميثانية)
	١,٧٨٠	الميثان

ويرتفع أيضا مستوى التلوث في وسط مدينة الرياض السعودية نتيجة لارتفاع كثافة الحركة المرورية لوسائل النقل المختلفة كما يتضح في الجدول التالي :

مستويات التلوث في مدينة الرياض السعودية مارس سنة ١٩٧٧

TSP Mg/M	PPm Co		PPm O		PPm So		المنطقة من المدينة
	الأقصى	المتوسط	الأقصى	المتوسط	الأقصى	المتوسط	
-	٤٠	٢	٠,١٤	٠,٠٢٥	٠,٠٣	٠,٠١	الشمالية
٨٧٠	٥٠	١٢	٠,١٤	٠,٠١٥	٠,٠٨	٠,٠٣	وسط المدينة
٩٦٧	٣٥	١٥	٠,٠٢٥	٠,٠٢	٠,٠٦	٠,٠٢٥	الجنوبية

هذا ويعرض الجدول التالي أهم مصادر تلوث الهواء ، ويبين ارتفاع نسبة مساهمة السيارات لتمثل ٦٠ % من إجمالي مصادر التلوث .

ملوثات الهواء بسبب المصادر المختلفة

المنطقة من المدينة	نسبة انبعاثه من السيارات	نسبة انبعاثه من المصادر الأخرى %
هيدرو كربونات	٤٤	٥٦
أول أكسيد الكربون	٧٥	٢٥
أكاسيد النيتروجين	٥١	٤٩
أكاسيد الكبريت	٣	٩٧
الجزئيات العالقة والغبار	٣,٥	٩٦,٥
إجمالي تلوث الهواء	٦٠	٤٠

هذا وتختلف درجة خطورة الملوثات الغازية على صحة الإنسان ،
ويتضح ذلك من الجدول التالي الذي يوضح الحدود الآمنة لكل منها : --
الحدود المسموح بها عالمياً لمُلوثات الهواء

الغاز	حد الأمان المسموح به
أول أكسيد الكربون	٣٥ جزء في المليون/ساعة
كربو هيدرات	٠,٢٤ جزء في المليون/٣ ساعات
أكاسيد النيتروجين	٠,٠٥ جزء في المليون/سنة
ثاني أكسيد الكبريت	٠,٠٧٥ ملليجرام/م ^٣ /السنة

هذا وتختلف كمية الملوثات المنبعثة من وسائل النقل المختلفة باختلاف
نوع الوقود المستخدم كما يتضح من الجدول التالي : -

التلوث الناتج عن سيارات الديزل والبنزين

الملوث	سيارات البنزين جرام/لتر	سيارات الديزل جرام/لتر
أول أكسيد الكربون	٢٤٩,٠٠	٢٩,٥
هيدرو كربونات	٩,٦٢	١,٨٠
أكاسيد النيتروجين	٩,٨٥	٧,٢٠
ثاني أكسيد الكبريت	٠,٣٧	٤,١٥
رصاص	٠,٣٧	-
سناج	٠,٣٧	١,٩٠

وتسهم أيضا وسائل النقل الجوي بنسب مرتفعة من ملوثات الهواء
خاصة غاز أول أكسيد الكربون كما يتضح في الجدول التالي : -

الملوثات الناتجة عن إقلاع وهبوط طائرة نفاثة مدنية من نوع جامبو

كمية الملوثات كيلو جرام	الملوث
٢٠,٧	هيدروكربونات
٨٤,٧	أول أكسيد الكربون
٥٣,٨	أكاسيد النيتروجين

٥ - حرق النفايات :

ينتج عن التخلص من النفايات بأنواعها انبعاث العديد من الغازات الملوثة للهواء

خاصة غازات الكلور وثاني أكسيد الكبريت كما يتضح في الجدول التالي :

كمية ونوعية بعض الملوثات الغازية الناتجة عن محطة لحرق النفايات

بطاقة حرق (٠,٧٥) طن نفايات في الساعة

معدل الملوثات الناتجة ملليجرام/م ^٣	الملوث
١٥٠٠٠-٥٠٠٠	مواد صلبة
٢٠٠٠-١٠٠٠	مركبات كلور غازية
٢٠	مركبات فلور غازية
٨٠٠-١٠٠	أول أكسيد الكربون
١٠٠٠-٤٠٠	ثاني أكسيد الكبريت

معادل لحساب وزن النفايات:

$$ك = \frac{ف \times ١٠٠٠}{ع س} \quad \text{حيث:}$$

ك: وزن النفايات الصلبة بالكيلو جرام/للشخص الواحد/في السنة.

ف: وزن النفايات الكلى بالطن/سنوياً.

ع س: عدد السكان في المنطقة أو المدينة.

ويتضح من الجدول التالي أن ، غاز الميثان من أخطر الغازات الملوثة

للحواء وهو غاز سريع الانتشار مما يؤثر سلباً على صحة البيئة .

النسبة المئوية للغازات الناتجة عن الطمر الصحي للنفايات المنزلية

الغازات	النسبة المئوية لتركيزها	الصفات العامة
الميثان	٤٠ - ٦٠ %	مشتعل، أخف من الهواء
ثاني أكسيد الكربون	٢٠ - ٣٠ %	خائف، أثقل من الهواء
أول أكسيد الكربون	تركيزات بسيطة جداً	سام
النيتروجين	١٥ - ٢٥ %	-
الهيدروجين	تركيزات بسيطة جداً	-
الأمونيا	تركيزات بسيطة جداً	روائح كريهة
كبريتيد الهيدروجين	تركيزات بسيطة جداً	روائح كريهة، سام
أكسجين	حتى ٢ %	-
بخار الماء	يختلف حسب درجة الحرارة	-
أخرى	تركيزات بسيطة جداً	روائح

التلوث من مناطق الطمر الصحي للنفايات: -

١- تتسرب بعض الغازات الملوثة للهواء في أثناء حدوث انفجارات في مواضع الطمر الصحي خاصة غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى الغبار.

٢- احتمالات تلوث مصادر المياه الجوفية بجزء من المياه العادمة التي تنتج عن أماكن طمر النفايات Leachate وهذه المياه العادمة ترتفع فيها تركيز الملوثات العضوية وغير العضوية التي تنتج عن تحلل المواد العضوية في النفايات ، هذا بالإضافة إلى مياه المطر الذي قد يتوغل داخل الأرض فتتذوب فيه بعض الملوثات العضوية وغير العضوية.

وتزيد مشكلة النفايات وتتضخم مع زيادة عدد السكان واتساع المدن ومثال على ذلك المدن الكبرى وأقاليمها كما هو الحال بالنسبة لإقليم القاهرة الكبرى الذي يمتد من شبرا الخيمة وقلوب (محافظة القليوبية) شمالاً إلى حلوان والجيزة (محافظة الجيزة) جنوباً. ويمكن تصنيف النفايات في المدن إلى النفايات الصلبة ونصف الصلبة، والنفايات السائلة على النحو التالي : -

١ - النفايات الصلبة ونصف الصلبة:

وتشمل العبوات الزجاجية والبلاستيكية والمعدنية، مخلفات المعادن مثل هياكل السيارات والمخلفات الخشبية ومخلفات عملية البناء وغيرها فضلاً عن الأتربة والغبار. ويتم التخلص منها بتجميعها في مقالب عمومية. وتزيد كمية هذه النفايات مع زيادة عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة. وقد بلغت كميتها في مدينة القاهرة سنة ١٩٩٤ ٦,٠٠٠ طن لسكان القاهرة الذي بلغ عددهم في ذلك الوقت ٦,٨ مليون نسمة بمتوسط ٠,٨٨ كيلو جرام/للفرد/يومياً يقابله في الولايات المتحدة الأمريكية ٤ كيلو جرام/للفرد/يومياً.

مكونات النفايات الصلبة المنزلية في إقليم عمان (الأردن) سنة ١٩٧٩

النوع	الوزن %
الفضلات القابلة للتعفن	٦٣,٥ - ٧٧ %
الفضلات الورقية والكرتون	١٠,٤ - ٢٤ %
الفضلات المعدنية	٣,٣ - ١ %
الفضلات الزجاجية	٤,٥ - ٠,٢ %
الفضلات البلاستيكية	٦,٢ - ٤ %

٢ - النفايات السائلة:

تنقسم النفايات السائلة إلى:

١- نفايات سائلة من مخلفات الصناعة: وتشمل ما تلقىه المصانع من مياه تحمل العديد من المواد الكيميائية الخطيرة خاصة تلك التي تنتج عن مصانع الكيماويات والورق والمطهرات والمنظفات ومصانع الصباغة والمياه الغازية والأملاح وغيرها. وتعد هذه من أخطر المخلفات السائلة تأثيراً في تدهور البيئة.

٢- مياه الصرف الصحي: وتمثل جميع المياه الناتجة عن استخدام الإنسان مثل الأغراض المنزلية ومياه دورات المياه والمطابخ والحمامات ومياه الجراجات فضلاً عن مياه المطر والسيول. وهذه المياه تنصرف إلى شبكات الصرف الصحي في أغلب المدن.

وتتعدد أنماط تلوث الهواء في المدن ، ويمكن دراستها على النحو التالي :

أولاً : - التلوث الحراري في هواء المدن : -

قد اكتشف العالم Lulte Howard ارتفاع درجة حرارة هواء المدن بصفة عامة مقارنة بدرجة حرارة المناطق الريفية والضواحي.

وقد استخدم Gordon Manley سنة ١٩٥٨ مصطلح "الجزيرة الحضرية" الحارة Urban Heat Island لأول مرة في أحد المؤتمرات العلمية المناخية. كما أثبت العالم Mitchell سنة ١٩٥٣ وجود علاقة طردية واضحة بين الزيادة السريعة في النمو السكاني وبين ارتفاع درجة حرارة هواء المدن مقارنة بالريف.

التهوية (سرعة الرياح) :

وقد أثبت العالم Olte سنة ١٩٧٠ العلاقة بين سرعة الرياح وتأثيرها في ارتفاع درجة حرارة هواء المدن مع الأخذ في الاعتبار عدد سكان المدن. وقد أثبتت أن في البلدة الصغيرة (عدد سكان منخفض جداً) يمكن للرياح الخفيفة جداً التي تبلغ سرعتها ٤ متر/الثانية أن تعمل على إزاحة الحرارة المتراكمة داخل المدن مما يتبعه انخفاض درجة حرارتها. وقد أثبت هذا العالم أن سرعة الرياح يمكنها أن تزيل وتزيج ما نسبته ٩٤% من إجمالي الحرارة المتراكمة داخل المدن بفعل عمليات التهوية المستمرة.

علاقة الجزيرة الحضرية الحارة بحجم المدينة :

وقد استطاع Landsberg أن يثبت ارتفاع درجة حرارة المدن مقارنة بالريف وارتباط هذا الارتفاع بعدد سكان المدينة نفسها من خلال الجدول التالي:

معدل الزيادة في المتوسط الحراري السنوي في هواء المدن

مقارنة بالمناطق الريفية

عدد المدن	حجم المدينة (عدد سكانها)	معدل الزيادة في الحرارة (°ف)
١٠	١,٠٠٠,٠٠٠	١,٣
١٠	٥٠٠,٠٠٠ - ١,٠٠٠,٠٠٠	١,١
١٠	١٠٠,٠٠٠ - ٥٠٠,٠٠٠	١,٠

ويتباين التلوث الحرارى للمدن وفق معدل انطلاق درجات الحرارة فى هواء المدينة تبعا لعدد سكانها ونوع النشاط الاقتصادى والخصائص الحرارية لمباني المدينة ونوع مادة البناء (الأسمنت، الأسفلت، الطوب، لون مادة الطلاء) فضلا عن توزيع المساحات الخضراء داخل المدن وكذلك وجود أى من المجرى المائية أو أى مسطح مائى كبحيرة أو نهر أو موضع المدينة نفسها من البحار أو المحيطات.

القبة الغبارية فى المدن:

يغطى سماء المدن الكبرى بقعة من الدخان والضباب والغبار بسبب ارتفاع حرارة المدينة وما يتبعه من الدورة التصاعدية للهواء محملة بالأتربة والغبار إلى اعلى مما يساعد على تركيز هذه الملوثات فى صورة قبة غبارية تقلل مدى الرؤية.

وترجع الحركة التصاعدية (داخل المدن) إلى الاختلاف الحرارى بين قلب المدن وضواحيها. وكما هو معروف أن درجة حرارة قلب المدن مرتفعة حيث تتكون الجزيرة المدنية الحارة Urban Heat Island بسبب ازدحام السكان، كثرة وسائل النقل وكثافة الحركة المرورية، النشاط الصناعى، التدفئة والتبريد. ويطلق على ذلك التلوث الحرارى للمدن.

وتؤدى سخونة هواء المدينة إلى نشأة حركة تصاعدية للهواء محملة بالأتربة إلى أعلى ليحل محله هواء الضواحي والريف البارد نسبياً ليستقر بالقرب من سطح الأرض. وتتكون القبة الغبارية Dust Dome فى أثناء هبوب رياح خفيفة أو متوسطة السرعة لتغطى قلب المدينة. وقد تمتد هذه القبة الغبارية إلى الضواحي المجاورة حينما تتجاوز سرعة الرياح ١٣ كم/ساعة. وتحجز هذه القبة الغبارية حوالى ٩٠% من الأشعة الشمسية فوق البنفسجية الواصلة للأرض مما يؤدى إلى شيوع مرض التساح بين الأطفال فى المدن مقارنة بالريف.

ثانياً : - التلوث الضوضائي داخل المدن:

تشهد مصادر الصوت في المناطق الحضرية شذوذاً واضحاً وتباين في كثافتها ومصادرها. ويطلق على هذا الصوت الضوضاء وارتفاع مستوى الضوضاء يحدث التلوث الضوضائي Noise Pollution أو The Label. وتعد أهم مصادر التلوث الضوضائي داخل المدن وسائل النقل التي تتركز في المدن وما حولها مثل الطيران الجوي، السكك الحديدية والسيارات.

قياسات الضوضاء:

وهناك العديد من القياسات لمستويات الضوضاء في المناطق الحضرية ويعبر عنها بـ (dB) ويتم ذلك من خلال مقياس لوغاريتمي للضغط الناتج عن الموجات الصوتية وقد وجد أن:

أقل صوت يمكن سماعه يبلغ صفر dB (دسيبل)

والصوت ٦٠ dB يكون في الغالب بداية حدوث مستويات حادة وشديدة الضوضاء.

والصوت ٩٠ dB يحدث مساوئ خطيرة في السمع مع ارتفاع الضغط.

وتتعدد مصادر الضوضاء ومدى قوتها كما يتضح في الجدول التالي: -

درجة الضوضاء لبعض الآلات والأجهزة

الاستخدام (الحالة)	درجة الضوضاء (دسيبل)
السكون	صفر
ضجيج أو أذير الهواء النفاث	٥
الطرق المزدحمة في المدن	٧٠-٩٠
إدارة محرك السيارة	٩٠
الخلاط المنزلي	٩٣
استخدام المطرقة	٩٤
انطلاق مترو الأنفاق	٩٥
الآلات الموسيقية الصاخبة في القاعات المغلقة	١١٤-١٣٠
إدارة محركات الدراجات البخارية	١٣٠
إقلاع الطائرة النفاثة	١٥٠

ومما يذكر أن معدل الضوضاء فى أى مدينة يبلغ فى المتوسط ٨٥ ديسيبل، ويتحمل الإنسان الأصوات بمستوى يتراوح بين ٥٠-٩٠ ديسيبل وتصبح مؤذية للإنسان حينما يصل مستواها إلى ١٣٠ ديسيبل. وتعتبر الضوضاء مظهراً أساسياً لتدهور البيئة الحضرية لما تتميز به من بعض الخصائص مثل: -

- تصيب الماشية والحيوانات الداجنة بالتوتر الشديد وقلة إنتاجها من البيض واللين حينما تتعرض للضوضاء لفترات طويلة.
- تؤثر فى قدرة الإنسان الذهنية ومقدرته على إنجاز الأعمال.
- تتعدد مصادرها فى أى مكان.
- صعوبة السيطرة عليها بسبب انتقالها لأى مكان وفى جميع الأوقات.

تأثير الضوضاء على الإنسان: -

يتعرض الإنسان بصفة عامة وفى أى مكان لما يعرف باسم خلفية الضجيج Background Noise حيث يؤثر على قدرة الإنسان على سماع الأصوات إذ تقل قدرته على تمييز الأصوات نهائياً حينما ترتفع خلفية الضجيج بينما ترتفع حاسته السمعية كثيراً فى الليل حينما تنخفض خلفية الضجيج. وتصيب الضوضاء الإنسان بحالات عديدة منها:

- الإصابة بالإجهاد والقلق والأرق والصداع.
- فقدان الجزئى أو الكلى لحاسة السمع.
- الإصابة بالأمراض العصبية وتقلص العضلات وانقباض الشعيرات الدموية والشرابين وتزايد ضربات القلب وارتفاع ضغط الدم.

ويتعرض للضوضاء العاملون فى الصناعات المختلفة وفى قطاع البناء والتعمير والنقل ورجال المرور وسكان الميادين العامة ووسط المدن حيث المتاجر والورش الصناعية الصغيرة. وتصل الضوضاء بمستويات مرتفعة لسكان

المناطق العمرانية التى زحفت إلى المطارات الكبرى فى المدن كما هو الحال مثلاً لسكان شمالى القاهرة حيث أحياء مدينة نصر وحي النزهة حيث تكاد تلتحم الكتلة العمرانية مع منشآت مطار القاهرة الدولى. ويتكرر ذلك أيضاً فى المناطق السكنية الواقعة جنوبى الإسكندرية خاصة عزبة المطار بالقرب من مطار النزهة. ويمكن إجمال أهم التأثيرات السلبية للضوضاء على صحة الإنسان فى: -

١- - تؤدى الأصوات العالية المفاجئة إلى تقلص الشعيرات الدموية، وتحدث ذبذبات فى الجلد، وقد تحدث بعض التغيرات فى نشاط الأنسجة.

٢- - تؤدى إلى ارتفاع ضغط الدم عن طريق إثارة مركز انقباض الأوعية الدموية فى المخ. ويظهر ذلك بوضوح فى ارتفاع معدلات الإصابة بارتفاع ضغط الدم فى المدن الصناعية مقارنة بالمناطق الريفية.

٣- - تتدفع الموجات الصوتية العالية فى صورة إشارات كهربائية تعبر الألياف العصبية وتصل إلى لحاء المخ، وعندها تهيج خلايا هذا اللحاء وتثير خلايا التكوين الشبكي. وينتج ذلك كله تهيج فى الجهاز العصبى اللاإرادى خاصة الجهاز السمبثاوى فيؤثر ذلك على الكثير من أعضاء الجسم كالقلب الذى يزيد من عدد دقاته، والجهاز الهضمى الذى تتقلص عضلاته وتزيد إفرازات المعدة. ويؤدى ذلك أيضاً إلى إفرازات الغدد الصماء حيث تزيد إفرازات مادة الأدرينالين مما يتبعه ارتفاع فى نسبة السكر فى الدم.

٤- - ينتج عن تعرض الإنسان لفترات طويلة من الضوضاء إلى إصابة الإنسان (بالتقلب المزاجى) كما يرى العالم الفرنسى سويريون الذى يفسر تقلب الأحوال المزاجية لسكان الحضر بكونه يرجع إلى تعرضهم للضوضاء لفترات طويلة ومستويات عالية. ويؤدى التقلب المزاجى إلى الأرق واضطراب الجهاز الهضمى وارتفاع مستوى الكوليسترول فى الدم.

أثر التلوث الضوضائى على العمال:

يؤدى الضوضاء إلى إصابة العاملين فى المصانع والورش شبيهة المستمرة بالصداخ وعدم القدرة على التركيز والعصبية الشديدة. ولذلك اتجهت

إحدى الشركات الأمريكية لاستخدام تكسيات للحوائط لامتصاص الصوت، وبعد عام اتضح ما يلي :

- أ - انخفاض معدل الأخطاء الحسابية بنسبة ٥٢%.
 - ب - انخفاض معدل الأخطاء فى النسخ على الآلة الكاتبة بنسبة ٢٩%.
 - ج - انخفاض معدل التغيب عن العمل بسبب الإصابات المرضية بنسبة ٢٧%.
- وقد أثبت العالم البريطانى (هـ. س. وستون) أن كفاءة النساكين البريطانيين قد ازدادت بمعدل ١٢% فى الإنتاج عندما وضعوا سدادات الأذن للحد من شدة الضوضاء.

هذا وقد أثبتت إحدى الدراسات التى أجريت فى فرنسا أن ٧٠% من حالات الإصابة بالاضطرابات العصبية والنفسية ترجع إلى الضوضاء.

وجدير بالذكر أن ٨٥ دسبيل هو المنسوب الحرج للصوت إذا اتضح فى تجربة عملية على مجموعة من الفئران تم تعريضها إلى ضوضاء بمستوى ٩٥ دسبيل لفترة أسبوعين، تحولت هذه الفئران إلى فئران متشنجة ومتوترة، وبعضها تعرض إلى الموت بأزمات قلبية، وأكل صغارها.

وقد أثبتت الدراسات أن الضوضاء تعد من أحد أسباب أمراض القلب والأمراض العقلية فى أمريكا. ويؤكد أستاذ البحث العلمى للصوت (صموئيل روزن) أن الضوضاء تؤدى إلى ضيق الشرايين، وعدم انتظام دقات القلب، وضعف السمع المزمن، والصمم نتيجة للتلف فى الخلايا الشعرية المجهرية التى تنقل الصوت من الأذن إلى المخ، أو يمكن أن يصاب المخ بانفجار مفاجئ.

التأثيرات السلبية للضوضاء وفقاً لشدتها: -

١- ضوضاء يتراوح مستواها ٤٠-٥٠ دسبيل: تؤدى إلى قلق وتوتر خاصة لدى الأطفال وطلبة المدارس.

٢- ضوضاء بين ٦٠-٨٠ دسبيل: لها تأثيرات سلبية سيئة على الأعصاب بصفة عامة.

٣- ضوضاء بين ٩٠-١١٠ ديسيبل: تسبب ضعف وتناقص فى القدرات السمعية.

٤- ضوضاء أكثر من ١٢٠ ديسيبل: تسبب ألماً فى الجهاز السمعى وتؤثر بشكل خطير القلب.

التأثيرات النفسية للضوضاء:

فى دراسة لتأثير الضوضاء على أطفال المدارس الذين تتراوح أعمارهم بين ١١-١٢ سنة بمستوى ضوضاء بمعدل ٤٧ ديسيبل تبين أن: -

- حدوث نقص فى نشاط المخ نتيجة نقص فى مركز التنبيه.
- انخفاض قدرتهم الاستيعابية وضعف الرؤية.
- ارتفاع تركيز الأدرينالين Adrenaline فى الدم من ٢,٧ إلى ٤,١١ % وانخفاض فى كمية السكر فى الدم وذلك بسبب دفاع الجسم ضد تأثير التوتر.
- يصاب الأطفال الحساسين عند تعرضهم لضوضاء تزيد عن ٤٠ ديسيبل بالرعب والذعر وشدة التوتر.

التأثير على القدرة الإنتاجية:

- وتبين من نتائج إحدى الدراسات أن العاملين فى أجواء ترتفع فيها الضوضاء أن:
- ١- إصابتهم بالأمراض العصبية أكثر بثلاث مرات ممن يعملون فى الأجواء الهادئة.
 - ٢- يصابون بأمراض ارتفاع ضغط الدم أكثر بـ ١,٤ مرة عن غيرهم، ويصابون بأمراض الجهاز السمعى أكثر ١٨,٣ مرة عن غيرهم.
 - ٣- يعانى ٧١% ممن يتعرضون للضوضاء للإصابة بالصداع وطنين الأذن والتعب السريع.
 - ٤- ويعانى ٤٨% منهم من الأحلام المزعجة وفقدان جزئى فى الشهية والشعور بالاكتئاب.

التأثيرات العصبية للضوضاء:

فى إحدى التجارب تم تقسيم ١٠٠٠ عامل إلى قسمين، ٥٠٠ عامل يعملون فى مناجم عالية الضوضاء، و ٥٠٠ عامل يعملون فى مناجم هادئة. وقد لوحظ على عمال المجموعة الأولى أن:

أ - ٦١% منهم أصيبوا بخلل فى الدورة الدموية.

ب - ٢٥% يشكون من أمراض قلبية وألم فى الصدر.

وجد جدير بالذكر أن حوالى مليون عامل أمريكي فقدوا سمعهم بسبب العمل فى أرجاء الصناعات الصاخبة. هذا وكثيراً ما يفقد سكان المدن حاسة السمع فى سن ٢٥ عاماً خاصة فى المدن الأمريكية، بينما لا يحدث ذلك إلا فى سن ٧٥ عاماً فى القبائل البدوية أو المناطق الريفية فى أفريقيا مثلاً، أى أن الشخص الأمريكي الذى يبلغ من العمر ٢٥ عاماً يسمع بقدرة شيخ كبير يتجاوز ٧٥ عاماً فى قبائل أفريقيا.

طرق مكافحة الضوضاء:

- ١ - مراعاة ألا يزيد مستوى الضوضاء فى المدارس عن ٤٠ ديسيبل، ولا يتجاوز فى المستشفيات ٣٥ ديسيبل.
- ٢ - أبعاد المطارات عن الكتل السكنية بمسافة لا تقل عن ٢٥ كيلو متراً.
- ٣ - التوسع فى إنشاء الطرق خارج الكتلة السكنية، والتحكم فى خط سير الشاحنات الضخمة بحيث لا تخترق قلب المدن.
- ٤ - منع استخدام مكبرات الصوت فى المناسبات الاجتماعية.
- ٥ - نشر الوعي بين العمال بضرورة استخدام سدادات الأذن فى أثناء العمل فى الورش والصناعات الصاخبة.
- ٦ - اهتمام بعمليات التشجير لما لها من تأثير قوى على تشتت الصوت.
- ٧ - ترك مسافة كبيرة بين الطرق وبين المباني.
- ٨ - ابتعاد المباني السكنية عن خطوط المواصلات بمسافة لا تقل عن ٢ متراً.
- ٩ - زرع صفين من الأشجار الكثيفة حول الطرق الرئيسية إذ تؤدي إلى خفض الضوضاء من ٩٠ dB إلى ١٠ dB.

ثالثاً : التلوث الإشعاعي :

١- تلوث الهواء بالنفايات النووية:

ينتج عن محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تدار بالطاقة النووية إنتاج نفايات مشعة بالإضافة إلى النفايات الناتجة عن استخراج الراديوم المشع من خامات اليورانيوم. وتنتج هذه النفايات النووية بكميات ضخمة وذلك لأن اليورانيوم يحتوي على جزء واحد من الراديوم في كل ٣٠ جزء ولكن في نفس الوقت يتبعث عنه طاقة حرارية ضخمة إذ أن اشتعال ٢٧ جرام من اليورانيوم تعادل اشتعال ٢٣ ألف طن متري من الفحم وهي كمية كافية لتحويل مليون طن متري من المياه إلى بخار ماء. وتنتج الولايات المتحدة الأمريكية ٢٥,٢%، وفرنسا ١٢,٩%، اليابان ١١,٣%، كندا ٥,١% من إجمالي عدد المفاعلات النووية على مستوى العالم. وتكمن خطورة هذه النفايات النووية الناتجة عن مفاعلات توليد الكهرباء إلى أن استمرارها الإشعاعي يستمر آلاف السنين.

٢- التلوث الإشعاعي من المفاعلات النووية:

تعتبر المفاعلات النووية مصدراً للتلوث في حالة حدوث أي تسرب منها كما حدث في مفاعل ولاية بنسلفانيا في مارس ١٩٧٩، إذ انطلق منه كمية من الأشعة أدت إلى تلوث المنطقة ولكنها لم تسفر عن أي ضحايا، وقد احتاج هذا المفاعل لإعادة تشغيله مبلغ حوالي ٨٠٠ مليون دولار أمريكي.

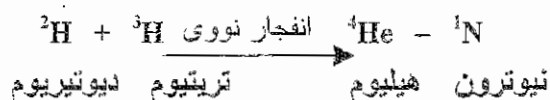
وقد وقعت أيضاً كارثة مفاعل تشيرنوبل ٢٦ أبريل سنة ١٩٨٦ وهي تعد الأسوأ على مستوى العالم. إذ حدث اشتعال في أحد وحدات المفاعل النووي مما أدى إلى ذوبانه وتسرب كمية هائلة من الإشعاع أدت إلى وفاة ٣١ شخصاً. ولم يتوقف تأثيرها عند ذلك الحد بل أن هناك توقع بإصابة عشرات الآلاف بالسرطان نتيجة تلوث الهواء بالإشعاع أو تلوث المياه أو التربة. وقد انتشرت الآثار المدمرة لهذا الإشعاع لمعظم أجزاء الكرة الأرضية وإن كان تأثيرها أكبر على دول شرق أوروبا القريبة من موقع الانفجار في روسيا. وقد تبع هذا التلوث تعرض المحاصيل الزراعية والمنتجات الغذائية للتلوث الإشعاعي، ولذا تم تدمير

كميات كبيرة من الحليب والخضروات الملوثة بالإشعاع فى ألمانيا، وكذلك إعدام أعداد كبيرة من قطعان غزلان الرنة فى دول اسكندينايفيا بعد تلوثها بكميات عالية من الإشعاع. ولمكافحة انتشار هذا الإشعاع قام العلماء بدفن هذه الوحدة المشتعلة من المفاعل ثم تغطيتها بمواد خاصة لمنع تسرب إشعاعها للهواء والماء الجوفى فى الطبقة السطحية من القربة. وقد بلغ عدد المفاعلات النووية حديثاً حوالى ٣٧٤ مفاعلاً نووياً فضلاً عن ١٥٧ مفاعلاً تحت الإنشاء.

٣- التلوث الإشعاعى من القنبلة النووية (الذرية) Nuclear (Atomic) Bomb:

ترزن القنبلة النووية التى ألقيت على مدينة هيروشيما ٤ طن وكانت تحوى على قدرة تدميرية تعادل ٢٠ ألف طن من المادة المتفجرة TNT. وهذه قنبلة تعد بدائية فى الوقت الحاضر إذ تطورت حديثاً حتى أصبح وزن القنبلة ٠,١ طن بقوة تدميرية تعادل ٢٠٠ ألف طن من TNT، وتؤدى الإشعاعات النووية إلى إصابة الإنسان بالحروق والأمراض السرطانية، اختلال بناء الجسم، فقر الدم، وحينما يتعرض الجسم لكمية عالية جداً من الإشعاع النووى فإنه يؤدى إلى الموت. ومما يذكر أن الانفجار النووى يتبعه غبار نووى يتكون من مجموعة هائلة من الرقائق المشعة مختلفة الحجم والصفات، ويستمر هذا الغبار النووى عالقاً فى الفضاء لعدة سنوات.

ويطلق على القنبلة الهيدروجينية القنبلة النووية الحرارية، وإن قوة انفجار القنبلة الهيدروجينية تزيد عن قوة انفجار القنبلة النووية بمائة ألف مرة. وتتكون هذه القنبلة من اتحام نووى لأثنين من نظائر الهيدروجين (H^2) و(H^3) لتكوين الهيليوم. ويدخل فى تكوينها ١,٣٦ كيلو جرام مسن الأول و ٠,١٩ كيلو جرام من الثانى . ويحيط بهما قنبلة نووية تستخدم الطاقة الناتجة من تفجيرها فى اتحاد العنصرين لتكوين الهيليوم وانطلاق مقدار من الطاقة يعادل ما ينتج عن انفجار ٢٠ مليون طن من مادة TNT.



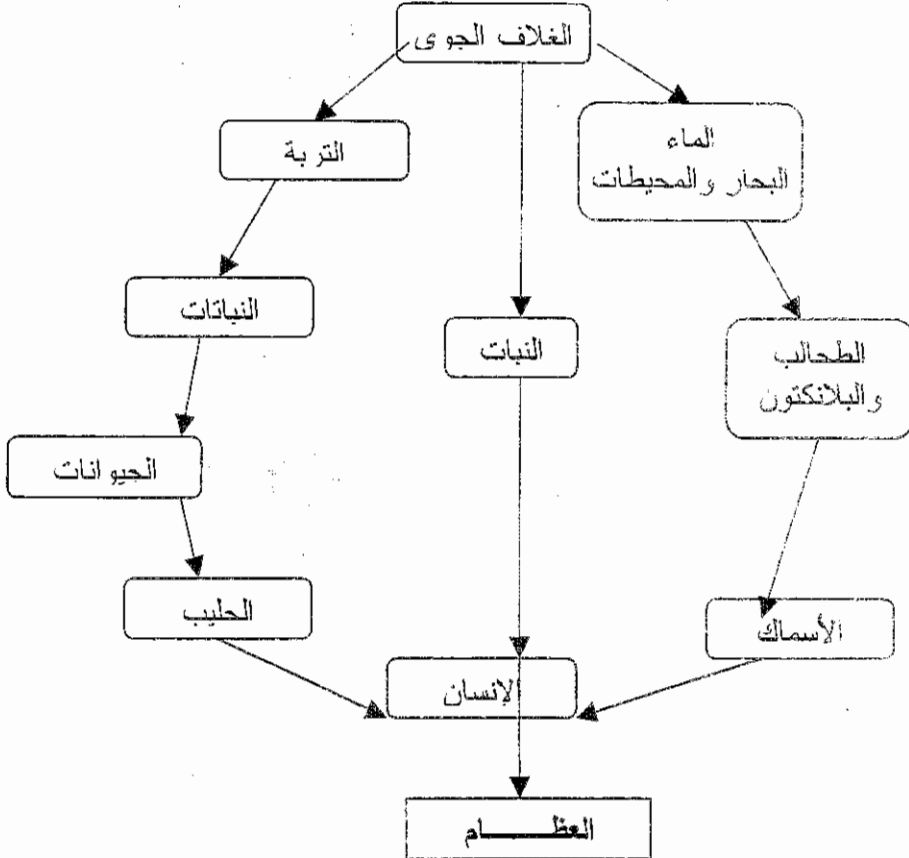
ولذلك يطلق على القنبلة الهيدروجينية اسم القنبلة الحرارية النووية

Thermonuclear Bomb

الآثار البيولوجية للإشعاعات المؤينة:

إن الكائنات الحية لا تحس بالإشعاعات المؤينة لقدرتها الكبيرة على اختراق الجسم وتأيين جزيئات الماء الموجودة به، ولذا عندما يتعرض الإنسان لها لا يحس بها. وتتمتع هذه الإشعاعات المؤينة بصفة التراكمية أى إنها تزيد في كل مرحلة من مراحل انتقالها عبر السلسلة الغذائية. ومن أمثلة هذه الأشعة، إشعاع الاسترانشيوم الذى يشبه الكالسيوم ولذا فهو يدخل في تركيب العظام ليحل محله خاصة في الأطفال حيث يزيد تركيزه في أجسامهم لما بين ١٠-١٥ مرة أكثر من تركيزه في أجسام البالغين.

وينتقل الاسترانشيوم عبر السلسلة الغذائية على النحو التالي:



٤- التلوث الإشعاعي من القنابل النووية:

بعد إطلاق القنبلة النووية على مدينتي هيروشيما ونجازاكي في أغسطس سنة ١٩٤٥، مات على الفور ٧٢ ألف مواطن ياباني وأصيب ٨٠ ألفاً إصابات بالغة. وأمتد تأثير الإشعاعات المميتة إلى عدة آلاف من الكيلومترات ومازال هناك أجيال من المشوهين بسبب هذه القنبلة يعيشون حتى الآن. وانتشر الدخان النووي لمسافات بعيدة وارتفاعات كبيرة وكثافة ضخمة حجبت ضوء الشمس لعدة ساعات.

ويمكن إجمال الآثار المدمرة لهذه الإشعاعات المؤينة في: -

- ١- تسبب أضراراً للدم خاصة الكرات البيضاء.
- ٢- تأثيرها على العظام والطحال والغدد الليمفاوية.
- ٣- تصيب بالأورام الخبيثة في القصبة الهوائية والرئة والجلد والجهاز الهضمي.
- ٤- في حالة إصابتها للخلايا الجنسية فإنها تحدث خللاً وراثياً Genetic Injury الذي ينتقل إلى الخلايا القادمة.

آثار إلقاء القنبلة الذرية على هيروشيما ونجازاكي سنة ١٩٤٥:

ظهرت التشوهات في المواليد بعد ذلك التاريخ ومن أمثلتها:

- أ- صغر حجم الرأس.
 - ب- تأخر نمو الأجنة داخل الأرحام.
 - ج- تأخر عام في الصحة والنمو بعد الولادة.
- ومازال هذا التشوه واضحاً في اليابان وبعض الدول المجاورة. وهذا بالإضافة إلى أن نسبة المصابين بسرطان الدم الذين نجوا من الموت بالقنابل الذرية من سكان هيروشيما ونجازاكي تزيد تسع مرات عنها في سائر مدن اليابان الأخرى. كما ظهرت حالات كثيرة للإصابة بسرطان الدم.

الفصل الثالث

الأبعاد البيئية والصحية لتلوث الهواء

قد قدرت تكلفة الآثار الهدامة الناتجة عن تلوث هواء المدن بالمطر الحامض على المستوى العالمى بما يقارب بليون دولار. إذ يؤدي تلوث هواء المدن بالمطر الحامض Acid Rain إلى سرعة تآكل الحديد، الزنك، النحاس، الألومنيوم والنيكل. فضلاً عن تأثيره فى سرعة إتلاف خطوط الطاقة ووسائل المواصلات وكذلك المنسوجات الصناعية خاصة النيلون والألياف الصناعية وكذلك سرعة إتلاف وبر الحيوان وصوف الأغنام. وقد امتد هذا التأثير السلبى إلى الكتب فى المكتبات الكبيرة التى يصيبها التلف سريعاً.

ومن أمثلة الخسائر بفعل التلوث على المستوى العالمى:

- تسبب مركبات الكبريت والغبار فى الهواء خسارة سنوية فى الدهانات بما يقارب بليون دولار.
- التآكل الذى يصيب المعادن خسارته تقدر بحوالى ١,٥ بليون دولار سنوياً.
- تؤدى أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والعناصر المؤكسدة الأخرى إلى تلف المنسوجات بما يقدر سنوياً بحوالى ٠,٦ بليون دولار. وتؤدى أيضاً إلى سرعة تلف المطاط بما يقارب ٠,٥ بليون دولار سنوياً.
- تفقد إنجلترا ٥٠ مليون جنيه إسترليني بسبب أضرار الدخان.
- وخسرت الولايات المتحدة خلال الفترة ١٩٥٠-١٩٥١ حوالى ١٥٠٠ مليون دولار.
- وخسرت إنجلترا خلال الفترة ١٩٥٠-١٩٥١ حوالى ١٠٠ مليون جنيه إسترليني.
- وتنفق الولايات المتحدة الأمريكية سنوياً (٢٤٥٠) مليون دولاراً لمكافحة التلوث حيث تبين لها أن كل دولار تنفقه لمكافحة التلوث يوفر لها ١٦ دولاراً يمكن أن تخسرها بسبب الأضرار الاقتصادية للتلوث فضلاً عن أضراره على صحة العاملين.

- أنفقت الولايات المتحدة الأمريكية ٧٠٠ مليون دولار سنة ١٩٧٦ بهدف الحد من أخطار التلوث.

يضاف إلى ما سبق آثاره الهدامة في المباني المصنوعة من الحجر الجيري والمرمر حيث تتحول كربونات الكالسيوم بسرعة إلى بيكربونات الكالسيوم سريعة الذوبان مما يفسد المباني. وتؤدي ارتفاع الحرارة داخل المدن خاصة في المناطق المزدحمة بالسكان وبوسائل النقل إلى إفساد الأسطح العازلة داخل المباني.

أثر التلوث على صحة سكان المدن:

يرتفع مستوى تركيز ملوثات الهواء Air Pollutants فوق المناطق الحضرية مقارنة بتلك الريفية. وينتج عن ذلك ارتفاع معدلات إصابة سكان المدن بالعديد من الأمراض وارتفاع عدد الوفيات. فقد أثبتت الأبحاث وجود علاقة طردية قوية بين ارتفاع نسبة تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء وارتفاع معدلات الوفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي. ومن أشهر الأمثلة على ذلك وفاة أربعة آلاف شخص في مدينة لندن خلال أربعة أيام في شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢. وقد أثبتت وزارة الصحة في الولايات المتحدة الأمريكية وجود علاقة طردية بين ارتفاع الكادميوم وبين ارتفاع عدد الوفيات خاصة من مرضى القلب. وتؤدي الأتربة إلى ارتفاع معدلات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي خاصة بين سكان المباني القريبة من خطوط المواصلات الرئيسية وكذلك الأطفال الذين يلعبون في الطرقات بسبب ارتفاع تركيز الأتربة التي تخرق الجهاز التنفسي.

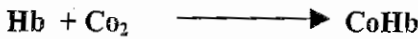
وقد أثبتت الدراسات أن سكان الطوابق السفلية من المباني على الطرق الرئيسية التي يرتفع فيها انبعاث أول أكسيد الكربون من السيارات ووسائل النقل المختلفة أن ٥% من كمية الهيموجلوبين في الدم قد تحولت إلى كربوكسي هيموجلوبين (CoHb) Carboxyhemoglobin ، وتعد هذه النسبة كافية للإصابة بأمراض القلب. أما سكان الطوابق العليا من المباني وعلى مسافة كافية من الطرق الرئيسية يعانون بشكل مستمر من حالات القلق. وقد أثبت العالم Ferris

سنة ١٩٧٨ أنه حينما يبلغ تركيز أول أكسيد الكربون ٢٠ جزء في المليون يؤدي إلى تحويل ما نسبته ٠,٨% من الهيموجلوبين إلى كربوكسى هيموجلوبين بعد ساعة واحدة من التعرض لهذا التركيز، بل وترتفع هذه النسبة إلى ٢,٨% بعد التعرض لذات التركيز بعد ٨ ساعات ويصيب ذلك الإنسان بالصداع والكتل واضطرابات صحية مؤكدة. هذا ويمكن استعراض بعض الآثار السلبية لملوّثات الهواء على النحو التالي:

١- أول أكسيد الكربون Co:

إن وجود أول أكسيد الكربون Co بتركيز ١٠ جزء في المليون يؤدي إلى تكوين مادة كربوكسى هيموجلوبين بنسبة ٢% في الدورة الدموية إذا تعرض له الإنسان لمدة ٨ ساعات، وحينما ترتفع هذه النسبة إلى ٥% تقل كفاءة انتقال الأكسجين في الدورة الدموية وذلك حينما يبلغ تركيز Co ٣٠ جزء في المليون في الهواء . وعند الأخذ في الاعتبار أن تركيز Co يصل غالباً في الهواء إلى ٥٠ جزء في المليون بل ويرتفع إلى ١٤٠ جزء في المليون في ساعات الذروة المرورية ندرك مدى خطورته على صحة الإنسان.

تأثير Co على صحة الإنسان:



كربوكسى هيموجلوبين $\longrightarrow$ أول أكسيد الكربون + هيموجلوبين

وتكون CoHb تحول دون تكون أوكسى هيموجلوبين O₂Hb.



وحيث أن Co₂Hb ينتقل من الرئتين إلى الشغب أو الشرايين الدموية

لأنه ضرورى لبناء وتكوين الخلايا فإنه ينقسم إلى الأوكسجين والهيموجلوبين على

النحو التالي:



وحيثما يصل تركيز Co إلى ٢٥٠ Ppm يصبح من الصعب التخلص من CoHb في الدم بواسطة العمليات الطبيعية إذ يستمر حينئذ في الدم لعدة ساعات. وإذا حدث ووصل تركيز Co إلى ١٠٠٠ Ppm فإن الموت يصبح سريعاً. ولعل سائقي التاكسي من أكثر الناس عرضة لارتفاع نسبة CoHb خاصة إن كان من المدخنين، ويختلف تركيزه في دمهم باختلاف ساعات النهار على النحو التالي:

تأثير ثاني أكسيد الكربون Co (تركيز كاربوكسي هيموجلوبين في الدم)

التركيز %	التأثير
١	لا يلاحظ أى أثر.
١-٢	تغير في تصرفات الأشخاص.
٢-٥	تأثير في الجملة العصبية، عدم الإحساس بالزمن، نقص في الرؤية، تأثيرات عصبية ونفسية وإرهاق، تأثير في القلب والجهاز التنفسي، وآلام في الرأس، وحساسية كبيرة للنوم.

هذا ، وفي حال تعرض الإنسان لمدة ٨ ساعات لهواء يحتوي على أول أكسيد الكربون بتركيز ٨٠ جزء في المليون ، فإن كمية الأكسجين في الدم تنقص بنسبة ١٥ % أى أن الإنسان حينئذ يخسر ما يعادل ثلث لتر من الدم . ومما يذكر أن ، نسبة أول أكسيد الكربون في الشوارع الضيقة في مدينة لندن الإنجليزية على سبيل المثال تبلغ ٣٠٠ جزء في المليون ، كما تبلغ في مدينة نيويورك الأمريكية ١٠٠ جزء في المليون . وفي مثل هذه الحالات ، يشعر الإنسان بالصداع والغثيان وآلاما في المعدة وارتخاء في العضلات . ويوضح الجدول التالي مستويات تركيز أول أكسيد الكربون في دم سائقي التاكسي في مدينة لندن حيث ترتفع كثيراً بين المدخنين خاصة في أثناء ساعات النهار .

مستوى Co فى دم سائقى سيارات الأجرة فى مدينة لندن

السائق	العدد	المتوسط	المدى PPM	الوقت
لا يدخن	٨	٢,٣	٣,٠-١,٤	نهاراً
يدخن	١٩	٥,٨	٩,٧-٢,٠	نهاراً
لا يدخن	١٢	١,٠	١,٨-٠,٤	ليلاً
يدخن	١٠	٤,٤	٨,٧-٤,٤	ليلاً

وجدير بأن زيادة نسبة Co فى الهواء تؤدى إلى اتحادهما مع هيموجلوبين الدم فيتكون كربوكسى هيموجلوبين HbCo ويتبع ذلك انخفاض الأكسجين فى الهيموجلوبين فينخفض تركيز الأكسى هيموجلوبين HbO₂ ويصيب ذلك الإنسان بمرض الأنوكسيما Anoxia أى نقص كمية الأكسجين فى الأنسجة.

٢- أكاسيد الكبريت So_x:

تشمل أكاسيد الكبريت أول أكسيد الكبريت So وثانى أكسيد الكبريت SO₂ وثالث أكسيد الكبريت So₃ وكبريتيد الهيدروجين H₂S وهى تعتبر غازات سامة وتسبب حالات الاختناق التى قد تؤدى إلى الوفاة خاصة بالنسبة للأطفال وكبار السن ومرضى الجهاز التنفسي.

وندرك خطورتها حينما نعرف أن كمية So و So₃ المضافة سنوياً إلى الغلاف الجوى تقدر بحوالى ٢٤ مليون طن على مستوى الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال.

أخطار التلوث بثانى أكسيد الكبريت :-

- ١- يؤثر على المواد والمباني والممتلكات خاصة بسبب تفاعلاته التى ينتج عنها حمض الكبريتيك.
- ٢- يؤثر بشكل كبير على الحجر الجيري والرخام.
- ٣- يؤدى إلى تآكل العديد من المعادن خاصة الحديد والصلب والزنك.

- ٤- يؤثر على بعض المنتجات الصناعية خاصة القطنية والنأيلون والجلد والورق.
- ٥- يؤثر في الزراعة عندما يصل تركيزه إلى أقل من ٠,٠٣ Ppm.
- ٦- ارتفاع تركيزه خلال فترات زمنية قصيرة يمكن أن يؤثر على الأوراق والحشائش.
- ٧- عند سقوطه في صورة الأمطار الحمضية يؤثر على المحاصيل الزراعية والغابات والإنسان.

الآثار الصحية السلبية لتأثير ثاني أكسيد الكبريت :

- ١- التعرض الطويل لتركيزات منخفضة من SO_2 يؤدي إلى ظهور أعراض نقص حاسة التذوق وحاسة الشم والتهاب القصبة الرئوية والتصلب الرئوي.
- ٢- من دراسة في نيويورك سنة ١٩٧٤ تبين أن الأطفال ما بين سنة-١٢ سنة الذين يعيشون في المدن خاصة بالقرب من مصادر انبعاث ثاني أكسيد الكبريت يعانون من التهاب القصبة الهوائية بنسبة تزيد بمعدل ٢٠% عن غيرهم ممن يعيشون في بيئات أكثر نقاء.

تأثير كبريتيد الهيدروجين:

- ١- أن كبريتيد الهيدروجين أكثر سمية من أول أكسيد الكربون لكونه يدخل الجسم عن طريق الجهاز التنفسي وكذلك عن طريق الجلد.
- ٢- يؤثر في الجهاز العصبي المركزي.
- ٣- يؤثر في القدرة على التفكير.
- ٤- يهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية والتهاب الحنجرة.
- ٥- ويبدأ التأثير الضار عندما يتراوح تركيزه بين ٠,٠٠٣-٠,٠٠٨ جزء في المليون.

٣- أكاسيد النيتروجين :

تشمل أكاسيد النيتروجين غازات أول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين. ويعتبر تأثيرها على عيون الإنسان من أكثر آثارها السلبية وضوحاً على صحة الإنسان لأنها تؤدي إلى احتقان العيون. وتؤثر أكاسيد النيتروجين في القطن والنايلون وتساعد على سرعة تآكل المعادن، بالإضافة إلى تأثيرها السلبي في بعض النباتات الحساسة خاصة حينما يصل تركيزها (NO_2) ثانی أكسيد النيتروجين إلى 1 PPM لمدة ٢٤ ساعة، أو حينما يبلغ تركيز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 0.35 PPM لمدة عدة شهور.

ويمكن التأثير السلبي لأكاسيد النيتروجين على صحة الإنسان في:

١- يعتبر أول أكسيد النيتروجين NO غير ضار بصحة الإنسان ولكن خطورته تكمن في سرعة أكسدته إلى NO_2 . ومما يذكر أن الهيموجلوبين شديد الانجذاب إلى NO (حوالي ١٥٠٠ مرة من انجذابه لـ CO)، ولكن لحسن الحظ أن NO الجوى غير قادر على دخول الشعيرات الدموية ليتفاعل مع الهيموجلوبين.

٢- وجود ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 بتركيز 100 PPM لعدة دقائق يؤدي إلى هلاك الإنسان وموته وكذلك الحيوان.

٣ - التعرض لـ NO_2 بتركيز 5 PPM لبضع دقائق فإنه يؤثر سلباً على نظام الجهاز التنفسي.

٤ - التعرض لـ NO_2 بتركيز 0.06 PPM يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعديد من أمراض الجهاز التنفسي.

وإجمالاً فإن ارتفاع تركيزات NO_2 له تأثير خطير على صحة الإنسان عموماً، وليس أدل على ذلك من موت ١٢٤ شخصاً خلال يوم واحد في يوم ١٥ مايو سنة ١٩٢٩ في أمريكا بسبب اندلاع النيران من أشعة X فانطلقت كمية كبيرة من NO_2 . هذا وقد يتعرض الإنسان للموت خلال نصف ساعة فقط حينما تبلغ نسبة حمض النيتريك في الهواء 0.7% .

٤- الجزيئات العالقة بالهواء:

تؤثر الجزيئات في الجهاز التنفسي للإنسان حينما تترسب في داخله لما تحملها من مركبات كيميائية قد تكون سامة لذلك فإن أخطر هذه الجزيئات هي الدقيقة القابلة للاستنشاق خاصة وأنه من الصعب التحكم في انبعاثها بعكس الجزيئات ذات الأقطار والأحجام الكبيرة التي قد تترسب طبيعياً أو باستخدام وسائل التحكم في انبعاثها. ومن أهم الأمراض الناتجة عن ذلك سرطان الرئة Lung Cancer وانتفاخ الرئة Emphysema والربو الشعبي Bronchial Asthma.

٥- المواد الهيدروكربونية Hc:

يؤدي تعرض النبات لتركيز 0.01 Ppm لمدة ساعة لمادة الإثيلين إلى إحداث تأثير بالغ على النبات. ويعتبر غاز الميثان أحد المركبات الهيدروكربونية وهو غير سام في حد ذاته ولكن خطورته تكمن في أن وجوده بنسب مرتفعة يؤدي إلى سرعة اتصاده مع الأكسجين ويتبع ذلك حدوث انفجارات. أما المركبات الهيدروكربونية العطرية فإنها تؤدي إلى تهيج العيون والجلد. ويكمن تأثير مادة الفورمليد $HcHo$ التي ترجع أساساً إلى أكسدة غاز الميثان فيظهور تأثيرها الفسيولوجي حينما يبلغ تركيزها حوالي 0.06 Ppm، وتؤدي إلى تهيج العيون عند تركيز يتراوح ما بين $0.01 - 1.0$ Ppm.

تكلفة التلوث في الولايات المتحدة الأمريكية:

تتضرر الولايات المتحدة الأمريكية سنوياً بسبب التلوث حوالي ٥٠٠ مليون دولار بسبب تلف المحاصيل الزراعية، خسائر مادية ناتجة عن تآكل المباني والمنشآت والكتب، أمراض عمال المصانع، عيوب في الصناعات المرتبطة بالإنتاج الزراعي.

تأثير التلوث على صحة الكائنات الحية:

قد أثبتت الدراسات وجود علاقة ارتباطية بين صحة الإنسان ومستوى التلوث إذاً اتضح أن سكان المدن أكثر إصابة بالعديد من الأمراض مقارنة بسكان الريف. وكذلك فإن العاملين في المناطق الحضرية الملوثة تكون قدرتهم الإنتاجية

أقل من غيرهم . هذا فضلاً عن عزوف أغلب العمال عن العمل فى البيئات الملوثة مما يدفع أصحاب المصانع إلى مضاعفة الأجور لتحفيزهم على العمل. بل ويمتد تلوث الهواء إلى أسعار الشقق والوحدات السكنية إذ تنخفض كثيراً فى قلب المدن مقارنة بمناطق الضواحي البعيدة عن المصانع والكثافة المرورية الأقل تلوثاً فى هوائها.

علاقة التلوث بالوفيات :-

وقد أثبتت الدراسات التحليلية الإحصائية التى بحثت أبعاد العلاقة بين تلوث الهواء وعدد الوفيات وقام بها كل من العالم Lester Lave والعالم Eugene Sesltin فى دراسة بعنوان Air Pollution and Human Health أن أكثر ملوثات الهواء تأثيراً فى صحة الإنسان هى الجزيئات الصغيرة السابحة فى الهواء وأكاسيد الكبريت. ولذا اتجه القانون الفيدرالى الأمريكى إلى تحديد نوعية الهواء ومستويات التلوث المسموح بها كحدود للأمان التى تكفل الحفاظ على صحة الإنسان، وكذلك حدود الرفاهية مع الاهتمام بوضع التأثير السلبي العام لملوثات الهواء وفقاً لدرجة التعرض لكل منها كما يتضح فى الجدول التالى:

المستويات العالمية للهواء النقي وفق القانون الفيدرالي

PPm = جزء في المليون

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ = ميكروجرام/المتر المكعب

الملوثات	معدل المدة	المستوى الأول	المستوى الثاني	التأثير العام
الأوزون O_3	ساعة واحدة	PPm ٠.١٢ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ٢٤٠$	PPm ٠.١٢ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ٢٤٠$	يؤثر في العيون وخسارة في المزروعات
أول أكسيد الكربون	٨ ساعات	PPm ٩.٠ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٠.٠$	PPm ٩.٠ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٠.٠$	يؤثر في دورة الأكسجين
	ساعة واحدة	PPm ٣٥.٠ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ٤٠.٠$	PPm ٣٥.٠ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ٤٠.٠$	
ثنائي أكسيد النيتروجين NO_2	معدل سنوي (متوسط سنوي)	PPm ٠.٠٥ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٠٠.٠$	PPm ٠.٠٥ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٠٠.٠$	يؤثر في الصحة العامة
ثنائي أكسيد الكبريت SO_2	معدل سنوي معدل سنوي	PPm ٠.٠٣ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ٨٠.٠$	- -	يؤدى إلى تهيج في المستويين
	٢٤ ساعة	PPm ٠.١٤ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ٣٦٥$	-	
	٣ ساعات	-	PPm ٠.٥ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٢٠٠$	يسبب رائحة كريهة
الجزيئات العالقة	المتوسط الهندسي السنوي	$\mu\text{g}/\text{m}^3 ٧٥$	$\mu\text{g}/\text{m}^3 ٦٠$	يؤثر في الصحة
	٢٤ ساعة	$\mu\text{g}/\text{m}^3 ٢٦٠$	$\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٥٠$	
الهيدروكربونات	٣ ساعات	PPm ٠.٢٤ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٦٠$	PPm ٠.٢٤ $\mu\text{g}/\text{m}^3 ١٦٠$	تؤدى إلى تناقص عمليات الأكسدة

ويقصد بالمستوى الأول (في الجدول السابق) حد الأمان للمحافظة على الصحة العامة، أما المستوى الثاني فيقصد به حد المحافظة على الرفاهية العامة والممتلكات العامة من أي تأثير معروف أو غير معروف للتلوث.

كوارث التلوث على صحة الإنسان:

من أشهر كوارث التلوث حالة التلوث التي وقعت في لندن سنة ١٩٥٢ وكانت ترجع إلى ارتفاع معدل تركيز الدخان اليومي ليستراوح فيما بين ٢٠٠-٤٠٠ ميكروجرام/م^٣ في وسط مدينة لندن في يومي ٦ و٧ ديسمبر وقد اقترن ذلك بارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 بنسبة ٥٠% أو أكثر في معظم المواقع.

وكذلك حادثة وادي ميز Meuse Vally بالقرب من مدينة بيلجرام خلال أربعة أيام فقط من ارتفاع معدلات التلوث سنة ١٩٣٠ حين مات نتيجة لها الآلاف من الأشخاص. وقد مات ١٧ شخصاً خلال ١٤ ساعة في يوم ٣٠ أكتوبر سنة

١٩٤٨ بسبب ارتفاع التلوث في مدينة دونورا في ولاية بنسلفانيا. وتختلف المستويات الخطيرة لملوثات الهواء على صحة الإنسان كما يتضح في الجدول التالي :

المستويات الخطيرة لبعض الملوثات

الغاز (الموث)	التركيز	الآثار السلبية
ثاني أكسيد الكبريت	PPm ٠,٢	زيادة في عدد الوفيات
بيروكسي بيزول نترات في الضيخان	PPm ٠,٢	التهاب عيون الإنسان
فلوريد الهيدروجين	PPm ٠,٠٠١	أخطار شديدة في الغابات الحساسة

وقد حدث أن ارتفع تلوث الهواء في شهرى أغسطس وسبتمبر سنة ١٩٦٦ في قرى الشعيبة والفحيجل بثانى أكسيد الكبريت الناتج عن تكرير البترول والصناعات البتروكيميائية في منطقة الشعيبة الصناعية بالكويت فآثر ذلك على صحة السكان مما دفع عربات الإسعاف إلى العمل بشكل متواصل لنقل المصابين إلى المستشفيات.

وحدث أيضاً أن تلوثت المياه في الخليج العربى في الكويت في صباح يوم ١٧ أغسطس سنة ١٩٦٦ أمام منطقة الشعيبة حين استيقظ السكان صباحاً على وجود ملايين الأسماك الميتة على سطح الماء بسبب ارتفاع تركيز غاز النشادر بمقدار ٥٥ PPm وقد انبعثت من مصانع الكبريت ووصلت إلى مياه الخليج في أثناء نسيم البر ليلاً. وقد وقعت حادثة أخرى في المنطقة الصناعية حول خليج طوكيو كان تركيز SO_2 مرتبطاً بالمنطقة الصناعية وليس بالمدينة نفسها أى أن تركيز SO_2 مرتبطاً بالانبعاث من المنطقة الصناعية بشكل محدد. ثم انتقلت الملوثات من المنطقة الصناعية حول خليج طوكيو بفعل نسيم البحر Sea Breeze من الساحل إلى قلب اليابس حيث تقع المنطقة السكنية في المدينة. وقد صاحب هذه الظروف من التلوث العديد من الحالات المرضية وحالات الوفاة خاصة في كبار السن ومرضى الجهاز التنفسي. وفي حادثة أخرى بمدينة طوكيو

اليابانية خلال شهر يوليو ١٩٧٠ م ، ارتفع تركيز الغبار إلى درجة أدت إلى إصابة ٨٠٠٠ شخص بأزمات الربو والحساسية وأمراض الجهاز التنفسي الأخرى .

وتعاني مدينة حلوان المصرية من التركيزات الخطيرة للغبار ، إذ يبلغ متوسط تركيزه ١١٠ طن غبار / شهريا ، في حين يتحتم أن لا تتجاوز هذه الكمية ٢٥ طن غبار / شهريا . ومما يزيد من خطورته على صحة سكان القاهرة الكبرى ، أن متوسط كمية المطر لا يتجاوز ١٥ ملليمترا ، وهكذا يفقد هواء مدينة القاهرة إلى أهم وسائل الإراحة الطبيعية . وتكمن خطورة هذا الغبار في احتوائه على نسبة عالية من ثاني أكسيد السيليكون الذي يؤدي إلى الإصابة بالأمراض الرئوية . هذا بالإضافة إلى الأمراض الأخرى الناتجة عن محتواه من الكالسيوم والمواد الكربونية والكبريتية . كما تعاني السودان من مشاكل عديدة بسبب ارتفاع مستويات التلوث بالغبار إذ ينخفض العمر الافتراضي لسلاسل المسنخمة في السودان لبتراوح بين ٤٠ - ٦٠ % من عمرها الافتراضي إذا تم تشغيلها في البيئات الأكثر نقاءً . ويؤثر التلوث بالغبار سلبيا في صحة الإنسان إذ يدخل الغبار المعدني أو الغبار الذي يحتوي على بعض الألياف العضوية أو بعض الرمال إلى جسم الإنسان عن طريق اللسان ثم إلى الرئتين ثم الجهاز التنفسي وينتج عن ذلك الإصابة بسرطان اللسان الذي ترتفع معدلات الإصابة به بين عمال المناجم في السودان . هذا فضلا عن دور الغبار في نقل العدوى حيث يتعلق به الجراثيم ثم يستنشقها الأصحاء فتصيبهم الأمراض .

المطر الحامضي Acid Rain :

يعتبر المطر الحامضي من أخطر مظاهر تلوث الهواء سواء بالملوثات الغازية أو بالجزيئات العالقة . ولا يحتوي المطر الحامضي فقط على حمض الكبريتيك Sulphuric Rain بل يحتوي أيضاً على حمض النيتريك Nitric Rain الناتج عن أكسدة النيتروجين . وتؤدي هذه الأمطار الحمضية إلى تآكل الهيكل الخارجي للسيارات وإتلاف الملابس وانخفاض الأس أو الرقم الهيدروجيني PH لمياه

الأنهار والبحيرات كما حدث في أنهار شسبه الجزيرة الاسكندنافية (السويد والنرويج) حيث انتقل المطر الحامض من المناطق الصناعية في بريطانيا وألمانيا ليسقط على أنهار السويد. ويحدث ذلك أيضاً حيث تتأثر كندا بالغازات الملوثة المنبعثة من المناطق الصناعية في الولايات الأمريكية، ولعل سهولة انتشار وتشتت ملوثات الهواء وانتقالها لتصيب مناطق بعيدة عن مصدر انبعاثها ما دفع إلى ضرورة إنشاء مداخل مرتفعة كما حدث في أونتاريو التي توجد بها أعلى مدخنة على مستوى العالم بارتفاع ٣٨١ متراً وبالرغم من ذلك مازال ينبعث منها ٣% من كبريت العالم بل ويصل انبعاثها من الكبريت حتى ولاية فلوريدا في أقصى جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية. ويرى البعض مثل Levine (1984) أن ٣/١ الأحماض الموجودة في الأمطار ترجع إلى حمض النيتريك HNO_3 أما ٣/٢ ترجع إلى حمض الكبريتيك. وقد أخذت خطورة المطر الحامض في الزيادة وانعكس ذلك على البيئة خاصة في السويد. إذ أنه من تحليل عينات من مياه المطر اتضح أن مستوى PH (الأس الهيدروجيني لتعادل المياه = ٧) متشابه في السويد والنرويج وهو مرتفع ويرجع مصدره إلى انتقال الأحماض النيتروجينية والكبريتية من المناطق الصناعية في بريطانيا وغرب وشرق أوروبا إلى الشمال حيث السويد والنرويج. ويتوقع العالم Li Itens والعالم Borman من دراسة قاما بها سنة ١٩٧٤ أن كمية المطر الحامض في اتجاه مستمر نحو الزيادة بسبب الزيادة في انبعاث الكبريت وأكاسيد النيتروجين التي سترتفع بنسبة تتراوح ما بين ١٢%-٦١% في عام ٢٠٠٠ عما كانت عليه سنة ١٩٧٥.

وتظهر بوضوح مشكلة المطر الحامض في شرق الولايات المتحدة إذ ترتفع نسبة الحموضة في المطر في الجزء الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية نتيجة عدة عوامل من أهمها:

١- موقع هذا الجزء في مهب معظم العواصف القادمة من المناطق الصناعية مثل وادي نهر تينيسي ووادي نهر أوهايو (أهم الروافد الشرقية لنهر المسيسيبي).

٢- استخدام المداخل العالية بهدف التحكم في التركيزات المرتفعة لثنائي أكسيد الكبريت بهدف تثبيتها بعيداً عن سطح الأرض.

٣- استخدام بعض وسائل مكافحة التلوث التي تهدف إلى خفض كمية الشظايا المتطايرة دون أن تؤدي هذه الوسائل إلى الحد من الغازات الحمضية مثل ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد النيتروجين.

هذا وجدير بالذكر أن ، معظم الأمطار الحمضية هنا يمكن إرجاعها إلى أكسدة ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في جزيئات السحب أو قطرات الماء ، أو إرجاعها إلى امتصاص الغازات الحمضية الحرة Free Gaseous Acids بواسطة جزيئات السحب أو قطرات المطر، أو إذاحة الهباء الحمضي Acid Aerosol بسقوطه مع قطرات المطر.

وجدير بالذكر أن ، التركيب الكيميائي للمطر يرجع إلى التفاسعات الكيميائية والفيزيائية لأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت في ظل وجود الأوزون وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

هذا وينقسم الغلاف الجوي إلى قسمين:

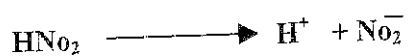
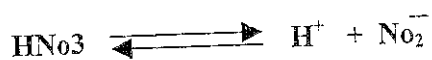
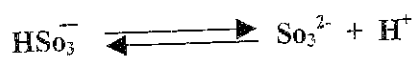
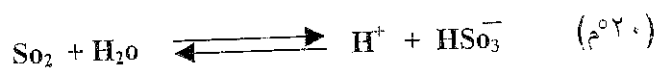
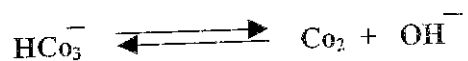
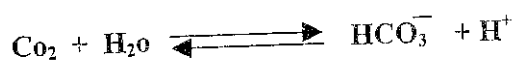
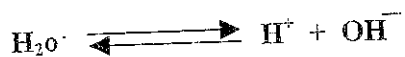
القسم العلوي: حيث تتشكل فيه قطرات المطر في ظل وجود ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

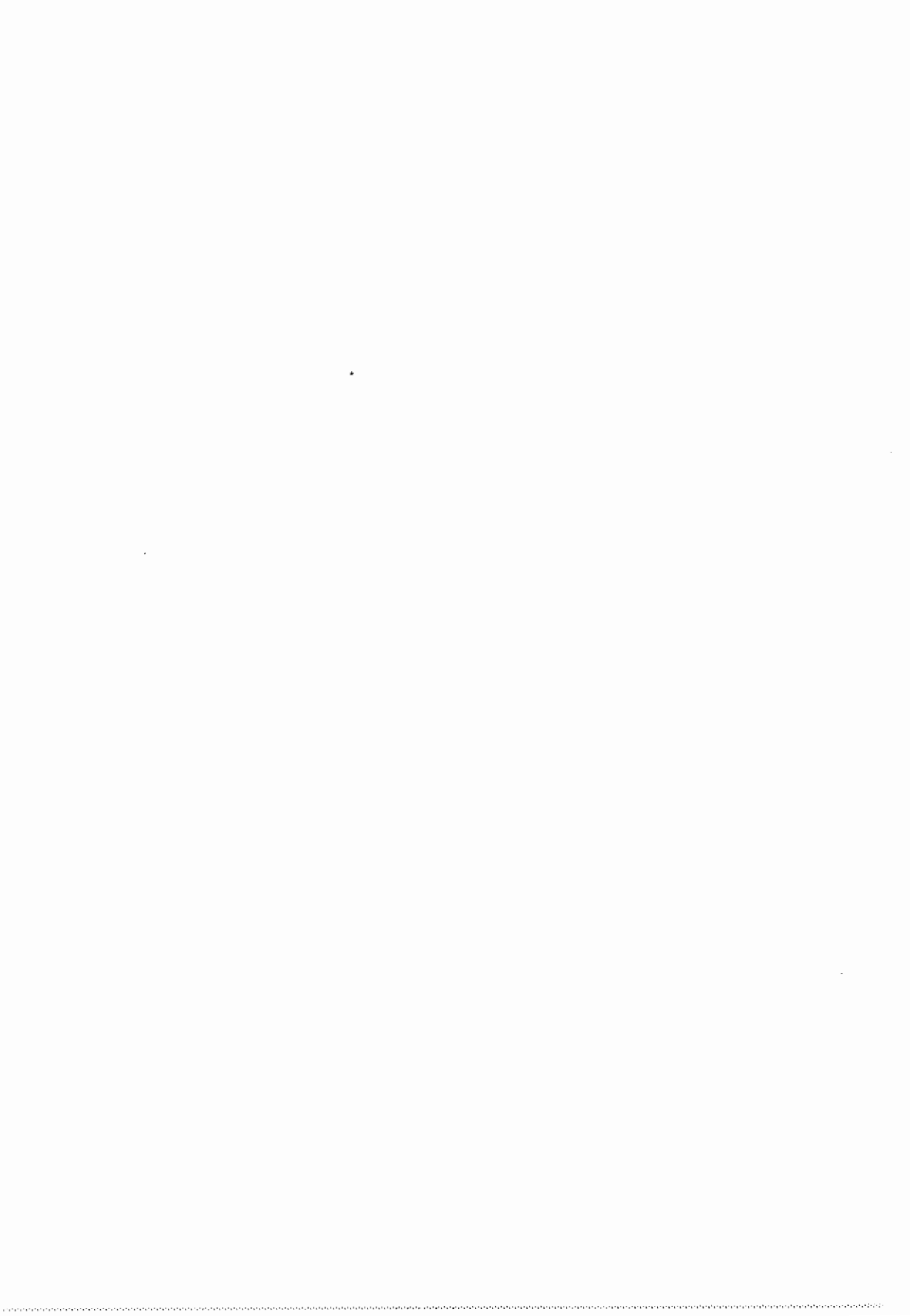
القسم السفلي: ينتشر به بعض المركبات التي يتم على أساسها تحديد درجة حموضة المطر PH ومنها ثاني أكسيد الكبريت، الأوزون، ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكربون.

وعند سقوط قطرات المطر من القسم العلوي إلى القسم السفلي الملوث بالغازات السابقة يحدث تفاعلات كيميائية ينتج عنها تكوين حمض الكبريتيك وحمض النيتريك.

وهكذا تصبح كل قطرة من المطر تحتوي في داخلها على كميات من O_3 ، SO_2 ، CO_2 ، HNO_3 ، NO ، NO_2 بنسب قد تكون ثابتة تقريباً في جميع قطرات المطر في نفس المنطقة.

معادلات التفاعل الكيميائي في قطرة المطر:





الفصل الرابع

تلوث المياه

إن تلوث المياه ليس بالمشكلة الجديدة، ولكن خطورته قد زادت بدرجة واضحة خلال العقود الأخيرة خاصة وأن محاوره يمتد تأثيرها السلبي ليشمل الحيوان والإنسان والثروة السمكية والمائية.

ويقصد بتلوث المياه هو تغير تركيبها أو خصائصها الكيميائية نتيجة النشاط البشرى أو الإفراط فى استخدامها حتى فى أبسط الصور وهو أغراض الشرب، وينعكس ذلك على مدى صلاحيتها لكافة الأغراض، مما يعنى تدهوراً لخصائصها الطبيعية والكيميائية والبيولوجية.

ويعتبر عنصر الأكسجين هو العنصر الأساسى الذى يحدد درجة نقاء الماء ويوجد طبيعياً فى الماء النقي بنسبة لا تقل على ملليجرام واحد فى كل لتر من المياه الطبيعية.

ويمكن تقسيم مسببات التلوث المائي بفعل النشاط البشرى إلى عدة مجموعات:

- التلوث الحرارى Thermal Pollution.
- التلوث الكيميائى Chemical Pollution عن طريق :-
 - أ- الكيماويات العضوية Organic Chemical.
 - ب- الكيماويات وبقايا المعادن Chemical & Mineral Substances.
- التلوث البيولوجى Biological Pollution.
- الرسوبيات العكرة.
- بقايا نشاط الإشعاع.
- مياه الصرف الصحى.

هذا بالإضافة إلى العديد من الأنشطة البشرية الأخرى مثل الزراعة، الصناعة، التعدين، الرى، ولكن أكثرها تأثيراً هى الزراعة.

ومما يذكر أن بعض الملوثات الناتجة عن الزراعة يعتبر تأثيرها محلياً، بينما بعضها الآخر عالمي مثل المياه الحمضية (المطر) الآسدية، أو مياه المطر الغنية بالسليكا.

وقد قدر التلوث المائي بواسطة العالم Meybeckt، بأن مياه المحيطات يضاف إليها ٥٠٠ مليون طن من الأملاح بواسطة الإنسان، ويعنى ذلك زيادة عن المعدلات الطبيعية من الصوديوم والكلوريد والسلفات بحوالي ٣٠% وزيادة فى كمية المعادن فى الأنهار بنسبة ١٢%.

هذا ويمكن دراسة مصادر تلوث المياه على النحو التالي :-

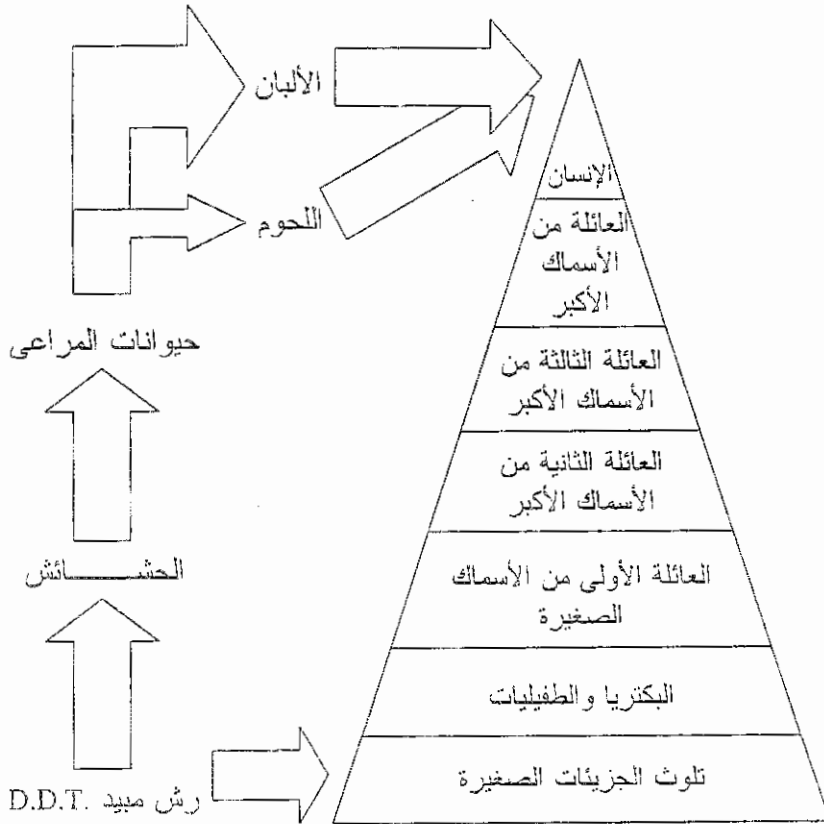
١ - التلوث الكيمائى الناتج عن الزراعة :-

تعتبر الزراعة أكثر الأنشطة البشرية تأثيراً فى تلوث المياه بما تسببه من ترسبات ملحية بالإضافة إلى النفايات الكيميائية Chemical Wastes فى الغلاف الحيوى Biosphere. إذ تؤدى الزراعة إلى تغيير نسبة النيتروجين بسبب التوسع فى استخدام المخصبات النيتروجينية ويتبع ذلك سرعة فى نمو النباتات المائية Aquatic Plants فترتفع معدلات تلوث المياه الداخلية Inland Water من الترع والمصارف ، ويرتفع تلوث مياه الترع والمصارف بالنترات نتيجة انسكاب النيتروجين فى المجارى المائية بعد استخدام الأسمدة النيتروجينية. ومما يذكر أن الإفراط فى استخدام الأسمدة النيتروجينية يؤدى إلى زيادة فى الدورة النيتروجينية. هذا ولا يمكن إغفال دور النفايات العضوية Organic Wastes فى تلوث المياه بالنترات.

وتؤثر عملية الصرف Drainage فى حركة المياه فى التربة وتتحكم فى كفاءة عملية الغسيل Leaching للنترات والمواد الأخرى. ومما يذكر أيضاً أن المبيدات الحشرية Pesticides تعتبر مصدراً أساسياً فى تلوث المياه بفعل الزراعة. ومما يذكر أن المبيدات الحشرية تختلف فيما بينها على المدى الطويل فى تأثيرها ونشاطها ودرجة سميتها Toxicity ومدى بقائها فى الغلاف الجوى ولعل من أخطرها مبيد DDT والديالدين Dieldrin وهذه تستمر مدة بقائها فى

البيئة لسنوات عديدة. فضلاً عن كونها تؤثر في جميع الكائنات الحية كما يتضح في الهرم الغذائي للتلوث بالمبيدات الحشرية.

الهرم الغذائي للتلوث بالمبيدات الحشرية D.D.T.



ويمكن حصر خطورة هذا المبيد في جانبين :

١ - التشتت والانتشار على المستوى العائلي :

١- يبقى تأثيرها بدرجات سمية متباينة في مختلف أنواع الغذاء ومثال لذلك

يظهر تأثير D.D.T. في الهرم الغذائي Food Pyramid حيث أن النبات

يحتاج إلى ١٠٠٠ كيلو جرام من بلاكتون النبات لإنتاج ١٠٠ كيلو جرام

لإنتاج بلاكتون الحيوان، ويحتاج الإنسان إلى ١٠ كيلو جرام من الأسماك

ليزيد وزنه بمقدار ١ كيلو جرام. وهكذا فإن الإنسان يكون قد حصل على

أقصر كمبيوتر من اسم D.D.T. عند تناوله لكمية كافية من الأسماك لكى يزيد وزنه كيلو جراماً واحداً.

هذا ويسهم الإنسان فى تلوث المياه من خلال دوره فى تغيير نوعية المياه بواسطة الترسيبات المختلفة التى تضاف إلى الجداول المائية وهذه قد تؤثر فى سرعة تحلل وتآكل التربة.

كما يسهم الهواء بصورة غير مباشرة فى انتشار التلوث بالمبيدات بنقلها إلى مسافات بعيدة من مصدر استخدامه ويتوقف ذلك على سرعة الرياح واتجاهها وتحديدها للمنطقة المستقبلة Receptor Areas.

وقد ثبت أن مبيد D.D.T. يبقى فى التربة بعد توقيت استخدامه لمدة ١٧ عاماً بنسبة تصل إلى ٣٩% من إجمالى آثاره وبقيائه.

ومما يذكر أن استخدام سلفات كبريتات النحاس Copper Sulphate التى تستخدم كمبيد حشرى تأثيرها لا يصيب الحشرات فقط بل يمتد إلى النبات والإنسان.

٢ - تلوث المياه بالأسمدة:

إن توسع الإنسان فى استخدام الأسمدة النيتروجينية والفوسفورية بهدف زيادة الإنتاجية يؤدى إلى تلوث مياه المجارى المائية وكذلك المياه الجوفية، ويتبع ذلك حدوث خلل فى العمليات الأيضية للحيوانات المنزلية التى نستهلك ألبانها وتظهر آثارها السلبية على صحة الأطفال الذين يعتمدون فى غذائهم على الألبان.

وتعتبر مشكلة التلوث بالمبيدات الكيماوية التى تستخدم فى مكافحة الآفات الزراعية مشكلة خطيرة وتكلف العالم سنوياً حوالى ٨٠٠ مليون دولار. وترتفع خطورة التلوث بالمبيدات Contaminaation فى الدول الصناعية وتتفاقم فى الدول النامية بسبب الجهل بآثارها البيئية والصحية إذ يلجأ المزارعون البسطاء إلى المبالغة فى استخدامها بهدف سرعة التخلص من الحشرات والآفات والديدان والفوايرض والأعشاب والحشائش الضارة.

وقد أدى التقدم الزراعى إلى التخصص فى زراعة نوع واحد من المحاصيل لعدة سنوات متتالية مما يعرض المحصول لآفات كثيرة وخطيرة تهدد جزء كبير من المحاصيل فظهرت الحاجة إلى استخدام المبيدات الحشرية سواء فى أثناء الزراعة أو بعد الحصاد وكذلك فى أثناء عملية التخزين.

تكلفة مكافحة بعض الحشرات على مستوى العالم

نوع الحشرات	التكلفة
الجراد الصحراوى	بليون دولار
النمل الأبيض	١٦٥ مليون دولار
القوارض	١٥٠٠ مليون دولار

ومما يذكر أن العالم قد استهلك ١٥,٠٠٠ طن متري من مبيد D.D.T. خلال عام ١٩٧٤ فقط.

ولو نظرنا إلى المملكة العربية السعودية وهى دولة تعتمد فى اقتصادها على النفط ومشتقاته ويعد النشاط الزراعى فيها محدوداً سواء من حيث مساحة الأراضي المزروعة أو من حيث تنوع المحاصيل الزراعية، وبسبب ذلك يرتفع فيها استهلاك المبيدات بأنواعها المختلفة كما يوضحها الجدول التالي:

استهلاك المملكة العربية السعودية من المبيدات خلال الفترة

سنة ١٩٦١ : سنة ١٩٦٥

النوع	الكمية بالكيلو جرام
المبيدات الحشرية	٤٥,٩٠٠
المبيدات الفوسفورية	١١,٦٠٠
الزيوت المعدنية	٨,١٠٠
مركبات الكبريت	٢٩,٤٠٠
المركبات النحاسية	٧,١٠٠
المركبات الزئبقية	٥٠٠٠
المبيدات الفطرية	٢,٧٠٠

وتكمن خطورة التلوث بالمبيدات في كونها أنها تنتقل من التربة إلى المياه الجارية سواء من الترعرع أو المصارف وتصل إلى الأنهار. كما تنتقل بفعل الرياح إلى مناطق بعيدة عن مواقع استخدامها، فضلاً عن تعلقها وترسبها في أنواع عديدة من الخضار والفاكهة.

مقاييس السمية:

تزيد من مشكلة التلوث بالمبيدات عدم توفر معلومات حقيقية عن درجة سمية هذه المبيدات ومدة بقائها في البيئة وآثارها الصحية على سائر الكائنات الحية. وهناك العديد من المقاييس التي تستخدم في تحديد درجة السمية ومنها:

- حد ابتداء السمية Threshold Limits.
- أقل جرعة سمية (M.H.D.) Minimal Heat Hal Dose.
- الجرعة القاتلة لنصف عدد حيوانات التجربة (H.D.50).

أنواع المبيدات:

تأخذ المبيدات عدة صور منها السائلة - الصلبة - الغازية، وتلك الغازية تكون في صورة أبخرة وتتميز بشدة سميتها ولذا يجب أن يكون استخدامها دقيق لأنها سريعة الانتشار تحت تأثير شدة سرعة الرياح.

ولتقدير الآثار السمية على الإنسان تجرى العديد من التجارب بإضافة كميات محددة لطعام الحيوانات لمدة معينة تطول أو تقصر بهدف الحصول على القدر المناسب من هذه المبيدات بحيث لا يضر الحيوان ولا تظهر عليه أي أعراض مرضية. ويطلق على هذه الكمية بعد ثبوت خلوها التام من آثارها السلبية على حيوانات التجربة اسم (d.t.) Dosis Tolerata ويعبر عنها بالمليجرام من المبيد لكل كيلو جرام من وزن الحيوان. ثم تطبق نتيجة هذه التجربة على الإنسان بعد إضافة (عامل الأمان المتحكم الاعباطى f)

ثم نقسم $\frac{d.t.}{f}$ لنحصل على كمية المبيد التي يمكن أن تدخل جسم الإنسان دون أن تحدث أي أضرار على حياة الإنسان وصحته ويطلق على هذه الكمية

"كمية الجرعة اليومية المقبولة" (accepted daily intake) ← (a.d.i.)

وهناك معادلة هولندية تحسب القدر القانوني المناسب الذي يتحمله الإنسان دون
أى أعراض مرضية وهى:

$$PL = \frac{d.t. \times 60}{f \times 0.4}$$

حيث PL : الجرعة القانونية المناسبة "جرعة الأمان"

60 : ٦٠ كيلو جرام "وزن الرجل فى المتوسط"

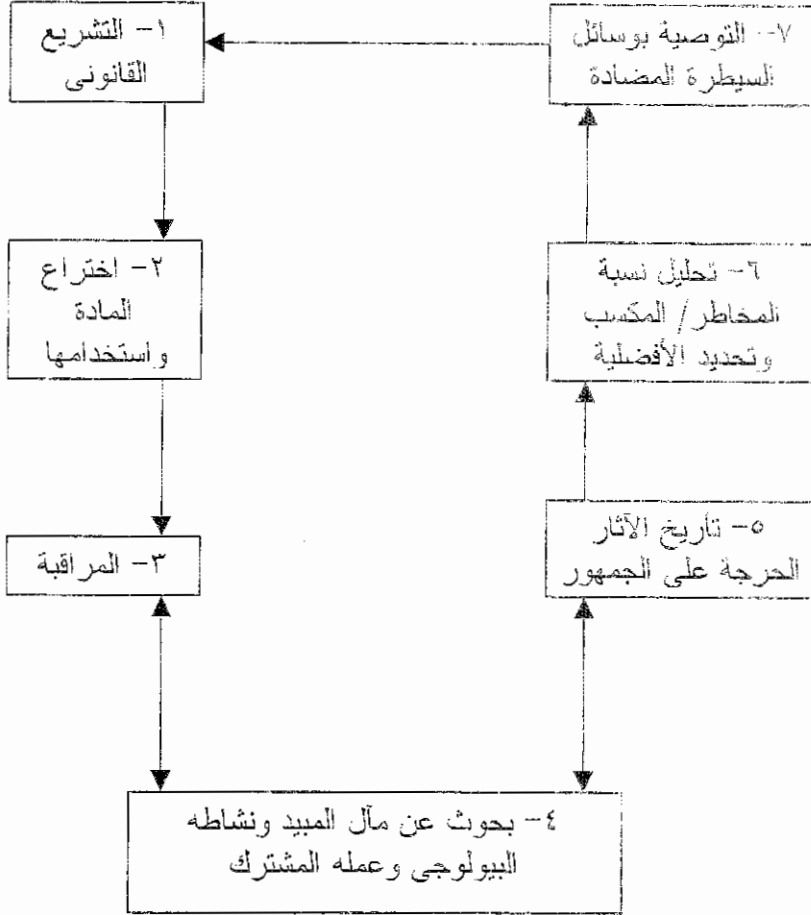
0.4 : كمية المبيد المسموح إضافتها لكل كيلو جرام من غذاء الإنسان

ويستخدم مبيد D.D.T. فى قتل الحشرات خاصة بعوض الملاريا وذباب مرض
النوم وبكتريا التيفوس.

هذا بالإضافة إلى المبيدات الأخرى مثل (الدريسن)، (الديلدريسن)،
(كلوردان)، (البنزين)، (مركبات الزرنيخ)، (مركبات الرصاص)، (مركبات
الزئبق)، وكلها مبيدات سامة ومدة بقائها فى البيئة طويلة ولذا يفضل الحد من
استخدامها واستبدالها بمبيد نوكسامين. أما فى حالات الضرورة القصوى لابد من
منع رشها على الخضراوات والفاكهة والحبوب ومحاصيل العلف والزيوت لأنها تعتبر
مبيدات مسرطنة.

ويوضح النموذج التالي أسلوب التعامل مع المبيدات الكيماوية من حيث
تحديد كميتها ، ومراقبة آثارها الصحية ، وتحديد درجة خطورتها البيئية ،
وتحديد أساليب السيطرة على مخاطرها .

نموذج للدراسة المتكاملة والسيطرة على الآثار
المتبقية من الكيماويات الغريبة عن
الوسط الحيوى



خطورة التلوث بالمبيدات:

تتضح خطورة التلوث بالمبيدات من العديد من الدراسات ومن أمثلتها تلك التى قام بها العالم "Metcalf" سنة ١٩٧٢ حيث رتب المبيدات على أساس

درجة الأمان ودرجة تأثيرها على خواص البيئة ومدى صلاحيتها فى مكافحة الآفات والفطريات.

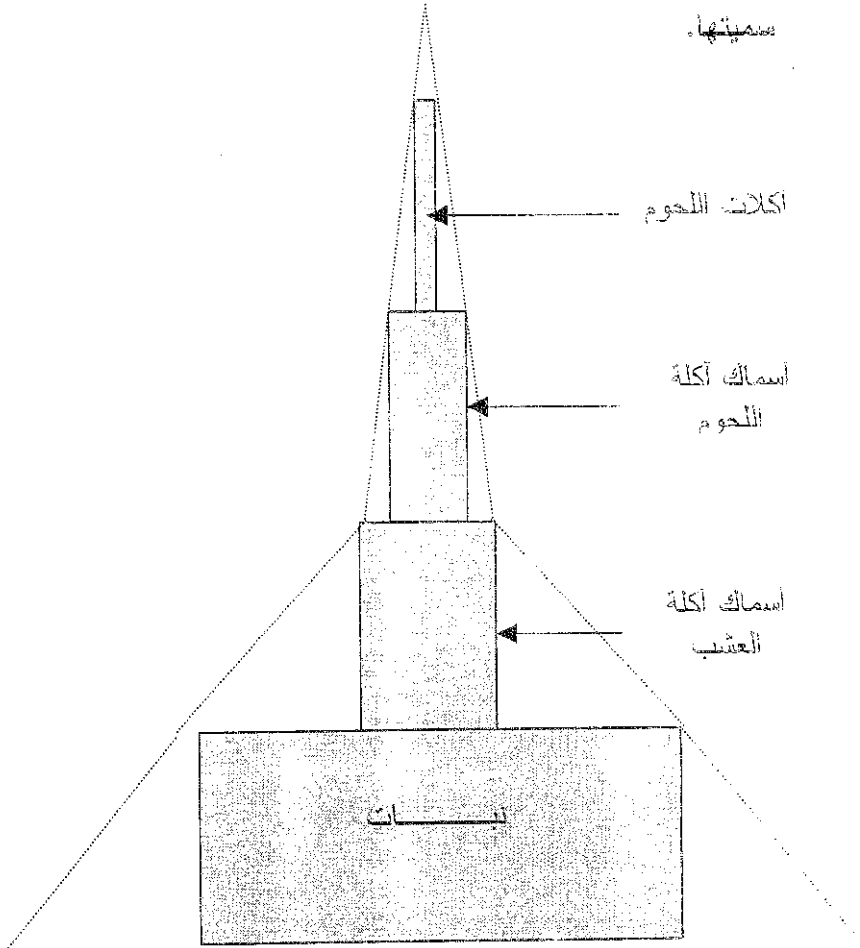
وقد قسمها إلى أربعة أقسام:

- ١ - مبيدات تصلح للمكافحة وتصل درجة سميتها (٤-٧) ومنها سينين - كلوردان - مالايثون - نالد - ترى كلورفون.
- ٢ - مبيدات لابد من وضع احتياطات مع استخدامها ووضعها فى مرتبة السمية (٨-١٠) ومنها: ازنيوس - ميقيفوس - ميثيل بارثيون - نوكسامين - رابع إيثيل بيرو فوسفات.
- ٣ - مبيدات يجب عدم استخدامها إلا تحت ظروف خاصة ووضعها فى مرتبة السمية (١٠-١٢) وهذه تضاف إلى البذور وكذلك للتربة ومنها (د.د.ت.) - فوريت - باراثيون - داي سلفونون.
- ٤ - مبيدات يجب عدم استخدامها إلا تحت ظروف معينة مثل ديلدرين - اندرين - هبتاكلور.

ويمكن عرض أهم توصيات المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم سنة ١٩٧٢ فى الخرطوم ٥-١٢ فبراير سنة ١٩٧٢:

- عدم استخدام المبيدات الكيماوية إلا فى الحالات التى تصيب الاقتصاد بوضع حرج مع إعطاء الأولوية لطرق المقاومة الميكانيكية .
- التركيز على استخدام المبيدات الأكثر أمناً وأقل سمية وأقل ثباتاً من الناحية البيولوجية مع اختيار المبيدات الأكثر تخصصاً للتأثير على نوع معين من الآفات دون غيرها من الكائنات الحية البرية الأخرى مع استخدام أقل كمية ممكنة من المبيد.
- تطوير القوانين والتشريعات الخاصة بتداول المبيدات الكيماوية ووضع معدلات لاستخدامها.

- وضع وإعداد نظام ثابت في جميع الدول العربية للكشف الدوري المستمر عن آثار المبيدات الكيميائية ورصد تأثيرها على الحياة البرية مع الاهتمام بتطويرها في ضوء الاكتشافات العلمية.
- ترشيح المزارعين بأحدث أنواع المبيدات وطرق استخدامها ودرجة سميتها.



مادة D.D.T.



تركيز مادة الـ D.D.T. في سلسلة الغذاء

أضرار التلوث بالمبيدات الغازية :

- ١- تأثير ثانى أكسيد الكبريت: يتحول جزء من الكبريت الذى تعفر به النباتات إلى ثانى أكسيد الكبريت ويؤدى ذلك إلى العديد من الأضرار على النبات:
 - اصفرار الأوراق نتيجة لامتناس كمية صغيرة منه ببطء.
 - موت خلايا وحواف الأوراق.
- ٢- كبريتيد الهيدروجين: ويتكون نتيجة لتحلل المواد العضوية فى مياه الترعى الراكدة التى تروى بها المحاصيل. فضلاً عن اتحاد الكبريت الذى يعفر به النبات مع هيدروجين الجو. ويتحملة النبات عندما يبلغ تركيزه ١٠ جزء/المليون لمدة لا تزيد عن خمس ساعات.
- ٣- أكاسيد النيتروجين: تصيب النباتات بأضرار بالغة إذا ارتفع تركيزها عن ٢٥ جزء/المليون حيث تؤدى إلى تغير لون حواف الأوراق إلى اللون البنى مع تكون بقع سوداء بنية فى الأوراق.

التلوث بـ D.D.T.:

قد ظهر تأثير التلوث بمبيد الـ D.D.T. فوق المحيطات بعيداً عن اليابس، بالإضافة إلى تأثيره فى الطيور البحرية إذ وجد فى بيضها نسبة عالية من كلوريدات الكربونات ومن ثم أثر على توالتها وتكاثرها ويرجع ذلك إلى اعتمادها فى غذائها على الأسماك التى تتغذى بدورها على النباتات البحرية التى قد امتصت جزءاً من بقايا مبيد D.D.T.

ولعل من أشهر هذه الأمثلة بحيرة كلير Clear Lake بولاية كاليفورنيا التى يرتفع فى مياهها درجة تركيز هذا المبيد D.D.T. إلى ٠,٠٢ جزء فى المليون وتبع ذلك ارتفاع تركيزه فى نباتات البحيرة إلى ٥,٠ جزء فى المليون.

٣- تلوث المياه بالنشاط الصناعي:

إذ تدخل المياه بصورة مباشرة أو غير مباشرة فى العمليات الصناعية ويتبع ذلك إحداث تلوث للمياه بدرجات مختلفة باختلاف نوع الصناعة وشكل مخلفاتها التى قد تخرج فى صورة مخلفات سائلة تنتهى إلى المجارى المائية فتلوثها. وتعتبر

الصناعات الكيميائية والصناعات البتروكيميائية والصناعات التي تعتمد على الفحم من أكثر أنواع الصناعات تسبباً في تلوث المياه .
ويمكن توضيح أهمية المياه بالنسبة للعمليات الصناعية في الجدول

التالي :

احتياجات بعض العمليات الصناعية من المياه

الصناعة	كمية المياه اللازمة لإنتاج طن واحد (لتر)
الصبايون	٢٠٠٠
الفحم	٦٠٠٠
السكر	٩٠٠٠
الفواكه المحفوظة	٢٠٠٠٠
الصناعات القطنية	٢٠٠٠٠٠
الصلب	٢٧٠٠٠٠
الخيوط الحريرية	٦٠٠٠٠٠
المفرقات	٨٠٠٠٠٠
الورق	١٠٠٠٠٠٠
المطاط الصناعي	٢٥٠٠٠٠٠

هذا بالإضافة إلى مصادر تلوث المياه الأخرى ومنها :

١- المخلّفات المنزلية والمياه المستخدمة بدرجة كثيفة للمدن وهي في تزايد مستمر حتى أن نصيب الفرد منها في الدول المتقدمة يصل إلى ٦٠٠ لتر/شخص/يومياً، أي ٥٠ كيلوجرام/الفرد/سنوياً. ولاشك أن هذا المعدل يختلف من دولة إلى أخرى وفقاً لعدد السكان ومستوى المعيشة واتساع المساحات الخضراء داخل المدن ومدى الاهتمام بنظافة الشوارع وكذلك كمية المطر والجريان السطحي والسيول وغيرها، بل إنها تختلف في

الدولة الواحدة باختلاف المدن بل وباختلاف نمط المعيشة فى الأحياء السكنية نفسها.

٢- المصارف فى البيئات الزراعية خاصة مع التوسع فى استخدام الأسمدة والمخصبات والمبيدات الحشرية.

٣- التسرب من وحدات النقل النهري والبحري والنفايات الحمضية فى مناجم التعدين والنفايات المشعة التى تدفن فى قيعان المحيطات والبحار العميقة.

أهم العناصر الملوثة للمياه:

العناصر العضوية وتشمل: الأملاح العضوية، مبيدات الأتيونيك والأحماض الدهنية والأمنية وهى الأكثر انتشاراً.

العناصر غير العضوية: أيونات الأملاح مثل الكلور، الصوديوم، الكالسيوم، البوتاسيوم، المنجنيز، الفوسفات، السلفات، بالإضافة إلى نترات البيكربونات.

أنماط تلوث المياه:

١- التلوث الحرارى Thermal Contamination:

ينتج التلوث الحرارى للمياه عن إضافة المياه الساخنة التى تنتج عن عمليات التبريد فى العمليات الصناعية وكذلك المياه التى تستخدمها محطات توليد الطاقة، وتنتهي هذه المياه الساخنة إلى أى مسطح مائى قريب قد يكون نهر أو بحيرة.

ويتبع هذا التلوث الحرارى تناقص نسبة الأكسجين المذاب فى الماء مما يؤثر فى الخصائص الحيوية للمياه فيقضى على الثروة السمكية والأحياء المائية الأخرى.

٢- التلوث البيولوجى Hydrobiological Contamination:

يتمثل التلوث البيولوجى فى تلوث المياه الضحلة أو الراكدة فى الترع والمصارف أو الخزانات المائية المنتشرة فوق الأبراج السكنية فى المدن الكبرى،

وذلك بفعل ما تحتويه من عناصر نباتية ومركبات عضوية تتعرض تحت تأثير الظروف الجوية إلى عمليات التحلل والتعفن. ويعنى وجود ميكروبات مسببة للأمراض مثل بعض أنواع البكتيريا ومنها بكتيريا السالمونيا *Salmonella* التى تصيب الإنسان بالتيفود والنزلات المعوية، وبكتيريا الشيغلا *Shigella* التى تصيبه بالإسهال، وبكتيريا الليبتوسبيرى *Leptospira* التى تؤدى إلى الإصابة بالتهاب الكلى والكبد والجهاز العصبي المركزي، وبكتيريا الفيبريو *Vibrio* التى تصيب بالكوليرا. أو قد يحدث التلوث البيولوجي للماء نتيجة انتشار الطفيليات مثل البلهارسيا أو ديدان الإسكارس والانكلستوما التى كثيراً ما توجد فى المحاصيل الورقية مثل الخس، أو قد يكون التلوث راجع إلى وجود أحياء نباتية مثل الطحالب أو نبات ورد النيل الذى يحجب ضوء الشمس والأكسجين عن الكائنات المائية فى نهر النيل مثلاً.

٣- التلوث الكيميائي Chemical Contamination :

تنصرف بعض كميات من الرصاص إلى مياه المسطحات المائية مع مياه المخلفات الصناعية، ويعتبر البحر المتوسط والمحيط الأطلنطى من أكثرها تلوثاً بالرصاص حيث ارتفعت معدلات تركيزه حوالى ٥ مرات فى غضون الخمسين سنة الأخيرة.

هذا وقد ساد القلق الأوساط العلمية فى كندا والولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٧٠ حينما تم إجراء بعض التحليلات الكيميائية على أسماك بحيرة أونتااريو (إحدى البحيرات العظمى فى أمريكا الشمالية وتقع فى أكبر نطاق صناعى أمريكى) واتضح أن كمية الزئبق فى الأسماك قد بلغت ٧ ملليجرامات فى حين أن كمية الزئبق المسموح بها لا تتجاوز فى المواد الغذائية ٠,٥ ملليجرامات، أى أن مستوى التلوث بالزئبق فى أسماك البحيرة يعادل ١٤ ضعفاً للحد المسموح به.

وفى دراسة أمريكية أخرى اتضح أن نوع معين من الأسماك هو (سمك السيف) يخزن كمية كبيرة من الزئبق فى لحمه، فإذا تناولته الإنسان أضر

بصحته وربما أدى إلى وفاته حسب كمية الأسماك التي تناولها . ولذا قد أصدرت الحكومة قراراً بمنع صيد هذا النوع من السمك وحرمت بيعه فى الأسواق الأمريكية. وتكمن خطورة تلوث المياه بالزئبق فى كونه يهاجم خلايا مخ الإنسان وجسمه ويقتلها ولا يوجد علاج حقيقى لحالات التسمم الناتجة عن الزئبق.

أما تلوث المياه بالكاديوم فينتج عن صرف مخلفات صناعة الزنك وأصباغ المواد البلاستيكية والدهانات إلى مياه المسطحات المائية. وفى دراسة لتحديد درجة التلوث بالكاديوم فى مياه البحر الأدرياتي فى قارة أوروبا اتضح أن تركيزه بلغ ٠,٥ ميكرو جرام/لتر. وقد زاد هذا التركيز سنة ١٩٧٥. ويؤدى التسمم بالكاديوم إلى إحداث تغير فى تركيب الدم ومهاجمة عظام الإنسان ويؤدى إلى قصر القامة.

٤- التلوث البيولوجى :

ويعنى وجود ميكروبات مسببة للأمراض مثل بعض أنواع البكتريا ومنها بكتيريا السالمونيا *Salmonella* التى تصيب الإنسان بالتيفود والنزلات المعوية، وبكتيريا الشيغلا *Shigella* التى تصيبه بالإسهال، وبكتيريا الليبتوسبيرى *Leptospira* التى تؤدى إلى الإصابة بالتهاب الكلى والكبد والجهاز العصبى المركزى، وبكتيريا الفيبريو *Vibrio* التى تصيب بالكوليرا.

أو قد يحدث التلوث البيولوجى للماء نتيجة انتشار الطفيليات مثل البلهارسيا أو ديدان الإسكارس والانكلستوما التى كثيراً ما توجد فى المحاصيل الورقية مثل الخس، أو قد يكون التلوث راجع إلى وجود أحياء نباتية مثل الطحالب أو نبات ورد النيل الذى يحجب ضوء الشمس والأكسجين عن الكائنات المائية فى نهر النيل مثلاً.

مجالات تلوث المياه:

أولاً: تلوث مياه الأنهار :-

تمثل مياه الأنهار ما نسبته ٠,٠٠٤% من حجم المياه العذبة و ٠,٠٠١% من إجمالي المياه العذبة ونسبة لا تكاد تذكر من إجمالي حجم المياه على كوكب الأرض. ولعل في ذلك ما يبين أهميتها بوضوح خاصة وأنها المصدر الأساسي لكل شيء حي وللاستهلاك البشرى والحيوانى واستخدامات الزراعة وغيرها.

وتعتبر المجارى النهرية على مستوى العالم هى أهم مناطق الاستقرار البشرى منذ البدايات الأولى لاستقرار الإنسان وارتباطه بالأرض، وممازال هذا الوضع قائماً فى معظم دول العالم. وقد أفرز ذلك مشكلة تلوث مياه الأنهار لدرجة أن ٢٥% من جملة أطوال المجارى النهرية تعاني من مشكلة التلوث، وانعكس ذلك على كون ٢٦,٣% من جملة سكان العالم يعانون من مشكلة ندرة المياه النقية الصالحة للشرب. ويرجع ذلك كله إلى مخلفات البيئة الحضرية من نفايات منزلية وأدمية تنتهى إلى الأنهار المجاورة للمدن الكبرى.

ويؤدى إلقاء هذه النفايات والمخلفات فى مياه الأنهار (التي تتميز ببطء جرياتها) إلى ترسيبها وتحللها اللاهوائى (فى معزل عن الهواء) ويتبع ذلك انتشار الفطريات والديدان التي تنبعث منها رائحة كريهة خاصة فى ظل الظروف المناخية الحارة. ويسهم ذلك كله فى تغير لون المياه حيث تصبح رمادية فيقل توغل ضوء الشمس فتضعف عملية التمثيل الضوئى فتموت الكائنات الحية النباتية التي تمثل المصدر الرئيسى لإنتاج الأكسجين فى المياه. وهكذا تتحول الأنهار إلى أنهار ميتة مما يحدث خللاً فى المجال الحيوى لمياه الأنهار.

ويظهر التأثير السلبي لهذه الأنهار الميتة فى صحة الإنسان حيث تصيبه العديد من الأمراض البوابية مثل التيفود، الكوليرا، التهاب الكبد الوبائى، فضلاً عن أمراض الفشل الكلوى والبهارسيا والدوسنتاريا وغيرها.

هذا وقد يحدث تلوث فى مياه الأنهار بسبب الاستخدام الزراعى فى المناطق الريفية حيث تتلوث مجارى الصرف من الأراضي الزراعية وهى مياه

تحتوى تركيزات مختلفة من المبيدات الحشرية والمخصبات العضوية وغير العضوية. ويؤدى مثلاً ارتفاع تركيز النترات فى مياه الصرف إلى سرعة نمو النباتات المائية والطحالب التى تفرز عناصر سامة تؤدى إلى موت فصائل عديدة من الكائنات الحية المائية. وحيثما تتلوث مجارى الصرف للأراضى الزراعية فإنها تنتهى إلى مجارى الأنهار عن طريق التسرب، ومن هنا يصل تأثيرها إلى الإنسان سواء عن طريق التسرب أو عن طريق تناول الأسماك النهريّة. كما يحدث التلوث بالمخلفات السائلة من النشاط الزراعي في كثير من الدول مثل نهر الكانج في الهند ، ونهر اليانجستى في الصين .

هذا ولا يمكن أيضا إغفال تأثير بعض الصناعات المقامة أساساً على الأنهار (للاستفادة من توفر المياه كمادة خام أحياناً، أو كمادة لازمة لعمليات التبريد) فى إلقاء مخلفاتها على الأنهار مباشرة كما يحدث فى العديد من الصناعات على مجرى نهر النيل في مصر. وكذلك الحال فى نهر سانت لورانس فى شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية الذى يقع فى أهم إقليم صناعى أمريكى، ونهر الراين فى ألمانيا، ونهر السين فى فرنسا. هذا ويوضح الجدول التالي نصيب سكان قارات العالم من مياه الأنهار :-

نصيب سكان قارات العالم من مياه الأنهار

القارة	كمية الجريان العامة للأنهار كم ^٣	عدد السكان مليون نسمة	كمية الجريان للفرد الواحد ألف م ^٣ /سنة
أوروبا	٣١٤٠	٦٠٦	٥,١٨
آسيا	١٣٤٠٠	١٦٧٨	٧,٩٧
أفريقيا	٤٠٢٠	٢٩٤	١٣,٦٧
أمريكا الشمالية	٦٥٢٢	٢٥٣	٢٦,١٧
أمريكا الجنوبية	١١٥٠٠	١٥٤	٧٤,٦٨
القارة القطبية الجنوبية	١٠٥٠	-	-
أستراليا	١٨٩٠	١٥,٥	١٢,٩
متوسط الكرة الأرضية	٤١٥٠٠	٣٢٥٦	١١,٠٠

ويمكن استعراض مصادر تلوث مياه نهر النيل في مصر على النحو التالي:

أولاً : الملوثات الصناعية :

وتنتج عن المنشآت الصناعية الكيميائية على طول مجرى نهر النيل وفرعيه رشيد ودمياط خاصة فى أسوان وحلوان وشبرا الخيمة وكفر الزيات وطلخا وغيرها. وهذه النفايات الصناعية تصب فى نهر النيل دون أن تتم معالجتها بصورة كاملة وأمنة على صحة المجال الحيوى للمياه.

الصناعات القائمة على نهر النيل : -

(١) محطات مياه الشرب فى القاهرة الكبرى: يبلغ عددها ١٢ محطة تعاني فى مجملها من عمليات الصرف غير المنضبط ولا تلتزم بقوانين الصوف السليمة.

(٢) جميع الصناعات فى منطقة حلوان تصرف مخلفاتها بالقرب من مأخذ المنبع فى معالجة مياه الشرب.

(٣) الأسلوب المتبع فى معالجة مياه الشرب وتنقيتها لا يتم من خلاله التخلص من بعض ملوثات الصناعة مثل المواد الهيدروكربونية والملوثات غير العضوية، والمبيدات الحشرية، والمركبات الكيميائية، ومصدر جميع هذه الملوثات مصانع الحديد والصلب والكوك والنسيج والأسمدة.

(٤) تسرب الوقود من المراكب الصغيرة، وانسكاب الزيت أثناء تحميل وتفريغ الشاحنات، صناعة الإلكترونيات والنسيج، والصبغة، والكوك كما يحدث فى محطة مياه الأميرية.

(٥) ارتفاع تركيز المركبات العضوية الكلورينية فى نهر النيل عند كفر الزيات بسبب صناعة تكرير البترول، وصناعة المبيدات الحشرية.

(٦) يصب فى نهر النيل فى محافظة سوهاج ما يقرب من ١٤ ألف متر مكعب من مخلفات المصانع التى تصرف مباشرة لنهر النيل دون أى معالجة، خاصة وأن ذلك يتم على مسافة ٨٠٠ متر تقريباً من مأخذ مياه الشرب.

يضاف إليها مخلفات مصنع هدرجة الزيوت التي تبلغ حوالى ٨ آلاف متر مكعب.

(٧) تصرف مخلفات ٧٠٠ مصنعاً منها ٢٢٨ مصنعاً تابع لقطاع الإنتاج العلم إلى مياه نهر النيل مباشرة. ومنها مصنع الأسمنت الذى يتخلص يومياً من حوالى ٢٠ متر مكعب من الملوثات فى نهر النيل مباشرة. وبلغ مقدار الصرف الصناعي إلى نهر النيل ٣١٢ مليون متر مكعب سنوياً، ونصيب مدينة القاهرة منها ٠,٧٥ طن عناصر ثقيلة يومياً.

ثانياً : الملوثات الحضرية:

وتشمل نفايات الاستخدام المنزلى التي تنتهي مباشرة إلى نهر النيل وفرعيه حيث أن معظم المدن المصرية تقع على مجرى النيل وفرعيه والترع التي تشق منه . هذا بالإضافة إلى الصرف الصحي إلى نهر النيل وتتضح خطورته فيما يلى :

(١) تبلغ مخلفات الصرف الصحي فى مصر سنوياً حوالى ٤٠٨٨ مليون متر مكعب، مساهمة القاهرة منها وحدها ٤٧١ مليون متر مكعب سنوياً..

(٢) يستهلك الفرد المصري فى المتوسط ١٨٠ لتر من الماء يومياً وجدير بالذكر أن كفاءة محطات الصرف الصحي فى مصر يبلغ حدها الأقصى ٢ مليون متر مكعب يومياً، بينما كمية الصرف الصحي الفعلي تبلغ ٣ مليون متر مكعب يومياً، أى أن هناك مليون متر مكعب يومياً لا تستوعبه محطات الصرف. وتتفاقم المشكلة حين العلم بأن كمية الصرف الصحي بلغت عام ٢٠٠٠ حوالى ٤,٧٦ مليون متر مكعب يومياً.

(٣) أن استخدام نظام البيارات فى الصرف الصحي (ترنشات) تعد خطيرة فى منطقة الدلتا وذلك لكون مستوى المياه الجوفية لا يبتعد عن سطح الأرض لأكثر من ٥٠ سنتيمتراً، ولذلك أصبحت تهدد بتلوث مياه الشرب فى الوجه البحري.

(٤) قلة الوعي البيئى: (ومن أشهر أمثلته):

- إلقاء جثث الحيوانات والطيور فى مياه نهر النيل.

- التبول والتبرز على ضفاف النهر والمصارف.
- إلقاء مخلفات العوائم المائية في مياه النهر مباشرة
- تفريغ حمولة بعض سيارات كشح البيارات في مياه النهر مباشرة.

ثالثاً : الملوثات الناتجة عن النقل النهري:

يتراوح عدد وحدات النقل النهري في مصر ٣٠٠٠ وحدة بعضها تجارية وأخرى سياحية تلقى بمخلفاتها في مياه نهر النيل فضلاً عن كميات الوقود التي تتسرب منها.

رابعاً : الملوثات الزراعية:

ويقصد بها مخلفات مياه الصرف الزراعي بما تحتويه من مخصبات كيميائية وأسمدة عضوية ومبيدات حشرية تقدر في مجملها بحوالي ٤,٥ مليار متر مكعب سنوياً . وتتضح خطورتها فيما يلي : -

١) تستهلك مصر حوالي ٣,٥ مليون طن من الأسمدة و ٢٠ ألف طن من المبيدات وجميعها تنصرف إلى المصارف ومنها نهر النيل، لتعود ثانية إلى الأراضي الزراعية في أثناء الري.

٢) يبلغ عدد مصارف الأراضي الزراعية التي تنتهي إلى نهر النيل ٦٧ مصباً تلوث النيل بحوالي ٤ آلاف مليون متر مكعب من المياه الملوثة كيميائياً.

٣) انتشار ورد النيل الذي يستهلك الأكسجين المذاب في الماء فينخفض تركيزه في الماء فلا تجد الأسماك ما يكفيها من الأكسجين فينعكس سلباً على عددها وتكاثرها.

آثار تلوث نهر النيل على صحة المصريين :

- ١) أن نسبة المصابين بالفشل الكلوي في مصر بسبب البلهارسيا تبلغ ٢٦%.
- ٢) ترتفع نسبة الإصابة بسرطان المثانة إلى ٣٠% من السكان.
- ٣) تقدر الخسائر الناتجة عن الضعف العام في صحة الفلاح المصري بملايين الجنيهات سنوياً.

هذا وهناك العديد من الأمثلة الأخرى التى تظهر تلوث مياه الأنهار ومنها نهر الدانوب (أطول نهار جنوب قارة أوروبا وتغذيه عدد من الروافد التى تنبع من جبال الألب وينتهى ليصب في البحر الأسود) الذى تغير لون مياهه يتغير من اللون الأزرق إلى اللون البنى نتيجة لاستخدامه كمناطق مفتوحة للصرف للعديد من دول شبه جزيرة البلقان .

ويعانى نهر الراين (ينبع من جبال الألب في جنوب قارة أوروبا ويتجه شمالا ليصب في بحر الشمال على السواحل الهولندية) من تجمع الكثير من الملوثات إلى المصب الذى أصبح مجمعا لنفايات دول الراين (سويسرا وألمانيا وفرنسا وأخيرا هولندا) . وكذلك نهر التيمز في إنجلترا الذى كاد أن يتحول إلى نهر ميت بسبب ما يتلقاه يوميا من الفضلات والنفايات .

ثانياً: تلوث مياه البحيرات:

تمثل مياه البحيرات العذبة ٠,٤% من جملة المياه العذبة و ٠,٠٠٩% من إجمالي حجم المياه على كوكب الأرض.

وقد أفرط الإنسان في ظل ارتفاع الكثافة السكانية على مستوى العالم حول البحيرات خاصة العذبة منها حيث إستغلها الإنسان فسي أغراض الشرب والرعى والصيد البحرى والنقل والسياحة الترفيهيه والأغراض الصناعية أيضاً. ولعل نطاق البحيرات العظمى الأمريكية (سوبييريرو - هورن - ميتشجان - آيرى - أونتاريو) من أشهر وأعظم نطاق بحيرى صناعى حضرى على مستوى العالم. وتتلوث البحيرات بنفس مصادر تلوث البيئة المائية سواء البحار أو الأنهار إلا أنها تتميز بظاهرة خطيرة ألا وهى النمو الزائد والمرضى للطحالب. وتعتبر هذه الظاهرة عن انقطاع في الحلقة البيئية أو السلسلة الغذائية مما يدعو لقلق الإنسان . وتنمو هذه الطحالب في الظروف الاعتيادية مستعينة بالأكسجين المذاب في الماء وبالنيتروجين والفسفور المذاب في التربة وبغاز ثانى أكسيد الكربون في الهواء . وتتغذى الحيوانات المجهرية المائية على هذه الطحالب ثم

تأتى الأسماك لتأكل هذه الطحالب : ثم نقوم البكتيريا بتحليل جميع الفضلات وتحولها إلى مركبات غير عضوية مثل حمض الكربونيك والنترات والفوسفات ، وهكذا تنتهى السلسلة الغذائية وتغلق الحلقة البيئية . ويختلف الوضع في حالة تلوث البحيرات إذ ترتفع نسبة الفضلات المعدنية الناتجة عن الطحالب أو المخلفات البشرية مما يستتبعه زيادة في سرعة تكاثر هذه الطحالب إلى حد لا تستطيع الحيوانات المجهرية امتصاصها فتتموت وتترسب في قاع البحيرة ثم تتعفن في حالة توفر نسبة عالية من الأكسجين المذاب حتى يتم تحويلها إلى مركبات معدنية . وهكذا يستهلك جزء كبيراً من الأكسجين المذاب في الماء فسي نحلل جثث الطحالب فتفقد بشدة الحيوانات المائية الأخرى التى تختفى شيئاً فشيئاً . ويتبع اختفاء هذه الحيوانات المائية زيادة في سرعة نمو النباتات المائية التى سرعان ما تموت لعدم وجود مستهلك لها . وهكذا يحدث الانقطاع في الحلقة البيئية أو السلسلة الغذائية للبحيرة . وتصبح المحصلة النهائية لهذا الخلل في بيئة البحيرة هو اختفاء الأسماك وزيادة نمو الطحالب على سطح الماء وعلى الشواطئ البحرية . وتعتبر بحيرة إبرى في الولايات المتحدة الأمريكية نموذجاً خطيراً لتلوث البحيرات حيث اختفت الأسماك الجيدة في مياهها . وهناك العديد من الأمثلة لتلوث البحيرات ، ومن أمثلتها البحيرات الشمالية في مصر بالإضافة إلى بحيرة قارون .

ويمكن دراسة بعض نماذج من تلوث البحيرات المصرية على النحو

التالى :

١ - تلوث بحيرة مريوط :

تنتهى إلى بحيرة مريوط الصرف الصحي من جنوب الإسكندرية ، هذا فضلاً عن مخلفات المصانع المنتشرة على أطرافها والتي تصب فيها جميع المخلفات دون أى رقابة أو معالجة . وينتهى إلى شرق البحيرة كميات هائلة من مياه مصرف القلعة بما يحمله من مخلفات سامة . وقد أدى ذلك كله إلى انخفاض كمية الأكسجين الذائب في مياه البحيرة مما أدى إلى اختناق الكائنات الحية المائية .

هذا فضلاً عن تصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين وانتشار كميات هائلة من الميكروبات والبكتيريا في شرق البحيرة.

وقد تبع ذلك كله ارتفاع درجة تلوث مياه البحيرة على النحو التالي:

- (١) ارتفاع تركيزات المركبات السامة في لحوم الكائنات الحية والأسماك في مياه هذه البحيرة مما يهدد بحدوث حالات التسمم في حالة استهلاكها آدمياً.
- (٢) انخفاض إنتاجية الأسماك في البحيرة بنسبة ٥٠% بسبب موت الأسماك خاصة الصغيرة وفساد بيض السمك.
- (٣) اختفاء أنواع عديدة من الأسماك التي لا يمكنها الحياة في هذه البحيرة خاصة فيما يتعلق بارتفاع درجة حرارة مياه البحيرة.

٢ - تلوث مياه بحيرة البرلس:

تعانى بحيرة البرلس من ارتفاع تركيز العناصر الثقيلة من الزنك والنيكل والكووم والكوبالت والنحاس وذلك بسبب:

- (١) الصرف من الأراضي الزراعية حيث يرتفع تركيز هذه العناصر التي تدخل في تركيب المبيدات الحشرية ومبيدات الطحالب والأعشاب مثل ورد النيل.
- (٢) ينتهي إلى البحيرة مياه الصرف الصحي من المنازل، فضلاً عن مخلفات الحيوانات مما أدى إلى ارتفاع تركيز الزنك.
- (٣) الإفراط في استخدام المنظفات الصناعية وتفاقم هذا المصدر الملوث نتيجة للزيادة السكانية.

وقد انعكس هذا المستوى الخطير من التلوث في هذه البحيرة وغيرها من البحيرات الشمالية في مصر على ارتفاع تركيز العناصر الثقيلة في الأسماك.

**النسبة المئوية لتوزيع المبيدات
في أسماك البحيرات الشمالية بمصر**

البحيرة	مبيد كلوريد	مبيد اللندين	مبيد الأتارين	مبيد D.D.T.
المنزلة	%٦٢,٢٥	%٢٥,٠	%٥٠,٠	%٨٧,٥
البرلس	%٧١,٤٠	%١٤,٣	%٤٢,٨	%١٠٠,٠
إدكو	%٨٣,٣٠	%٢٦,٦	—	%٢٦,٦
مريوط	%٨٣,٣٠	%٥٠,٠	%١٦,٧	%١٠٠,٠

ويتضح من الجدول السابق ارتفاع درجة التلوث بصفة عامة في ميساد هذه البحيرات بدرجة خطيرة على الصحة العامة وسلامة البيئة البحرية في مصر خاصة مع وصولها عبر السلسلة الغذائية إلى الإنسان بمعدل يزيد ١٥ ألف ضعف عن نسبة تركيز الملوثات في مياه البحيرة.

وتؤدي هذه المعدلات إلى إصابة المصريين بأمراض الجهاز العصبي والكبد والأورام السرطانية، ولذا يجب حظر استخدام هذه المبيدات تماماً في مصر.

٢ - تلوث مياه بحيرة المنزلة:

تقع بحيرة المنزلة في أقصى شرق دلتا نهر النيل وهي كبرى البحيرات الشمالية لدلتا المصرية وتعتبر مصدراً رئيسياً لتوفير نوعاً من البروتين الحيواني لسكان محافظات الوجه البحري، فضلاً عن كونها توفر ٥٠٠٠٠ فرصة لعمل الصيادين في المحافظات المحيطة، كما أتجه البعض إلى استثمارها في السياحة.

وتبلغ مساحة بحيرة المنزلة ٣٤٥ ألف فدان (بحيرة البرلس ١٣٣ ألف فدان، بحيرة إدكو ٣٢ ألف فدان، بحيرة مريوط ٤٧ ألف فدان، بحيرة البردويل

شمال سيناء ١٦٣ ألف فدان) وتعانى من تدهور بيئى خطير نتيجة للأسباب التالية:

- ١- الصرف الصناعي والصرف الزراعي إلى البحيرة مما يتبعه تغير فى خصائصها الكيميائية والعضوية وتغير فى الخصائص الطبيعية للإرسابات الطينية فى قاعها. ويتم هذا الصرف من خلال مصرف بحر البقر الذى يصب فى أقصى شرق البحيرة فى أقل أجزائها اتساعاً، ويبلغ طوله ١٩٠ كيلو متراً، ويمتد من جنوب القاهرة ماراً بمحافظات القليوبية والشرقية والإسماعيلية والدقهلية. ويصرف هذا المصرف كمية من المياه تقدر بحوالى ١,٧٥٠ مليون لتر مكعب/يومياً.
- ٢- الاستغلال الجائر للموارد الطبيعية للبحيرة حيث تم جمع حوالى ٢٠٠ مليون زريعة من البحيرة، فضلاً عن الاتجاه إلى تجفيف البحيرة. وقد تبع ذلك انخفاض الطاقة الإنتاجية السمكية من ١٧٥ ألف طن/سنوياً إلى ٧٥ ألف طن/سنوياً من الأسماك الصغيرة الملوثة فى أغلبها.
- ٣- اتباع سياسة تجفيف البحيرة وإقامة السدود والصيد الجائر طوال العام دون توقف.

والجدول التالي يوضح الصرف الصحي فى البحيرة:

الصرف الصحي للمحافظات المطلة على بحيرة المنزلة

المحافظة	كمية الصرف متر مكعب/يومياً
بورسعيد	٨٠,٠٠٠
دمياط	٤٥,٠٠٠
الدقهلية	٦٥,٠٠٠
الإجمالى	١٩,٠٠٠

مصارف الصرف إلى البحيرة (المنزلة)

المصدر	كمية الصرف متر مكعب/يومياً
مصرف بحر البقر	١,٢٥٠,٠٠٠
المحافظات المطلة على البحيرة	١٩٠,٠٠٠
الإجمالي	١,٤٤٠,٠٠٠

وحدات الصرف الصحي بمحافظة بورسعيد

المصدر	العدد	الطاقة الكلية	الطاقة المستغلة
محطات الرفع	٩	١٠٠,٠٠٠ م ^٣ /يومياً	٨٠,٠٠٠ م ^٣ /يومياً
محطات تنفّث	١	١٠٠,٠٠٠ م ^٣ /يومياً	٢٠,٠٠٠ م ^٣ /يومياً
الإجمالي	١٠	٢٠٠,٠٠٠ م ^٣ /يومياً	١٠٠,٠٠٠ م ^٣ /يومياً

٤ - مشكلة ملوحة بحيرة قارون:

أثبتت إحدى الدراسات أن بحيرة قارون مهددة لأن تصبح ميتة تماماً مثل البحر الميت في الأردن بسبب ارتفاع ملوحتها بدرجة لا تسمح بحياة أية كائنات نتيجة ارتفاع تركيز أملاح كبريتات الصوديوم وكبريتات الماغنسيوم إذ تتميز هذه الأملاح بكونها أملاح سامة، ومما يزيد من خطورة هذه الأملاح أن نسبة تركيزها في البحيرة يبلغ ١٠ أجزام/التر وهي نسبة عالية وخطيرة جداً.

وجدير بالذكر أن خطورة تلوث مياه هذه البحيرات تمتد آثاره إلى الثروة السمكية حيث تترسب في العديد من أنواع الأسماك ثم تنتقل بالضرورة إلى الإنسان. إذ بلغ تركيز مادة D.D.T. في أسماك البورى في بحيرة قارون حوالى ٢,٧ ملليجرام في كيلو جرام واحد، وبلغت في كيلو جرام واحد من سمك البلطى ٤,١ ملليجرام، وفي كيلو جرام واحد من سمك موسى ٢,٩ ملليجرام. وبلغ تركيز مادة D.D.T. في عوالق بحيرة قارون حوالى ٢٥ ضعف تركيزها في مياه

البحيرة نفسها، وتصبح الأسماك الصغيرة قادرة على تركيزها ٧٥٠ ضعف ما هي عليه في المياه، وثلاثون ضعف تركيزها في عوالق المياه نفسها.

ثالثاً: تلوث المياه الجوفية :-

المياه الجوفية هي المياه المخزونة في الفراغات الموجودة في التكوينات الصخرية تحت منسوب سطح الأرض وترجع في مصدرها إلى كافة أشكال المياه السطحية التي تتسرب إلى جوف الأرض . وقد تكون هذه المياه الجوفية قريبة من سطح الأرض على عمق لا يتجاوز ٧٩٢ متراً تقريباً وتمثل ٤٤% من جملة حجم المياه الجوفية في العالم . أو قد تكون مياه جوفية عميقة بعيدة عن سطح الأرض بعمق يتجاوز ٣٠٠٠ متراً، وتمثل حوالي ٥٥% من جملتها.

وتعتبر المياه الجوفية أهم مصادر المياه العذبة إذ أنها تمثل ما نسبته ٩٢,٩% من جملة المياه العذبة على مستوى العالم. وتتميز المياه الجوفية بعدة خصائص تجعل لها الأفضلية في الاستخدام مقارنة بأشكال المياه السطحية العذبة الأخرى وهي:

- خلوها من الملوثات مما يجعلها آمنة الاستخدام البشري.
- ثبات تركيبها الكيميائي والحراري.
- لا تتأثر بالعوامل الجوية خاصة عنصر المطر مما يجعلها المصدر الأساسي في فترات الجفاف التي تسود بعض الدول خلال بعض السنوات.
- ويؤدي إفراط الإنسان في استخدام المياه الجوفية إلى تناقص منسوبها بالتدريج ويستتبع ذلك زيادة في درجة تركيز الأملاح في المياه وارتفاع في ملوحة التربة المروية بهذه المياه . وهكذا فإن إفراط الإنسان في استغلالها يتبعه بالضرورة تغير في خصائصها الكيميائية خاصة بعد التوسع في استخدام الآلات والمعدات الكهربائية في استخراجها .

وتتعرض المياه الجوفية للتلوث من المصادر التالية:

أ- تسرب المياه البحرية المالحة:

ويحدث ذلك نتيجة ارتفاع معدلات السحب من المياه الجوفية العذبة بالقرب من المنسحبات المائية التي يحدث منها تسرب لليابس المجاور ولكن هذه المياه المالحة تكون أسفل المياه العذبة (لأنها الأخف) بينما المياه المالحة تكون بعيدة نسبياً، ولكن مع استمرار السحب ترتفع هذه المياه المالحة إلى أعلى مما يتبعه ارتفاع درجة تركيز الأملاح في المياه الجوفية.

ب- الاستخدام الزراعي:

تتسرب كميات مختلفة من مياه الري والصرف في الأراضي الزراعية إلى خزان المياه الجوفية حاملة معها تركيزات مختلفة من مركبات الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية التي تؤثر سلباً في الخصائص الكيميائية والطبيعية للمياه الجوفية وإن كان ذلك يتوقف على أسلوب الري، حيث ترتفع معدلات التلوث في حالة استخدام أسلوب الري بالغمر خاصة إذا اقترن بالاستخدام المفرط للأسمدة والمبيدات كما يتضح في الجدول التالي :-

تطور كمية استهلاك المبيدات الكيماوي في الزراعة بمصر (بالطن)

السنة	١٩٥٢	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	١٩٩٣	١٩٩٤	١٩٩٥
الكمية	٢١٤٣	١٥٠٩٩	١١٧٠٠	٥٣٩٤	٤٣٦٠	٣٢٩٨	٥٨٣٥

ويعكس الجدول السابق الاتجاه نحو خفض كمية المبيدات الكيماوية المستهلكة بعد ثبوت أخطارها البيئية.

تطور أنواع الأسمدة الكيماوية المستهلكة

فى قطاع الزراعة فى مصر خلال الفترة ١٩٥٢-١٩٩٥

السنة	الأسمدة الأزوتية والنشادرية بالآلف طن	الأسمدة الفوسفاتية بالآلف طن	الأسمدة البوتاسية بالآلف طن
١٩٥٢	٦٤٨	٩٢	-
١٩٩٠	٥٠٠٧	١١٠١	٤٤١٤٢
١٩٩١	٤٦٧٨	١٢٣٠	٥٧٧٤٠
١٩٩٢	٢٦٤٩	٦٤٩	٤٣٨٣٧
١٩٩٣	٧٣١	٢٠٠	٥٣٢٧٥
١٩٩٤	٦٧٦	٥٩	٥٦٦٣٠
١٩٩٥	٥٥٢	٤٦	٢٥٧٠٦

ويعكس الجدول السابق الإسراف فى استهلاك الأسمدة مما انعكس سلباً فى بعض المحاصيل على نقص إنتاجية التربة . بينما عند دراسة تأثير خفض كمية الأسمدة فقد تبعه ارتفاع فى إنتاجية الفدان من بعض المحاصيل الزراعيـة وبالتالي ارتفع العائد الاقتصادي من الزراعة، كما يتضح فى الجدول التالي:

متوسط الزيادة فى بعض المحاصيل

نتيجة ترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية سنة ١٩٩٠

المحصول	الزيادة طن/فدان	صافى العائد جنيه/فدان
قطن	٠,٢٧	٢٠٠
قمح	٠,٣٠	١٣٠
ذرة	٠,٤٠	٢٠٠
فول بلدى	٠,٣٠	٩٦٠
فول صويا	٠,٢٠	١٨٠
بطاطس	٢,٠٠	٣٧٥
موالح	١,٧٠	٤٦٠
عنب	١,٠٠	٤٠٠

ج- النفايات المدفونة:

قد يحدث تسرب من المرامم الصحية الخاصة بطمر جميع أنواع النفايات خاصة النفايات الصناعية أو النووية وذلك نتيجة لسقوط المطر مما قد يؤدي إلى تحليلها أو إذابتها في المياه ثم تتسرب طبقة المياه الجوفية. وقد يرتفع منسوب المياه الجوفية نتيجة تغذيتها بالمطر وعندئذ تختلط طبقة المياه الجوفية بأحواض النفايات مما يؤدي إلى ارتفاع درجة تلوثها.

د- بيارات الصرف الصحي:

تتسرب مخلفات الصرف الصحي من البيارات المستخدمة لذلك في بعض المناطق الحضرية خاصة على هوامش العمران عندما لا تكون هذه البيارات مجهزة بشكل علمي دقيق أو لا يتم إزاحتها بصفة دورية مما يؤدي إلى ارتفاع مستواها ليصل ويتسرب إلى منسوب المياه الجوفية كما يحدث حالياً في أطراف مدينة العجمى بمحافظة الإسكندرية.

هـ- المطر الحامض:

يتسرب جزء من المطر الحامض إلى المياه الجوفية وفقاً لنوع صخور خزانات المياه الجوفية، ودرجة مساميتها، ونظام ميل طبقاتها، وخصائص وكمية المطر، ودرجة تلوث الهواء وغيرها. وتقاس الحموضة بالرقم الهيدروجيني PH للتعبير عن درجة حموضة أو قلوية السوائل. ويكون الرقم الهيدروجيني في الماء النقي (المتعادل) تعادل رقم 7 (PH=7)، وإذا زاد عن ذلك حتى رقم (14) يصبح قلوياً، وإذا قل عن (7) وحتى الصفر يصبح حمضياً.

وارتفاع الحموضة (صفر-7) تعنى ارتفاع تركيز أيونات الهيدروجين ويتراوح الرقم الهيدروجيني في المطر الحامض في الدول الملوثة مثل السويد والنرويج واليابان وشرق أمريكا الشمالية ووسط أوروبا بين (3.5-5.5) ويحتوى هذا المطر على كبريتات يتراوح تركيزها بين 1-12 ملليجرام/لتر، وكمية نترات يتراوح تركيزها بين 0.5-6 ملليجرام/لتر.

وقد سقطت أمطار حمضية على اسكتلنده سنة ١٩٧٤ برقم هيدروجيني بلغ ١,٥، وكذلك على ولاية فرجينيا الغربية بالولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٧٩. ويعنى ذلك أن هذه الأمطار تشبه في حموضتها حمض البطاريات السائلة.

خطورة المطر الحامض على البيئة:

- ١- نظراً لاحتوائها على حمض الكبريتيك وحمض النيتريك وهما يتميزان بقدرتهما الكبيرة على التعرية والتآكل للصخور Corrosion Effect، فإنها تذيب الصخور الجيرية. ويتبع ذلك سرعة فى عملية نحر التربة، وارتفاع فى تركيز الكالسيوم فى مياه الأنهار.
- ٢- عندما يسقط المطر الحامض على تربة جرانيتية كما هو الحال فى السويد والنرويج (الدرع البلطى) فإنها تؤدى إلى سرعة التجوية الميكانيكية للصخور Mechanical Weathering أى تفتت الصخور.
- ٣- تؤدى إلى إذابة نسبة كبيرة من بعض الفلزات الثقيلة فى التربة وتنقلها للمسطحات المائية خاصة الرصاص والزنك والألومنيوم وهى فلزات سامة.
- ٤- أدى المطر الحامض إلى فساد حوالى ٥٠,٠٠٠ هكتار من غابات جبال أور فى تشيكوسلوفاكيا فى السنوات الأخيرة، ويتوقع أن تفسد أيضاً حوالى ٦٠,٠٠٠ هكتار من تلك الغابات فى المستقبل القريب.
- ٥- تخسر ألمانيا سنوياً بسبب المطر الحامض حوالى ٨٠٠ مليون دولار نتيجة خسارتها من أشجار الغابات والأخشاب علاوة على ٦٠٠ مليون دولار سنوياً بسبب تلف المحاصيل الزراعية.
- ٦- أدى المطر الحامض إلى القضاء على نحو ٢٥% من غابات بافاريا الشهيرة. كما أهلك نحو ٣٢,٠٠٠ هكتار من غابات جبال كسكيد وجيانت على الحدود بين تشيكوسلوفاكيا وبولنده.

٧- أدى المطر الحامضي إلى خسائر فادحة في المباني الحجرية ففى مدينة لندن ولعل أبرزها تآكل أحجار برج لندن، وكنيسة وستمنستر آبى، وكنيسة القديس بولس.

٨- قد أدى المطر الحامضي إلى ارتفاع نسبة الحموضة فى مياه خزان كوايين بولاية ماساشوسيتس الأمريكية.

رابعاً: تلوث مياه البحار والمحيطات:

تشغل البحار والمحيطات ٧٢% تقريباً من جملة مساحة الكرة الأرضية وما يعادل ٩٧.٢% من جملة حجم المياه فى كوكب الأرض.

ويغرق الإنسان فى استغلاله لمياه البحار والمحيطات مما يجعل مجالات استغلالها هى مصادر تلوثها ويمكن إجمالها فى:

- (١) الصيد البحرى: ويتبعه خلل فى أعداد وأنواع الكائنات البحرية وفى دورة تغذيتها مما يؤدي إلى انقراض بعض الأنواع وتغير فى حجمها ومذاقها.
- (٢) عمليات التحلية: تستغل الدول الصحراوية التى تفتقد الأنهار الجارية ميساد البحر فى عمليات الشرب والاستخدامات الأخرى بعد تحليتها أى خفض نسبة ملوحتها كما هو الحال مثلاً فى دول الخليج العربى. وتأتى المملكة السعودية فى مقدمتها إذ تقوم بتحلية ١٨٤ مليون جالون من مياه البحر لإنتاج ١,٦ مليون متر مكعب من المياه العذبة يومياً وذلك خلال الثمانينات ففى القرن الماضى. ويوجد بالسعودية حوالى ٢٩ مصنعاً للتحلية بطاقة إنتاجية تبلغ ٢ مليون متر مكعب من المياه العذبة يومياً. وتنتج دولة الإمارات العربية المتحدة أكثر من ١٢ مليون جالون من المياه العذبة يومياً.

- (٣) استغلال الأملاح المعدنية: يستغل الإنسان مياه البحر فى الحصول على أنواع مختلفة من الأملاح لتدخل فى صناعات أخرى يستفيد منها الإنسان ومنها: كلوريد الصوديوم وهو ملح الطعام ويدخل فى صناعة ديج الجلود والأصبغ والورق والحبر الصناعى والمخصبات والزجاج والمبيدات.

- البيود ويستخدم فى الأغراض الطبية وعمليات التعقيم.
- المغنسيوم والبرومين وتستخدم فى الصناعات الكيميائية.
- ٤) استخراج مصادر الطاقة: اتجه الإنسان إلى البحر بحثاً عن مصادر الطاقة الحفرية كما هو الحال فى الخليج العربى الذى يضم أغلب حقول الزيت والغاز الطبيعى فى دول الخليج العربى، ومن أشهره وأكبره حقل السفانية (بالسعودية) الذى يبلغ طوله ٥٥ كيلو متراً وعرضه ١٧ كيلو متراً، وهو أكبر وأضخم الحقول البترولية البحرية فى العالم. وكذلك حقل مرجان فى خليج السويس بمصر وتبلغ مساحته ٤٢ كيلو متراً مربعاً، وهو أكبر الحقول البترولية المصرية. وحقل بترول بحيرة مراكيبو فى فنزويلا ويغطى مساحة ٨٢٩٦ ميل مربع، وحقول بحر الشمال فى النرويج وبريطانيا وهى من أغزر حقول البترول البحرية فى العالم.
- ٥) توليد الطاقة الكهربائية: اتجه الإنسان إلى استغلال مياه البحار والمحيطات فى توليد الطاقة الكهربائية بالاعتماد على حركة المياه سواء المد والجزر أو الأمواج. إذ استخدم الفارق بين منسوب المد والجزر كما هو الحال فى خلجان غربى فرنسا على القنال الإنجليزى، وخلجان بريطانيا على البحر الأيرلندى وخلجان فندي ونوفاسكوفيا على سواحل شرق كندا والولايات المتحدة.
- هذا وما زالت الأمواج وقدرتها على توليد الطاقة محل الدراسة والتجريب ولم تدخل فعلاً حيز التطبيق الفعلى .
- ٦) الملاحة البحرية: ولعل أى خريطة للتجارة الدولية تبرز أهمية البحار والمحيطات فى حركة النقل والتجارة على المستوى العالمى خاصة لما يتميز به النقل البحرى بانخفاض سعره مقارنة بالنهرى أو البرى أو الجوى.
- ٧) مردم النفايات: تلجأ بعض الدول إلى التخلص من جميع أشكال نفاياتها بصرفها إلى مياه البحار أو المحيطات فيؤدى ذلك إلى تلوث المياه بشكل حاد

خاصة في حالة البحار المغلقة مثل بحر قزوين وبحر أرارات والبحر الميت أو البحار شبه المغلقة مثل البحر الأحمر والبحر المتوسط والبحر الأسود. ويعتبر البحر المتوسط من أكثر المسطحات المائية عرضة لتلوث بالنفايات الصناعية التي تقدر بحوالي ١,٥ مليون طن متري تقريباً سنوياً. هذا فضلاً عن التسرب الطبيعي من حقول البترول البحرية إلى مياه البحر، حوادث آبار الزيت بسبب العواصف الشديدة كما حدث مثلاً في الخليج العربي في فبراير سنة ١٩٨٣ حيث تحطمت منصة أحد الآبار الإيرانية فتدفق تبعاً لذلك حوالي ٦٠ ألف طن متري من البترول إلى مياه الخليج العربي. هذا فضلاً عن ارتفاع معدلات تلوث مياه البحر المتوسط نتيجة إلقاء مخلفات ٥٠ مدينة تشرف على سواضه لا يقل عدد سكانها عن ١٥٠ مليون نسمة وجميعها تلقى مخلفاتها الصلبة فضلاً عن مياه الصرف الصحي. ولهذا أعلن مؤتمر إنقاذ البحر المتوسط من التلوث سنة ١٩٧٦ (أنه لو استمر معدل التلوث الحالي لمياه البحر المتوسط، فإنه يحتمل أن يصبح بعد ٤٠ عاماً على الأكثر بحراً ميتاً) .

وفي أثناء حرب الكويت العراقية في الخليج العربي سنة ١٩٩١، تم تفجير بعض آبار البترول الكويتية مما تبعه تسرب ما يقرب من مليون طن متري من البترول فكون بقعة طولها ٣٠ كيلو متراً وعرضها ٥ كيلو متراً، وامتد تأثيرها إلى السواحل وتبعها موت أعداد كبيرة من الطيور والحيوانات البحرية.

أمثلة تلوث المياه بالبترول:

- ١- غرق ناقلة بحرية نفطية وهي الناقلة (تروي كانيون) في عام ١٩٦٧.
- ٢- تسرب البترول من أحد خطوط الأنابيب البحرية التي تنقل الزيت الخام من حقل شعيب على خليج السويس ١٩٨٢. وقد أدى ذلك إلى تكوين بقعة زيتية كبيرة على سطح خليج السويس، ثم نقلتها الأمواج إلى مياه البحر الأحمر فظهرت على شواطئ مدينة الغردقة وقرية مجاويش حيث غطى

الزيت رمال الشاطئ وكساها باللون الأسود، وقد توقف المصطافين عن السباحة في مياه البحر الأحمر في ذلك الوقت.

٣- نصيب البحر المتوسط ٥٠% من إجمالي تلوث مياه المسطحات المائية البترول ومشتقاته في حين أنه لا يمثل سوى ١% فقط من إجمالي مساحة المسطحات المائية. وبذلك فهو أكثر البحار معاناة من هذا التلوث .

وقد أدى افتتاح قناة السويس إلى زيادة تلوث مياه البحر المتوسط حتى أنها تبلغ حالياً حوالي ٣٥٠ ألف طن/سنوياً، ومن الصعب التخلص منها لأن البحر المتوسط عبارة عن مسطح مائي شبه مغلق يتصل بالمحيط الأطلنطي عن طريق مضيق جبل طارق. وقد تبع ذلك أن مستوى التلوث بالمخلفات البترولية في البحر المتوسط تعادل ٢١ ضعفاً مستوى التلوث بها في مياه المحيط الأطلنطي.

أمثلة لتلوث مياه الخليج العربي بالبترول:

- انفجر أحد حقول النفط البحرية في أوائل شهر أكتوبر سنة ١٩٨٠ على بعد حوالي ١٠٠ كيلو متر من السواحل السعودية، وقد قدرت كميات النفط المتسربة إلى مياه الخليج بحوالي ٨٠ ألف برميل. وأدى ذلك إلى انتشار الزيت في بقعة طولها حوالي ٩٥ كيلو متراً.

- تعرضت منصة أحد آبار حقول نوروز الإيراني للقصف بواسطة القوات العراقية في شهر مارس سنة ١٩٨٣ وتسرب نتيجة لذلك حوالي ٥٠٠٠ برميل من الزيت يومياً بلغت في مجملها حوالي ٠,٥ مليون برميل حتى نهاية شهر مايو سنة ١٩٨٣.

وقد بدأ العراق في يوم ٢٣ يناير سنة ١٩٩١ بتفريغ كمية من الزيت بلغت في جملتها ما بين ٤-٦ مليون برميل من الزيت أدت إلى تكوين أكبر كارثة بيئية في العصر الحديث خاصة وأنها قد حدثت في مياه الخليج العربي ، وهو مسطح مائي لا يتجاوز طولاه ١٠٠٠ كيلومتر وعرضه ٣٠٠ كيلومتراً،

وبمتوسط عمق ٣٥ متراً، وأقصى عمق له لا يتجاوز ١٠٠ متراً، وهذا كله يجعل من الصعب تجديد مياهه بفعل التيارات البحرية إذ قدر العلماء أن ذلك يحتاج إلى مدة لا تقل عن ٦ سنوات.

الآثار البيئية لهذا التلوث:

- فقد حسب العلماء أن مقدار ١٠ جرامات فقط من النفط في متر مكعب من المياه، يكون كافياً لقتل جميع بيض الأسماك الموجودة في هذا المتر المكعب من الماء.
- قتل جميع الأسماك الصغيرة التي خرجت لتوها من البيضة وهي تكون في حاجة إلى رشفة من الهواء لتملأ كيسها الهوائي. وقد تعذر ذلك بسبب بقعة الزيت التي عزلتها عن الهواء الجوي.
- قتل مادة البلاكتون مما أدى إلى استحالة الحياة البحرية لأنها المصدر الرئيسي لغالبية الأسماك والحيوانات البحرية. فضلاً عن كون مادة البلاكتون تقوم بدور رئيسي في توفير الأكسجين المذاب في الماء بل والأكسجين الجوي أيضاً.
- تتجمع المواد الهيدروكربونية المكونة للزيت في الأنسجة الدهنية وأنسجة الكبد والبنكرياس في بعض الأحياء البحرية ثم يتناولها الإنسان في غذائه فتصيبه بالسرطان لأنها تحتوي على مادة البنزوبيرين المسرطنة.
- قذفت أمواج الخليج العربي إلى الشواطئ أعداد هائلة من الكائنات البحرية والطيور المائية الميتة خلال شهرى مارس وأبريل سنة ١٩٩١.
- سقطت الأمطار الحمضية السوداء في عام ١٩٩١ على كل من إيران والبحرين والكويت والعراق وتركيا وقطر والمنطقة الشرقية بالسعودية بسبب هذا التلوث الدخاني الذي صاحب احتراق أحد الآبار الكويتية. وقد قدرت كمية هذا الدخان بحوالي ٦٥٠ ألف طن، وقد تبع هذه السحب الدخانية انخفاض درجة الحرارة في الكويت بحوالي ١٨ درجة مئوية أقل من معدلها في شتاء سنة ١٩٩١.

ط - فقدت الكويت حوالي ١٢٠ مليون دولار نتيجة النفط المشتعل والمتسرب إلى مياه الخليج.

ح - ذكرت صحيفة نيويورك تايمز في يوم ١٣ يوليو سنة ١٩٩١ أنه بأخذ وتحليل عينة من الدخان في مدينة الجبيل السعودية على ساحل الخليج العربي أتضح أنها تحتوى على المركبات الآتية:

- ١,٤ مركب ثنائى كلورو البنزين وهو يؤدى إلى آثار سلبية على الكبد والكلى والجهاز التنفسي ، خاصة وأن تركيزه فى هذا الدخان قد تجاوز الحدود المسموح بها عالمياً بنسبة تتراوح بين ١٢٧-٢٠٠%.
- ١,٢ ثنائى كلورو البنزين، ويؤدى هذا المركب الكلسى والكبد خاصة وأن تركيزه فى هذا الدخان يعادل ضعف تركيزه فى المدن الصناعية الأمريكية.
- ايثايل فيثاليت وميثايل فيثاليت، وهما مركبان يهاجمان الجهاز التنفسي.
- النفثالين وهو مركب يؤذى العيون والدم والكبد والكلى والجهاز العصبي.

الفصل الخامس

تلوث التربة

تكمن خطورة تلوث التربة بارتباطها مباشرة بغذاء الإنسان سواء النباتي منه أو الحيواني. وينعكس ذلك سلباً على صحة الإنسان إذ يصاب بالعديد من الأمراض التي قد تظهر سريعاً في صورة تسمم غذائي، أو في صورة من الأمراض المزمنة على المدى الطويل.

وقد يرجع تلوث التربة إلى تلوث الهواء (المطر الحامض) أو تلوث مياه الترعى والأنهار (مياه الري)، أو قد ترتبط بالاستخدام الزراعي نتيجة الاستخدام المفرط للأسمدة والمخصبات والمبيدات الحشرية. وقد سبق دراسة تلوث الهواء وتلوث المياه والعلاقة المتبادلة بينهما من ناحية، وبينهما وبين تلوث التربة من ناحية أخرى. ولذا نقتصر هنا على دراسة مصادر تلوث التربة المرتبطة بالاستخدام الزراعي.

أولاً: تلوث التربة بالمخصبات Fertilizers:

تستخدم مركبات الفوسفات والنترات في زيادة خصوبة التربة بهدف رفع كفاءتها الإنتاجية. ولكن هذه المركبات تبقى آثارها في التربة لفترات زمنية طويلة فتؤدي إلى تدهور خصائص التربة بقضائها على بعض عناصرها العضوية خاصة وأن بعض فوسفات الفلزات لا تقبل الذوبان في الماء فتترسب بين ذرات التربة وينعكس ذلك سلباً على إنتاجيتها وخصائصها.

ومما يذكر أن مركبات النترات عند الإسراف في استخدامها تمتصها ذرات التربة وتخزنها بعض المحاصيل مثل الجزر والفجل والبقوليات. وتكمن خطورة مركبات النترات في تحولها إلى أيون النترات النشط كيميائياً حيث يتفاعل مع بعض عناصر التربة، مما يؤدي في النهاية إلى تسمم الدم وحدوث الوفاة.

ويتبع تلوث التربة تسمم بعض النباتات خاصة بعنصرى الكاديوم والزنك. وقد حدث ذلك في قرية (تويوما) اليابانية حيث أصيب سكانها بمرض

عجيب جعلهم غير قادرين على الحركة وأصبحوا بسببه أقزاماً. وقد تبين أن سبب هذا المرض هو التسمم بالكادميوم نتيجة صرفه مع مخلفات أحد المصانع إلى مياه النهر الذي تروى منه التربة الزراعية.. وانتقل سم الكادميوم من النهر إلى التربة إلى حبوب الأرز الذي يمثل الغذاء الرئيسى للسكان.

كذلك هناك حادثة أخرى حدثت في العراق في عامي ١٩٧١ و١٩٧٢ حين استعمل الفلاحون مبيد حشري قوى يحتوى على الزئبق فساختلط بحبيبات التربة وامتصته النباتات ثم انتقل إلى الإنسان. وكان نتيجة ذلك موت حوالي ٥٠٠ شخص وإصابة ٥٥٠٠ بأعراض التسمم بالزئبق.

وحسب تقرير منظمة الصحة العالمية يجب ألا يزيد ما يدخل جسم الإنسان من النترات عن ١٥ ملليجرام/كيلوجرام من وزن الإنسان/يومياً، وألا يزيد كمية النترات عن ٤ ملليجرام/كيلوجرام من وزن الإنسان/يومياً. وقد ثبتت من التجارب المعملية أن النترات تتحول إلى نترات في الخضروات، ثم يتفاعل النترات مع بعض الملوثات السامة الأخرى فتتكون مادة النيتروزامين Nitrozamine وهذه تصيب الإنسان بالسرطانات المختلفة.

ثانياً: التلوث بالمبيدات:

بدأ استخدام مبيد D.D.T سنة ١٨٧٤ وهو مبيد شديد السمية ويحتسوى على عنصر الكلور السام فيقضى على الحشرات والآفات وقد أدى ذلك إلى انخفاض معدل الوفيات من الأمراض الوبائية مثل الملاريا. ولكنه له تأثير سلبي واضح إذ أنه يقضى على الكائنات الحية الدقيقة بالتربة مما أدى إلى انخفاض خصوبة التربة.

وتمتد خطورة مثل هذه المبيدات وآثارها الضارة إلى المجارى المائية وأنسجة المحاصيل وأجسام الطيور والحيوانات لفترات زمنية طويلة ، وقد صدر تحذير عالمي باستخدام مبيد D.D.T في عام ١٩٧٠م في السويد والدنمارك والمجر وخففت كندا نسبة استخدامه إلى ٩٠% وحرمته الولايات المتحدة.

وقد توصل الإنسان حديثاً إلى مبيد آخر أكثر فاعلية هو (اللدان). وتكمن خطورته فى بقاء ١٥% من كميته المستخدمة فى التربة الزراعية لعدد من السنوات قد يتجاوز ١٠ سنوات. وينتقل تأثيره الضار إلى الترع والمصارف ويعلق نسبة منه فى أنسجة المحاصيل التى يتغذى عليها الحيوان والإنسان. ومما يذكر أن العمال الزراعيين الذين يقومون بعملية رش المبيدات يتعرضوا للإصابة بخلل شديد فى وظائف الكبد والكلى.

وقد اتجه الإنسان إلى استخدام بعض المبيدات المصنعة ومن أشهرها مبيد D.D.T. ومشتقاته مثل سادس كلوريد البنزين، واللدانين، والمبيدات الفوسفورية العضوية. وقد استخدم مبيد D.D.T. فى أثناء الحرب العالمية الثانية للحد من انتشار وباء التيفوس فى نابولى بإيطاليا، واستخدم لوقاية الجنود من بعوض الملاريا فى جزر المحيط الهادى، كما استخدم للحد من انتشار مرض الملاريا من ٣ مليون حالة إلى ٧٣٠٠ حالة فقط فى جزيرة سيلان (جنوب شبه القارة الهندية) فى الفترة ما بين ١٩٤٦-١٩٥٦.

وقد أدى نجاحه فى تلك الحالات إلى الإفراط فى استخدامه وانتشار مخلفاته التى أدت إلى تلوث التربة والمياه والمحاصيل. بل تبعه اكتساب الحشرات مقاومة لهذا المبيد وظهرت سلالات أكثر مقاومة له مثل انتشار العنكبوت الأحمر فى مصر. وتكمن خطورة الإفراط فى استخدام المبيدات (خاصة التى تتحلل وتبقى فى التربة مدة طويلة ويكون لها تأثير سام فى حالة ارتفاع تركيزها بين ذرات التربة على المدى الطويل) فى أن هذه المبيدات تؤثر فى التوازن البيئى الطبيعى داخل التربة فيما بين مكوناتها الطبيعية والكيميائية والبيولوجية. وينعكس ذلك فى تدهور خصوبة التربة وانخفاض إنتاجيتها.

وقد أثبتت الدراسات العلمية والعملية أن جميع المبيدات مهما انخفضت درجة سميتها لها آثار ضارة فى الكثير من الكائنات الدقيقة التى تسهم فى تكامل عناصر البيئة الطبيعية فى التربة الزراعية، ومن أمثلتها: البكتريا المثبتة لعنصر النيتروجين، والبكتريا العقدية، بالإضافة إلى الأحياء الدقيقة التى

تتخلل حبيبات التربة فتسهم فى تهويتها وتحلل مكوناتها العضوية خاصة بقايا النباتات والديدان والحشرات وغيرها وهى فى مجملها المصدر الأساسى للمحتوى العضوى للتربة الذى يعرف بمادة الدبال وهى المسئول الأول عن درجة خصوبة التربة.

وقد أدى الإفراط فى استخدام المبيدات مثل D.D.T. إلى ارتفاع تركيزها فى التربة وصاحب ذلك موت كثير من الطيور التى تنتقط الحشرات والديدان من التربة مثل أبو فصاد وأبو قردان فى الريف المصرى. ويعتبر كل منهما من أصدقاء الفلاح حيث يتم من خلالهما التخلص من كثير من الحشرات والديدان الضارة بصورة طبيعية دون إحداث أى خلل فى التوازن البيئى الطبيعى. بل قد صاحب الإفراط فى استخدام D.D.T. إلى انقراض هذه الطيور فى الريف المصرى وظهرت الدعوة إلى محاولة تربيتها فى بعض المحميات الطبيعية. بل والأسوأ من ذلك هو ظهور حشرات جديدة أكثر مقاومة للمبيد مثل المن والعنكبوت الأحمر الذى يهاجم محصول الذرة.

وقد حدث أن هاجم مرض خطير محصول الكاكاو فى غرب أفريقيا بسبب فيروس يحمله النمل، وعند استخدام المبيدات ضد النمل ظهرت أربع حشرات جديدة أكثر مقاومة للمبيد وأخلت بالتوازن البيئى الطبيعى للتربة الزراعية.

هذا وهناك بعض الحشرات التى تستفيد من المبيدات الحشرية فى الدفاع عن نفسها ومن أمثلتها الجنادب (أحد أنواع الجراد) التى تفرز رغووة كريهة لطرده النمل وتستعين فى ذلك بالمبيدات الكيميائية التى يستخدمها الإنسان لكى تضاعف من شدة فاعلية الرغووة الكريهة. وهكذا يستخدم الإنسان المبيدات للتخلص من الحشرات، فتستخدم الحشرات هذه المبيدات فى الدفاع عن نفسها واستمرارها وإنتاج سلالات جديدة أكثر مقاومة للمبيدات. هذا وتكمن خطورة المبيدات فى بقائها لفترات طويلة فى التربة كما يتضح فى الجدول التالى:

مدة بقاء المبيدات الكلورينية العضوية فى التربة

المادة	معدل الجرعة السنوية (كيلو جرام/هكتار)	الوقت اللازم لاختفاء ٥٠% من الجرعة (بالأسبوع)	الوقت اللازم لاختفاء ٩٥% من الجرعة (بالأسبوع)
الدرين	١,١-٣,٤	٠,٣	٣
كلورودين	١,١-٢,٢	١,٠	٤
د.د.ت	١,١-٢,٨	٢,٨	١٠
ديالدرين	١,١-٣,٤	٢,٥	٨
اندرين	١,١-٣,٤	٢,٢	٧
هيباكلورو	١,١-٣,٤	٠,٨	٣,٥
نلدين	١,٢-٢,٨	١,٢	٦,٥

وقد قال أحد أطباء الأمراض العصبية بجامعة كاليفورنيا "إن مادة الـ D.D.T. عبارة عن سم عصبي من المتعذر شفاؤه أو التخلص منه"، وتحدث مادة الديلدرين تسمماً يعادل أربعة أضعاف التسمم بمادة D.D.T.، ومما يذكر أيضاً أن مادة الديلدرين تؤدي إلى الإصابة بسرطان الكبد.

ويصل التلوث بمادة D.D.T. إلى الأطفال الرضع فى السويد من الرضاعة الطبيعية بنسبة زيادة تصل إلى ٧٠% عن الحد الأقصى المسموح لتركيز هذا المبيد. كما يزيد ما يستهلكه الطفل الرضيع فى بريطانيا وأمريكا من تركيز مادة الديلدرين بزيادة عشرة أمثال الحد الأقصى المسموح به فى كل منهما، ويصل إلى زيادة قدرها ٣٠ مثلاً فى غرب أستراليا.

وحينما استخدمت الولايات المتحدة مبيد (D.D.T.) فى ولاية إلينوى سنة ١٩٥٤ لتخلص من حشرة الخنافس اليابانية ومنع توغلها إلى باقى الولايات غرباً، قد أدى ذلك إلى هجرة الطيور من المنطقة، ومات ٩٠% من قطط

المزارع، وتسمم الكثير من الأرانب والمواشي، وبالرغم من كل ذلك لم تستأثر
هشرة الخنفساء بل استمرت في زحفها غرباً.

ومما يذكر أن مدة بقائها طويلة حتى أن عمر النصف (نصف مدة
بقائها) تتراوح في البيئة بين ١٠-١٥ سنة، مما يزيد من خطورة هذه المبيدات.
وتؤدي هذه المبيدات إلى إصابة الإنسان بسرطان الكبد عبر السلسلة الغذائية.

انتقال مبيد الـ D.D.T عبر السلسلة الغذائية

التركيز (جزء في المليون)	الكائن
٠,٠٠٠٥	الماء
٠,٠٤	البلانكتون
٠,٢٣	نوع من السمك
٠,٩٤	نوع من السمك
١,٨٣	سمك مفترس
٢,٠٧	سمك مفترس
٣,٩١	طائر يتغذى على السمك
٦,٠٠	دجاج الماء
٢٢,٨	الأوز (يعيش على الأسماك)
٢٦,٤٠	غراب الماء (يعيش على الأسماك المفترسة)

وقد قال أحد أطباء الأمراض العصبية بجامعة كاليفورنيا " إن ملادة د. د.
ت. عبارة عن سم عصبى من المتعذر شفاؤه أو التخلص منه " ، وتحدث مادة
الديلدرين تسهما يعادل أربعة أضعاف التسمم بمادة د. د. ت ، ومما يذكر أيضا إن
مادة الديلدرين تؤدي إلى الإصابة بسرطان الكبد .

الفصل السادس

التدهور البيئي ونقص الموارد الغذائية

تتعدد مجالات التدهور البيئي الذي انعكس سلباً على الموارد الطبيعية، ومن ثم على قدرة الطبيعة على إعالة السكان وتوفير احتياجاتهم الضرورية من الغذاء والماء . ويتضح ذلك من خلال بحث المشكلات التالية : -

أولاً : تدهور التربة وتعريتها : -

قد سعى الإنسان جاهداً على مر العصور على توفير احتياجاته الغذائية والكسائية فقام بإزادته الواعية بتحويل الغابات والمراعى إلى أراضي زراعية . وهكذا استعاض عن الأجهزة البيئية الطبيعية بأجهزة اصطناعية متمثلة في الأراضي الزراعية مما أحدث خللاً في العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية النباتية والحيوانية والمواد غير الحية في النظام البيئي الطبيعي من خلال إحداث نمط اصطناعي من العلاقات بين المحصول المزروع والبيئة المحيطة . وقد أدخل الإنسان العديد من التغيرات الواسعة والمتنوعة على هذه البيئة بهدف الحصول على أعلى مردود من هذا المحصول . ولتحقيق ذلك استخدم جميع الأساليب التكنولوجية الحديثة وسخرها في خدمة الزراعة فاستعمل الآلات الحديثة والأسمدة الكيميائية والمبيدات الفطرية والحشرية ، واستتبع ذلك تدهور في البيئة الزراعية ، ولم ينعم الإنسان طويلاً بالنتائج المرجوة من الاستغلال الزراعي للتربة . إذ تدهورت خصوبة التربة وتعرضت في بعض الأحوال إلى التعرية فانعكس ذلك سلباً على العائد الاقتصادي من العملية الزراعية .

ويمكن إجمال أهم أسباب تدهور التربة في : -

أ - تعميم الزراعات وحيدة المحصول : -

تهدف هذه الطريقة إلى زراعة محصول واحد في نفس التربة لعدة سنوات متتالية معتمدة في ذلك على انتخاب أنواع أو فصائل نباتية سريعة النمو،

ولكن يعاب عليها أنها مجهدة للتربة وتحتاج إلى كم كبير من العناصر الغذائية التي أخذت تضاف للتربة في صورة الأسمدة الكيماوية . وقد أحدث ذلك خللا في التوازنات البيولوجية الطبيعية بين التربة والنبات والحيوان مما أدى إلى تعطيم السلسلة الغذائية الطبيعية حيث كل حلقة فيها تستخدم كغذاء للحلقة الأخرى حتى تصل إلى قمة الهرم الغذائي حيث يقع الإنسان .

ب - الاستعاضة عن الأسمدة العضوية بالأسمدة الكيماوية :

قد توسع الإنسان في استخدام الأسمدة الكيماوية وندر استخدام الأسمدة العضوية في المزارع الكبيرة التي تعتمد على الزراعات وحيدة المحصول . وهكذا افتقدت البيئة الطبيعية للأسمدة العضوية التي تلعب دورا أساسيا في تنشيط عمل الكائنات الحية ودخولها في السلسلة الغذائية وتحسينها للخواص الطبيعية للتربة.

ج - الإفراط في استخدام الأسمدة الكيماوية :

قد أدى الإفراط في استخدام الأسمدة الكيماوية إلى تدهور خصوبة التربة وجعلها أكثر تعرضا للانجراف . فضلا عن اختلال التوازن في أنواع الأسمدة الكيماوية نفسها أدى إلى خلل إضافي في التغذية النباتية في الأراضي الزراعية . واستنتج ذلك أن بعض الأغذية الزراعية أصبحت ناقصة في بعض العناصر الأساسية الفائرة ، أو تحتوي على تركيزات مرتفعة من أملاح النترات مما يسبب تلوث خطير . ومما يذكر أن ، استعمال كميات كبيرة من الأسمدة البوتاسية يتبعه نقص في أملاح المنجنيز ، كما أن اختلال التوازن بين أملاح البوتاسيوم وأملاح المغنسيوم يعد من مسببات السرطان ، ويتناقص محتوى البقوليات من الأملاح الأمينية الأساسية مع زيادة الأسمدة النيتروجينية .

د - الإفراط في استعمال المبيدات :

قد أدى استخدام الإنسان للمبيدات بأنواعها المختلفة إلى إحداث خلل في التوازن الطبيعي لمحتويات التربة . إذ تبع ذلك القضاء على حيوانات وحشرات معينة ، وفي ذات الوقت ، ارتفعت معدلات تكاثر أنواع أخرى من الحشرات لدرجة أصبحت معها تمثل آفات زراعية تستدعي استخدام المزيد من المبيدات الأكثر

فاعلية . كما ظهرت سلالات من هذه الحشرات اكثر مقاومة للمبيدات المستخدمة، مما تبعه زيادة في كمية المبيدات بأنواعها المختلفة . وقد تبع ذلك انقراض العديد من الحشرات المفقة للأزهار . وهكذا حدث خللا في التوازن الطبيعي لمكونات التربة انعكس في تغير الخصائص الشكلية والفسولوجية للبكتريا مما يجعلها غير قادرة على ممارسة وظائفها الأساسية في التربة وهي :

- تركيب الأحماض التي تسهم في تآكل الصخور وبالتالي تكوين التربة ، وكذلك في تغذية النباتات في أثناء التحلل الكيميائي للصخور .
- تركيب المادة الحية وتفكيك المادة العضوية وتثبيت النيتروجين في التربة .
- تؤدي المبيدات بأنواعها المختلفة إلى القضاء على ديدان التربة التي تلعب دورا أساسيا في تهوية التربة عن طريق هضم المادة العضوية .

هذا وقد تتعرض التربة إلى التعرية مما يستتبعه انخفاض إنتاجيتها . وتعد مشكلة تعرية التربة واحدة من أخطر المشكلات التي تواجه الإنسان في العصر الحديث . ويسعى الإنسان جاهدا إلى محاولة الحد من تعرية التربة ومحاولة إيجاد سبل لمواجهة التعرية ومقاومتها والسعي إلى الحد من انتشارها حتى يمتثل له تحقيق التوازن بين الزيادة الهائلة في السكان وبين الموارد الطبيعية المتاحة .

ويمكن إدراك مدى خطورة مشكلة تعرية التربة وتأثيرها السلبي في توفير احتياجات الإنسان الغذائية عندما نتذكر أن ثلثي سكان العالم يعانون من سوء التغذية بدرجات متفاوتة قد تصل أحيانا إلى حد المجاعة . إذ يعتمد الإنسان في غذائه أساسا على التربة تلك التي تعد المصدر الوحيد لغذائه تقريبا . ولعل في ذلك ما يبرر ضرورة التركيز والاهتمام بالمحافظة على إنتاجية التربة وصالحيتها للزراعة حتى لا تفقد التربة خصوبتها مع استمرار العملية الزراعية والتوسع في الزراعة والاتجاه إلى زراعة التربة على مدار السنة أكثر من مرة لسد الاحتياجات الغذائية المتزايدة للإنسان .

تعرية التربة :

يقصد بتعرية التربة فقدان الطبقة السطحية الخصبة من الأرض (أ) فتصبح أرض عارية غير صالحة للزراعة ، في حين أن التربة المجهدة تلك التي فقدت جزء من خصوبتها يمكن أن يتدخل الإنسان لرفع درجة خصوبتها ، وبالتالي زراعتها باستخدام دورات زراعية مناسبة تضمن المحافظة قدر الإمكان على خصوبتها . ولكن الوضع الحالي يعد مؤشرا خطيرا إذ أن أغلب مناطق العالم قد تعرضت فيها التربة إلى درجة أو أخرى من درجات التعرية ، ولكن من المؤسف أن الإنسان لم يدرك خطورتها إلا حديثا ، وحينئذ قام برصدها فقط دون أن يوليها ما تستحق من أهمية لاعتقاده الخاطيء بأن التربة خارج نطاق السيطرة .

وتنتج تعرية التربة عن تداخل مسببات طبيعية وأخرى بشرية . وتشمل المسببات الطبيعية : التعرية الجوية بكافة أشكالها المرتبطة بالمطر (من حيث توزيعها وكميتها وموسم سقوطها) وبالرياح (شدة سرعتها مما يساعد على إزالة المفتتات الدقيقة الجافة للتربة) وطوبوغرافية السطح (شدة انحداره وما يتبعه من التلاقق الطبقة السطحية للتربة بفعل الجاذبية الأرضية أو الجريان السطحي) وغيرها .

أما المسببات البشرية فتترتب بالنشاط البشرى بمختلف أشكاله التي من شأنها القضاء على الغطاء النباتي سواء من جراء ممارسة حرفة قطع الأشجار أو الرعي الجائر أو الزراعة الكثيفة دون اتباع دورة زراعية مناسبة يكون من شأنها إبعاد الأرض الزراعية وفقدان خصوبة التربة . وجدير بالذكر أن ، المسببات الطبيعية المسؤولة عن تعرية التربة لا تمارس نشاطها إلا في حال إزالة الغطاء النباتي بفعل الإنسان . فضلا عن أن التربة بتجريدها من الغطاء النباتي تفقد أيضا مادة الدبال ، مما يزيد من تفكك التربة وتصبح شديدة النفادية فتفقد بسرعة محتواها الرطوبي .

وتتعدد أشكال التعرية لتشمل تربة المناطق المستوية وتربة المناطق الجبلية . إذ تتعرض تربة الأراضي السهلية المنخفضة والمستوية إلى التعرية بفعل تجمع مياه المطر أو الري كما هو الحال في تربة اللويس في شمال الصين . بينما تربة المناطق الجبلية بينما تتعرض للتعرية بفعل السيول والانزلاق الصفيحي والانجراف الريحي ومن أمثلتها جبال أطلس في شمال قارة أفريقيا ، وجبال الأبالاش في شرق الولايات المتحدة الأمريكية .

التوزيع الجغرافي لتعرية التربة : -

تنتشر مشكلة تعرية بشكل خطير على مستوى العالم فلم تخلو قارة من التأثير السلبي لتلك الظاهرة خاصة قارتي أفريقيا وأمريكا الشمالية .

١ - تعرية التربة في قارة أفريقيا : -

تتفاقم مشكلة تعرية بشكل خطير في قارة أفريقيا وهي نتاج لتضافر كل من العوامل الطبيعية (الرياح - المطر - المياه الجارية) والعوامل البشرية (التقاليد الاجتماعية - التخلف - قلة الوعي الحضاري) . وتأتي خطورة هذه المشكلة هنا في كون التربة تعتبر أهم الموارد الطبيعية للقارة للاعتماد الكبير لسكانها على التربة في توفير احتياجاتهم الغذائية سواء في ممارسة الزراعة أو الرعي أو تربية الحيوان بجانب الزراعة .

التوزيع الجغرافي : -

- جبال أطلس في المغرب العربي (منحدرات جبلية) .
- جزيرة مدغشقر .
- هضبة الحبشة .
- أجزاء متناثرة من الساحل الغربي للقارة .

وترجع أسباب المشكلة في قارة أفريقيا إلى اختلال التوازن الطبيعي بين الظروف المناخية والنبات الطبيعي والتربة من ناحية ، وبين أسلوب حياة سكانها وأعدادهم المتنامية بمعدلات مرتفعة لا تستطيع معها تلك الظروف الطبيعية على الوفاء باحتياجاتهم ، خاصة حينما تقتزن بالحالات التالية : -

أسلوب الزراعة المتنقلة في مناطق الغابات الأستوائية ، حيث يتجه السكان إلى حرق الغابات لرفع خصوبة تربة اللاتريت بالمادة العضوية وممارسة الزراعة لسنة أو سنتين على الأكثر . وحينما تفقد التربة خصوبتها المكتسبة فيهجرها السكان إلى أرض جديدة ليكرر نفس العملية في مناطق جديدة . وتكون النتيجة تعرية مساحات واسعة من الغطاء النباتي وتعرضها للجرف المائي والرياح أيضا .

استخدام المحراث في الزراعة يزيد من سرعة تفكك التربة ومن ثم سرعة تفكك التربة وتعريتها خاصة في ظل ظروف المطر الغزير .

ممارسة أسلوب الرعي الجائر في شرق القارة حيثما تعيش الجماعات الرعوية التي تحرص على الاحتفاظ بأعداد كبيرة من قطعان الماشية بغض النظر عن حالتها الصحية وقدرتها على إدرار اللبن أو اللحوم بسبب عاداتهم وتقاليدهم القبلية . وتكون المحصلة لذلك القضاء على الغطاء النباتي وترك التربة عارية مما يعرضها للجرف بواسطة العواصف الطبيعية . وتعاني جزيرة مدغشقر من هذه المشكلة بدرجة خطيرة خاصة في نطاق المرتفعات الوسطى بسبب زراعة المنحدرات بمحصول الأرز الذي يحتاج إلى رى كثيف يساعد في جرف التربة سريعا .

وتظهر هذه المشكلة بوضوح في نيجيريا وأجزاء من زامبيا وأنغوييا وسيراليون ، وهضبة برقة والجبل الأخضر في ليبيا ، وجبال أطلس في المغرب العربي . وقد قدر العالم " باربور " أن ما تفقده الجزائر سنويا يوميا من أراضيها بفعل التعرية يبلغ في المتوسط ٢٥٠ أكرأ ، مما يؤكد خطورتها في منحدرات جبال أطلس .

ومما يذكر أنه ، نظرا لتسارع نطاق تعرية التربة في قارة أفريقيا فأنها توصف بكونها تعمل على " التهام الأرض " .

٢ - تعرية التربة في قارة أمريكا الشمالية : -

على الرغم من أن حرفة الزراعة في قارة أمريكا الشمالية تعد حديثة مقارنة بالمقارنات الأخرى ، كما أنها تمارس بأحدث الأساليب والميكنة الزراعية ، وأن النمط الزراعي السائد هو الزراعة الواسعة ، فإنها تعاني وبدرجة خطيرة من هذه المشكلة . ويقدر البعض أن أكثر من نصف مساحة القارة قد تأثر بدرجة أو بأخرى بمشكلة تعرية التربة . وقد قدر أن حوالي ١٢ ٪ من مساحتها قد تأثر بالتعرية بشكل ما ، وأن ٨ ٪ منها تأثر بدرجة محدودة ، وأن ٣ ٪ قد تأثر بدرجة خطيرة .

التوزيع الجغرافي:

• نطاق جبال الروكي :

يرجع السبب الأساسي لتعرية التربة في السفوح الشرقية لجبال الروكي بامتدادها الكبير إلى التعرية الهوائية بفعل الرياح بسرعاتها المرتفعة . وقد ساعد في تفعيل نشاطها ممارسة حرفة الرعي الجائر ، فضلاً عن زراعة الأراضي الهامشية في ذلك الإقليم بالقمح ، وكذا الظروف المناخية التي تعاقبت على تلك المنطقة منذ العقد الرابع من القرن الحالي مما استتبع جفاف التربة وسهولة جرفها بواسطة الرياح .

• جبال الأبلاش :

يرجع السبب في تعرية التربة في النطاق الشرقي الأمريكي سواء في إقليم نيوانجلند أو جبال الأبلاش إلى التعرية المائية خاصة بعد أن توسع الإنسان في قطع الغابات ، بالإضافة إلى زراعة القطن التي سرعان ما تجهد التربة . وكان نتيجة ذلك الاستغلال السيئ أن التربة أصبحت عارية بصورة خطيرة في ولاية ألباما وولاية تنسي . وقد قدر ما فقدته التربة في وادي تنسي في قطاعها الرأسي حوالي ٦٠ سنتيمتراً . وقد أسهمت الخصائص المناخية لتلك المناطق الجنوبية الشرقية في الولايات المتحدة الأمريكية في سرعة تعرية التربة الحمواء والصفراء . إذ يتميز المناخ هنا بارتفاع درجة حرارة السهواء صيفاً والمطر

الغزير الذي يعرض التربة لعملية الغسل المستمر وبالتالي هدم محتواها المعدني مما يستتبعه سرعة تدهور خصوبتها . ويسهم في ذلك أيضا التركيز على زراعة القطن وهو من المحاصيل المجهددة للتربة .

ومن المؤسف حقا أن ، الولايات الأمريكية تفقد من جراء هذه المشكلة خمسمائة فدانة تقدر بحوالي ٤٠٠ مليون طن سنويا من التربة على أقل تقدير ، مما ينعكس سلبا على الإنتاج الزراعي والحيواني وخزانات المياه الجوفية .

* كندا :

تظهر مشكلة التعرية في كندا بدرجة أقل من الولايات الأمريكية . وترجع التعرية هنا في مجملها إلى التعرية الهوائية أكثر من التعرية المائية . وقد تأثر نطاق البراري حيث تربة التشيرنوزم الخصبة بسبب زراعة القمح مما أدى إلى فقدانها لخصوبتها .

* المكسيك :

تسبب التعرية المائية بفعل المطر الغزير في المناطق المدارية بالمكسيك وخاصة على المنحدرات الشديدة خاصة في سلسلة سييرا ماسادا الجنوبية ، وهضبة المكسيك دورا خطيرا في تعرية التربة بفعل الانزلاق الصفيحي . وقد شارك النشاط البشري تلك العوامل الطبيعية في تفاقم التعرية بحرصه على إزالة الغطاء النباتي للإحلال الزراعي .

٣ - - - التعرية في قارة استراليا :

ترجع تعرية التربة في قارة استراليا الى ممارسة حرفة الرعي الجائر حيث تربي قطعان كبيرة من الأغنام بالإضافة إلى الأرناب. ونظرا لما تتميز به القساسة من تعاقب سنوات من المطر الغزير قد يعقبها سنوات من ندرة المطر ، مما انعكس في كثافة الغطاء النباتي والقطع الذي يتغذى عليه . إذ تزيد كثافة الغطاء النباتي وتصبح كافية لقطعان الحيوانات في سنوات المطر الغزير . بينما في سنوات الجفاف ، فإن قطعان الحيوانات تقضى على الحشائش الجافة ثم تتجه إلى الأشجار دائمة الخضرة . وهكذا تفقد التربة الغطاء النباتي الذي يمثل الحماية

الطبيعية للتربة ، إذ تجف الطبقة السطحية الخصبة فتحمل الرياح مفتاتها وتحول إلى ارض جرداء .

وأخيرا يمكن القول بأنه ، لا توجد قارة إلا وتعرضت أجزاء منها إلى تعرية التربة بسبب دورة التعرية . ودورة التعرية هي عملية طبيعية مستمرة ولن تتوقف ولكنها تتسم بالاتزان . ولكن تدخل الإنسان بأسلوب لاواعي يسهم في زيادة فاعلية عوامل الهدم مقارنة بعوامل البناء ومن ثم تحدث مشكلة تعرية التربة .

ثانيا : تلوث الغذاء:

يقصد بتلوث الغذاء احتوائه على أية مواد أو جراثيم أو بكتيريا مؤذية لصحة الإنسان بدرجات مختلفة وفقاً لدرجة التلوث وسببه وكمية الغذاء التي يتناولها وصحته العامة. وقد يكون هذا التلوث طبيعياً من جراء تحليل الغذاء بسبب البكتيريا أو الفطريات، خلال فترات تخزينية طويلة، أو تعرضه لظروف جوية أدت إلى سرعة فساده وغير ذلك مما لا دخل للإنسان فيه. أو قد يرجع هذا التلوث إلى تدخل الإنسان بصورة مباشرة أو غير مباشرة يتبعها حدوث تلوث كيميائي للأغذية.

ومن أمثلة التلوث الطبيعي للغذاء التلوث البكتيري الذي تسبب فيه الحشرات المنزلية ، أو البكتيريا الملوثة للغذاء ومن أمثلتها :

١- بكتيريا حمض البيوتريك: وهي تفسد الألبان ومنتجاتها وتؤدي إلى تغير طعمها ورائحتها.

٢- بكتيريا التسمم البوتشولينى Clostridium Botulinum وهي بكتيريا تنشط في معزل عن الهواء (بكتيريا لا هوائية) ولذلك فهي تفسد المعلبات غير الحمضية مثل اللحوم والخضروات.

٣- بكتيريا السالمونيلا Salmonella وهي الأكثر شيوعاً حيث تصيب الإنسان بالتيفود والباراتيفود، وتصيب الحيوانات بالالتهابات المعوية، وتؤدي إلى

هلاك جماعي للدواجن. وتكمن خطورتها فى أن عددها يتجاوز ٢٠٠٠ نوعاً.

أما التلوث الكيميائى للغذاء بسبب تدخل الإنسان ، فقد يحدث ذلك نتيجة لاستخدام المبيدات الحشرية التى تتضاعف كميتها عبر السلاسل الغذائية حتى تصل الإنسان بمقادير سامة. وقد حدث ذلك مثلاً فى الولايات المتحدة الأمريكية حينما استخدمت مبيد T.D.E لمكافحة الذباب حول إحدى البحيرات بتركيز ضئيل جداً لا يتجاوز ٠,٠١٤ ppm الذى ما لبث أن ارتفع فى الأحياء الدقيقة التى تعيش فى مياه تلك البحيرة بمقدار ١٨٠ ألف مرة، وحين تغذى عليها الإنسان أخذ هذا المبيد يزداد تركيزه يوماً بعد يوم فى جسم الإنسان. ويؤدى تلوث الغذاء كيميائياً إلى اتساع سرعة انتشار أنواع مختلفة من السرطان خاصة بسبب التلوث بالنزئيق أو الرصاص والكاديوم.

وتتعدد مصادر التلوث الكيميائى للغذاء ومنها:

- ١- الغش التجارى الذى يلجأ إليه التجار المفسدون حينما يخالطون بعض السلع بغيرها من المواد الكيميائية الفاسدة بهدف الربح العالى السريع. وقد حدث ذلك مثلاً عندما غش ثلاث تجار الزيوت فى أسبانيا حين خلطوها بزيوت صناعية غير صالحة للاستخدام الآدمى أو الحيوانى، وأدى ذلك إلى موت ٦٥٠ شخصاً وأصيب عدة آلاف بأمراض متعددة وذلك سنة ١٩٨٤.
- ٢- تلوث المحاصيل بالإفراط فى استخدام المبيدات الحشرية.
- ٣- تلوث المحاصيل بالإفراط فى استخدام الأسمدة الكيميائية.
- ٤- استخدام المواد الكيميائية الحافظة بتركيزات أكثر من المسموح بها بهدف حفظ الطعام لفترات طويلة كما حدث فى البطاطس المصرية التى تم رشها بمبيدات حشرية ظلت عالقة بها لفترات طويلة أدت إلى تغيير رائحتها وطعمها مما دعا الحكومة إلى تحذير المواطنين من استهلاكها.

- ٥- استخدام الألوان والصبغات كما هو الحال فى حلويات المولد النبوى المنتشرة فى مصر، وصبغات رقائق البطاطس، والحساء المحتوى على عصير الطماطم الذى أضيف إليه لون اصطناعى.
- وقد ثبت أن هذه المواد مع ارتفاع معدل استهلاكها وزيادة تركيزها فى جسم الإنسان، ترفع احتمالات ومعدلات الإصابة بأنواع مختلفة من السرطان.
- ٦- تلوث المياه بالمعادن الفلزية الثقيلة مثل الزئبق والكاديوم.
- ٧- استخدام الهرمونات لسرعة نمو الحيوانات والدواجن مثل استخدام أقراص منع الحمل لسرعة نمو الحيوانات والدواجن. وقد اكتشفت ألمانيا سنة ١٩٨٨ أن مربى العجول يستخدمون هرمونات تسبب السرطان.
- ٨- تلوث الهواء بالإشعاع الذرى الذى ينتقل إلى التربة والماء مما يؤدى إلى تلوث الغذاء أيضاً.
- ٩- تلوث الهواء بالمركبات الحمضية فتسقط فى صورة المطر الحامضى الذى يلوث التربة والماء والغذاء أيضاً.
- ١٠- استخدام المضادات الحيوية لعلاج أمراض الحيوانات أو لزيادة معدل سرعة نموها.

ثالثاً : نقص المياه :

ويقصد بها نقص كمية المياه المتاحة للاستخدامات المختلفة سواء إن كان هذا النقص من حيث كميتها فقط، أو من حيث نوعيتها بمعنى أن خصائصها تمنع أو تحول دون استخدامها فى بعض الأغراض وأهمها أغراض الشرب البشرى. ويوضح الجدول التالى مواصفات مياه الشرب: -

مواصفات الماء الصالح للشرب

المواد	الحد المطلوب مليجرام/لتر	أعلى حد مسموح مليجرام/لتر
المواد الصلبة TDS	٥٠٠,٠٠	١٥٠٠,٠٠
الحديد	٠,١٠	١,٠٠
النحاس	٠,٠٥	١,٥٠
المنجنيز	٠,٠٥	١,٥٠
الزئبق	٥,٠٠	١٥,٠٠
الكالسيوم	٧٥,٠٠	٢٠٠,٠٠
المغنسيوم	٣٠,٠٠	١٥٠,٠٠
الكبريتات	٢٠٠,٠٠	٤٠٠,٠٠
الكلوريدات	٢٠٠,٠٠	٦٠٠,٠٠
الرقم الأس الهيدروجيني PH	٨,٥-٧	٩,٢-٦,٥
الفينولات	٠,٠١	٠,٠٢
مجموعة المواد المسببة للعسر مثل كربونات الكالسيوم	١٠٠,٠٠	٥٠٠,٠٠
بكتيريا	أقل من ١ في المليتر	

هذا ويزيد الطلب على استهلاك المياه مع النمو السكاني المطرد كما يتضح فسي
الجدول التالي: -

تقدير حجم المياه الغذائية المستهلكة سنوياً على المستوى العالمي

نمط الاستهلاك	حجم المياه المستهلكة كم ^٣	النسبة المئوية
أغراض الزراعة	٧٠٠٠	٧٢,٢
أغراض الصناعة وتوليد الطاقة	١٧٠٠	١٧,٥
أغراض الشرب	٦٠٠	٦,٢
أغراض أخرى متنوعة	٤٠٠	٤,١
الإجمالي	٩٧٠٠	%١٠٠

ويعكس الجدول التالي زيادة استهلاك المياه في دول الخليج العربي بمعدلات سريعة تستعدى ضرورة المحافظة على الموارد المائية الشحيحة ومحاولة توفير مصادر أخرى لمجابهة زيادة الطلب على المياه .

الطلب على المياه في دول الخليج العربي
(مليون جالون / يومياً)

الدولة	١٩٨٠	١٩٨٥
البحرين	٦٧,٦٠٨	٧٢,٤٥٤
الكويت	٥٨,٧٤١	٨٥,٨٥٠
عمان	٤٢,٨٩٠	٣٢,٨٧٦
قطر	٢٧,٥٠٦	٥٩٢,١٩٨
السعودية	٥١٣,٢٨٢	٢٥,٩٩٥
الإمارات	-	-

ويقدر الاستهلاك الفردي للمياه يومياً في الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى ٥٦٨ لتراً (١٥٠ جالوناً)، بينما يبلغ في دول الخليج العربي ٢٤٥ لتراً (٦٥ جالوناً). وتباین أيضاً أغراض أو استخدامات المياه باختلاف المستوى المعيشى والاقتصادى كما يتضح في الجدول التالي :

النسب المئوية لمجالات استغلال المياه في الولايات المتحدة الأمريكية

نمط الاستهلاك	النسبة المئوية في الولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٧٠
الاستهلاك الفردى	٨%
الصناعة	٥٧%
الزراعة والرى	٣٥%

هذا ولا يقتصر الاحتياج المطرد للمياه على مياه الشرب فقط بل يمتد إلى توفيره للعمليات الزراعية وهي في زيادة مطردة لمجابهة زيادة السكان ومن ثم حتمية توفير الغذاء.

كمية المياه المستغلة في الزراعة في دول الخليج العربي

الدولة	المساحة المروية هكتار	كمية المياه المستغلة مليون متر مكعب سنوياً
البحرين	٢,٧٠٠	١٦٦
الكويت	٣,١٣٥	٩٤٠
عمان	٣٦,٠٠٠	٤٥٠
قطر	١,٤٦٠	٤٤
السعودية	١٧٨	١٣,٥٠٠
الإمارات	٤,٠٠٠	٣٣١

ومما يذكر أنه لابد من توفير مياه الري بمواصفات خاصة حتى تصبح صالحة لري المحاصيل الزراعية وفي ذات الوقت تحافظ على خصائص التربة. وبوضوح الجدول التالي خصائص المياه الصالحة للري وفقاً لمحتواها من الأملاح المعدنية.

صلاحية المياه للري وفقاً لكمية الأملاح الذائبة

مجموع الأملاح الذائبة	مدى الصلاحية
أقل من ٣٢٠	صالحة لجميع أنواع الأرضى الزراعية.
٣٢٠ - ٦٤٠	صالحة للري مع وجوب الإكثار من كمية المياه في كل رية.
٦٤٠ - ١٢٨٠	يمكن استعمالها في الأراضي جيدة الصرف مع اختيار نباتات تتحمل الملوحة.
١٢٨٠ - ١٩٢٠	يجوز استعمالها مع النباتات التي تتحمل هذه الملوحة كالنخيل والزيتون.
١٩٢٠ - ٢٥٦٠	لا تستعمل إلا للضرورة القصوى.
أكثر من ٢٥٦٠	لا يسمح باستعمالها لأغراض الري.

نموذج تطبيقي لنقص المياه كمثال للتدهور البيئي فى النظام المائى: -

تعانى دولة الإمارات العربية من خلل بيئى فى أحد عناصر النظام وهو النظام المائى فى منطقة رأس الخيمة الزراعية نتيجة الإفراط فى استهلاك وسحب المياه الجوفية بحيث تجاوز المتسرب والتغذية فى باطن الأرض ٠ مما أدى إلى ظهور عجز فى المياه الجوفية فى تزايد مستمر خاصة إذا استمرت عمليات السحب بنفس الكميات والمعدلات الحالية فى المستقبل القريب.

وقد بدأ هذا الخلل فى البيئة الزراعية بسبب ارتفاع عائدات البترول مما شجع على توفر الأموال للاستثمار الزراعى. وقد تبع ذلك زيادة المساحة المزروعة وتكثيف عمليات الإنتاج الزراعى بشكل يفوق الإمكانيات المائية للبيئة. وظهر ذلك فى زيادة كمية ضخ المياه الباطنية (الجوفية) لاستخدامها فى الزراعة بما يفوق الكمية السنوية للمطر التى يمكن أن تعوضها. وقد أدى ذلك إلى جفاف مصادر المياه فى العيون التى اعتمد عليها الفلاحون فى زراعتهم منذ مئات السنين. وقد دفع ذلك الحكومة إلى حفر آبار جديدة لتعويض جفاف مياه العيون، مما أدى إلى تفاقم مشكلة نقص المياه نتيجة الضخ المستمر بما يفوق قدرة النظام البيئى المائى كما يتضح فى الجدول التالى: -

مدخلات ومخرجات النظام البيئى المائى

فى رأس الخيمة بالإمارات العربية المتحدة

الخصائص المائية	كمية المياه السنوية التقريبية مليون متر مكعب
المياه المتسربة داخل باطن الأرض (مدخلات)	١٠٠ (مكتسب)
الضخ للاستهلاك الصافى فى الزراعة (مخرجات)	١٤٠ (مفقود)
الضخ للاستهلاك فى الأغراض البلدية	٢٤ (مفقود)
المياه المتبخرة والصناعة فى البحر	٦٠ (مفقود)

ويتضح من هذا الجدول أن إجمالي المكتسب (المتسرب إلى باطن الأرض) يعادل ١٠٠ مليون متر مكعب سنوياً، في حين أن المفقود بسبب عمليات الضخ للاستخدامات المختلفة بالإضافة إلى الجريان السطحي المفقود وعمليات التبخير فتعادل ٢٢٤ مليون متر مكعب سنوياً، وهكذا يصبح العجز السنوي ١٢٤ مليون متر مكعب سنوياً.

وقد أوضحت الدراسات سنة ١٩٨٣ للنظام المائي في منطقة رأس الخيمة الزراعية أن المستوى المائي في وسط هذه المنطقة قد انخفض بمعدل ٣ أمتار خلال ٥ سنوات، وبمعدل ١,٥ متر في جنوب هذه المنطقة خلال ٣ سنوات. وقد تبع هذا الخلل في مخزون المياه الجوفية مضاعفات أخرى أكثر خطورة، إذ تبع انخفاض منسوب المياه الجوفية في الأراضي الزراعية الساحلية إلى تسرب مياه البحر المالحة نحو الأرض لتعويض هذا العجز في منسوب المياه الجوفية. وقد نتج عن ذلك ارتفاع نسبة الملوحة في الآبار مما جعلها غير مناسبة للأغراض الري الزراعي، بالإضافة إلى أن الأراضي المروية بهذه المياه المالحة قد أقسدت الإنتاج الزراعي وفسدت التربة الزراعية وارتفعت ملوحتها فأصبحت في حاجة أكثر إلى المياه حتى يتم غسلها وتخليصها من الملوحة الزائدة مما ضاعف من استهلاك المياه فتزايد أكثر المشكلة وهكذا. ولعل في ذلك ما يشير إلى أهمية الوعي بالنظام البيئي المتكامل.

رابعاً : التصحر :

إن التصحر مشكلة عالمية تهدد بنقص الغذاء ويدهور الأحوال الصحية وانتشار المجاعات في كثير من دول العالم . وقد أوضحت دراسات الأمم المتحدة سنة ١٩٧٤ أن مساحة الأراضي التي تعاني من هذه المشكلة في الوطن العربي تبلغ ١٣ مليون كيلو متراً مربعاً أي ٢٨ % من إجمالي مساحتها ، وتعادل في ذات الوقت ٨٩ % من إجمالي مساحة الوطن العربي الذي يسود في أغلب أجزائه المناخ الجاف وشبه الجاف .

وترتبط هذه المشكلة في الوطن العربي بالأسباب التالية : -

١ - الزراعة البعلية في المناطق الجافة وشبه الجافة وما يرتبط بها من الحث المستمر للأراضي الزراعية في الفترات الجافة فينشط الانجراف الريحي . وكذلك في حال تعرضها إلى مطر غزير تزيد كميته عن ١٥ ملليمتر / يوميا ، مما يعرضها للانجراف الصفيحي . ويتبع ذلك افتقاد التربة لطبقتها السطحية الخصبة مما يعرضها للتصحّر .

٢ - ارتفاع ملوحة التربة بسبب عمليات الري الزائد خاصة عند استخدام الري بالغمر ، مما يعرضها للتبخّر فتترسب الأملاح مكونة قشرة ملحبة تحت المناخ الحار . وتصل كمية التبخر السنوي في العراق ٢٠٠ ملليمتر ، و ٢٤٠٠ ملليمتر في مصر ، وحوالي ٤٠٠٠ ملليمتر في السودان .

ولهذا قدر البعض أن ٢٥ - ٣٠ مليون هكتار من الأراضي الزراعية قد تحولت إلى أراضي صحراوية جرءاء منذ استخدام الري في العالم .

٣ - زحف الكثبان الرملية وعمليات سفي الرمال من الأراضي الصحراوية على هوامش الأراضي الزراعية لتطمر النباتات وسطح التربة . ويستتبع ذلك تغير في الخصائص الطبيعية للتربة وتفقدتها خصوبتها وتنخفض إنتاجيتها ، ومن ثم تتحول إلى أراضي صحراوية . ولعل واحة الأحساء الزراعية (تقع في نطاق السهول الداخلية التي يفصلها عن ساحل الخليج العربي التكوينات الرملية لنفود الجافورا) من أبرز الأمثلة على سرعة زحف الكثبان الرملية وتهديدها للأراضي الزراعية في هذه الواحة السعودية .

وتؤثر مشكلة التصحر في حوالي ٨٠% من المراعي الطبيعية في المناطق الجافة (٣١٠٠ مليون هكتار) ، وحوالي ٦٠% من مناطق الزراعة البعلية (الزراعة التي تعتمد أساساً على المطر) أي حوالي (٣٣٥ مليون هكتار) ، وحوالي ٣٠% من الأراضي المروية (٤٠ مليون هكتار) ، وذلك على مستوى العالم . و يعني هذا أن ٣٠% من جملة سكان العالم الذين يعيشون في هذه البيئات يعانون من هذه المشكلة . وتبلغ نسبة هؤلاء حوالي ٨٥% من سكان شبه الجزيرة العربية وحوالي ٣,٥ مليون نسمة من سكان إفريقيا .

وتنشأ ظاهرة التصحر Desertification نتيجة لتأثير مجموعة من العوامل الطبيعية مثل الجيومورفولوجيا والظواهر المناخية وكذلك مجموعة من العوامل البشرية التي تشمل نشاط الإنسان وتفاعلاته المختلفة مع ظروف بيئته. وتعتبر العوامل المناخية من أهم العوامل الطبيعية المتسببة في ظاهرة التصحر إذ أن التصحر يرتبط ارتباطاً وثيقاً بأقاليم المناخ الجاف وشبه الجاف فيما بين دائرتي عرض ١٥ - ٣٠ درجة شمالاً وجنوباً. وترجع هذه الظاهرة إلى إحداث تغييراً في الخصائص الطبيعية للبيئة فتسود ظروفاً أكثر صحراوية وأكثر جفافاً، وذلك من الناحية الطبيعية. أما من الناحية البشرية، فهي ترجع إلى ممارسة أي نشاط يترتب عليه سيادة الظروف الصحراوية وتدهور إنتاجية الأرض مما يؤدي إلى انخفاض درجة استيعابها للاستخدامات الريفية.

وهكذا تعتبر ظاهرة التصحر إحدى مظاهر الخلل البيئي، أو هي مشكلة ناجمة عن إيجاد نظام بيئي جديد يتجه نحو الخصائص الصحراوية. وتتعدد مظاهر التصحر، ويمكن أيجازهما في :-

١- تعرية التربة نتيجة إزالة الغطاء النباتي الذي يعمل على تماسك حبيباتها ويحميها من الانجراف الريحي أو الانزلاق الصفيحي، وهكذا تتعرض التربة إلى جرف طبقاتها السطحية فيحدث الجفاف الفيزيولوجي
Physiological Drought.

٢- زحف الكثبان الرملية Movement Sand Dunes على الأراضي الزراعية فتهلك المحاصيل وتغير خصائص التربة.

٣- الرعي الجائر خاصة في البيئات الجبلية التي تشتهر برعي الماعز، وتشتهر الماعز بقدرتها على اقتلاع بذور النباتات حينما يختفي العشب. ويؤدي ذلك إلى الحيلولة دون نمو هذه البذور مرة ثانية في موسم المطر.

وقد صنف منظمة الأمم المتحدة التصحر على النحو التالي :-

أ- تصحر خفيف Slight Desertification:

ويطلق في حالة وجود تلف بسيط جداً في الغطاء النباتي للتربة.

ب- تصحر معتدل Moderate Desertification:

ويطلق في حالة حدوث تلف متوسط في الغطاء النباتي للتربة، ووجود كتبان رملية صغيرة متحركة وانتشار بعض الأملاح في التربة.

ج- تصحر شديد Severe Desertification:

ويحدث في حالة انتشار الحشائش والشجيرات غير المستساغة من قِبَل حيوانات المرعى على حساب الأنواع المرغوب فيها، مع زيادة في النشاط في عملية جرف التربة بفعل الرياح أو المطر.

د- تصحر شديد جداً Very Severe Desertification:

ويحدث في حالة انتشار كتبان رملية كبيرة ومتحركة وزيادة ملوحة التربة بدرجة تفقد قدرتها الإنتاجية.

تطور مشكلة التصحر:

قد ارتفعت نسبة الأراضي الصحراوية والأراضي البور خلال الفترة ١٨٨٢ إلى ١٩٥٢ من ٩.٤% إلى ٢٢.٢%، وانخفضت في نفس الفترة نسبة الغابات من ٤.٤% إلى ٢١%. وهكذا زادت مساحة الأراضي الصحراوية خلال القرن العشرين حوالي ٦٠,٠٠٠ ميل مربع. وتكمن خطورة مشكلة التصحر في انعكاساتها على حياة الإنسان إذ أن ٨٥٠ مليون نسمة تقريباً في البيئات الجافة وشبه الجافة مما يهددهم بالمجاعات ونقص موارد الغذائية بصفة عامة. وقد تظهر المشكلة بوضوح حين العلم بأن النطاق الصحراوي في قارة إفريقيا قد توغل جنوب الصحراء الكبرى بمساحة تبلغ حوالي ٧٥٠ ألف كيلو متر مربع خلال السبعين سنة الأخيرة على حساب أراضي المراعى أو الأعشاب. ويطلق على هذا النطاق تسمية "إقليم الساحل" وهو عبارة عن حزام يمتد من الشرق إلى الغرب جنوب الصحراء الكبرى.

وقد تعرض إقليم الساحل هذا لقحط وجفاف شديد خلال الفترة من ١٩٦٨-١٩٧٣ فأثر ذلك على كل ظروف الحياة النباتية والحيوانية والإنسانية حيث تعرض الإقليم للمجاعات وارتفاع حالات الوفاة، ونفوق أعداد كبيرة من الحيوانات، أي أن هذا الإقليم قد تعرض إلى انهيار بيولوجى شامل بسبب الظروف الطبيعية من ناحية والنشاط البشرى واستنزافه لموارده الطبيعية من ناحية أخرى.

ومما يذكر أن إجمالى مشاريع مكافحة التصحر قد كلفت حوالى ١٠ بليون دولار خلال خمس سنوات فقط ما بين ١٩٧٨-١٩٨٣ ، وتقدر بعض التقارير العلمية المتخصصة أن مكافحة التصحر تحتاج إلى ١٤١ بليون دولار، ينفق منها النصف على المراعى فقط.

الأسباب الطبيعية للتصحر:

أ- الخصائص المناخية:

تتميز المناطق الجافة وشبه الجافة المتاخمة للمناخ الصحراوى من ندرة كمية المطر السنوى وتذبذب كميته وسقوطه المفاجئ ربما على هيئة سيول خلال عدد قليل من الأيام ليستمر الجفاف بعدها سنوات طويلة.

ب- الخصائص النباتية:

إذ يتميز هذا الغطاء النباتى بأنه قصير ومتباعد ومتناثر وحولى (يرتبط بموسم المطر) ومؤقت وهو ما يعرف بإقليم حشائش السفانا الصحراوية أو الاستبس الصحراوى.

ج- خصائص التربة:

تختلف درجة استجابة التربة للتصحر، إذ تقل بالنسبة للتربة الطينية الثقيلة مقارنة بالتربة الرملية. وكذلك يزيد تأثيرها فى حالة التربة رديئة الصرف التى تتعرض لأخطار الرشح وارتفاع ملوحتها بواسطة الخاصة الشعرية، وينعكس ذلك فى تدهور خصوبتها وانخفاض إنتاجيتها وهى صورة من مظاهر التصحر.

د- التضاريس:

تزيد فاعلية عملية التصحر مع زيادة انحدار السطح لأن ذلك يساعد على سهولة جرف التربة فى سفوح الجبال والتلال وإرساب مفتتاتها عند أقدامها (أقدام الجبال) أو فى الأحواض الواقعة أسفلها.

الأسباب البشرية للتصحر :

- ١- الرعى الجائر فى مناطق المراعى الضعيفة.
- ٢- الزراعة البعلية (التي تعتمد على المطر) الجائرة فى حالة ما إذا كانت كمية المطر غير كافية لتغطية احتياجات المحاصيل، مما يعرض التربة لانخفاض فى محتواها الرطوبى ويتبع ذلك تعرض النبات للإجهاد المائى. وينعكس ذلك فى انخفاض إنتاجية التربة.
- ٣- الزراعة المروية الجائرة فى حالة استخدام مياه رى ترتفع درجة ملوحتها مما يعرض التربة للتملح وارتفاع درجة قلويتها مما يستتبعه من انخفاض خصوبتها وإنتاجيتها.
- ٤- الإفراط فى استغلال المياه الجوفية مما يؤثر فى خصائصها الكيميائية.
- ٥- قطع الأشجار وحدائق السفانا وهى محدودة فى النطاق شبه الجاف، وإن كان قطع الأشجار بصفة عامة يؤدى إلى زحف التصحر.
- ٦- تركيز السكان فى بقع حول مورد مياه الشرب مما يؤدى إلى تحطيم القدرة الإنتاجية للأرض. ومثال على ذلك فى السودان (إقليم الساحل) حيث لا تزيد الكثافة السكانية عن ١٠/فرد/كم^٢، إلا أنها تعد مزدحمة بالسكان نظراً لضعف إمكانيات الأرض.
- ٧- ممارسة الزراعة مع تربية الحيوان فى منطقة ضعيفة مما يؤدى إلى تدهور كبير فى موارد البيئة الطبيعية.
- ٨- أسلوب الزراعة البدائية كما هو الحال فى إقليم الساحل غرب السودان حيث يقوم الفلاح بقطع الأشجار وإزالة جميع الأعشاب والنباتات الصغيرة ثم يقوم

بتقليب التربة عدة مرات سنوياً فيؤدي ذلك إلى القضاء التام على الغطاء النباتي ، فضلاً عن تعرض التربة للانجراف.

ويزيد الأمر سوءاً كون التربة في هذا النطاق فقيرة ومنخفضة الخصوبة والإنتاجية مما يدفع الفلاح إلى زراعة مساحة كبيرة بهدف توفير الغذاء اللازم والكافي له على مدار السنة. ويعني ذلك ضيق المساحات التي تترك بوراً لتستعيد خصوبتها. وهكذا يحدث خللاً في النظام الدوري القديم المتبع في الزراعة حيث كانت الأرض تترك بوراً عدة سنوات وزراعة غيرها قبل العودة إلى زراعتها بعد فترة كافية تكون التربة خلالها قد استعادت خصوبتها. وقد كانت محصلة أسلوب الزراعة في هذا الإقليم بالسودان أن إنتاجية الأرض انخفضت بنسبة ٥٠% خلال ١٥ عاماً فقط.

٩- الاستخدام المنزلي للأخشاب في عمليات التدفئة. فقد أشارت دراسة ألمانية حول الزحف الصحراوي في السودان، أن البدو الرحل يقطعون حوالي ٥٤٨ مليون شجرة سنوياً لأغراض الطهي، وفي نفس الوقت لا يقابل ذلك محاولات جدية لإعادة زراعة الأشجار نظراً لضعف الموارد المائية.

الحلول المقترحة لمشكلة التصحر:

- ١- اتباع أحدث أساليب استخدام الأرض في إطار مراعاة النظام الأيكولوجي العام ومحاولة الحفاظ على التوازن البيئي.
- ٢- تحديد الطاقة الرعوية الفعلية للمراعي.
- ٣- تحديد مناطق محميات طبيعية يهدف منها الحفاظ على الغطاء النباتي الطبيعي.
- ٤- تجنب الزراعة البعلية في إقليم مناخ الاستبس الصحراوي والسفانا الصحراوية (هوامش إقليم السفانا وهوامش إقليم الاستبس).
- ٥- ترشيد عمليات قطع الأشجار والأعشاب مع محاولة توفير مصادر الوقود للجماعات المستقرة في البيئات شبه الجافة.

٦- تحفيز الاستثمار فى المشاريع الزراعية الغابية التى تجمع بين المحاصيل والغابات مثل القمح والزيتون.

خامسا : تدهور البيئة الغابية :

تغطى الغابات حوالى ٢٨ % من مساحة القارات أى حوالى ١٠ % من مساحة الكرة الأرضية . وتتمتع الغابات بأهمية كبيرة فى ضوء علاقاتها المتبادلة والمتداخلة مع الإنسان ، ويمكن إبراز أهميتها فى العناصر التالية : -

أ - إنتاج الأكسجين وتنقية الهواء : -

إذ تعتبر الغابات مصانع طبيعية ضخمة تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية عن طريق امتصاص غاز ثانى أكسيد الكربون وإنتاج الأكسجين . وقد أثبتت منظمة الأغذية والزراعة العالمية أن الغابات تثبت سنويا ٤٠ مليار طن من الكربون تستهلكها كافة الحيوانات عن طريق السلاسل الغذائية الموجودة ضمن الغابات .

ب - إنتاج المادة الحية : -

تقوم الغابات بواسطة عملية التمثيل الضوئى بتحويل المواد غير الحية إلى مادة حية ، بينما تكتفى جميع الكائنات الحية الحيوانية بتحويل المادة الحية (غذائها) التى كونتها الأوراق الخضراء إلى مادة حية لبناء جسمها . ولذا تعتبر الغابة صانعة الحياة .

وتنتج الغابات ٤٥ % من جملة إنتاج المادة العضوية على الأرض . هذا فضلا كون عائدها الاقتصادى أعلى من مثيله فى المراعى أو المحاصيل الزراعية ، إذ أن الغابات تحول ٣٣ % من جملة الطاقة الشمسية إلى مادة عضوية ، فى حين لا تتجاوز هذه النسبة ١٠ % للمراعى و ٢٥ % للمحاصيل الزراعية .

ج - تعديل خصائص العناصر المناخية : -

تؤدى الغابات إلى تلطيف درجة حرارة الهواء وتخفيف سرعة الرياح مما يتبعه ارتفاع فى الرطوبة الجوية إذ تقلل من سرعة انتقال الهواء الرطب وإحلال

الهواء الجاف محله ، فضلا عن ارتفاع معدلات الرطوبة النسبية نتيجة لانخفاض درجة حرارة الهواء وارتفاع معدلات النتج من الأوراق الخضراء ، ويستتبع ذلك زيادة في كمية المطر . ومما يذكر أن ، كمية التبخر من الغابات تقدر في إقليم مناخ البحر المتوسط بأنها تتراوح بين ١٥٠ ملليمترا - ٤٠٠ ملليمترا ، أي ما بين ١٥٠٠ - ٤٠٠٠ متر مكعب سنويا . ومما لاشك فيه أن ، هذه القيم ترتفع كثيرا في إقليم الغابات الاستوائية والغابات الموسمية .

د - تكوين التربة وصيانتها : -

تسهم الغابات في سرعة تكوين التربة إذ أنها توفر المادة العضوية اللازمة لخصوبتها هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى ، فإنها تحمي التربة من الانجراف الريحي بفعل التعرية الهوائية والانزلاق الصفيحي بفعل مياه السيول ، وهكذا تحمي التربة من أخطار عمليات التعرية . كما ويسهم النبات في أي صورة من صورته في اختصار الفترة الزمنية اللازمة لتكوين التربة لكونه يعمل على تماسك حبيباتها خاصة في طبقتها السطحية

هـ - تنظيم الجريان السطحي للماء : -

تخفف الغابات من سرعة الجريان السطحي لمياه المطر في أثناء السيول مما يتيح فرصة أكبر لتسرب هذه المياه داخل التربة لتغذي المخزون الجوفي للمياه ، وبالتالي تؤمن تدفق مياه العيون والآبار والينابيع . وتظهر أهمية هذا الدور في المناطق المدارية الجافة وشبه الجافة التي تتذبذب فيها كمية المطر من سنة إلى أخرى كما هو الحال في إقليم مناخ البحر المتوسط حيث الجفاف الصيفي .

و - مصشاء طبيعية للغبار وغاز ثاني أكسيد الكبريت : -

تلعب الغابة دورا مهما في تنقية الهواء المحيط من العديد من الملوثات الصلبة منها والغازية . إذ تستطيع الأوراق العريضة للغابات في المناخ المعتدل أن ترسب سنويا حوالي ٨٠ % طنا من الغبار لكل هكتار منها ، بينما تقل هذه الكمية في الغابات المخروطية إلى ٣٠ طنا لكون أوراقها أبرية دقيقة . هذا فضلا عن تنقية الهواء من ثاني أكسيد الكبريت إذ يستطيع كل هكتار من الغابات أن

يزيل حوالي ١٠٠ ميكروجرام من ثاني أكسيد الكبريت في الهواء . ومن هنا تبرز أهمية التشجير حول المناطق الصناعية وفي المدن المتاخمة لها .

ز - تخفيف حدة الضجيج : -

قد أثبتت الدراسات أن الغابات يمكن أن تخفف من حدة الضجيج في حدود ١٠ ديسبل لكل متر من سمك الحاجز الشجري .

هذا ومن المؤسف حقا أن الدول العربية تعاني من الفقر الشديد في الغطاء الغابي ، إذ أن نسبة الغابات لا تتجاوز ٦ % من إجمالي مساحتها . وتعتبر مصر أفقر الدول العربية على الإطلاق وتليها الأردن في نصيب الفرد من مساحة الغابات كما يتضح في الجدول التالي : -

نصيب الفرد من مساحة الغابات في بعض الدول العربية

القارة	مساحة الغابات ألف هكتار	نسبة مساحة الغابات إلى المساحة العامة %	مساحة الغابات هكتار
سوريا	٤٤٩	٢,٤	٠,٥
الجزائر	٣٠٧٠	١,٣	٠,٢
المغرب	٣٩٧٠	١٠	٠,٤
ليبيا	٤٥٢	٠,٣	٠,٤
السودان	٥٨٥٠٠	٢٥	٥,٣
تونس	٨٤١	٦,٧	٠,٢
مصر	٠,٦	-	-
اليمن	١٥٠	٠,٨	٠,٢
العراق	١٥٥٠	٣,٥	٠,١٤
الأردن	٥٣	٠,٦	٠,٠٣
لبنان	٨٠	٨	٠,٠٣
عمان	٨٠	٠,٤	٠,١٥
السعودية	٧٠٠	٠,٣٢	٠,١
المجموع	٦٩٤٢٦	٥,٧ تقريباً	٠,٥ تقريباً

تدهور النسبة المئوية لمساحة الغابات في بعض دول البحر المتوسط

البلد	مساحة الغابات حالياً	مساحة الغابات سابقاً
اليونان	١٥	٦٥
سوريا	٢,٤	٣٠
ألبانيا	١٢	١٠٠
المغرب	١٠	-
إيطاليا	٣,٥	-
تونس	٦,٧	-
العراق	٣,٥	-

وتعتبر قارة أمريكا الجنوبية هي الأكثر حفظاً في نصيبها من مساحة الغابات ، إذ تغطي الغابات الاستوائية الكثيفة نصف مساحتها . ومن ثم يرتفع نصيب الفرد فيها إلى ٥,٤ هكتار . وتأتي قارة أمريكا الشمالية في المرتبة الثانية ، إذ تغطي غاباتها ٣٩ % من إجمالي مساحتها ، ويبلغ نصيب الفرد فيها ٣,٦ هكتاراً . وتأتي قارة آسيا في ذيل القائمة من حيث نصيب الفرد من المساحة الغابية (٠,٣ هكتار / فرد) على الرغم من أن مساحة الغابات تعادل ١٩ % من جملة مساحتها . ويرجع السبب في ذلك إلى أنها أولى قارات العالم من حيث عدد السكان .

وإذا نظرنا بالملاحظة أن ، قارة استراليا هي أولى قارات العالم من حيث نصيب الفرد من المساحة الغابية إذ تبلغ ٦ هكتار / فرد على الرغم من كون المساحة الغابية لا تتجاوز ١١ % من إجمالي مساحتها كما يتضح من الجدول التالي :

المساحة الغابية على سطح الكرة الأرضية

القارة	مساحة الغابات مليون هكتار	نسبة مساحة الغابات إلى مساحة القارة %	مساحة الغابات (هكتار) لكل شخص
أوروبا	١٤١	٣٠	٠,٢٤
أمريكا الشمالية	٧٣٣	٣٩	٣,٦
أمريكا الجنوبية	١٠٣١	٥١	٥,٤
أفريقيا	٧٥٣	٢٥	٣,٣
آسيا	٥٢٠	١٩	٠,٣
أستراليا	٩٦	١١	٦,٠
العالم	٤١٨٤	٣١	١,٣٥

أشار تدهور البيئة الغابية :

حرص الإنسان على مر تاريخه أن يستغل موارد بيئته بأقصى طاقة ممكنة أملا في زيادة العائد الاقتصادي للموارد البيئية المتاحة ، وهكذا فقد أغفل أنه يستنفذ البيئة ويهدم توازنها الطبيعي ويستنفذ مواردها التي في أغلبها غير متجددة أو في أحسن الظروف تحتاج لعدة عقود حتى تستعيد توازنها ثانية . وهكذا يكون الإنسان قد فقد موردا اقتصاديا ضخما لا تضاهيه أى عوائد مادية سريعة ومستهلكة . إذ اتجه الإنسان إلى القطع الجائر للغابات للاستفادة من أخشابها في البناء أو إحلال زراعة محاصيل غذائية لتوفير قوته أو محاصيل نقدية لتوفير عائد مالي يستغله في استغلال أوسع لموارد بيئته .

وهكذا تدهورت الغابات التي تمثل جهازا بيئيا متطورا ومتكاملا وتحولت إلى مجتمعات نباتية ثانوية أكثر بساطة وأقل فاعلية من حيث مساهمتها في الحفاظ على البيئة وحماية التربة من الانجراف . إذ أثبتت التجارب في ولاية تكساس وولاية ميسوري في الولايات المتحدة الأمريكية أن تعويض جرف ٢٠ سنتيمترا من التربة يحتاج إلى :

= ٢١ سنة في حالة زراعة القطن .

٥٠ سنة في حالة زراعة الذرة الصفراء .

١٥٠٠ سنة في حالة الأرض البور .

٢٥٠٠ سنة في حالة المراعي الطبيعية .

١٧٠٠٠ سنة في حالة الغابة المتوازنة .

وتعتبر مشكلة تدهور الغابات في دول البحر المتوسط هي المسئول الأول عن تدهور بيئة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا واتجاهها نحو الجفاف وشيوع السيول المدمرة . ويظهر ذلك واضحا في سوريا التي انخفضت فيها النسبة المئوية لمساحة الغابات من ٣٠ % إلى ٢,٤ % ، وكذلك في اليونان إذ انخفضت من ٦٥ % إلى ١٥ % كما يتضح في الجدول التالي : -

تدهور النسبة المئوية لمساحة الغابات في بعض دول البحر المتوسط

البلد	مساحة الغابات حالياً	مساحة الغابات سابقاً
اليونان	١٥	٦٥
سوريا	٢,٤	٣٠
ألبانيا	١٢	١٠٠
المغرب	١٠	-
إيطاليا	٣,٥	-
تونس	٦,٧	-
العراق	٣,٥	-

هذا وإن كان القطع الجائر للغابات في أى مكان من العالم له آثاره المدمرة على النظام البيئي إلا أن الغابات الاستوائية في حوض الأمازون في قارة أمريكا الجنوبية لها اعتبار خاص وتأثير أقوى من غيرها . إذ تعتبر الغابة المازونية أكثرها أهمية لكونها تعتبر الجهاز البيئي الأرضي الأكثر تطوراً نتيجة لمساحتها الضخمة وطبيعة مكوناتها النباتية والحيوانية المتنوعة ، فضلاً عن تمتعها بمطر غزير طوال العام مقترناً بارتفاع عام في درجة حرارة الهواء مما يسهم في سرعة عمليات النمو وكثافة الغطاء الخضري . وبناء على هذه

الخصائص الفريدة للغابة الأمازونية فإن لتدهورها انعكاسات سلبية خطيرة وواسعة المدى خاصة على المناخ ، ليس فقط في قارة أمريكا الجنوبية بل في العالم بأسره ، إذ ينعكس تأثير تدهورها في درجة حرارة الهواء ورطوبته وأمطاره ونسبة الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الهواء.

وتعتبر عملية استنزاف الغابات من أبرز مظاهر تدهور البيئة النباتية وأخطرها لاحتياجها لفترات زمنية طويلة لإعادة نموها ثانية ، فضلا عن شيوعها في كثير من الدول كما يلي :

في الأمريكتين:-

- تم إزالة ٤٠% من غاباتها خلال الـ ٣٠٠ سنة الأخيرة.
- التهمت النيران حوالي ٧٨٠ مليون قدم مكعب من الأخشاب سنة ١٩٥٢ فقط.
- دمرت النيران أخشاب غابات يقدر ثمنها بحوالي ٤٦ مليون دولار سنة ١٩٥١.

- تم إزالة ٩٢% من غابات جزيرة كوبا حالياً.

في أوروبا:-

- تم إزالة أكثر من ٩٠% من غابات إنجلترا في بداية القرن العشرين.
- تم إزالة ٨٠% من غابات وسط أوروبا حتى الآن.

في آسيا:-

- تم إزالة ٨٢% من جملة مساحة الغابات في الهند.
- تم إزالة ٨١% من جملة مساحة الغابات في الصين.

سادسا : تدهور المراعى الطبيعية :-

يمتد إصرار الإنسان اللاواعى إلى هدم بيئة الحشائش سواء حشائش السفانا في الأقاليم المدارية ، أو حشائش الأستبس في الأقاليم المعتدلة من جراء انزعج الجائر في هذه المراعى الطبيعية . وتظهر الآثار المدمرة لتدهور بيئة النبات الطبيعى في المناخ المحلى وتدهور في التربة حيث تنشط عمليات التعرية

وتتعرض التربة للانجراف فتفقد طبقتها السطحية التي تحوى جذور و بذور هذه الحشائش . وهكذا تتحول المراعى إلى أراضى قاحلة تساعد على سهولة الجريان السطحي لمياه المطر ، ومن ثم تضعف قدرتها على امتصاص وتغذية المياه الجوفية .

وتعد السودان نموذجا واضحا لتدهور بيئة المراعى الطبيعية (حشائش السفانا) ، وكذلك الحال في سوريا حيث المراعى الطبيعية (حشائش الأستبس) في هضبة البادية السورية .

سابعاً : انقراض الحيوانات البرية : -

قد استتبع تدهور العطاء النباتي الطبيعي وعمليات الصيد الجائر للحيوانات والطيور البرية إلى انقراض أعداد كبيرة منها كما يتضح في الجدول التالي : -

عدد الحيوانات المنقرضة خلال الفترة ١٨٠٠ - ١٩٥٠

الطيور	الثدييات	السنة
٣٠ نوعاً	٣٣ نوعاً	حتى سنة ١٨٠٠
٢٠ نوعاً	نوعان	١٨٠١ - ١٨٥٠
٥٠ نوعاً	٣١ نوعاً	١٨٥١ - ١٩٠٠
٥٠ نوعاً	٤٠ نوعاً	١٩٠١ - ١٩٥٠
١٥٠ نوعاً	١٠٦ نوعاً	المجموع

هذا وتدل بعض الإحصائيات على أن أكثر من ٢٠٠ نوعاً من الثدييات و ٣٥٠ نوعاً من العصافير معرضة للانقراض ، فضلاً عن ٢٠ ألف نباتاً طبيعياً معرضاً للانقراض من على سطح الأرض . ويؤدى هذا الانقراض الفادح إلى تبسيط البيئة الطبيعية البرية مما يجعلها أكثر عرضة لفقدان توازنها واستقرارها .

الفصل السابع

أساليب المحافظة على توازن الأنظمة الطبيعية

أولاً : مكافحة تلوث الهواء :

تتعدد وسائل وأساليب مكافحة تلوث الهواء ، إذ يهدف بعضها إلى الحد من انبعاث الملوثات من مصادرها ، وبعضها الآخر يهدف إلى خفض درجة خطورتها على صحة الإنسان وسلامة البيئة . ويمكن دراسة أهمها على النحو التالي : -

أولاً : استخدام المداخن : -

يمكن الحد من كمية انبعاث ملوثات الهواء من المصانع بإتشاء مداخن مرتفعة بقدر كافٍ عن مستوى سطح الأرض بهدف محاولة انتشار وتشتت هذه الملوثات بعيداً عن مجال تنفس السكان.

ارتفاع المدخنة	كمية الانبعاث	المسافة التي يوجد عندها التلوث من موقع المدخنة
٥٠ متراً	١,٢١ ملليجرام/م ^٣	١٠٠٠ متر
١٥٠ متراً	٠,١٣٤ ملليجرام/م ^٣	٣٠٠٠ متر

وتبنى القاعدة العامة على أساس أنه كلما زاد ارتفاع المدخنة بمقدار ١,٥ متراً عما هو عليه في المصنع، فإن أعلى نسبة تلوث تقل حوالى ١٠ مرات، وتبتعد المساحة المتأثرة بالتلوث بحوالى ٣ مرات عن موقع المدخنة. ولذا ينبغي أن يكون ارتفاع المدخنة يتراوح بين ٥٠-١٠٠ متراً حيث تزيد سرعة الرياح مما يساعد على تشتت الملوثات وانتشارها سريعاً، ومن ثم يقل تركيزها وبالتالي خطورتها على صحة السكان. وهناك قاعدة معروفة ألا وهي أن سرعة الرياح على ارتفاع ٥٠٠ متراً تزيد عن سرعتها بمحاذاة سطح الأرض بمقدار ٣ مرات تقريباً.

ثانياً : التشجير : -

يعتبر التشجير من أهم وسائل تنقية الهواء وأبسطها حيث تمتص النباتات ثنائي أكسيد الكربون لتنتج الأكسجين، فضلاً عن تجميلها للمناطق الحضرية. ويساعد التشجير أيضاً عن تلطيف هواء المناطق الحضرية والحد من ارتفاع حرارة المدن وخفض درجات التلوث الضوضائي وترسيب الغبار والأتربة.

ويؤثر التشجير بصورة غير مباشرة في تحقيق التوازن المائي Water Balance والحد من الكمية المفقودة من مياه المطر بواسطة الجريان السطحي Run off.

وتعاني كثير من المدن من قلة المساحات الخضراء نتيجة لوجود ضغط على أراضي المدن للأغراض الصناعية والسكنية والإدارية. ولذا ينبغي توجيه الاهتمام بزيادة المساحات الخضراء واعتبارها أمراً ضرورياً للحياة في المدن وليس من قبيل التجميل للمدن. إذ أن النباتات يمكنها أن تمتص (ترسب) من الغبار الدقيق الذي قد يضر النبات ولكنه ينقي الهواء بنسبة ٧٥% ، ويساعد التشجير على خفض نسبة الغبار إذ تترسب الأتربة على جذوع وأوراق النباتات، وقد أوضح أن: -

• نسبة الغبار تقل في حالة الأشجار المورقة بنسبة ٤٢%.

• نسبة الغبار تقل في حالة الأشجار غير المورقة بنسبة ٣٧,٥%.

وتلعب الأشجار دوراً حيوياً في إزاحة بعض الملوثات الغازية بطريقة طبيعية بواسطة عمليات الامتصاص ، ومن ثم تلعب دور الفلتر في تنقية الهواء وتحسين نوعيته . ويتضح ذلك في الجداول التالية التي تعكس قدرتها على امتصاص غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين:

قدرة الأشجار على امتصاص ثاني أكسيد الكبريت

نوع الأشجار	العمر بالسنوات	الارتفاع بالمتر	تركيز SO_2 على بعد ٦٠٠ متر من المصدر بالمليجرام/م ^٣
مكان خالي من الأشجار	-	-	٠,٥٥
أشجار صنوبر	١٢	٥,٠	٠,٢٧
أشجار صنوبر وبتولا	١٠	٦,٠	٠,٢٠
أشجار مختلطة	١٠	٤,٥	٠,١٤
أشجار بتولا	١٠	٨,٠	٠,١٣

قدرة الأشجار على امتصاص ثاني أكسيد الكربون

نوع الأشجار		قدرتها على إنقاص التركيز %	
		شتاء	صيفاً
أشجار من صف واحد		٣-٠	١٠-٧
أشجار من صفين		٥-٣	٢٠-١٠
ثلاث صفوف من الأشجار وصفين من الشجيرات		١٢-١٠	٥٠-٤٠
أربعة صفوف من الأشجار وصفين من الشجيرات		١٥-١٠	٦٠-٥٠

تأثير التشجير على أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت

المكان		التركيز بالمليجرام/متر مكعب	
		أكاسيد النيتروجين	ثاني أكسيد الكبريت
في المصنع		٠,٢٢	٠,٢٧
على مسافة ١٠٠٠ متر من المصنع أصبح التركيز			
أ- في المنطقة الجرداء		٠,١٣	٠,١٦
ب- في المنطقة المشجرة		٠,٠٧	٠,٠٨

يضاف إلى ما سبق الفوائد الأخرى للأشجار التي يمكن إجمالها في :

(١) تمتص أشجار الصفصاف التي تزن أوراقها ٥ كيلوجرام كمية تتراوح ما بين ٢٠٠-٢٥٠ جرام من الكلور سنوياً.

(٢) تمتص أشجار الصفصاف خلال موسم النمو الواحد إجمالى مركبات الرصاص التي تنبعث من احتراق ١٢٠ كيلوجرام من البنزين.

(٣) تمتص الأشجار مادة البنزين المسرطنة.

(٤) تستهلك الأشجار ١.٨٣ طنناً من غاز ثنائي أكسيد الكربون وتطلق ١.٢٣ طنناً من الأكسجين لكل تننتج متر واحد فقط من المادة الخشبية الجافة.

(٥) يمكن لأشجار الحور التي تغطي مساحة تبلغ كيلومتر مربع واحد أن تستهلك حوالى ١٦٤٠ طنناً من ثنائي أكسيد الكربون وتطلق ١٢٠٠ طنناً من الأكسجين.

(٦) تلعب الأشجار دوراً فعالاً في قتل بعض أنواع من البكتريا والفيروسات والفطريات ولعل من الأمثلة على ذلك أن:

- أشجار الصنوبر نمت أحياناً فيروسات السل والدفتريا من خلال ما تفرزه من مواد طيارة.

- إفرازات أشجار الآس Myrtus والكافور والعنبر والزيفون والهور Populus تساعد على سهولة التخلص من بعض البكتريا والفيروسات لتعادل نفس تأثير تناول البصل أو الثوم.

- تقل أعداد البكتريا في هواء مناطق الغابات عن مثيله في هواء المدن بحوالى ٢٠٠-٢٥٠ مرة.

ولما اتضح من أهمية التشجير في مكافحة تلوث الهواء وحماية البيئة،

اتجهت الهيئات الدولية إلى وضع التوصيات التالية :-

أ - ضرورة تشجير حزام أخضر يحيط بالمصانع بحيث لا يقل عرضه عن ٥٠ متراً بالنسبة للصناعات ذات الانبعاث الضعيف من الملوثات الغازية

والغازية، مع مراعاة زيادة سمكه كلما زادت كمية ملوثات الهواء كما هو الحال مثلاً بالقرب من مصانع الأسمنت.

ب - زيادة المساحات الخضراء داخل المدينة بحيث لا تقل عن ٤٠% من مساحتها مع مراعاة أن يكون نصيب الفرد منها لا يقل عن ٢٥ متراً مربعاً لكل شخص.

ج - زيادة المساحات الخضراء داخل المدارس بحيث لا تقل مساحتها عن ٥٠% من جملة مساحة المدرسة أو ٦٠% من جملة مساحة المستشفى.

ثالثاً : الوسائل الفنية للحد من التلوث الناتج عن الصناعة :

١ - استبدال وقود الفحم بأنواع الوقود الأخرى.

٢ - الحد من التلوث الناتج عن الصناعة بإحدى الوسائل التالية: -

التحكم فى الملوثات الغازية المنبعثة من الصناعة عن طريق حرقها أو إذابتها فى المحاليل الكيميائية أو الماء، أو عن طريق معالجتها كيميائياً لإنتاج منتج آخر يمكن الاستفادة منه.

استخدام وسائل عديدة من شأنها تخليص الغازات المنبعثة من الجزيئات العالقة عن طريق: -

- ترسيب الملوثات عن طريق التقليل من سرعتها وذلك بتمريرها فى غرف متسعة فيتم ترسيبها بفعل الجاذبية.
- استخدام المرشحات حيث يمر فيها الهواء الملوث فتعمل على ترسيب المواد الصلبة العالقة بها.
- ترطيب أو غسل الهواء الملوث بواسطة رذاذ من الماء فتذوب فيه الأتربة ثم التخلص منها.

٣- التحكم فى عمليات التخلص من النفايات الصناعية.

٤- التخطيط العمرانى والصناعى الدقيق الذى يراعى صرف ملوثات الهواء بعيداً عن الكتلة العمرانية

٥- الاهتمام بالتشجير حول المناطق الصناعية وإنشاء مسا يسمى بالأحزمة الخضراء Green Belts التي تؤدي إلى انخفاض سرعة الرياح وتعمل على تنقية الهواء من الأتربة والرمال، فضلاً عن إمتصاصها لثاني أكسيد الكربون وإطلاقها للأكسجين.

٦- الاهتمام برصد الأحوال الجوية خاصة ظاهرة الانقلاب الحرارى التى تؤثر سلباً على صحة البيئة، إذ تعجز ملوثات الهواء قريباً من سطح الأرض.

هذا فضلاً عن الاهتمام بمايلى : -

- * من القوانين والتشريعات الخاصة بضبط نوعية الهواء المحيط.
- * تطوير تكنولوجيا ضبط انبعاث الملوثات من المصانع المختلفة مثل أجهزة غسل الغازات Scrubbers التى تزيل الغازات الذائبة مثل ثانى أكسيد الكبريت من النفايات الصناعية.
- * تخطيط القطاع الصناعى بحيث يتم اختيار المواقع الصناعية بعيداً عن المناطق السكنية وتكون المصانع فى منصرف الرياح.
- * معالجة النفايات الصناعية المختلفة الصلبة والسائلة والغازية قبل انطلاقها للبيئة الجوية أو الأرض.
- * نشر الوعى البيئى الخاص بتلوث الهواء بين السكان، وأخذ آرائهم فى عملية اتخاذ القرار فيما يتعلق بالتلوث الناتج عن سياراتهم الخاصة ووسائل النقل العامة.
- * التخطيط لاستغلال مصادر الطاقة الأخرى غير الملوثة مثل الطاقة الشمسية والحرارة الأرضية والرياح والمد والجزر.

وتتمتع وسائل مجابهة التلوث البيئى إلى ما هو أبعد من تلوث الهواء فحسب لتشمل مختلف الموارد البيئية . ويمكن عرض أهمها على النحو التالى :

١ - معالجة النفايات الصلبة:

أحدث الطرق لمعالجة النفايات الصلبة هى عملية الطمر الصحى (الردم الصحى) Sanitary Land Fill ويتم ذلك عن طريق حفر الأرض حفرة مناسبة حسب

طبيعة المنطقة، ويتم عزل الحفرة عن المياه الجوفية بطبقة عازلة من الأسمنت أو معادن أو نوع خاص من البلاستيك لحماية المياه الجوفية من التلوث. وتستخدم هذه الطريقة بكفاءة عالية في مدينة الجبيل الصناعية بالسعودية وكذلك في الأردن.

وتراعى العديد من الشروط والاحتياطات عند اختيار مواقع الطمر الصحي ومن أهمها : -

- * أن تكون بعيدة عن مصادر المياه الجوفية والسطحية لحمايتها من التلوث.
- * أن تكون بعيدة عن التجمعات العمرانية بمسافة لا تقل عن ٢٠٠ متراً، كما أوصت بذلك منظمة الصحة العالمية سنة ١٩٧١م.
- * أن تكون منطقة قليلة أو نادرة المطر.
- * أن تقع في منصرف الرياح بعيداً عن الكتلة السكانية.
- ويمكن تحديد مميزات هذه الطريقة في : -
 - أنها اقتصادية قليلة التكاليف.
 - تستوعب كميات هائلة من النفايات.
 - يمكن إعادة زراعة أراضي الطمر الصحي ببعض أنواع الأشجار.

وتتعدد طرق التخلص من النفايات الصلبة ونصف الصلبة ومنها : -

- # إعادة تصنيع بعض هذه النفايات مثل بقايا الأوراق حيث أمكن تصنيعها في هولندا وألمانيا والسويد والولايات المتحدة. وكذلك إعادة تصنيع بقايا الزجاج كما هو الحال في اليابان ونيوزيلندا وهولندا. وكذلك إعادة استخدام حديد الخردة الذي يدخل في التجارة العالمية حيث تسهم الولايات المتحدة بنسبة ٤٠% من جملة تجارته. ويُعاد تصنيع فوارغ الزجاجات في صناعة عبوات زجاجية رخيصة وكذلك فوارغ البلاستيك حيث تدخل في صناعة العبوات والأكياس وأدوات التغليف والتعبئة، فضلاً عن صهر النفايات المعدنية لإعادة استخدامها كما يحدث في مصر.

حرق النفايات لتوفير طاقة حرارية تستخدم في توليد الكهرباء أو في أغراض التدفئة في الدول الباردة. وتعد هذه الطريقة هي الأفضل حيث تساعد على التخلص من ٩٠% من النفايات أما ١٠% الباقية فهي عبارة عن رماد يمكن التخلص منه بالدفن في باطن الأرض.

طريقة طمر أو دفن النفايات، وهي غير مأمونة في جميع الأحوال ومختلف البيئات إذ قد تؤدي إلى تلوث المياه الجوفية. وقد تنبعث منها بعض الغازات التي تلوث الهواء الجوي وتؤدي إلى الإصابة بالسرطان. وقد حدث ذلك في منطقة Love Canal على مقربة من شلالات نياجرا بولاية نيويورك الأمريكية حيث يوجد بها مردم صحرى للنفايات الصناعية لعدة سنوات.

ويعرض الجدول التالي إمكانية التخلص من الزجاج والمخلفات الورقية كنوعين من أنواع النفايات الصلبة من خلال إعادة التصنيع مما يفيد في حماية البيئة من ناحية ، وتحقيق عوائد اقتصادية من ناحية أخرى .

النسبة المئوية لإعادة تصنيع الزجاج والورق سنة ١٩٩٠

الدولة	النسبة المئوية للمعاد تصنيعيه	
	الزجاج	الورق
هولندا	٦٢,٠	٥٠,٣
اليابان	٥٤,٤	٤٩,٦
نيوزيلندا	٥٣,٠	١٩,٠
سويسرا	٤٧,٠	٣٨,٠
النمسا	٤٤,٠	٣٦,٨
بلجيكا	٣٩,٠	١٤,٧
إيطاليا	٣٨,٠	-
ألمانيا	٣٧,٠	٤١,٢
الدانمرك	٣٢,٠	٣١,٠
فرنسا	٢٦,٠	٣٣,٠
أسبانيا	٢٢,٠	٤٤,١
السويد	٢٠,٠	٤٠,٠
فنلندة	٢٠,٠	٣٠,٠
استراليا	١٧,٠	٣١,٨
النرويج	١٤,٠	٣٨,٠
بريطانيا	١٣,٠	٢٧,٠
كندا	١٢,٠	١٨,٠
أيرلندا	٨,٠	١٥,٠
الولايات المتحدة	٨,٠	٢٠,٠

٢ - معالجة النفايات السائلة: -

يتم التخلص من النفايات السائلة من خلال ثلاث مراحل: -

المرحلة الأولى: تتم من خلال تجميع النفايات السائلة في صهاريج ضخمة لتُمر

بعمليات الترشيح والترسيب والتطهير ويتم تخليصها من ٦٠% من وزنها

وهي عبارة عن المواد العالقة والفضلات الكثيرة. وهذه هي المعالجة

الأولية بحيث تنطلق منها المياه دون أى أخطار بيئية، ثم تتجمع بـأقـى
الرواسب الناتجة فى صهاريج أخرى لتخضع للمعالجة البيولوجية. وينتج
عن ذلك انبعاث غاز الميثان الذى يمكن استخدامه كوقود. ثم تستغل بـأقـى
الرواسب كمخصبات للتربة أو تحرق أو تدفن تحت سطح الأرض.

المرحلة الثانية: تهدف إلى تحسين خصائص المياه السائلة ويتم فيها تعريض هذه
النفايات السائلة إلى التهوية فى صهاريج ضخمة (صهاريج التهوية)
بهدف تزويدها بالأكسجين، ثم تتم عملية الأكسدة البيولوجية عن طريق
أكسدة العناصر العضوية إلى جزيئات أصغر حجماً وأبسط تركيباً قبل
صرف النفايات حتى تقل أضرارها المحتملة على الصحة العامة.

المرحلة الثالثة: لا تمر بها إجمالى المياه ولكن تتم فقط فى حالة الرغبة فى إعادة
استخدام المياه فى الزراعة. وتهدف هذه المرحلة إلى التخلص من بعض
الأيونات السامة مثل أيونات الزئبق. وتتعرض المياه فى هذه المعالجة إلى
نوع من المعالجة الكيميائية بهدف إفراز العناصر المتبقية فى المياه
تمهيداً للتخلص منها تماماً وقد تصبح بعدها المياه آمنة إلى حد يتم
استعمالها فى الشرب أحياناً.

هذا فضلاً عن مكافحة مصادر تلوث المياه عن طريق :

* معالجة المياه الملوثة نتيجة الصناعات المختلفة وكذلك مياه المخلفات
البشرية السائلة قبل صرفها للمسطحات المائية.

* الاهتمام بعمليات المراقبة المستمرة والدورية للمسطحات المائية المغلقة مثل
البحيرات للحيلولة دون تراكم الطين والمواد العضوية التى تؤدى إلى زيادة
سرعة النمو البيولوجى مما يحدث خللاً فى توازنها البيئى.

* الاهتمام بالتشجير حول المسطحات المائية للحيلولة دون إنجراف التربة
وكذلك التخفيف من حدة السيول السطحية.

* تحديد حرم لمناطق العيون والآبار التى تستخدم مياهها فى توفير احتياجات
التجمعات السكانية حولها بحيث تمنع الزراعة أو شق الطرق بالقرب منها.

* إصدار القوانين التى تجرم إلقاء المخلفات بكافة أشكالها فى مياه المسطحات المائية.

• تحديد المواصفات الكيميائية للمياه وفقاً للغرض من استخدامها خاصة المياه المستخدمة فى السباحة والرياضة المائية كما يتضح فى الجدول التالى:

مواصفات المسطحات المائية المستخدمة فى السباحة والرياضة المائية والاستحمام

العنصر	المواصفات
المواد العالقة	٠,٧٥ ملليجرام/لتر.
شوائب طافية	يجب أن لا يظهر على سطح الماء أية بقع من الزيت أو غيره.
الرائحة والطعم	عدم وجود رائحة أو طعم.
اللون	يجب أن لا يظهر فى أنبوبة طولها ٢٠ سنتيمتراً.
درجة الحرارة	يجب أن لا تزيد درجة حرارة المياه صيفاً عن المتوسط العام للحرارة بأكثر من ٣ درجات.
الرقم الهيدروجينى	لا يقل عن ٦,٥ ولا يزيد عن ٨,٥.
الأكسجين الذائب	يجب أن لا يقل عن ٤ ملليجرام/لتر فى أية فسنرة من السنة وذلك فى العينات التى تؤخذ قبل الساعة ١٢ ظهراً.
الأكسجين الحيوى المستهلك	حوالى ٦ ملليجرام/لتر.
كائنات مرضية	يجب أن لا تحتوى على أية كائنات مرضية.
مواد سامة	يجب أن لا تحتوى على أية مواد سامة بتركيز يمكن أن تؤثر مباشرة أو غير مباشرة على الصحة.

هذا فضلاً عن الاهتمام بمعالجة الفضلات السائلة قبل دفنها أو صرفها إلى المجارى المائية . وتتضح طرق هذه المعالجة فى الجدول التالى :-

عمليات معالجة الفضلات السائلة

نسبة المعالجة			طريقة المعالجة
أكسجين حيوي مستهلك	مواد عاقلة	بكتريا	
١٠-٥	٢٠-٢	٢٠-١٠	حجز بالمصافي
٤٠-٢٥	٧٠-٤٠	٧٥-٢٥	ترسيب ابتدائي
٩٥-٨٥	٩٠-٨٠	٩٥-٩٠	مرشحات حصى عادية
٨٥-٧٠	٨٥-٧٠	٩٠-٨٥	مرشحات حصى سريعة

جرعات الكلور اللازمة لمعالجة المخلفات السائلة

جرعات الكلور اللازمة للمعالجة	مخلفات سائلة بعد خروجها
٢٤-٦ ملليجرام/لتر	المصافي
١٢-٣ ملليجرام/لتر	الترسيب الابتدائي
٩-٣ ملليجرام/لتر	الترشيح الحصى

ويمكن إعادة استغلال المياه بعد معالجتها بالطريقة المناسبة وفقاً لدواعي الاستخدام خاصة في الدول التي تعاني الشح في مواردها الاقتصادية . ويعتبر استخدام هذه المياه في عمليات الري من أكثرها شيوعاً . ويوضح الجدول التالي خصائص المياه المستخدمة في الري في السعودية كمثال لها .

مواصفات المياه المستخدمة فى الري فى السعودية

المادة	الحد الأقصى المسموح به
الأكسجين الحيوى المستهلك	١٠ ملليجرام/لتر
المواد الصلبة المعلقة	١٠ ملليجرام/لتر
الألومنيوم	٥ ملليجرام/لتر
الزرنيخ	٠,١ ملليجرام/لتر
بورون	٠,٥ ملليجرام/لتر
كاديوم	٠,٠١ ملليجرام/لتر
الكلور	٢٨٠,٠ ملليجرام/لتر
الكوبالت	٠,٠٥ ملليجرام/لتر
النحاس	٠,٤ ملليجرام/لتر
السياتيد	٠,٠٥ ملليجرام/لتر
الفلور	٢,٠ ملليجرام/لتر
حديد	٥,٠ ملليجرام/لتر
الرصاص	٠,٠٧ ملليجرام/لتر

٣ - التخلص من النفايات النووية: -

تدفن النفايات النووية بعد معالجتها وتعبئتها فى خزانات مصنوعة من الصلب. وتخضع لرقابة دقيقة ودورية لتجنب انطلاق أى إشعاعات نووية من المطامر. وتلجأ الولايات المتحدة إلى دفن خزانات الصلب فى مناجم الملح الصخرى المهجورة. وفى ألمانيا تدفن فى مناجم الفحم، وتدفعها السويد فى الصخور الجرانيتية.

٤ - طرق مكافحة التلوث بالمبيدات الكيميائية:

نتيجة الإفراط فى استخدام المبيدات الكيميائية وما تبعها من تلوث التربة والمياه والمحاصيل وانعكاس ذلك سلباً على اقتصاديات الزراعة وصحة الإنسان وخلل

- التوازن الطبيعي للبيئة الزراعية، اتجه العلماء حديثاً إلى أساليب جديدة لمقاومة الآفات وفى نفس الوقت السعى إلى الحفاظ على صحة البيئة من خلال: -
- * استخدام الحشرات المفترسة للقضاء على أنواع أخرى من الحشرات الضارة مثل استخدام حشرة الدعسوقة للقضاء على حشرة المن.
 - * استيراد بعض الطفيليات التى تتغذى على الحشرات الضارة كما حدث فى أمريكا الشمالية واستطاعت بهذه الطريقة الآمنة أن توفر عشرات الملايين من الدولارات كانت تنفقها على رش المبيدات التى تفسد البيئة وصحة الإنسان.
 - * استيراد بعض الطفيليات للقضاء على خنافس أوراق نباتات الحبوب، وسوس أوراق النرسيم، وخنفسة البطاطس، وخنفسة الفاصوليا، وجميعها كانت مسئولة عن خسارة تعادل ١٠٠ مليون دولار سنوياً.
 - * استخدام أشعة جاما التى تنبعث من الكوبالت المشع فى إحداث عقم ذكور الحشرات الضارة مثل ذبابة الفاكهة والذبابة الحلزونية.

ثانياً: مكافحة تلوث الغلاف المائى:

- ١- ضرورة إنشاء شبكات لرصد ملوثات المياه.
- ٢- تحريم صرف المخلفات بأشكالها ومصادرها المختلفة إلى المسطحات المائية قبل معالجتها بدرجة كافية لتصبح آمنة على سائر مكونات وعناصر النظام الحيوى.
- ٣- معالجة مياه الصرف الصحى والزراعى والمنزلى لإعادة استغلالها مرة ثانية بدلاً من صرفها إلى البحار.
- ٤- اتباع أقصى درجات الأمان على وسائل النقل البحرى والنهرى خاصة فى حالة نقل مواد مشعة أو مواد بترولية تحدث أخطار كبيرة فى البيئة البحرية.

أ- مكافحة تلوث مياه نهر النيل:

- ١- صدر قانون البيئة سنة ١٩٩٤ الذى أعطى المنشآت الصناعية فترة سماح مدتها ثلاث سنوات لى تتبع القواعد الصحية فى التخلص من نفاياتها سواء الصلبة أو السائلة قبل صرفها إلى مياه نهر النيل.
- ٢- إنزام ملاك العائمات السكنية الممتدة على جانبى نهر النيل فى القاهرة بربط وحداتهم السكنية بالشبكة العامة للصرف الصحى.
- ٣- إنشاء منشآت صناعية خاصة بمعالجة المخلفات الصناعية قبل إلقتها فى النيل كما هو الحال بالنسبة لشركة الأسمدة فى أبو زعبل وطلخا، ومصنع الكوك بالتبين جنوب القاهرة ومصنع السكر فى كوم أمبو.
- ٤- إنشاء أعداد كبيرة من محطات معالجة مياه الاستخدام المنزلى والصرف الصحى قبل صرفها لنهر النيل أو التخلص منها فى الصحارى.

ب- مكافحة تلوث بحيرة المنزلة:

- ١- أعلنت هيئة تنمية الثروة السمكية فى مصر خطة عاجلة تتضمن معالجة مخلفات الصرف الصحى الصناعى قبل إلقتها فى البحيرة وقد تم ذلك فعلاً.
- ٢- أنشأت الهيئة محطة للصرف الصحى فى الجبل الأصفر للتخفيف من حدة التلوث فى البحيرة.
- ٣- اعتمد جهاز شئون البيئة مبلغ ٣,٥ مليون جنيه لعمل التطهيرات اللازمة لبوغاز الجميل.
- ٤- حصر المصانع التى تصرف على بحيرة المنزلة وبحر البقر وإنشاء وحدات معالجة لجميع الصناعات للحد من نسبة التلوث.
- ٥- حظر استخدام المبيدات الحشرية والمخصبات الكيماوية فى رش الأراضى الزراعية المجاورة للبحيرة.
- ٦- قام البنك الدولى بعمل دراسة تستهدف معالجة مياه الصرف من مصرف بحر البقر.

جـ- مكافحة تلوث بحيرة مريوط:

- ١- منع صرف مياه مصرف القلعة إلى البحيرة نهائياً.
- ٢- السماح بصرف كمية أكبر من مياه مصرف العموم إلى البحيرة بهدف خفض درجة تركيزات الملوثات بمياهها.
- ٣- معالجة مياه الصرف الصحي قبل صرفها إلى البحيرة.
- ٤- تجريم إلقاء المخلفات الصناعية في البحيرة قبل معالجتها.
- ٥- شطف الرواسب العضوية السوداء المتراكمة فوق الرواسب الأصلية في قاع البحيرة.

ثالثاً: حماية الثروة الغابية:

- ١- إعادة تشجير الأراضي التي تم إزالة أشجارها.
- ٢- وقف قطع الغابات وإصدار قوانين تحول دون البناء على المناطق المشجرة.
- ٣- الحد من التوسع في استغلال الأخشاب ومحاولة الاستغناء عنها ببعض المواد البديلة مثل المواد البلاستيكية.
- ٤- ترك بعض الغابات كمناطق محمية طبيعية للمحافظة على خصائصها ونظامها الحيوي.
- ٥- مكافحة الحرائق التي تصيب الغابات واتخاذ الاحتياطات اللازمة لتحصول دون انتشار الحرائق.
- ٦- وقف تربية الحيوانات الضارة بالأشجار ومنع الرعي الجائر في الغابات .
وهناك مقولة شهيرة تفيد بأن الإنسان الذي قضى نصف حياته على الأرض يصارع الطبيعة من أجل بقائه وحمايته سيقضى نصفها الآخر في الحفاظ على الطبيعة من جراء اعتدائه على مكوناتها وأنظمتها وتوازنها .
وتتعدد أساليب وطرق الحفاظ على البيئة النباتية الطبيعية وارتباطها بالتربة وأنماط استغلالها ، ويمكن إجمالها في : -

أولا : الغابات :

- تشجيع تعدد الأنواع النباتية في البيئة الغابية للمحافظة على خصوبة التربة والاستقرار الطبيعي للغابة حتى وإن كان ذلك يؤدي إلى انخفاض المردود الاقتصادي السريع لاستغلال الغابة .
- حظر القطع الجائر لأشجار الغابة حتى نتلافى تعرض التربة للانجراف واتباع أسلوب القطع التدريجي .
- اتباع جميع الاحتياطات والوسائل التي من شأنها مكافحة انتشار الحرائق في الغابات بكافة الطرق البيولوجية والميكانيكية ومنها تنوع الأشجار انغابية ، إنشاء محطات للرصد الجوي للتنبؤ باحتمال حدوث حرائق ، إنشاء شبكة من الطرق التي تسهل التوغل داخل الغابة للسيطرة على الحرائق في حالة حدوثها وغيرها .
- مكافحة الرعى الجائر داخل الغابات وحظره نهائيا في مرحلة تجدد نمو الغابات حيث تكون النباتات صغيرة .
- استخدام الطرق الحيوية لمقاومة آفات الأشجار وتجنب المبيدات الكيماوية قدر الإمكان وحظر استخدام المبيدات التي ثبت سمييتها العالية وأخطارها البيئية .
- الاهتمام بالبحوث المتطورة التي من شأنها فهم الغابة كجهاز بيئي متوازن مثل بحوث النواحي الاجتماعية النباتية وبحوث البيئة والتغذية النباتية والكتلة الحية وغيرها .

ثانيا: المراعى الطبيعية : -

- وضع نظام محكم لاستغلال المراعى يراعى العلاقة بين المجتمعات النباتية للمرعى والبيئة من ناحية ، وعلاقتها بحاجات الإنسان الغذائية من ناحية أخرى .
- إجراء بحوث ودراسات بيئية واجتماعية نباتية لمناطق المراعى .

- حظر الرعى الجائر وتقنين إعداد حيوانات المراعى بما يتوافق مع قدرة المراعى وكفاءتها واحتياجات الحيوانات .
- حظر رعى الماعز في فترات الجفاف .

ثالثاً : الأراضي الزراعية :

- ١ - الاهتمام بتعدد المحاصيل في دورة زراعية متوازنة تهدف إلى الحفاظ على خصوبة التربة من خلال تقسيم المحاصيل إلى مجموعات حسب درجة إنهاكها للتربة على النحو التالي : -
 - # محاصيل منهكة للتربة مثل القطن والذرة الصفراء والبطاطا وكذلك الأشجار المثمرة . وتتميز هذه المحاصيل بأنها تنهك التربة لكونها تتركها عارية فتعرضها للانجراف .
 - # محاصيل حافظة للتربة مثل المحاصيل النجيلية العلفية والبرسيم لأنها تحافظ على المادة العضوية في التربة .
 - # محاصيل محسنة للتربة تحافظ عليها كما إنها تجدد خصوبتها وتحسن من خصائصها ومنها البقوليات التي تقوم بتثبيت الأوزون .
- ٢ - تربية الحيوانات فى المزارع كجزء من برنامج استثماري للاستفادة من مخلفاتها كسماد طبيعي .
- ٣ - توعية المزارعين بأهمية استخدام السماد العضوى مثل الذبيل الحيوانى والذبل الأصطناعى وطمر القش ومخلفات المحاصيل وعدم حرقها .
- ٤ - استعمال الأسمدة الكيماوية بشكل متوازن مع الأسمدة العضوية مع مراعاة تنوعها للحفاظ على توازن العناصر المعدنية الأساسية فى التربة .
- ٥ - تحسين بنية التربة الزراعية عن طريق إضافة المواد العضوية .
- ٦ - مكافحة انجراف التربة للمحافظة على خصوبتها وعلى مياه المطر ومياه الري وذلك من خلال : -
 - أ - توجيه كافة العمليات الزراعية باتجاه خطوط التسوية خاصة فى الأراضي التي لا يتجاوز انحدارها ٤٠ % .

ب - استخدام أسلوب الزراعة الشرائطية بحيث أن كل شريطين متوازيين متتاليين لا يزرعا بنفس المحصول ولا يتم تحضيرهما للزراعة فى نفس الوقت حتى يجد الماء التجمع على إحدهما حاجزا يمنع من الجريان وهو الشريط الثانى مما يحمى التربة من الانجراف .

ج - الزراعة على المدرجات فى حالة شدة انحدار سطح التربة .

٧-تنظيم مكافحة الكيماوية للآفات الزراعية والحرص على استخدام وسائل مكافحة الحيوية والفسولوجية والميكانيكية .

٨-الاهتمام بالأبحاث التى تهدف إلى زيادة مقاومة النباتات للآفات بشتى أنواعها عن طريق الانتخاب والتجهين .

ويضاف إلى الأساليب السابقة التى يمكن تطبيقها على المستوى المحلى داخل الدول ، اتجاه الأمم المتحدة إلى إنشاء المحميات الطبيعية بهدف حماية البيئة النباتية والحيوانية واعتبارها بنوك للموروثات الغالية .

الفصل الثامن

نماذج من المشكلات البيئية في مصر

يمكن استعراض بعض المشكلات البيئية في مصر على النحو التالي :-

أولاً : مشكلة السيول :

مقدمة :

تعد مشكلة السيول الفجائية أحد أهم مشكلات البيئات الصحراوية التي تعاني من ندرة كمية المطر السنوى وتذبذبها الشديد من سنة إلى أخرى . وترتبط السيول في مصر بنمط المطر الصحراوى الذى يتميز بالفجائية والتركيز الشديد ، فضلاً عن سقوطه بشكل موضعى . ويرتبط المطر في مصر بأعاصير البحر المتوسط التى قد يتبعها عواصف رعدية عنيفة يصاحبها سقوط كميات غزيرة من المطر خلال عدد من ساعات اليوم الواحد فتحدث السيول وهى من أشكال الجريان السطحي . وتحدث السيول في مصر غالباً في فصل الخريف في شبه جزيرة سيناء وصحراء مصر الشرقية ، وتأخذ مياه المطر مجارى الأودية الجافة حالياً (التي كانت في صورة أنهار قديمة خلال العصور التاريخية المطيرة) وتقوم بعمليات التعرية النهرية المعروفة من نحت ونقل وإرساب . ولما تتميز به السيول من شدة سرعتها ، فإن كفاءتها وقدرتها تكون عالية في نقل كميات كبيرة من الرواسب ذات الأحجام الكبيرة ، ومن ثم ترتبط بها الكثير من الانهيارات الأرضية سواء في المنازل أو الطرق أو المنشآت الحضرية بكافة أشكالها . ويكون لهذه السيول آثار مدمرة للقرى التى تقع عند مصبات الأودية والمخبرات المائية على الرغم من كونها توصف بالومضية لاستمرارها لفترة لا تتجاوز الساعات الخمس .

ولعل من أخطر السيول التى تعرضت لها مصر وهو السيل الذى حدث في الأربعاء الثاني من شهر نوفمبر في خريف ١٩٩٤ ، حينما اجتاحت السيول المدمرة عدد غير قليل من القرى الصغيرة ودمرت وأحرقت آلاف المساكن

واجتاحت آلاف الأفدنة من الأراضي الزراعية ، فهلك الحرث ولقي ثبات من الرجال والنساء والأطفال حتفهم.

التوزيع الجغرافي : -

١ - شبه جزيرة سيناء للسيول :

تنحدر العديد من الأودية من جبال جنوب سيناء وتغذيها الروافد من عدة اتجاهات وتنتهي جميعا في مصب واحد رئيسي ، ويعطى ذلك لمياه المطر قوة جريان عالية تؤدي إلى تدمير كل ما يعترض مجاريها . وقد تعرضت شبه جزيرة سيناء إلى سيول عنيفة منها ما اجتاحت سنة ١٩٧٥ وادي العريش (ينبع من هضبة العجمة ويرفده عدد من الأودية منها وادي العقبة ، وادي أبو طريفية، وادي البروك ، وادي قرية . وتنتهي في مجملها في وادي العريش عند مدينة العريش ومنه إلى البحر المتوسط شمالا) مما أدى إلى شرق ١٧ بدوى وهدم حوالي ٢٠٠ منزل وتشريد آلاف الأسر . وقد حدث سيل آخر سنة ١٩٨٧ في وادي وتير (ينحدر من هضبة التيه ويرفده عدد من الأودية الصغيرة ويتجه جنوبا ثم ينحرف شرقا لينتهي إلى خليج العقبة إلى الجنوب من مدينة نوبيع) واجتاح مدينة نوبيع ودمر الطريق الرئيسي بين شرم الشيخ وطابا .

ويمكن حصر أهم المناطق التي تتعرض للسيول في شبه جزيرة سيناء

في :

* سواحل خليج العقبة : - ينحدر إلى خليج العقبة عدد من الأودية أهمها وادي وتير ، وادي الغائب ووادي كيد . وحينما تحدث السيول تدمر مناطق مختلفة في مدينتي نوبيع وطابا ، فضلا عن الطرق الرئيسية مثل طريق نوبيع وطريق طابا .

* وسط سيناء : - يؤدي تعرض وسط سيناء للسيول إلى سرعة جريان عدد من الأودية والمخبرات التي تنحدر صوب الجنوب فتؤدي إلى تدمير الطريق بين مدينتي سانت كاترين ونوبيع .

*سواحل خليج السويس : - ينحدر عدد من الأودية غرباً لتنتهي عند خليج السويس ومن أهمها وادى فيران ، وادى سدرى إلى الجنوب من رأس أبو رديس ، وادى وردان إلى الغرب من عسل ، وادى سدر عند رأس سدر وغيرها .
وحيثما تحدث السيول فإنها تسبب تدميراً خطيراً في العديد من الطرق
وهي: -

- طريق الطور - شرم الشيخ

- طريق وادى فيران - أبو رديس

- طريق أبو زينة - رأس سدر

٢ - الصحراء الشرقية : -

أ - المنطقة الممتدة بين مدينة القاهرة ومدينة أسيوط (٢٧ - ٣٠ درجة شمالاً) :-

ينحدر عدد من الأودية نحو نهر النيل ومنها وادى سنور ، وادى طرفة ، وادى أسيوط . وتعرضت هذه المنطقة لعدد من السيول منها تلك التى اجتاحت قرى مركز الصف إلى الجنوب من مدينة الجيزة سنة ١٩٨٢ فدمرت ١٨٠ منزلاً فى قرية القبابات وأهلت بعض المزارع . وقد بلغ عدد منكوبى السيول حوالى ١٥٠٠ مواطناً . ومما يذكر ويعد بحق ظاهرة نادرة هو حدوث سيل عنيف خلال فصل الصيف سنة ١٩٨٧ . هذا وقد تعرضت محافظتا المنيا وأسيوط إلى سيول أدت إلى ارتفاع منسوب المياه إلى ٥٠ سنتيمتراً ، فتعطلت المرشحات فى محطات مياه الشرب وأغرقت ١٢ قرية .

ب - المنطقة المحصورة بين مدينتي أسيوط وإدفو (٢٥ - ٢٧ درجة شمالاً) :-

ينحدر فى هذه المنطقة عدد من الأودية الجافة أهمها وادى قنا وادى الحمامات . وقد تعرضت إلى سيول عنيفة سنة ١٩٧٩ فتعطلت القطارات وتوقفت السيارات السياحية على الطريق الزراعى بسبب ارتفاع منسوب المياه حوالى ٥٠ سنتيمتراً فوق سطح الأرض . كما تعرضت لسيول أشد عنفاً خلال شهر أكتوبر فى نفس السنة ، مما أدى إلى وفاة ١٨ شخصاً وتدمير المحاصيل الزراعية فى

مساحة تبلغ ١٠٠٠٠٠ فداناً ، ونفوق حوالي ٥٠٠ رأس من الماشية ، وتلّف ألف بالة قطن . كما أقسدت هذه السيول أجزاء من الطريق بين قنا والقصير ، فضلا عن تشريد حوالي ٩٠٠٠ مواطنا وهدم حوالي ١٥٠٠ مسكنا . ومما يذكر أن هذه السيول قد تكررت خلال عامي ١٩٨٠ و ١٩٨٥ وكانت لها ذات النتائج السلبية على سكان المنطقة ومنشأتها .

ج - المنطقة من إدفو حتى نهاية بحيرة ناصر :-

يتحدر من هذه المنطقة عدد من الأودية التي تنحدر صوب نهر النيل غربا ومن أهمها وادي الخريط وروافده ، فضلا عن وادي العلاقي وينتهي إلى بحيرة ناصر ، وحيثما تتعرض هذه المناطق للسيول فإن أضرارها البشرية والاقتصادية تكون محدودة للغاية بسبب قلة التجمعات السكانية وضيق المساحات المزروعة .

د - ساحل البحر الأحمر :-

يتحدر عدد من الأودية من جبال البحر الأحمر صوب الشرق لتنتهي إلى الساحل وهي على التوالي من الشمال إلى الجنوب : وادي عربة الذي يقسم الهضبة البحرية إلى الجلالة البحرية شمالا والجلالة القبلية جنوبا وينتهي إلى الشمال من رأس زعفرانة ، وادي أبو حد إلى الشمال من رأس غارب ، ثم وادي حوضين وينتهي إلى الشمال من مرسى شعب .

ومن أشهر السيول التي حدثت في هذه المنطقة سيول سنة ١٩٧٩ التي أثرت على مناطق القصير ومرسى علم وأدت إلى وفاة ١٩ شخصا . وكذلك سيل ١٩٨٧ على مدينة السويس وأدى إلى قطع الطريق بين مدينة السويس والبحر الأحمر عند الكيلو ٢٥ . وقد حدث سيل شديد لمدة سبع ساعات على منطقة رأس علم في أغسطس ١٩٩١ فأدى إلى انهيار المساكن والمنشآت العامة وأحدث تلفيات شديدة في حوالي ٣٠ كيلو مترا من طريق إدفو - مرسى علم وكذلك الطرق الداخلية بمدينة رأس علم .

٣ - الصحراء الغربية : -

تشتمل مناطق السيول في الصحراء الغربية على : -

أ - أحواض الصرف الخارجى وهى الأحواض الشمالية التى تصب فى البحر المتوسط وكذا الأحواض الشرقية التى تصب ودياتها فى نهر النيل .

ب - أحواض الصرف الداخلى وكذا المنخفضات الشمالية والوسطى والجنوبية .

هذا ويجدر الإشارة إلى أن قوة السيول ترتبط بكمية المطر التى تحكمها

كتلة السحب حول عين العاصفة حيث تتراوح ما بين ١٥٠ - ٢٥٠ ملليمتر

خلال مرور الإعصار . وتعتبر السيول نتاجا لعدد من العوامل والمتغيرات التى

تتداخل وتشابك فى علاقات متداخلة ومترابطة ولعل أهمها : -

* كمية المطر ونظم سقوطها وخصائصها وارتباطها بالنمط المناخى العام .

* كمية المفقود من المطر عن طريق التبخر والتسرب إلى باطن الأرض ،

وارتباط الأولى بموسم المطر ودرجات الحرارة خلاله ، وارتباط الثانية بنوع

التربة ونسيجها وعلاقة ذلك بمساميتها ونفاذيتها .

* أحواض التصريف وفقا لعدد الأودية وروافدها ونظام تصريفها ودرجة

اتحادها .

وأخيرا تجدر الإشارة إلى بعض الوسائل والأساليب والاحتياطات

الواجب اتباعها للحد من الأخطار السلبية المدمرة للسيول :

أ - استغلال المياه والأراضي بعيدا عن مناطق الخطر خاصة مخبرات السيول

ومصببات الأودية ، وإنشاء القنوات الصناعية لنقل مياه الجريان السيلى من

أماكن الخطورة إلى أماكن بعيدة عن التجمعات السكنية ، فضلا عن محاولة

الاستفادة منها بدلا من ضياعها بالتبخر أو التسرب .

ب - الاهتمام بعمليات تكسية الطرق الرئيسية مع الاهتمام بصيانتها المستمرة .

ج - القيام بعمليات مسح جيومورفولوجى عام للمناطق الأكثر تعرضا لأخطار

السيول .

د - تطوير وسائل وأجهزة الرصد الجوى للتعرف على المعلومات الخاصة بالسحب وإعطاء صورة دقيقة عن كمية رطوبتها .

هـ - ضرورة إنشاء السدود على الأودية وروافدها ومحاولة تخزين مياهها وتحويلها لرى الأراضي الزراعية وتغطيتها بطبقة من الطمي .

ز - وضع اللوحات الإرشادية على الطريق السريعة في المناطق المذكورة بالسيول لتفادي أخطار حدوث السيارات .

ثانياً : مشكلة التصحر :

تعانى جمهورية مصر العربية في نطاقات عديدة من أراضيها الزراعية من مشكلة التصحر أو تناقص القدرة الإنتاجية للأراضي الزراعية نتيجة الأسباب المحلية التالية :

أ - يعد توفير مياه الري ضرورة حيوية لتوفير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية بحيث لا تتعرض لأي عجز مائي ، وحماية التربة من خطورة الإجهاد المائي (نقص الموارد المائية عن احتياجات التربة والمحاصيل الزراعية) ، مما دعا إلى ضرورة الاهتمام بإنشاء شبكات من الترع لضمان وصول مياه الري في الأوقات المناسبة وبالكميات الكافية لجميع المزروعات .

ويستخدم في مصر نظام الري السطحي بطريقتي الري بالحوال وري الأحواض . وتعنى طريقة الري بالحوال توصيل مياه الري إلى الحقول المزروعة بمحاصيل في خطوط مجهزة لتوصيلها إلى التربة الطينية ذات النفاذية المنخفضة بحيث تكون هذه الخطوط طويلة وعميقة حتى تتشبع التربة بالمياه ، بينما تكون هذه الخطوط سطحية وقصيرة الأطوال في التربة ذات النفاذية العالية أو المتوسطة بحيث لا تعطى الفرصة لتسرب كميات كبيرة من الماء إلى باطن الأرض . وتستخدم طريقة ري الأحواض في المساحات الزراعية صغيرة المساحة.

هذا ويراعى في توفير مياه الري تلبية المقننات المائية لكل محصول وفق الظروف المناخية وخصائص التربة في مصر . إذ يحتاج فدان القمح إلى

١٥٩٠ مترا مكعبا من المياه، أما فدان الفول فيحتاج ١٣٥٠ مترا مكعبا ، والذرة ٢٧٠٠ مترا مكعبا ، وقصب السكر يحتاج إلى ١٢ ألف مترا مكعبا . وإذا كانت هذه هي المقننات المائية لكل محصول فإن المزارعين غالبا مما يسرفون في استخدام مياه الري خاصة وأن الري في معظم الأراضي لا يحتاج إلى عمليات الرفع باستخدام الآلات والميكنة الزراعية . وتستهلك الزراعة حوالي ٥٠ مليار مترا مكعبا سنويا من المياه على الرغم من كونها لا تحتاج لأكثر من ٤٢ مليار مترا مكعبا من المياه أي ما يعادل ١٦ % من إجمالي المياه المستغلة في الري .

هذا ويؤدي الإسراف في استخدام مياه الري إلى الحيلولة دون التوسع في زراعة مساحات جديدة من الأراضي الصالحة للزراعة التي لا ينقصها إلا توفير مورد لمياه الري هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى يؤدي الإفراط في مياه الري إلى تراكم المياه فوق سطح التربة مما يعرضها للتبخّر ، ومن ثم تتراكم الأملاح فوق سطح التربة وتتصلب في ظل الظروف المناخية لمصر مكونة تربة ملحية تنخفض إنتاجيتها بصفة عامة ولا تصلح إلا لزراعة أنواع معينة من المحاصيل . وتحتاج المزارع في هذه الحالة إلى المزيد من المياه اللازمة لغسل التربة مما يزيد الفاقد من الموارد المائية المتاحة .

٢ - انخفاض كفاءة شبكات الصرف :

تعانى بعض الأراضي الزراعية من سوء عمليات الصرف نتيجة لطبوغرافية السطح كما هو الحال في الأراضي المتاخمة للبحيرات الساحلية الشمالية وسواحل البحر المتوسط ، فضلا عن بعض الأراضي الزراعية المتاخمة لمجاري النهر الرئيسية . ويتبع ذلك تراكم الأملاح على سطح التربة فيصعب توغل الجذور نحو العمق ومن ثم يتناقص الحيز الذي تستمد منه غذاؤها .

وتكون المحصلة الطبيعية لكل ذلك تدهور عام في خصوبة التربة وانخفاض إنتاجيتها . ومما لاشك فيه أن ، التربة الفيضية التي يرتفع فيها نسبة الطمي والصالحات والسلت (التربة الطينية) تزيد من تفاقم هذه المشكلة نتيجة

لضعف نفاذيتها ومن ثم يبطئ تسرب المياه فتتخفض كمية الأكسجين في التربة وتصبح بيئة التهوية ويستتبع ذلك تعفن جذور النبات .

ويمكن علاج هذه المشكلة بالاهتمام بشبكات الصرف بإنشاء شبكات المصارف الحقلية مع زيادة أعدادها في الأراضي منخفضة المنسوب والقريبة من المسطحات المائية خاصة الملحية منها ، وكذلك تضيق المساحة بين هذه المصارف بحيث لا تزيد عن ٢٥ مترا ، فضلا عن الاهتمام بتطهيرها بصفة مستمرة مع إقامة محطات الصرف عند نهاية المصارف الرئيسية بهدف ضمان صرف المياه المتجمعة بسرعة للحيلولة دون ارتدادها إلى المصارف الفرعية والحقلية .

٣ - سفي الرمال :

تتعرض بعض الأراضي الزراعية في مصر لمشكلة سفي الرمال نتيجة لاتساع النطاق الصحراوي الذي تغطيه طبقات هائلة من الرمال السائبة نظرا لظروف الجفاف وبالتالي ندرة النبات الطبيعي هذا من ناحية ، ومن ناحية أخرى شدة سرعة الرياح خاصة تلك الجنوبية في الفصول الانتقالية (خاصا ربيعيا) فتحمل كميات هائلة من الرمال وترسبها فوق الأراضي المتاخمة للصحراء .

وتؤدي عملية سفي الرمال إلى ضعف كفاءة شبكات الري والصرف بفعل الطمر بل قد يصل أحيانا إلى ردم الترع والمصارف كما هو الحال في بعض قرى رشيد والبرلس . وقد أدت عملية سفي الرمال إلى طمر مساحة زراعية تبلغ حوالي ٤٠٠ فداناً في البرلس . وقد أدت أيضا إلى طمر التزامات المزرعة في قرى برج رشيد وإدكو وبعض النطاقات الزراعية في الساحل الشمالي الغربي لمصر . وتعاني أيضا بعض الواحات المصرية في الصحراء الغربية من استمرار مشكلة سفي الرمال بدرجة أدت معها إلى تغيير نسيج التربة وخصائصها واحتياجاتها المائية . فضلا عن كونها تؤدي إلى انسداد مسام أوراق المحاصيل الزراعية فتتخفض كفاءة عمليات النتح والتنفس فيذبل النبات وقد يموت ، ويتبع ذلك انخفاض الإنتاج الزراعي .

ويحاول بعض المزارعين الحد من أخطار سفى الرمال عن طريق إحاطة الأحواض الزراعية بمصدات الرياح من الأشجار العالية أو عن طريق إقامة سياج طويلة من البوص كما هو الحال في قرى البرلس بكفر الشيخ ورشيد وبعض الأراضي الزراعية في الساحل الشمالي الغربي . كما يقوم البعض الآخر بزيادة عدد مرات الري ورش أوراق النبات بالمياه لغسلها وإزالة الرمال من سطوحها وفتح مسامها .

هذا وقد أظهرت صور الأقمار الصناعية أن الصحراء تزحف نحو الأراضي الزراعية في مصر بمعدل يبلغ حوالي ١٣ كيلو مترا سنوياً . ويمكن حصر أكثر الجهات تعرضا لمشكلة سفى الرمال في الأطراف الهامشية لوادى النيل ودلتاه وتتمثل في نمطين : -

النمط الاول : -

يتمثل في أراضي الزراعات التقليدية في الزمامات الزراعية لقرى رشيد ، الجنية ، الحماد ، الساحل في مركز رشيد وبعض قرى مركز الدلنجات ، وقرى مركز كوم حمادة في محافظة البحيرة . هذا بالإضافة إلى بعض قرى مراكز فوه وبلفاس والبرلس وكفر سعد في شمال الدلتا حيث تنتشر الكثبان الرملية الخازنة لمياه المطر التي تتركز فيها زراعة النخيل . وقد تكونت هذه الكثبان بفعل الرياح الغربية والجنوبية الغربية التي نقلت الرمال من الصحراء الغربية إليها . كما تقوم الرياح الشمالية والشمالية الغربية بتذرية كميات من الرمال وتدفعها صوب الجنوب والجنوب الشرقي .

هذا وتعاثى أيضا بعض قرى مراكز الحسينية وأبو حما وبليس بمحافظة الشرقية من مشكلة سفى الرمال بدرجات متباينة. وتتعرض أيضا بعض انطافات الزراعية في الوجه القبلى خاصة في السفوح الشرقية للصحراء الغربية لهذه المشكلة كما هو الحال في قرى مركز أبو تيج بأسيوط .

النمط الثاني :-

يتمثل النمط الثاني في الأراضي حديثة الاستصلاح والاستزراع في النوبارية ومديرية التحرير ووادي النطرون في الهوامش الغربية لدلتا نهر النيل . وكذلك بعض الأراضي المستصلحة في الصالحية في شرق الدلتا . وتعاني أيضا بعض الأراضي الزراعية في إقليم الفيوم من هذه المشكلة خاصة الأراضي الشمالية من طامية وأبشواي والأطراف الغربية من أطسا . هذا بالإضافة إلى بعض الأراضي الزراعية على طول الجانب الغربي لقناة السويس فيما بين شمال بحيرة التمساح في الإسماعيلية وجنوب البحيرات المرة في السويس .

هذا وتتبع عدة وسائل من شأنها الحد من مشكلة سفى الرمال على

الأراضي الزراعية لحل من أهمها :-

- * زراعة أشجار الكافور والكارورينا والصفصاف والنخيل كمصدات لرياح حيث تدفع الرياح نحو ترسيب الرمال عند اصطدامها بهذا العائق البشري قبل الوصول إلى الأراضي الزراعية .
- * محاولة تثبيت الرمال سواء بتغطيتها بطبقة من القار أو بزراعتها بغطاء شجري من أشجار التين والإكاسيا .

ثالثا :- مشكلة بحيرة قارون :-

تقع بحيرة قارون شمال منخفض الفيوم ، وتعاني من ضعف إنتاجها السمكي ضعفا ملحوظا على الرغم من كون مساحتها أكثر من ٥٥ ألف فدان . إذ أن إنتاجها السمكي حاليا لا يتجاوز الطن الواحد يوميا بمعدل كيلو سمك من كل ٥٥ فدان .

وقد بدأت مشكلتها منذ الثمانينات من القرن الحالي حينما بدأ تدهور إنتاجها واختفاء بعض أنواع الأسماك مثل الجمبرى والبلطي كبير الحجم . وقد تبع ذلك ارتفاع أسعار سمك البلطي ٨٠ قرشا إلى ٦ جنيهات ، وكذلك ارتفاع أسعار السمك البوري من ١٢٠ قرشا إلى ١٣ جنيهات ، وسمك الموسى من جنيهين إلى ١٤ جنيهات خلال ١٩٩٣ .

- وقد قامت كلية الزراعة بالفيوم بدراسة أسباب مشكلة تدهور إنتاجها السمكي ، وقد أوجزتها في :
- اتباع أسلوب الصيد بالجر أو الصيد الجائر بشباك ، وقد استتبع ذلك عدم تكاثر وتوالد معظم الأسماك .
 - وجود عيوب فنية في عمليات نقل الزريعة وإلقائها بالبحيرات حيث تلقى في الغالب في مكان واحد .
 - ارتفاع نسبة الملوحة بالبحيرة إذ تصل إلى ٤٠ % .
 - عدم تناسب مواعيد غلق وفتح البحيرة للصيد مع مواعيد تكاثرها ونمو بعض الأسماك . وقد تبع ذلك ارتفاع في سعر الأسماك نتيجة لعدم كفاية المعروض من الأسماك وانخفاض مستوى الدخل النسبي للأسرة .
 - ارتفاع نسبة ملوحة بحيرة قارون إلى ٣٦ جرام / لتر . وتعتبر هذه النسبة عالية وضارة بالأسماك بل وتقضى على حياة الكثير من أنواع الأسماك .

الحلول المقترحة للمشكلة : -

- # استخراج الأملاح الزائدة من بحيرة قارون للحد من مشكلة ارتفاع الملوحة بسبب التبخر فارتفع تركيز الأملاح من ٦ جرام / المتر المكعب إلى حوالي ٣٨ جرام / المتر المكعب . ويستهدف من ذلك خفض درجة الملوحة إلى الحد الذي يسمح بتكاثر الأسماك والأحياء البحرية الأخرى .
- # إنشاء وتجهيز أحواض لترسيب الأملاح ، وقد قدرت إحدى الدراسات إمكانية إنتاج ١٠٠ ألف طن من أملاح كبريتات الصوديوم و ٢٠٠ ألف طن من أملاح كلوريد الصوديوم و ٢٠ ألف طن من أملاح المغنسيوم . وقد تم إنشاء هذه الأحواض بمساحة تبلغ حوالي ٥ مليون متر مكعب .

ومما يذكر أن ، هذا المشروع قد تمت مراحله الأولى حيث أمكن إنتاج أنواع جيدة من الأملاح . وقد ساعد ذلك في توفير العملة الصعبة بما قدره ٣٠

مليون جنيه سنوياً كمائد للتصدير إلى معظم الدول المجاورة . وقد ساعد أيضا على تحسين نسبي في التركيب الكيميائي للبحيرة . فضلا عن إسهامه في قيام أحد الصناعات الغذائية النظيفة التي ليس لها أي أضرار بيئية . وقد اسهم أيضا في إنشاء مجتمع صناعي وخلق فرص عمل للشباب ويحد من مشكلة البطالة في محافظة القنوص .

المصادر العربية وغير العربية

أولا : المصادر العربية : -

- ١ - أبو الفتوح ، فؤاد : حماية البيئة من أثر استخدام السيارات في المدن ، الرياض ، المركز العربي للدراسات الأمنية والتدريب ، ١٩٨٢ .
- ٢ - أرناؤوط ، محمد السيد : الإنسان وتلوث البيئة ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٩٩ .
- ٣ - أمين ، فهمي حسن : تلوث الهواء - مصادره - أخطاره - علاجه ، الرياض ، دار العلوم للطباعة والنشر ، ١٩٨٤ .
- ٤ - برهام ، مصطفى أحمد : مكافحة التلوث وعلاقته بتطوير صناعة تكرير البترول ، وقائع ندوة حماية البيئة من ملوثات الصناعة النفطية ، تونس ١٢ - ١٥ سبتمبر ١٩٨٢ . ص ص : ٢٥ - ١٠٠ .
- ٥ - البزاز ، فخري : التغيرات البيئية الناتجة عن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الناتج من استهلاك وقود المتحجرات ، مكتب التربية العربي لدول الخليج ٦- إدارة العلوم : وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث في أقطار الخليج العربي ، ٢٥ - ٢٨ ، ١٩٨٦ .
- ٧ - جاك ، ت ، ترجمة : محمد عبد الشرنوبى : الأبعاد الصحية للتحضر ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، الكويت ، ١٩٨٥ .
- ٨ - حسن ، محمد إبراهيم : الشرق الأوسط وحوض البحر الأحمر ، مركز الإسكندرية للكتاب ، الإسكندرية ، ١٩٩٦ .
- ٩ - الحفار ، سعيد محمد : الإنسان ومشكلات البيئة ، الدوحة ، مؤسسة دار العلوم ، الطبعة الأولى ، ١٩٨١ .
- ١٠ - حمادة ، إيملى محمد : المناخ والزراعة في منطقة القصيم - دراسة في الجغرافيا التطبيقية ، دراسة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، قسم الجغرافيا ، جامعة الملك سعود ، سنة ١٩٨٦ .

- ١١- حمادة ، إيملي محمد : محاضرات في الجغرافيا الطبيعية ، مطابع الهدى ، قويسنا ، ١٩٩٨ .
- ١٢ - حمادة ، إيملي محمد : محاضرات في جغرافية مصر الطبيعية ، دار الوثائق الجامعية ، شبين الكوم ، ١٩٩٩ .
- ١٣- أحمد ، رشيد ومحمد سعيد صباريني : البيئة ومشكلاتها ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ، أكتوبر ١٩٧٩ .
- ١٤ - الحناوى ، عصام الدين : التشريعات الخاصة بحماية البيئة ، كتاب الإنسان والبيئة ، إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، القاهرة ، ١٩٨٧ ، ص ص : ٤٩٥ - ٥١٢ .
- ١٥ - خولى ، محمد رضوان : التصحر في الوطن العربي ، مركز دراسات الوحدة العربية ، بيروت ، ١٩٨٥ .
- ١٦ - دشاش ، أحمد ديب : البيئة والصحة العامة ، كتاب الإنسان والبيئة ، إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، القاهرة ، ١٩٧٨ . ص ص : ٤٥١ - ٤٩١
- ١٧ - دعيس ، محمد يسرى : تلوث الهواء وكيف نوجهه ؟ ، سلسلة التنمية والبيئة ، العدد الأول ، الطبعة الثانية ، الإسكندرية ، ١٩٩٦ .
- ١٨ - الذوكة ، محمد خميس : البيئة ومحاور تدهورها وأثارها على صحة الإنسان ، الإسكندرية ، دار المعرفة الجامعية ، ١٩٩٦ .
- ١٩ - رشيد ، أحمد وهناء الحسن رشيد : علم البيئة - مدخل عام ، معهد الإنماء العربي ، بيروت ، ١٩٨١ .
- ٢٠ - شاهين ، على عبد الوهاب: محاضرات في جغرافية مصر العربية ، مركز معالجة الوثائق للكمبيوتر والطباعة ، شبين الكوم ، ١٩٩٣ .
- ٢١ - عبده ، بكرى أحمد : مشكلة التلوث بالمبيدات : أبعادها - مخاطرها - السيطرة عليها ، مجلة كلية الزراعة ، جامعة الملك سعود ، المجلد الأول ، ١٩٧٩ ، ص ص : ٣٧ - ٧٩ .

- ٢٢ - العجمي ، ضاري وفكري غبريال : استعراض تطور البحوث البيئية في مجال تلوث الهواء في الكويت ، منظمة المدن العربية ، المعهد العربي لإنماء المدن : البيئة الصحية في المدن العربية ، ١٩٨٨ .
- ٢٣ - علي ، عبد القادر عبد العزيز : التغيرات المناخية وأثرها على البيئة ، الجمعية الجغرافية المصرية : ندوة الجغرافيا ومشكلات البيئة ، القاهرة ، ١٩٩٣ . ص ص : ٢٤١ - ٢٧٢ .
- ٢٤ - العودات ، محمد : تلوث الهواء ، مجاة كلية الملك خالد العسكرية ، العدد السادس ، المجلد الثاني ، الرياض ، ١٩٨٤ . ص ص : ١٧٥ - ١٧٩ .
- ٢٥ - العودات ، محمد ، عبد الله يحيى باصهي : التلوث وحماية البيئة ، عمادة شئون المكتبات بجامعة الملك سعود ، ١٩٨٥ .
- ٢٦ - غرايبة ، سامح ، يحيى الفرحان : المدخل إلى العلوم البيئية ، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان ، الأردن ، ١٩٨٧ .
- ٢٧ - غنيمي ، زين الدين عبد المقصود : البترول وأبعاد التلوث البيئي في منطقة الخليج العربي ، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية ، العدد الحادي عشر ، السنة الثالثة ، ١٩٧٧ . ص ص : ١١ - ٤٩ .
- ٢٨ - فرج ، محمد علي : مشاكل التلوث البيئي في المدن ، كتاب الإنسان والبيئة ، إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، ١٩٧٨ . ص ص : ٣٩٥ - ٤٢٣ .
- ٢٩ - الفقي ، محمد عبد القادر : البيئة - مشاكلها وقضاياها وحمايتها من التلوث ، الهيئة المصرية للكتاب ، القاهرة ، ١٩٩٩ .
- ٣٠ - الكرسي ، زهير : العالم ومشكلات الإنسان المعاصر ، مجلة عالم المعرفة ، مايو ١٩٧٨ . ص ص : ١٩٩ - ٢٣٥ .
- ٣١ - كمونة ، حيدر : التخطيط ومشكلة تلوث البيئة في المدن العربية ، منظمة المدن العربية ، المعهد العربي لإنماء المدن : البيئة الصحية في المدن العربية . ١٩٨٨ .

٣٢ - السحرة ، جمال حسنى : تلوث الهواء ، جامعة الدول العربية ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للمشؤون البيئية : مرجع في التعليم البيئي لمراحل التعليم العام ، ١٩٧٦ . ص ص : ٣٧٨ - ٣٨٦ .

٣٣ - سعود ، عمر محمد الصادق : الصناعة وتلوث البيئة في مدينة القاهرة - دراسة تطبيقية على منطقتي شبرا الخيمة وحلوان ، الجمعية الجغرافية المصرية ، ندوة الجغرافيا ومشكلات تلوث البيئة ، ٢٨ - ٢٩ أبريل ١٩٩٢ . القاهرة ١٩٩٣ . ص ص : ٦١ - ١٢٨ .

٣٤ - شاور ، أمال إسماعيل : تلوث الهواء بمدينة حلوان كرد فعل لتدمير الإنسان البيئة . المجلة الجغرافية العربية ، الجمعية الجغرافية المصرية ، العدد التاسع عشر ، السنة الثامنة عشرة ، ١٩٨٧ . ص ص : ٦٧ - ٩٠ .

٣٥ - الشرنوبى ، محمد عبد الرحمن : الإجهادات البيئية بمحافظة الفيوم ، الجمعية الجغرافية المصرية ، ندوة الجغرافيا ومشكلات تلوث البيئة ، ٢٨ - ٢٩ أبريل ١٩٩٢ . القاهرة ١٩٩٣ . ص ص : ١٨٩ : ٢٢٤ .

٣٦ - الشرنوبى ، محمد عبد الرحمن : مشكلات البيئة المعاصرة ، مطبعة الشروق ، الفيوم ، ١٩٩٣ .

٣٧ - الشريف ، عبد العزيز : تلوث هواء القاهرة ، منظمة المدن العربية : المعهد العربي لإتماء المدن : البيئة الصحية في المدن العربية ، ١٩٨٨ .

٣٨ - صالح ، عبد المحسن : التنمية الحديثة ومشكلة التلوث ، مجلة عالم الفكر ، المجلد الثاني ، العدد الثالث ، أكتوبر ١٩٧١ . ص ص : ٧٩ - ١٣٢ .

٣٩ - المبارك ، محمد عبيد : تكامل مكونات البيئة ، كتاب الإنسان والبيئة إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، القاهرة ، ١٩٧٨ . ص ص : ٢١ - ٣٩ .

٤٠ - مرسى ، مصطفى على : أسس إنتاج محاصيل الحقل ، القاهرة ، مكتبة الأنجلو المصرية ، الطبعة الثانية ، ١٩٧٩ .

٤١ - المزيدى ، صلاح ، السيد يوسف مصطفى عبدال : ملوثات عوادم المركبات العاملة بوقود البنزين في دولة الكويت ، مكتب التربية العربي لدول الخليج - إدارة العلوم ، وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث في أقطار الخليج العربي ، ٢٥ - ٢٨ فبراير ١٩٨٦ .

٤٢ - مصينحي ، محمد فتحي : تلوث الهواء بالمدينة السعودية ، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية ، العدد السادس والأربعون ، أبريل ١٩٨٦ . ص : ٩٧ - ١٤٩ .

٤٣ - المعتاز ، إبراهيم صالح : التلوث الناشئ في مصافي تكرير البترول وطرق التحكم فيه ، الندوة السادسة للأمن الصناعي ، ينبع ٢٧ - ٢٩ أكتوبر ١٩٨٦ . ص ص ١ - ٢٧ .

٤٤ - المعتاز ، إبراهيم صالح : محطات القوى الكهربائية والبيئة ، ديسمبر ١٩٨٧ . ص ص : ١ - ٤٢ .

٤٥ - المهندس ، أحمد عبد القادر : ملامح من تلوث الهواء في المملكة العربية السعودية ، مكتب التربية العربي لدول الخليج - إدارة العلوم : وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث في أقطار الخليج العربي ، ٢٥ - ٢٨ فبراير ١٩٨٦ .

٤٦ - نحال ، إبراهيم : الأجهزة البيئية وعلاقتها بالإنسان ، كتاب الإنسان والبيئة إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ، القاهرة ، ١٩٧٨ . ص ص : ٥٧ - ٩٨ .

٤٧ - نجم ، صالح إسماعيل : دور صناعة الطابوق في تلوث الهواء في منطقة الخليج العربي ، وقائع ندوة البيئة في الكويت ، ١٩٨٦ .

٤٨ - نجم ، حسين طه وآخرون : البيئة والإنسان - دراسات في الأيكولوجيا البشرية ، الكويت ، وكالة المطبوعات ، الطبعة الثالثة ، ١٩٨٤ .

٤٩ - الوتارى ، عبد العزيز : مستقبل الصناعات البتروكيميائية في بلدان منظمة
 الأقطار العربية المصدرة للبترول - الأهداف والآثار المحتملة لهذه
 الصناعات ، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول - النفط والتعاون
 العربي ، الرياض ١٩٨٦ ، ص ص : ٣٥ - ٥٢ .
 ٥- لافون ، روبرت : التلوث ، ترجمة : نادية القباني ، جنيف ، شركة
 نرادكسيم ، الطبعة الأولى ، ١٩٧٧ .

ثانياً : المصادر غير العربية : -

- 1- Bradstreet, J .W . & Others : Preliminary Air Pollution
 Assements of the Pollution Potential in Saudi Arabia , for
 Presentation at the 7IST Annual Meeting of the Air
 Pollution Control Association , Houston , Texas , June 25-
 30 1978 .pp 1-15.
- 2-Bryant,Margi,: The Gulf-Pollution & Development,
 Eartsan1980.
- 3- Bryson, Reid, A., Wendland, Wayne M., :Climatic Effects
 of Atmospheric Pollution, Dept. of Meteorology
 University of Wisconsin ,Madison, U.S.A., 1970.
- 4- Durham, Jack L. & others, : Influence of Gaseous Nitric
 Acid Sulfate Production and Acidity in Rain
 ,Atmospheric
 Environment,Vol.15,No.6,1968.pp:1059-1068
- 5- Goudie, Andrew, : The Human Impact: Man`s Role in
 Environmental Change, Cambridge, Massachusetts, the
 M.T.press,1981.
- 6-Grandjean, E.&Gilgen A.,: Environmental Factors in
 Urban Planning, London ,Taylor & Francis LTD,1976.
- 7- Hodges, Laurent,: Environmental Pollution, U.S.A.
 , Holt, Rinehart&Winston, Second Edition, 1977.
- 8 -Ladsberg, H.E.,: The Climate of Towns : man`s Role in
 Changing the Face of the Earth, Chicago, University of
 Chicago Press,1956.

- 9-Landsberg, H. E.,: The Urban Climate, London, Academic Press, INC,1981.
- 10- Matthews, W.H. & Others,: Man's Impact on the Climate, Massachusetts, the Massachusetts Institute of Technology, Second Printing , 1974 .
- 11- Mills, Edwin S.,: The Economics of Environmental Quality, New York ,W.W. Norton Company , 1978 .
- 12- AL- Mutaze, S.I., : Major Sources of Air Pollution in Riyadh , 8LST , Annual Meeting of Air Pollution Control Association , Dallas, June 20-24, 1988 . pp: 1-24.
- 13- Nasrall, M.M., : Air Pollution in the Semitropical Saudi Urban Area, Environment International, Volume 9, U.S.A., 1983.pp. 255-264.
- 14-Rodger, L.A.F.,: The Problem of Dust in the Environment with Particular Reference to Sudan, 1972. pp : 326-334.
- 15- Ross, R.D., : Air Pollution and Industry , New York, Van Nostrand Reinhold Company ,1972.
- 16- Samuelsen, Gary S.,: Air Quality Impact Analysis, in : Environmental Impact Analysis Handbook , Edited by : Rau, John G. & David C.Wooten , New York, Mc-Graw Hill Book Company ,1980.
- 17- Sellers, B. Henderson, : Pollution of our Atmosphere , Bristol, Adam Hilger LTD , Techno House , 1984.
- 18- Shriner, D.S. & Others, : Atmospheric Sulfur Deposition – Environmental Impact and Health Effects, Michigan, 1980.
- 19- Simmons, I.G.,: The Ecology of Natural Resources , N.Y., John Wiley & Sons, Second Edition , 1981.
- 20- Singer, Fred, S.,: Global Effects of Environmental Pollution, D.Reidel Publishing Company ,Dordrecht, Holland,1970.

الباب الثانى

المناخ والتلوث الهوائى بالمنطقة الشرقية فى المملكة العربية السعودية – دراسة فى المناخ التطبيقي

جامعة المنوفية

كلية الآداب - الدراسات العليا

قسم الجغرافيا

المناخ والتلوث الهوائى بالمنطقة الشرقية فى المملكة العربية السعودية دراسة فى المناخ التطبيقى

رسالة مقدمة من

السيدة / ايملى محمد حلمى حمادة

المدرس المساعد بكلية الآداب - جامعة المنوفية

للحصول على درجة الدكتوراه فى الآداب "جغرافيا"

١٩٩٥ م

جامعة المنوفية

كلية الآداب - الدراسات العليا

قسم الجغرافيا

السادة أعضاء لجنة الإشراف

الأستاذ الدكتور / **فتحي محمد مصيلحي خطاب**

أستاذ الجغرافيا ورئيس قسم الجغرافيا وعميد الكلية

الأستاذ الدكتور / **علي عبد الوهاب شاهين** (توفاه الله)

أستاذ الجغرافيا بالكلية "متفرغ سابقاً"

جامعة المنوفية

كلية الآداب - الدراسات العليا

قسم الجغرافيا

السادة أعضاء لجنة المناقشة

الأستاذ الدكتور/ **بهاء الدين حافظ بكري** "رئيسا"

أستاذ أيكولوجيا العمران بكلية الهندسة - جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور/ **محمد عبد الرحمن الشرنوبى** "عضوا"

أستاذ الجغرافيا وعميد كلية التربية جامعة القاهرة - فرع الفيوم

الأستاذ الدكتور/ **فتحى محمد مصيلحى خطاب** "مشرفا"

أستاذ الجغرافيا ورئيس قسم الجغرافيا وعميد كلية الآداب - جامعة المنوفية

شكر وتقدير

« ربى لك الحمد كما ينبغى لجلال وجهك وعظيم سلطانك »

يسعدنى أن أتوجه بالشكر والتقدير والعرفان بالجميل إلى أستاذي
الفاضل الأستاذ الدكتور / فتحي محمد مصيلحي على عطائه الفياضة
وتوجيهاته العلمية المفيدة وإسهاماته المتعددة في سبيل إنجاز هذا العمل ،
وأدعو بالرحمة والمغفرة لأستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور/ على
عبد الوهاب شاهين الذي كان مصباحاً أضاء لي طريق العلم والمعرفة ،
وأذكر بالتقدير والامتنان العديد من الجهات الحكومية السعودية
التي مهدت لي الطريق لإنجاز هذا البحث ، وأخص منها المكتبة المركزية
بجامعة الملك سعود ، ومصلحة الأرصاد وحماية البيئة ، والهيئة الملكية
بالجبيل ، ووزارة الزراعة والحياة .

وأنحني شاكرة لوالدي الذي علمني كيف أقدر العلم وأسعى إليه
وأتحمل أي مشقة في سبيله .

ويشرفني أن أتوجه بعظيم الشكر والامتنان والعرفان بالجميل
لرفيق دربي الأستاذ محمود عبد الصبور لوقوفه بجاني وتشجيعه المستمر
وتحملة الكثير طوال رحلتي العلمية على مدى أكثر من ثلاث عشرة سنة ،
وإنه لمن دواعي سروري وفخري أن أحياى ابني أكرم وابنتي
إنجي على صبرهما وتحملهما مشقة انشغالي لفترات طويلة .

والحمد لله الذي هدانا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله .

إن التلوث البيئي Environmental Pollution عبارة عن إحداث أى خلل فى الغلاف الحيوى Biosphere الذى يحيط بنا ويشمل الهواء واليابس والماء.

وقد يكون هذا الخلل كيميا بسبب تغير النسب الطبيعية لمكونات النظام البيئى Ecosystem ، وإما أن يكون خللاً كيمياً بمعنى إضافة مواد جديدة تحدث تغيراً كيمياً فى مركباته فتفقد كثر من قدرته على أداء دوره الطبيعى فى التخلص من بعض الملوثات من خلال العمليات الطبيعية .

ويرجع هذا الخلل بصورة أساسية إلى حضارة الإنسان وإهتمامه المفرط وحرصه الشديد على إستغلال موارد البيئة الطبيعية إستغلالاً بلا وعى فأنتهى به الأمر إلى إستنزافها. ولذا فهناك من يقول " إن الإنسان الذى قضى نصف حياته على الأرض طالباً الحماية من عوامل الطبيعة، سيقضى نصفها الآخر ليحمى الطبيعة من أخطاره " [العودات، سنة ١٩٨٨ ، ص ١٧٥].

وتتعدد مجالات التلوث البيئى لتشمل تلوث الهواء Air Pollution ، وتلوث الماء Water Pollution وتلوث اليابس Land Pollution . وتتميز مجالات التلوث البيئى بترابطها وتداخلها، إذ يتبع تلوث الهواء إحداث تلوث فى كل من اليابس والماء فى أثناء سقوط المطر وإرساب ملوثات الهواء فى ذات الوقت ويتبع تلوث اليابس تلوثاً فى الهواء وأخراً فى الماء بواسطة كل من الرياح والمياه الجارية والمياه الجوفية، وكذا يتبع تلوث الماء تلوث لليابس فى أثناء حركات المد ومن ثم يحدث تلوث للهواء. ولعل فى هذا التداخل والتأثير والتأثر فيما بينها ما يزيد من خطورة كل من مجالات التلوث.

ويعد تلوث الهواء أخطر مجالات التلوث وأكثرها وضوحاً للإنسان الذى يحتاج يومياً إلى حوالى ١٥ كيلوجراماً من الهواء، مقابل ٢,٥ كيلوجراماً من الماء. و١,٥ كيلوجراماً من الطعام [مصيلحى، سنة ١٩٩٠ . ص ٣٠٨]. فضلاً

عن كون الهواء الأكثر أهمية لسائر الكائنات الحية لاحتوائه على الأكسجين (أكسير الحياة). وقد يكون للإنسان خياراً في الماء الذي يشربه أو فسي الغذاء الذي يتناوله إلا أنه مضطراً إلى استنشاق الهواء دون أى خيار حتى ولو علم إنه ملوث وقد يسبب له اضطراباً صحية خطيرة.

ومما يزيد من خطورة تلوث الهواء كونه عالمياً بعكس تلوث المساء وتلوث اليابس فقد يكون كل منهما محلياً في بعض الأحيان.

ويزيد الأمر تعقيداً وخطورة العلم بأنه لا يوجد هواء نقي تماماً، بل يوجد هواء يختلف في درجة تلوثه من مكان إلى آخر. حيث أن تلوث الهواء قديم قدم المراحل الأولى لتكوين الأرض حينما خرجت كميات هائلة من الغازات مع النشاط البركاني على مر العصور الجيولوجية.

وتتباين مصادر ملوثات الهواء Air Pollutants ، فترجع في جزء منها إلى العمليات الطبيعية Natural Processes كالبراكين، والبرق، والأكسدة الجوية، وإحترق الغابات، والتحلل العضوى، والعمليات الحيوية الطبيعية في الماء والتربة. ويتبع هذه العمليات أنبعاث بعض الملوثات الأولية Primary Pollutants في صورة غازات طبيعية مثل الهيدروكربونات وكبريتيد الهيدروجين والأميثان وغيرها.

ويستطيع الغلاف الحيوى استيعاب هذه الغازات من خلال عمليات الإزالة Removal Processes مثل الأكسدة الطبيعية، والتموء (الإذابة في الرطوبة الجوية)، وعمليات الإمتصاص والإرساب الطبيعى، وغيرها. ويرجع الجزء الأكبر من ملوثات الهواء إلى المصادر البشرية Human Sources التى تشتمل على حضارة الإنسان وصناعاته واختراعاته ووسائل مواصلاته وما إلى ذلك. وتعجز الطبيعة في كثير من الأحيان عن إستيعابها فتصبح هذه المصادر بحق هي المصادر الملوثة للهواء Air Polluting Sources .

وينبعث من هذه المصادر ملوثات الهواء الكيميائية الناتجة عن الغازات المتصاعدة من المصانع ووسائل النقل والمحارق والنفايات بأنواعها المختلفة

وغيرها، وملوثات الهواء الفيزيائية التي تسبب التلوث الضوضائي والتلوث الحرارى والتلوث الإشعاعى والتلوث الضوئى.

وتعد مشكلة تلوث الهواء أهم المشاكل العصرية التى يزيد الاهتمام العالمى بها، خاصة وأن ملوثات الهواء لاتعرف حدوداً *Air pollutants know no frontiers* سياسية كانت أم طبيعية.

وتتفاقم هذه المشكلة بشكل حاد وسريع من جراء التطور الصناعى والزيادة السكانية المطردة ومايتبعها من زيادة فى وسائل الإنتاج ومجالات الإستهلاك، وبالتالي كمية النفايات بأنواعها، فضلاً عن التوسع الكثيف فى استخدام وسائل النقل المختلفة. وأصبح هناك توقع عام بأن معدلات التلوث فى القرن الحادى والعشرين ستعادل عشرة أمثال ماهى عليه الآن [الحمد، سنة ١٩٧٩، ص ١٤٨].

وعلى الرغم من البعد التاريخى لتلوث الهواء، إلا إنه لم يصبح علماً جديراً بالدراسة إلا منذ سنة ١٨٧٠ م حيث كانت بداياته فى بريطانيا [Griffiths, 1982.p.131] . وقد كانت بريطانيا من أوائل الدول التى أدركت خطورة هذه المشكلة فأصدرت تشريع حماية الهواء النقى *Clean Air Act* فى عام ١٩٥٢ م ، ثم عدلته فى عام ١٩٦٨م. وأصدرت الولايات المتحدة قانوناً مماثلاً فى عام ١٩٦٣ م . وقد استطاعت التحكم فى كمية التلوث بأكاسيد الكبريت الناتجة عن النشاط الصناعى وإحراق الوقود منذ عام ١٩٦٩م.

وبالرغم من هذه الجهود وغيرها، إلا أن نصف سكان الولايات المتحدة الأمريكية حتى الآن يتنفسون هواء غير صحى [نجم ، سنة ١٩٨٤، ص ٢٨١]. وقد أخذ علم التلوث يتطور بعد زيادة الإهتمام العالمى بهذه المشكلة الحرجة حتى أصبحت جميع الدول تهتم به بدرجة أو بأخرى وفقاً لإدراكها لخطورته، ومدى تجسمها فى أراضيها وإمكاناتها المادية أيضاً [غنىمى ، سنة ١٩٧٧، ص ٣٤].

وقد إتجه العالم نحو عقد المؤتمرات العلمية لتحديد مقاييس هذه المشكلة وأبعادها التي تكمن خطورتها في مستوياتها وتاريخها ومستقبلها [لافون، سنة ١٩٧٧، ص٧]. وقد دعا المؤتمر العالمي لتلوث الهواء الذي عقد في استكهولم خلال الفترة مابين الخامس والسادس عشر من شهر يونيو سنة ١٩٧٢ إلى إنشاء شبكة عالمية لقياس نوعية الهواء Air Quality Network تتكون من عشر محطات عالمية تتوزع في المناطق البعيدة عن مصادر التلوث، بالإضافة إلى مائة محطة إقليمية في مواقع انبعاث الملوثات [المصدر السابق، ص١٢٦].

وقد كانت المملكة العربية السعودية من ضمن الدول التي أهتمت بمشكلة تلوث الهواء فأنشأت إدارة خاصة لحماية البيئة تحت إشراف مصلحة الأرصاد، وكذلك لجنة تنسيق البيئة التي تسعى إلى التنسيق بين جميع الإدارات المعنية بالبيئة بهدف المحافظة على الصحة البيئية [أرامكو، سنة ١٩٨٧، ص ١٤]. وقد حرصت الحكومة السعودية على تحقيق التوازن المستمر بين التنمية الصناعية وحماية البيئة من أي تلوث بالصناعة إيماناً منها بأن العلاقة بين قضايا البيئة والتنمية علاقة تتسم بالتكامل والاعتماد المتبادل . حيث إنه يصعب النظر إلى التنمية وحماية البيئة على إنها تحديان منفصلان، إذ يتعذر استمرار التنمية على قاعدة متدهورة من الموارد البيئية . ولا يمكن في ذات الوقت حماية البيئة حينما لا يؤخذ في الاعتبار الأضرار البيئية الناجمة عن التنمية. ولذا قامت بإنشاء شبكة من محطات رصد نوعية الهواء (محطات الرصد البيئي)، ووضعت مقاييس لملوثات الهواء، وأهتمت بالدراسات البيئية المختلفة.

ويؤثر الهواء تأثيراً خطيراً على صحة الإنسان، فيصيبه بأمراض الجهاز التنفسي المؤقتة والمزمنة على السواء، فضلاً عن أمراض العيون والجلد، وارتفاع معدلات الإصابة بالأمراض السرطانية. فقد أرتفعت مثلاً معدلات إصابة سكان مدينة لوس أنجلوس الأمريكية بمرض سرطان اللسان بسبب ارتفاع مستوى تلوث الهواء بالغازات الهيدروكربونية [Casagrande , 1974. pp.210- 212].

ويمتد تأثير التلوث إلى النبات إذ يؤدي إلى تلف أنسجة أوراقه وكذلك مادة الكلوروفيل الخضراء، ليصبح تلف النبات أو موته صرخة مؤلمة من خطورة تلوث الهواء. وقد خسرت الولايات المتحدة في أحد الأعوام ٥٠٠ مليون دولار بسبب خسائرها في الإنتاج الزراعي بسبب تلوث الهواء [Ross, 1972.p.53].

وتمتد خطورته لتشمل حضارة الانسان وصناعاته وكأن الهواء ينتقم من أسباب إختلاله وتلوثه. فيؤدي التلوث الى خفض العمر الاستهلاكى لمنتجات الصلب والنيكل والزنك بمعدل أسرع من العادى (الهواء النقى نسبيا) بحوالى ٣٠ مرة و ٢٥ مرة و ١٥ مرة لكل منها بالتوالى ويكلف ذلك خسارة سنوية تقدر بحوالى ١,٥ بليون دولار. كما ويكلف تلف الدهانات ما يقارب بليون دولار سنويا [Landsberg,k., 1956.p.225].

وتأتى أهمية دراسة مشكلة تلوث الهواء فى المملكة العربية السعودية من كونه لم يصل فى أغلبه إلى حد الخطورة والمستوى الحرج الذى وصل إليه فى الدول الصناعية الكبرى. ولعل هذا أدعى إلى دراستها وقيل تفاقمها من أجل توفير خلفية علمية عن أبعاد وتركيزات ملوثات الهواء المختلفة بهدف وضع الاحتياطات التى تحول دون وصولها إلى المستويات الحرجة، مع محاولة الأخذ بالأسباب اللازمة لخفض المستويات الحالية لبعض منها.

وتتضح أهمية دراستها عند العلم بأن نائب المدير العام للإحصاء الجوية السعودية قد دق ناقوس الخطر حينما ذكر أن مستويات ملوثات الهواء خاصة الناتجة عن الصناعة مثل الغازات الكربونية والكبريتية أعلى من الحدود المسموح بها عالمياً التى لا يسمح بتجاوزها [أمين، سنه ١٩٨٤.ص ٢٤] حفاظاً على صحة الإنسان والبيئة.

ويعد النشاط الصناعي بالسعودية أهم مصادر تلوث الهواء. حيث يؤدي إلى إضافة غازات كيميائية ضارة تنطلق من عمليات احتراق الوقود، وأخرى تنبعث من المداخن، فضلاً عن الملوثات الصلبة التي تعلق بالهواء . وتكمن خطورة هذه الملوثات في كونها تنبعث مباشرة من النشاط الصناعي فيما يعرف بالملوثات الأولية Primary Pollutants . ثم مساهمتها في تدخل في سلسلة من التفاعلات الكيميائية Chemical Reactions والتفاعلات الكيميائية الضوئية (كيميوضوئية) Photochemical Reactions فينتجها إنتاج المزيد من الملوثات الجديدة التي تعرف بالملوثات الثانوية Secondary Pollutants وأهمها الأوزون. وتعد وسائل النقل ثانی أخطر مصادر تلوث الهواء إذ ينبعث منها كميات كبيرة من الغازات الكربونية والنيتروجينية وغازات أخرى تنتج عن تفاعلاتهما .

وتلعب العناصر المناخية دوراً مهماً وفعالاً في تحديد سرعة إنتشار مختلف ملوثات الهواء الغازية منها والصلبة، وكذلك مستوى إرتفاعها رأسياً، وإتجاه إنتشارها والأماكن المستقبلية لها، ومدة بقائها في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي.

ويؤثر تلوث الهواء في المناخ أيضاً، إذ يرتبطان معاً بعلاقة متبادلة ومتداخلة Interdependent Relationship . وتعد هذه العلاقة بين تلوث الهواء وخصائص العناصر المناخية هي المحور الأساسي لهذا البحث الذي يهدف إلى تفهم أبعادها وتحديد خصائصها والوقوف على إيجابياتها وسلبياتها. ويتناول هذا البحث دراسة مشكلة تلوث الهواء بالمنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية التي تمتد بين دائرتي عرض ١٦-٢٩ درجة شمالاً. وتبلغ مساحتها حوالي ٧١٥,٩١٨ كيلومتر مربع، تعادل ٣٣% تقريباً من مساحة الأراضي السعودية.

وقد بلغ عدد سكانها في عام ١٩٧٤م حوالي ٧٦٢.٠٣٧ نسمة يمثلون ١١.٣% من إجمالي سكان السعودية [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية، فبراير سنة ١٩٧٩]. وقد قدر عدد سكانها في عام ١٩٨٠م بحوالي ٨١٢.٠٠٠ نسمة، ويتوقع أن يبلغ ١.٧٠٠.٠٠٠ نسمة في عام ١٩٩٥ [وزارة التخطيط السعودية ١٩٨٠ / ١٩٨٥].

ويرجع اختيار المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية لتكون منطقة الدراسة إلى عدة مبررات لعل من أهمها:-

• تستأثر المنطقة بحقول الزيت والغاز الطبيعي في المملكة العربية السعودية التي تحتل المركز الأول بين الدول المنتجة للزيت في الشرق الأوسط، كما تحتل المركز الأول من حيث احتياطي الزيت الخام على المستوى العالمي [أرامكو، سنة ١٩٨٧ (أ) ص ٥] وتعتبر هذه الحقول من أهم مصادر انبعاث الملوثات الكبريتية بسبب ارتفاع نسبة الكبريت في الزيت الخام، وحينما يستخدم كوقود تنطلق كميات هائلة من ثاني أكسيد الكبريت فتلوث الهواء. وتقدر كمية هذا الغاز في المدن الساحلية بالمنطقة (الظهران - الدمام - الخبر) بحوالي ٢ مليون طن/سنة تعادل ٧٣% من التلوث بغاز ثاني أكسيد الكبريت في منطقة الخليج العربي بأسره [Bryant, 1980.p.1].

• يقع بالمنطقة ثلاث مصافي لتكرير الزيت: معمل تكرير رأس تنورة، ومصفاة بترومين شل بالجبيل، ومعمل تكرير الخفجي. وتعادل طاقتها التكريرية حوالي ٥٧% من الطاقة التكريرية للزيت في المملكة العربية السعودية عام ١٩٨٧م [أرامكو، ١٩٨٧ (ب) ص ٤٧٨]. وتعد هذه المصافي مصدراً للتلوث بكميات كبيرة من الملوثات الغازية (ثاني أكسيد الكبريت - أول أكسيد الكربون - ثاني أكسيد النيتروجين - الهيدروكربونات) والملوثات الصلبة (الجسيمات السابحة) أيضاً.

وتدخل هذه الملوثات فى سلسلة من التفاعلات الكيميائية والكيموضوئية تحت ظروف إرتفاع كثافة الأشعة الشمسية بالمنطقة فتنج ملوثات أخرى من أخطرها غاز الأوزون.

• تتركز فى المنطقة الصناعات البتروكيميائية التى تعد أهم الصناعات التحويلية بالسعودية وأقدمها إذ ترجع الى الخمسينيات من القرن الحالى [منظمة الخليج للاستثمارات الصناعية، سنة ١٩٨٦، ص ٨٧]. وتعد هذه الصناعات أخطر أنواع الصناعات إذ ينتج عنها كميات كبيرة من أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات.

ويوجد فى المنطقة أيضا العديد من شركات صناعة الأسمنت والخرسانة والأسفلت فضلاً عن المحاجر. وهذه الصناعات هى المسئول الأول عن أنبعاث الملوثات الصلبة فى المنطقة.

• يقع بالمنطقة ٢٢% من إجمالى المصانع السعودية بتمويل يعادل ٣٨,٦% من جملة التمويل الصناعى فى المملكة العربية السعودية [Bryant, 1980, p.11].

• تضم المنطقة أكبر مساحة من المدن الصناعية التى تعادل ٨٣,٦% من جملة مساحتها فى السعودية [مصيلحى، سنة ١٩٨٨ ص ٤٧٨].

• تقع المنطقة على الخليج العربى الذى يعتبر بحق مركز الثقل العالمى فى إنتاج وتصدير الزيت والغاز الطبيعى وقد أصبح واحداً من أهم معاقل الصناعات البتروكيميائية. حيث تتركز فى منطقة الخليج العربى العديد من مصافى الزيت والصناعات البتروكيميائية التى تسهم بحوالى ٢٥% من المنتجات الصناعية المتداولة فى التجارة الدولية [غنيمى، سنة ١٩٧٧ ص ٢٣] هذا وإن كانت هذه الصناعات تعد من أهم الصناعات الاستراتيجية، إلا أنها فى ذات الوقت من أخطر الصناعات الملوثة للبيئة.

• يسهم عامل جوار منطقة الدراسة من العديد من المناطق الصناعية فى دول الخليج العربى فى زيادة احتمالات وخطورة تلوث الهواء . إذ تقع

مجاورة لمنطقة الشعيبة الكويتية (تقع على بعد خمسة كيلومترات جنوب الكويت العاصمة بالقرب من حقول الزيت والغاز الطبيعي وترجع نشأتها إلى ثلاثين عام) التي تضم مصفاة لتكرير الزيت، ومصنع لانتاج حامض الكبريتيك وآخر لطحن الكبريت، ومصنع للأسمدة وآخر للأسمنت، بالإضافة إلى محطة توليد الطاقة الكهربائية ومحطة تحلية المياه [المصدر السابق، ص ٢٤]. كما تقع بالقرب من منطقة أم سعيد القطرية التي تضم مصفاة تكرير الزيت ومصنعا لتسييل الغاز الطبيعي وآخرًا للبتر وكيميائيات. فضلاً عن مصنع الحديد والصلب ومصنع الأسمنت [المصدر السابق، ص ٢٧]. ويؤثر عليها أيضاً قريها من مصفاة تكرير الزيت بدولة البحرين وكذلك صناعاتها الأخرى مثل صناعة البلاستيك وصهر الألومنيوم وغيرها.

• تقع في المنطقة، مدينة الجبيل الصناعية التي تم تأسيسها عام ١٩٧٥ بهدف تحويل الثروات السعودية من الزيت الخام والغاز الطبيعي إلى منتجات صناعية وتبلغ مساحتها الاجمالية ٩٠٠ كيلومتر مربع تعادل حوالى ٨١,٣% من مساحة المدن الصناعية السعودية [مصيلحي، سنة ١٩٨٤، ص ١٥٥]. وتضم منطقة للصناعات الاساسية التي تشتمل على مصافي تكرير الزيت والصناعات البتروكيميائية، بالإضافة إلى منطقة للصناعات الثانوية تشتمل على مصانع الأسمنت والمحاجر، وثالثة للصناعات المساعدة والخفيفة. ويوجد بها ايضاً منطقة سكنية تبلغ مساحتها ١٦٨ كيلومتر مربع وهى عبارة عن شبيه جزيرة مفتوحة على الخليج العربى من جهة الشمال بشاطئ طوله ٤٦ كيلومتراً. ويفصلها عن المنطقة الصناعية مساحة مفتوحة تحيط بها الأشجار. وقد روعى وجود منطقة للتنزه تبلغ مساحتها ٢٠٤ كيلومتر مربع بالإضافة الى جزيرة الباطنة الترفيهية [المهنا، سنة ١٩٨٦، ص ١: ١١].

وتتمتع المدينة بمينائين أحدهما صناعى لتصدير المنتجات الصناعية والآخر تجارى لتوفير كافة إحتياجات المدينة. وتعد هذه المدينة أكبر مجمع

صناعي بتركيز كيميائي بالسعودية. كما تخطط الحكومة لتوسيع الاستثمار الصناعي بها لتصبح أكبر مركز صناعي في منطقة الخليج العربي بأسره.

• يستخدم سكان المنطقة ٣٨٢,٩٧٩ سيارة تعادل ١٨% من إجمالي عددها في السعودية بنهاية عام ١٩٩١ [وزارة الداخلية، سنة ١٩٩١، ص ١٢٨]. وتعتمد ٥٦% من وسائل النقل المختلفة بالمنطقة على البنزين مما يزيد من مساهمتها في مشكلة تلوث الهواء. إذ يرتفع في هذه الحالة التلوث بمقدار عشر مرات من كمية ثاني أكسيد الكربون، وبمقدار ثمانين مرات من كمية الغازات الهيدروكربونية في الهواء [غرابية، سنة ١٩٨٧، ص ٢١٦]. وتصبح بذلك وسائل النقل بالمنطقة مصدراً أساسياً ومباشراً لتلوث الهواء.

• يتوزع في المنطقة عدد لا بأس به من محطات رصد المناخ وملوثات الهواء. حيث تضم المنطقة أربع محطات لرصد المناخ وهي: القيصومة والقطيف والظهران والهفوف. وترصد هذه المحطات: درجة حرارة الهواء - الرطوبة النسبية - المطر - الرياح سرعة واتجاهاً - العواصف الرملية/ الترابية - وظواهر الجو الترابية. هذا بالإضافة إلى خمس محطات أخرى لرصد عناصر المطر وهي: رأس الخفجي - رأس السفانية - رأس تنورة - العقير - سسلوة. وتمتد هذه المحطات بين دائرتي عرض ٢٨,٢٤ شمالاً تقريباً لتمثل نطاق الرصد المناخي بالمنطقة. ويوجد بالمنطقة تسع محطات للرصد البيئي (محطات رصد نوعية الهواء) تقع في مدينة الجبيل الصناعية وهي: الخزانات - الميناء الصناعي - الميناء التجاري - القاعدة البحرية - النخيل - المنزه - السروج - جلمودة - القناتير. وترصد هذه المحطات كل من الملوثات الكبريتية (ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين)، والملوثات النيتروجينية (أكاسيد النيتروجين - أول أكسيد النيتروجين - ثاني أكسيد النيتروجين)، والملوثات الكربونية (أول أكسيد الكربون - الهيدروكربونات). بالإضافة إلى الملوثات الصلبة (الجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق). وترصد هذه المحطات أيضاً عناصر المناخ وبعض الظواهر المبيترولوجية (درجة حرارة الهواء - ظاهرة الانقلاب الحراري -

ارتفاع طبقة الاختلاط - استقرار الهواء السطحي - الرطوبة النسبية - المطر - الرياح سرعة واتجاهاً). وتقوم أيضاً محطة الظهران بالرصد البيئي بجانب رصد المناخ لتنضم بذلك إلى المحطات التسع في مدينة الجبيل الصناعية. وإن كانت أقل منها في الأهمية إذ لا ترصد سوى ثلاث ملوثات للهواء (ثاني أكسيد الكبريت - كبريتيد الهيدروجين - ثاني أكسيد النيتروجين). وهكذا ينحصر نطاق محطات الرصد المناخي والبيئي معاً بين دائرتي عرض ٢٦ و ٢٧ درجة شمالاً تقريباً.

ويوجد بالمنطقة أيضاً ست محطات أخرى للرصد البيئي فقط وهي: نجمة - رحيمة - تاروت - بقيق - شذقم - العضيلة. وترصد هذه المحطات ذات الملوثات التي ترصدها محطة الظهران. وتمتد هذه المحطات بين دائرتي عرض ٢٥ و ٢٦ درجة شمالاً تقريباً.

وهكذا تنقسم المنطقة إلى ثلاثة نطاقات وفقاً لنوعية محطات الرصد . يضاف إليها نطاق رابع يخلو كلياً من المحطات وهو نطاق صحراء الربع الخالي الذي يمتد إلى الجنوب من دائرة عرض ٢٤ درجة شمالاً وحتى دائرة عرض ١٦ درجة شمالاً تقريباً.

وهكذا تقتصر الدراسة هنا على النطاق المحصور بين دائرتي عرض ٢٤ و ٢٨ درجة شمالاً تقريباً. وإن كان ذلك لا يعني إهمال نطاق صحراء الربع الخالي إذ يؤثر بدرجة أو بأخرى في تلوث الهواء خاصة فيما يتعلق بالملوثات الصلبة التي ترجع في جزء منها إلى تكويناته الرملية الواسعة.

وتهدف هذه الدراسة إلى بحث النقاط التالية:-

- جوانب العلاقة بين العناصر المناخية بعضها ببعض.
- دور العناصر المناخية كضوابط توزيعية لملوثات الهواء المختلفة.
- مساهمة بعض عناصر المناخ كمصادر طبيعية لتلوث الهواء.
- الاستفادة من الطقس في تفسير بعض حالات التلوث الطارئة.
- بصمة ملوثات الهواء على المناخ الحضري والأقليمي والعالمى.
- العلاقة التبادلية بين المناخ والتلوث.

- المصادر الطبيعية والبشرية لملوّثات الهواء.
- مساهمة الصناعات المختلفة في تلوث الهواء وتحديد أشدها خطورة.
- تأثير وسائل النقل في تلوث الهواء.
- مساهمة عامل الجوار للمناطق الصناعية الخليجية في تلوث الهواء.
- التحقق من كفاءة محطات الرصد القائمة واقتراح أخرى جديدة.
- فاعلية مقاييس نوعية الهواء المتبعة في المنطقة ومقارنتها بالآخرى العالمية.
- خطورة الملوثات في ضوء تفاعلاتها المختلفة تحت تأثير مناخ المنطقة.
- أهم ملوثات الهواء على المستوى الإقليمي وأخطرها.
- مقارنة ملوثات الهواء بالمنطقة بمثيلاتها إقليمياً وعالمياً.
- أبعاد تلوث الهواء إقليمياً ومستقبلياً.

ويتبع البحث منهج التحليل المكاني Spatial Analysis Approach

لإبراز مشكلة تلوث الهواء في منطقة الدراسة وبحث خصائصها ومستوياتها وأبعادها ودرجة إختلافها عن المناطق الأخرى في المملكة العربية السعودية، وكذلك إختلافها عن جهات متفرقة من العالم. ويفيد البحث من المنهج السببي التأثيري في بيان كل من الأسباب المباشرة وغير المباشرة التي تسهم في تطور مشكلة التلوث وتفاقمها بالمنطقة. كما يفيد من المنهج الوضعي Positivist Approach في تحقيق التوزيعات المكانية باستخدام النمط النقطي Point Pattern عند توزيع أنواع الصناعات وتحديد مصادر انبعاث الملوثات، والنمط الشبكي عند تمثيل شبكات النقل بالمنطقة، والنمط الخطي عند توزيع ملوثات الهواء.

وقد استخدم البحث نمطين من أنماط التحليل وهما:

التحليل الكمي: حيث أمكن الاستعانة بالحاسب الآلي في تطبيق بعض المعادلات الإحصائية التي تفيد في شرح خصائص العناصر المناخية وملوثات الهواء.

التحليل الكارتوجرافي:- وقد أفاد البحث في تحويل البيانات المناخية وبيانات ملوثات الهواء الى اشكال بيانية وخرائط كمية تخدم مضمون البحث وتعين على فهم خصائص كل من العناصر المناخية وملوثات الهواء من ناحية، وتوضح أبعاد العلاقة بينهما من ناحية أخرى.

وقد اعتمد البحث على مجموعة من المصادر الأساسية تتمثل في:-

- البيانات المناخية التي تصدر عن وزارة الزراعة والمياه السعودية لمحطتي القطيف والهفوف لرصد المناخ ، ومحطتي العقير وسبوة لقياس المطر خلال الفترة من ١٩٧٦-١٩٨٨م.
- البيانات المناخية التي تصدر عن وزارة الدفاع والطيران السعودية لمحطتي القيصومة والظهران خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٨٨م.
- بيانات شركة أرامكو السعودية لمحطتي السفانية و رأس تنورة لقياس المطر خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٨٨م.
- بيانات الشركة العربية اليابانية للزيت بالسعودية لمحطة الخفجي لقياس المطر خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٨٨م.
- بيانات الهيئة الملكية للمجبل بالسعودية لتسع محطات لرصد نوعية الهواء والمناخ خلال الفترة ١٩٧٩ - ١٩٨٩م.
- بيانات شركة أرامكو السعودية لمحطات رصد نوعية الهواء: نجمة - رحيمة - تاورت - الظهران - بقيق - شدم - العضلية خلال الفترة ١٩٨٢ - ١٩٨٧م.
- بيانات وزارة المالية والاقتصاد الوطني السعودية التي تختص بحجم النشاط الصناعي والاستثمار الصناعي في المنطقة خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٨٨م.

- الخرائط التفصيلية والأطالس ومن ضمنها:-

- خريطة جغرافية للوحة طويق الشمالى بالمملكة العربية السعودية، بمقياس ١: ٥٠٠٠٠٠ ، سنة ١٩٥٧م.
- خريطة جغرافية للوحة الخليج العربى، بمقياس ١: ٥٠٠٠٠٠ ، سنة ١٩٥٨م.
- الخريطة الجيولوجية لشبه الجزيرة العربية، بمقياس ١: ٢ مليون، سنة ١٩٦٣م.
- خريطة جزيرة العرب، بمقياس ١: ٢ مليون، سنة ١٩٨١م.
- أطلس السكان فى المملكة العربية السعودية، سنة ١٩٨١م.
- أطلس المناخ فى المملكة العربية السعودية، سنة ١٩٨٨م.
- أطلس المدن السعودية، سنة ١٩٨٧م.

الاستبيان:-

قد استخدم البحث الاستبيان كوسيلة من وسائل البحث العلمى بهدف الحصول على المعلومات الخاصة بالنشاط الصناعى [أنواع الصناعات - حجم الإنتاج - أنواع ملوثات الهواء وكميتها - وسائل مكافحة التلوث] فى مدينة الجبيل الصناعية.

الدراسات السابقة:-

وقد أمكن الإفادة بالإضافة إلى هذه المصادر الأصولية من العديد من الدراسات السابقة التى تعين كثيراً فى تكوين الخلفية العلمية لمشكلة البحث. ويمكن إيجاز بعض أمثلتها فى:-

دراسات تبحث مشكلة تلوث الهواء بالمملكة العربية السعودية:-

وتشمل بعض الأبحاث التى تدرس مشكلة تلوث الهواء فى بعض المدن السعودية خلال فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز شهراً واحداً. وتقتصر هذه الأبحاث على دراسة ثلاثة عناصر على الأكثر. ولم تركز هذه الدراسات على بحث العلاقة بين مصادر التلوث وأنواع الملوثات ودرجة خطورتها من ناحية، وعلاقتها بالظروف

الطقسية والمناخية من ناحية أخرى . ولم تلجأ إلى تقييم درجة الخطورة الحالية والمستقبلية للملوثات نتيجة لإحصائها في فترة لا تتجاوز الشهر . ومن أهم هذه الدراسات : [Bryant,1980] & [Werr,1984] & [Bradstreet,1978] و [حسن، سنة ١٩٨٣] و [المعتاز، سنة ١٩٨٦].

دراسات حكومية تتناول مشكلة تلوث الهواء في العالم العربي منها:-

مكتب التربية العربي لدول الخليج العربي، إدارة العلوم، سنة ١٩٨٦م
و [وزارة الصحة العامة بالكويت، سنة ١٩٨٧م] و [منظمة المدن العربية، سنة ١٩٨٨م].

دراسات تتناول مشكلة تلوث الهواء على المستوى العالي:-

وتشمل العديد من الكتب والمقالات التي تتناول بالشرح مشكلة تلوث الهواء ومصادرها ومستوياتها وخطورتها وقوانين نوعية الهواء وطرق مكافحة تلوث الهواء ومنها: [Rodger,1973] & [Atwater,1971] & [Lee,1979] & [Bohlen,1978] & [Casagrande,1973] & [Sellers,1984] & [Steed,1982] و [برهـام، سنة ١٩٨٢] و [شاوور، سنة ١٩٨٧] و [خيرى، سنة ١٩٩٣] و [سعود، سنة ١٩٩٣].

دراسات بيئية

تبحث في المجال الحيوى وأنواع التلوث البيئى ومن بينها تلوث الهواء

مثل: [Singer,1970] & [Hodges,1977] & [Rau,1980] & [Stern,1984] [دشاش، سنة ١٩٧٨] و [تحال، سنة ١٩٧٨] و [الحمد وصبارينى، سنة ١٩٧٩] و [رشيد وهناء، سنة ١٩٨١] و [المعتاز، سنة ١٩٨٦م] و [أبو العلا، محمد، سنة ١٩٨٦].

دراسات مناخية

ومنها [Mather,1974] & [Oliver,1973] & [Maunder,1970]

[Trewartha,1980] & [Riehl,1979]

[Griffiths,1982]&[Landsberg,1981]&[Hobbs,1980] & [يوسف،
سنه ١٩٨٨] & [Gates,1993] .

دراسات ديموجرافية تبحث في خصائص سكان المملكة العربية السعودية وسكان
منطقة الدراسة ولعل من أهمها [الجندان، ١٩٨٤]

دراسات اقتصادية تبحث في القيمة الاقتصادية للمياه الاقليمية السعودية ومنها
[الجانسر، سنه ١٩٨٩]

دراسات جيومورفولوجية تبحث في الخصائص الجيومورفولوجية لمنطقة
الدراسة، ولعل من أهمها ما يخص بدراسة التكوينات الرملية بالمنطقة مثل
[Abolkhair,1981] و [آل سعود، سنه ١٩٨٦] .

وينألف البحث من تسعة فصول ومقدمة وخاتمة على النحو التالي:-

الفصل الأول: الخصائص الطبيعية والإطارات المكانية للنظم الفعالة ويبحث هذا
الفصل تأثير كل من الموقع الفلكي والموقع الجغرافي كأحد الضوابط المؤثرة في
مناخ المنطقة من ناحية، وكأحد مصادر التلوث من ناحية أخرى. ويدرس السمات
تومورفولوجية للمنطقة على اعتبار أنها من أهم المصادر الطبيعية للتلوث.

الفصل الثاني: فاعليات العناصر الجوية للغطس والمناخ وملوثات الهواء الصلبة
ويبحث الخصائص التفصيلية للعناصر المناخية بالمنطقة بهدف تحديد درجة
فاعليتها في توزيع وانتشار ملوثات الهواء أفقياً ورأسياً، وما يتبع ذلك من تحديد
لمستوى التلوث ودرجة خطورته بالمنطقة. ويبحث العلاقة بين بعض الظواهرات
الديناميكية وتوزيع ملوثات الهواء على المستوى الرأسى. ويوجه اهتماماً
خاصاً لعنصر الرياح إذ إنها المصدر الأساسى للتلوث بالمواد الصلبة، فضلاً عن
كونها أهم الضوابط التوزيعية للملوثات على المستوى الأفقى. ويناقش الأبعاد
التأثيرية لملوثات الهواء في خصائص العناصر المناخية. ويعتبر هذا الفصل يحق
القاعدة التي تبني على أساسها تفهم أبعاد العلاقة بين المناخ و مشكلة تلوث
الهواء بالمنطقة.

الفصل الثالث: النشاط الصناعي أهم مصادر تلوث الهواء ويدرس النشاط الصناعي بوصفه أخطر المصادر البشرية لتلوث الهواء في المنطقة . ويتناول تحليل الخريطة الصناعية لتحديد أكثر المدن الصناعية أهمية وتأثيراً في المشكلة . ويبحث في أنواع الصناعات القائمة بالمنطقة محددًا كمية ملوثات الهواء الناتجة عن كل منها، وما يستتبع ذلك من تقييم لدرجة خطورتها وأبعاد تأثيرها في المشكلة في ظل الخصائص المناخية للمنطقة. ويرسّي هذا الفصل دعائم دراسة مشكلة تلوث الهواء إذ يحدد أهم مصادر ملوثات الهواء وطرق قياسها، ومحطات رصدّها، ومقاييس نوعية الهواء التي تعد المرجع الأساسي لتقييم أبعاد المشكلة محلياً وإقليمياً وعالمياً.

الفصل الرابع:- الملوثات الكبريتية نتاج النشاط الصناعي يدرس الغازات الكبريتية كأهم نواتج الصناعات القائمة بالمنطقة خاصة الصناعات البتروكيميائية وصناعة تكرير الزيت. ويحدد مصادر انبعاثها ويفسر أسباب مستوياتها الخطيرة في ضوء أحوال الطقس المصاحبة . ويدرس أيضاً معدلات التلوث على المدى الطويل للوقوف على اتجاه هذه الملوثات، وتقييم درجة خطورتها، ومحاولة التنبؤ بمستقبلها في إطار العلاقات بين مصادر انبعاثها، وخصائصها الكيميائية، ومناخ المنطقة.

الفصل الخامس :- تطور العمور والحركة النقلية وتلوث الهواء يبحث مساهمة وسائل النقل بأنواعها المختلفة كمصدر أساسي ومطرّد لتلوث الهواء تحت تأثير الظروف الاقتصادية والاجتماعية لسكان المنطقة. ويتعرض للنمو السكاني للمنطقة وما يتبعه من استخدام كثيف لوسائل النقل، ومن ثم زيادة كمية ملوثات العوادم، فضلاً عن التلوث بالنفايات. ويحدد أهم غازات العوادم وعلاقتها بسرعة وسائل النقل وبالتالي بكثافة الحركة النقلية على الطرق. ويدرس شبكة الطرق

وحالتها لما لها من تأثير غير مباشر في تحديد كمية الملوثات الناتجة عن وسائل النقل.

الفصل السادس :- الملوثات الكربونية نتاج الحركة النقلية يبحث مستوى التلوث بالغازات الكربونية على المدى القصير والبعيد من خلال خصائصها الطبيعية والكيميائية ومدى تأثيرها بأحوال الطقس والمناخ بالمنطقة. ويدرس الدورة اليومية للتلوث وعلاقتها بالحركة المرورية واتجاه الرياح ، ويقوم هذا الفصل بدراسة خطورتها على أساس المقاييس المحلية والعالمية كذلك. ويركز على التغيرات المناخية العالمية المتوقعة نتيجة لزيادة التلوث بثاني أكسيد الكربون. ويبحث الآثار البيئية المصاحبة لارتفاع مستوى التلوث بالهيدروكربونات في المنطقة.

الفصل السابع : الملوثات النيتروجينية الناتج المشترك للصناعة والنقل يدرس الغازات النيتروجينية بوصفها أحد الملوثات الناتجة عن كل من الصناعة ووسائل النقل على حد سواء. ويهدف إلى تحديد أكثرها خطورة في ضوء خصائصها الطبيعية وتفاعلاتها الكيميائية تحت تأثير الظروف المناخية للمنطقة. ويبحث مستوى تركيزاتها خلال فترات زمنية قصيرة في أثناء أحوال الطقس الطارئة، ودورها اليومية وعلاقتها باتجاه الرياح، ومعدلاتها الشهرية والسنوية. ويقوم هذا الفصل بدراسة خطورتها في ضوء مقاييس نوعية الهواء المحلية وبعض المقاييس العالمية أيضاً.

الفصل الثامن:- التلوث بالأوزون في الإطار المحلي والإقليمي ينفرد غاز الأوزون بهذا الفصل لكونه أخطر ملوثات الهواء بالمنطقة، فضلاً عن أنه مؤشر لمستوى التلوث بالغازات النيتروجينية والكربونية معاً. ويبحث هذا الفصل تأثير الموقع الجغرافي للمنطقة على الخليج العربي في ارتفاع درجة التلوث بالأوزون، وأسباب ظاهرة الأوزون البحري وأبعادها ودرجة ارتباطها بالخصائص المناخية للمنطقة. ويفسر التركيزات العرجة للتلوث بالأوزون في ظل أحوال الطقس المصاحبة.

ويهتم الفصل بتحديد أبعاد مشكلة استنزاف طبقة الأوزون، وما يتتبعها من آثار بيئية ومناخية تمتد خطورتها لتشمل سائر الكائنات الحية على سطح كوكب الأرض .

الفصل التاسع:- التغيرات المناخية العالمية المرتقبة ونصيب منطقة الدراسة منها
ويبحث هذا الفصل في احتمالات تغير مناخ المنطقة كجزء من العالم من جراء تلوث الهواء بالغازات الإشعاعية النشطة ومن أهمها غاز ثاني أكسيد الكربون. ويدرس التوزيع الجغرافي للتغير المرتقب في درجة حرارة الطبقة السطحية من الهواء، وكذا كمية التساقط ورطوبة التربة كما تحدده أحدث النماذج العددية للمناخ . ويهدف هذا الفصل الى تحديد نصيب شبه الجزيرة العربية و المملكة العربية السعودية- و من ضمنها منطقة الدراسة - من هذه التغيرات.

الفصل الأول

الخصائص الطبيعية والاطارات المكانية للنظم الفعالة

مقدمة

أولاً: الموقع :

١ - الموقع الفلكي .

٢ - الموقع الجغرافي .

ثانياً: السمات المورفولوجية:

١ - التكوينات الرملية:

أ- نفود البياض - الجافورا .

ب- نفود الدهناء .

ج- صحراء الربع الخالي .

٢ - نطاق السهول .

٣ - نطاق الهضاب .

ثالثاً: الخريطة النباتية.

خلاصة الفصل.

توطئة:

يبحث هذا الفصل في الأبعاد التأثيرية للخصائص الطبيعية للنطاق الأرضي لكل من تلوث الهواء وملاحم مناخ المنطقة. فيتناول أهمية الدور الذي يلعبه موقع المنطقة فلكياً وجغرافياً في تحديد الملاحم والسّمات العامة لخصائصها المناخية. ويبرز مورفولوجية المنطقة بوصفها أحد الضوابط المؤثرة في تلوث الهواء، فضلاً عن كونها أحد مصادره الطبيعية. ويبحث أيضاً مدى فاعلية مورفولوجية المنطقة في تلوث الهواء في إطار خصائص العناصر المناخية للمنطقة، وتحديدًا عنصر الرياح سرعةً واتجاهاً. ويلقى الضوء على تأثير كل من مناخ المنطقة ومورفولوجيتها في سمات الغطاء النباتي وتوزيعه.

مقدمة:

تتقسم المملكة العربية السعودية إلى أربع عشرة منطقة إدارية وتعد منطقة الدراسة - المنطقة الشرقية - إحدى تلك المناطق (شكل - ١). وتبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي ٧١٥٩١٨ كيلومتراً مربعاً. وهي تزيد قليلاً عن ثلث مساحة المملكة العربية السعودية. وتؤثر العديد من العوامل الطبيعية^(١) بصورة مباشرة أو غير مباشرة في تلوث الهواء بمنطقة الدراسة، ويعد بعض منها أيضاً مصدراً طبيعياً لتلوث الهواء.

ويمكن إجمال هذه العوامل في: الموقع (الفلكي - الجغرافي) والسمات المورفولوجية (التكوينات الرملية - السهول - الهضاب) والخريطة النباتية.

أولاً: الموقع

بعد الموقع أحد العوامل الجغرافية الطبيعية التي تؤثر بصورة مباشرة في رسم المناخ المناخية للمنطقة، ومن ثم خصائصها النباتية. وينعكس بذلك دوراً غير مباشر في تلوث الهواء، فضلاً عن تأثيره كأحد مصادره في بعض الأحيان. ويمكن دراسة تأثير الموقع من زاويتين:

١- الموقع الفلكي،

٢- الموقع الجغرافي،

١- الموقع الفلكي:

تمتد منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ١٦-٢٩ درجة شمالاً تقريباً^(٢). ويخترقها مدار السرطان من منتصفها تقريباً حيث تمتد المنطقة ست درجات عرضية شماله

^(١) تعد عناصر المناخ أهم العوامل الطبيعية المؤثرة في تلوث الهواء بمنطقة الدراسة. إذ تتمتع هذه العناصر بفاعلية وأهمية خاصة في التحكم في مستوى ملوثات الهواء وتوزيعها بالمنطقة. ولذا فقد أفردها فصلاً مستقلاً لدراسة العلاقة بين كل عنصر مناخي وتلوث الهواء.

^(٢) تمتد منطقة الدراسة بين خطي طول (٤٥-٥٦) درجة شرقاً وتمثل بذلك الطرف الشرقي للمملكة العربية السعودية (شكل - ١).

ومثلها جنوبه. ويؤدي ذلك إلى ارتفاع أصيب المنطقة من الإشعاع الشمسي وبالتالي درجة الحرارة معظم شهور السنة.

وتتأثر المنطقة نتيجة لموقعها الفلكي بين ١٦-٢٩ درجة شمالاً بالعديد من الكتل الهوائية: (الكتل المدارية القارية - الكتل المدارية البحرية - الكتل القطبية القارية - الكتل القطبية البحرية).

أ- الكتل المدارية القارية:

تنشأ الكتل المدارية القارية Continental Tropical Mass فوق القارات في المناطق شبه المدارية. وتتكون في فصل الصيف بسبب شدة كثافة الإشعاع الشمسي فترتفع درجة حرارة اليابس والهواء الملاصق له فتصبح مصدراً لكتل هوائية شديدة الحرارة والجفاف.

وتغطي هذه الكتل منطقة الدراسة لتصل إلى أطرافها الجنوبية عند دائرة عرض ١٥ درجة شمالاً في صورة رياح شمالية شرقية أو شمالية. وتصبح هذه الرياح الشمالية الشرقية عند عبورها الخليج العربي رياحاً رطبة تساعد على تكوين الشبورة أو الضباب أحياناً لكنها بالطبع لا تسقط مطراً لإحصار رطوبتها وتركزها في طبقتها الرقيقة السفلية فقط.

ب- الكتل المدارية البحرية:

تنشأ الكتل المدارية البحرية Maritime Tropical Mass فوق المحيطين الأطلنطي والهادي في العروض المدارية. وقد يندفع أحياناً هواء مداري بحري من المحيط الهندي والخليج العربي في مقدمة المنخفضات الجوية القادمة من المحيط الأطلنطي غرباً نحو الخليج العربي شرقاً. ويتبع ذلك ارتفاع في مستوى الرطوبة النسبية للهواء. فيصبح الهواء رطباً وثقيلاً خاصساً في أواخر فصل الصيف وأوائل فصل الخريف حينما تصل درجة حرارة المسطحات المائية إلى أقصى مستوياتها. ويؤدي ذلك إلى تكوين الندى والشبورة على سواحل المنطقة في الليل والصباح الباكر. وقد يندفع الهواء المداري البحري في مقدمة المنخفضات الجوية الشتوية فيرتفع فوق الهواء المداري القاري القادم من

الشمال. ويتبع ذلك تكون السحب وسقوط المطر شتاءً. ويصل أيضا هذا الهواء المدارى البحرى إلى المنطقة فى فصل الربيع، فيلامس سطح اليابس الساخن وتنشأ حالة عدم إستقرار هوائى يتبعه حدوث العواصف الرعدية الشديدة التى تصاحب المطر الربيعى [شرف، سنة ١٩٨٥ ص ٤٥٧].

ج- الكتل القطبية القارية:

تنشأ الكتل القطبية القارية Continental Polar Mass فوق سهول سيبيريا وكندا وجرينلاند. وتحرك هذه الكتل نحو المنطقة عند مرور المنخفضات الجوية وتتميز بشدة البرودة والجفاف شتاءً. ويتوقف وصولها إلى المنطقة على كثرة المنخفضات الجوية وعمقها وشدة الإنحدار البارومتري نحو مراكزها. ويصاحب وصول هواء هذه الكتل إلى المنطقة شتاءً حدوث موجات باردة يودى وصولها إلى المنطقة فى فصلى الربيع والصيف إلى كثرة تكرار العواصف الرملية والترابية بسبب شدة سخونة اليابس وما يتبعه من نشاط للتيارات الهوائية الصاعدة التى تحمل الاتربة والرمال الناعمة المنتشرة بالمنطقة.

د- الكتل القطبية البحرية:

تنشأ الكتل القطبية البحرية Maritime Polar Mass فوق المحيط الاطلنطى الشمالى والمحيط الهادى الشمالى. وتتميز ببرودتها وإرتفاع رطوبتها وترتبط هى الأخرى بنشأة المنخفضات الجوية مثل الكتل القطبية القارية. وتصل إلى المنطقة عن طريق البحر المتوسط الذى يسهم فى زيادة رطوبتها. وتعد هذه الكتل مسئولة عن سقوط المطر الشتوى والخريفى المصاحب للرياح الشمالية الغربية على المنطقة.

وتتميز المنخفضات الجوية Atmospheric Depressions التى تتكون فوق البحر المتوسط بأنها أصغر وأقل عمقاً من المنخفضات الجوية الأطلنسية. فتصاحبها فترات اضطراب أقصر وكمية مطر أقل مقارنة بالاطلسية. [بحيرى، سنة ١٩٧٩، ص ١٥٤]. وتتوغل منخفضات البحر المتوسط إلى دائرة عرض ٢٠ درجة شمالا، وتضعف تدريجيا باتجاه الشرق والجنوب فتتقلص

بالتالى كمية المطر المصاحبة لها. وتصل هذه المنخفضات الجوية إلى المنطقة خلال نفقرة الممتدة من شهر أكتوبر ونهاية شهر مايو. ويتراوح عددها بين منخفضين إلى أربع منخفضات شهرياً خلال هذه الفترة. وتعد هذه المنخفضات الجوية المصدر الوحيد لمطر المنطقة. وتتميز بزيادة نشاطها خلال فصل الشتاء. وتصل إلى المنطقة خلال فصل الربيع بعد تعديل مسارها من جنوب البحر المتوسط إلى الجنوب الشرقى بمحاذاة سواحل البحر الأحمر لتبلغ منتصفها تقريباً ثم تنحرف شرقاً عبر شبه الجزيرة العربية لتصل إلى ساحل الخليج العربى. وتتراوح سرعتها بين ٢٠ و ٣٠ كيلومتر/الساعة. [أشرف، سنة ١٩٨٥ ص ١٤٥]. ويقل مطر المنخفضات الجوية الربيعية التى تصل للمنطقة بعد تلك الرحلة الطويلة.

وتقع منطقة الدراسة وفقاً لموقعها الفلكى ضمن نطاق التيارات الهوائية الهابطة من دورة هادلى **Hadley Circulation** ^(١) حيث يهبط الهواء الجاف بضغط شديد فتتشأ منطقة هواء جاف ينعدم فيها المطر التصاعدي. وهكذا تصبح دورة هادلى السبب الرئيسى لنذرة مطر المنطقة.

وتقع المنطقة أيضاً نتيجة لموقعها الفلكى ضمن نظام عام معروف بصحارى الرياح التجارية **Trade Wind Deserts** الذى يطلق عليه الصحارى الحارة. ويرتبط ذلك النظام بسيادة الضغط المرتفع دون المدارى **Subtropic High Pressure** الذى يسيطر على القطاع الاوسط من طبقة التروبوسفير

^(١) تتحكم دورة هادلى في جفاف المناطق شبه المدارية حول دائرة عرض ٣٠ شمال وجنوب خط الاستواء. حيث تتحكم الدورة الهوائية في نذرة المطر في هذه المناطق. ودورة هادلى عبارة عن التيارات الهوائية الصاعدة التى تخرج من الدائرة الاستوائية لترتفع إلى طبقات الجو العليا، وتفرع في اتجاه المدارين لتهبط عند منطقتي الضغط المرتفع دون المدارى ثم تتجه نحو خط الاستواء لتتكمل دورتها. وتحمل هذه التيارات الهوائية الصاعدة معها بخار الماء والحرارة (تيارات الحمل) إلى طبقات الجو العليا حيث تنخفض حرارتها ويتكثف بخار الماء مكوناً سحب ليعود مرة ثانية إلى سطح الارض في صورة مطر عند دائرة الاستواء. أما التيارات الهوائية الهابطة عند المدارين فيحدث فيها العكس حيث يكون الهواء جافاً وضغطه مرتفعاً فتتوقف حركة تصاعد الرياح وتنعلم فرصة المطر [القين، سنة ١٩٨٩ ص ١].

(القطاع الفعال فيما يتعلق بنشأة الاضطرابات الجوية) بين كيلومترين وستة كيلومترات فوق مستوى سطح البحر فيما بين دائرتي عرض ٢٥ و ٣٥ درجة شمال وجنوب الدائرة الاستوائية [أبو العطا، سنة ١٩٨٧، سنة ١٥٤]. ويسيطر أيضاً على منطقة الدراسة الضغط المنخفض صيفاً كنتيجة لشدة كثافة الاشعة الشمسية وصفاء السماء وبالتالي شدة ارتفاع درجة حرارة الهواء في الطبقات السفلى من التروبوسفير. وهكذا ينحصر انخفاض الضغط الجوي على طبقة رقيقة من الحيز الأدنى للغلاف الغازي.

وتعد الصحارى الحارة أكثر جهات العالم جفافاً لإرتباطها بهبوط التيارات الهوائية التي تسخن *Adiabatically* في الحيز الأدنى من طبقة التروبوسفير التي ينحصر فيها معظم محتوى الغلاف الغازي من بخار الماء (المصدر الوحيد للمطر). ويؤدي تسخين ذلك الحيز الى تقلص الرطوبة النسبية للهواء، فيندر التساقط نتيجة لحالة الإستقرار المائي *Hydrostatic Stability* في هذه الطبقة من الغلاف الغازي. [بحيرى، سنة ١٩٧٩، ص ١٤٧].

وترتبط هذه الصحارى الحارة بتحريك الرياح التجارية من عروض شبه مدارية إلى العروض الاستوائية الأشد حرارة فيتبع ذلك ارتفاع في درجة حرارتها فيزيد جفافها.

ويذكر تريوارثا *Trewartha* أن مناخ الصحارى الحارة يقع بين خطي مطر ٢٥٠ و ٥٠٠ ملليمترًا/سنوياً. وهكذا فإن مطر المنطقة (ضمن مناخ الصحارى الحارة) يمتاز إلى جانب الندرة بأنه عشوائي التوزيع وفجائي ومتذبذب في كميته وفصليته لكونه من نوع المطر الأعاصري *Cyclonic Rain*. الذى قد يرتبط بالعواصف الرعدية *Thunderstorms* فيسقط بتركيز شديد خلال فترة زمنية قصيرة. [شلش، سنة ١٩٧٨، ص ص ٢٦٤: ٢٦٨]. هذا وغالباً ما يوصف المطر الصحراوي - كما هو الحال في منطقة الدراسة - بأنه مطر محلى أو موضعي لتركزه في مساحة صغيرة خلال عدد قليل من الأيام. [محسوب، سنة ١٩٩١، ص ٢٤].

وإذ يعدّ المطر واحداً من أهم العمليات الطبيعية في الغلاف الجوى التى بفضليها يتم إزالة ملوثات الهواء عن طريق عملية الغسل (Wash out) (ويقصد بها إزالة Removal الجسيمات السابحة Particulates مع حببات المطر Raindrops)، وإذ يقلص مطر المنطقة إلى مستوى الندرة، فإنها بالتالى تفقد الكثير من فاعلية المطر فى التخلص من الملوثات الصلبة، فيتبع ذلك ارتفاع فى مستوى تركيزها وكذلك خطورتها.

٢- الموقع الجغرافى:

تقع منطقة الدراسة فى شرق المملكة العربية السعودية، ويصاحب ذلك تأثرها بالعديد من المؤثرات القارية الآسيوية والأوربية التى تحول دون وصول الرياح الرطبة إليها ، ليصبح ذلك سبباً من أسباب سيادة المناخ الصحراوى . وتصل إلى المنطقة أيضاً بعض المؤثرات البحرية الغربية من البحر المتوسط التى تتحكم فى مطر المنطقة. حيث تشرف المنطقة مباشرة على الخليج العربى^(١) ، فتصل إليها مؤثراته البحرية. وتبدو هذه المؤثرات واضحة فى ارتفاع الرطوبة النسبية، ولا يستثنى من ذلك أكثر شهور السنة ارتفاعاً فى درجة حرارة الهواء. ويرجع ذلك لكون مياه الخليج العربى مدارية ذات حرارة عالية على مدار السنة. ويكون الهواء الملامس لسطح المياه حاراً^(٢) فتزيد قدرته على حمل بخار الماء. وهكذا يتحرك نسيم البحر نحو اليابس حاراً ورطباً. وبعد إقتران الحرارة المرتفعة بالرطوبة النسبية العالية من أهم العناصر المناخية التى تساعد على

^(١) يمتد الخليج العربى كمسطح مائى من الشمال الغربى إلى الجنوب الشرقى. ويبلغ طوله حوالى ١٠٠٠ كيلومتراً وعمقه نحو ٧٥ متراً، ومساحته الاجمالية حوالى ٢٢٦ ألف كيلومتراً مربعاً [الجاسر، سنة ١٩٨٩، ص ٢١].

^(٢) يتراوح معدل درجة حرارة المياه السطحية للخليج العربى (إلى الشرق مباشرة من مدينتى الظهران والقطيف بمنطقة الدراسة) بين ٣٢ درجة مئوية فى شهر يوليو، و ٢١ درجة مئوية فى شهر يناير (أكثر شهور السنة برودة) [شرف، سنة ١٩٨٠، ص ١٨٩].

سرعة التفاعلات الكيموضوئية بين ملوثات الهواء في ظل إرتفاع نصيب المنطقة من الإشعاع الشمسى.

كما يؤدى موقعها على الخليج العربى إلى توغل نسيم البحر نهراً وما يرتبط بذلك من نشأة ظاهرة الانقلاب الحرارى^(١) فى معظم شهور السنة على طول سواحل المنطقة كما سيفهم فيما بعد. وتعد هذه الظاهرة اهم الظواهر الميتروولوجية وأخطرها التى تؤدى إلى إرتفاع تركيز ملوثات الهواء وبالتالي زيادة تأثيرها السلبى على صحة الإنسان والبيئة.

ويعد الموقع الجغرافى للمنطقة على الخليج العربى ليس فقط عاملاً مؤثراً فى تلوث الهواء بالمنطقة، بل يعد الخليج العربى فى حد ذاته مصدراً طبيعياً للتلوث حيث ترتبط به ظاهرة "الأوزون البحرى" المنقول للمنطقة. ويمكن إعتبار ذلك اخطر تأثير للخليج العربى فيما يتعلق بمشكلة تلوث الهواء.

وهكذا فقد حدد كل من الموقع الفلكى والموقع الجغرافى لمنطقة الدراسة النمط المناخى العام للمنطقة وحصره فى مناخ الصحارى الحارة BWh. ويتميز المناخ هنا بوفرة فى الإشعاع الشمسى وإرتفاع فى درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية^(٢). وتتضافر هذه الخصائص المناخية لتزيد من سرعة العديد من التفاعلات الكيميائية والكيموضوئية بين ملوثات الهواء. فترتفع درجة خطورتها خاصة فى ظل ندرة المطر وما يتبع ذلك من تقلص دوره فى إزاحتها من الهواء. كما يؤدى ندرة المطر إلى جفاف الرواسب السطحية معظم شهور السنة فتصبح فى حد ذاتها مصدراً طبيعياً لتلوث الهواء بالمنطقة كما سيتضح فيما بعد.

(١) يقصد بها إرتفاع درجة حرارة الهواء مع الإرتفاع فوق مستوى سطح البحر وستدرس بالتفصيل عند دراسة عنصر الحرارة.

(٢) يعتبر إرتفاع الرطوبة النسبية صفة مميزة لمناخ المنطقة عن سواها من المناطق الداخلية بالمملكة العربية السعودية.

هذا وإن كان موقع المنطقة قد حدد خصائصها المناخية المصاحبة للكتل الهوائية المؤثرة في مناخها ونظم الضغط الجوي الإقليمي التي تتحكم في اتجاه الرياح وتوزيع المطر وتحديد فصليته وخصائصه العامة، فإن الموقع الجغرافى للمنطقة على المستوى المحلى يلعب فى ذات الوقت دوراً حاسماً فى صياغة العلاقات المكانية التي قد فرضت بدرجة أو بأخرى على سكان المنطقة توجهات اقتصادية وعمرانية محددة.

فقد كان لموقع المنطقة على الخليج العربى الأثر الأكبر فى إختلافها كليا عن المناطق الإدارية الداخلية بالمملكة العربية السعودية (شكل - ١) فيما يتعلق بالمظاهر البشرية والحضرية خاصة التوزيع الجغرافى للسكان وكثافتهم وتحركاتهم ونشاطهم الإقتصادى. وقد أسهم موقعها على الخليج العربى فى جذب السكان وتوطنهم -- نظرا للطبيعة الصحراوية للمنطقة - مما دفعهم نحو الإستقرار فى الاخوار المنعمقة كما هو الحال فى العقير والجبيل، وفى صدور الخلجان مثل سلوة، وكذلك على الرؤوس المرتفعة مثل رأس الخفجى ورأس السفانية ورأس تنورة.

وقد كان للموقع المدخلى لمدينة الدمام على الخليج العربى بوصفه جبهة بحرية عظيم الأثر فى سرعة نموها العمرانى حيث أصبحت حلقة إتصال بين المملكة العربية السعودية ودول العالم الأخرى عن طريق مينائها الذى تحمل عبء توفير إحتياجات التنمية ليس فقط للمنطقة الشرقية بل للمناطق الإدارية الداخلية فى ظهيرها (الرياض - القصيم - حائل) ومنطقة الحدود الشمالية أيضا. فضلا عن أن هذا الموقع قد جعل من الدمام منطقة إستراتيجية للدفاع البحرى.

كما أثر الموقع المركزى لمدينة الهفوف فى قلب واحة الإحصاء على بعد حوالى ٧٠ كيلومتراً غرب الخليج العربى فى تحقيق الإستقرار السكانى بها قبل إكتشاف الزيت فى المنطقة. وقد ساعد على ذلك أيضاً موقعها العقدى حيث

تقع عند إلتقاء خط السكة الحديد الدمام - الرياض (الخط الحديدي الوحيد فى السعودية) مع شبكة من الطرق البرية الجيدة سواء الإقليمية التى تربطها بالدلمم والرياض، أو الدولية التى تربطها بدولة قطر ودولة الامارات العربية المتحدة. وقد أهلتها هذه الخصائص الموضعية لأن تصبح مركزا للخدمات الإدارية والحكومية والتجارية لجميع قرى واحة الإحساء.

وتقع مدينة القيصومة- على النقيض من مدينة الهفوف- فى موقع هامشى من المنطقة حيث أن المسافة بينها وبين بؤرة المنطقة أكبر بكثير من المسافة بينها وبين الحدود الإدارية للمنطقة. ولذا فقد تضاعلت أهميتها وكذلك سرعة نموها العمرانى كثيرا قياسا بالمدن الساحلية وكذلك مدينة الهفوف الداخلية. ويذكر هنا أيضا أن موقع واحة القطيف الساحلى وإتصالها بجزيرة تاروت قد أسهم فى تنميتها تنمية مختلطة تتضمن مستوطنات زراعية ومستوطنات حضرية مثل مدن القطيف وعنك وسيهات وقديح وصفوة ودارين.

وقد حدد موقع المنطقة فى نطاق حقول الزيت البحرية منها والبرية توجه سكانها نحو الصناعات الإستخراجية والصناعات البتروكيميائية وتجارة ونقل الزيت ومشتقاته. وصاحب ذلك وثبة عمرانية وديموجرافية ارتبطت بإستثمار الزيت وتوظيف عائداته فى إنشاء شبكة جيدة من الطرق البرية وتوفير البنية الأساسية لتنمية مدن المنطقة وإنشاء أخرى جديدة ارتبطت بصناعة الزيت وتصديره مثل مدينة الخفجى ومدينة رأس تنورة. ولذا فلم يكن من المستغرب أن خط الساحل يضم أغلب مدن المنطقة.

ويتحكم الموقع الجغرافى بدرجة أو بأخرى فى نجاح أو فشل نمط إستخدام الأرض كما هو الحال بالنسبة لتوزيع المناطق الصناعية فى مدن المنطقة. فإذ يصبح مثلاً موقع المنطقة الصناعية بالجبيل إلى الجنوب من الكتلة

العمرانية للمدينة مناسبة لصحة سكانها في إطار اتجاه الرياح السائدة مما يدعو إلى نموها واستمرارها، نجد العكس في موقع المنطقة الصناعية في غرب الشمال الغربي للكتلة العمرانية لمدينة الظهران، ولذا لم يكتب لها النمو والتوسع في هذا الموقع ويفضل نقلها إلى موقع آخر. كما يتحكم في ذات الوقت في سعر الأراضي حيث ترتفع مثلاً في المنطقة الشاطئية التي تستخدم في الأغراض الترفيهية كما هو الحال في شاطئ خليج نصف القمر منتزه مدينة الدمام، وشاطئ خليج السحح منتزه مدينة الخبر.

ثانياً: السمات المورفولوجية

تتحكم مورفولوجية أي منطقة في إمكانية توزيع ونشر ملوثات الهواء من مصادر انبعاثها إلى الجهات المستقبلية لها. فحيثما يتسم السطح بالإخفاض يسهل نقل ملوثات الهواء بعيداً عن مصدر الانبعاث، فتنتشر في حيز أوسع من الهواء وينخفض بالتالي تركيزها. ويحدث العكس في حالة ارتفاع المناسيب حيث تنحصر أغلب الملوثات بالقرب من مصدر انبعاثها، فيرتفع تركيزها في الهواء وتزيد بالتالي خطورتها على صحة الإنسان.

وتشرف منطقة الدراسة بسهل ساحلي متسع على الخليج العربي يتميز بالإخفاض سطحه وإستوائه لحدائه تكوينه الجيولوجي. وتنتشر النباك الرملية في مساحات متفرقة من أطرافه الشمالية من رأس مشعاب إلى ميناء الجبيل جنوباً، فضلاً عن السبخات المالحة والمستنقعات وتتخلله كذلك رمال الجافورا وبعض التلال الصخرية إلى الجنوب من ميناء الجبيل. وتمتد إلى الغرب من السهل الساحلي هضبتى الدبدبة والصمان وبعض الحافات الصخرية في منطقتي العقير وعلوة.

ولإبراز تأثير الملامح المورفولوجية للمنطقة على تلوث الهواء، يمكن تقسيمها وفقاً لأهميتها إلى ثلاثة نطاقات: التكوينات الرملية (نفود البياض/الجافورا - نفود الدهناء - صحراء الربع الخالي) والسهول (السلطية - الداخلية) والهضاب (الدبدبة - الصمان).

(١) التكوينات الرملية:

يغلب على المنطقة الطابع الصحراوي مما جعل منها مملكة للرياح والرمال بلا منافس. إذ تفتقر المنطقة بمساحات واسعة من التكوينات الرملية بأشكالها وأحجامها المختلفة (شكل - ٢).

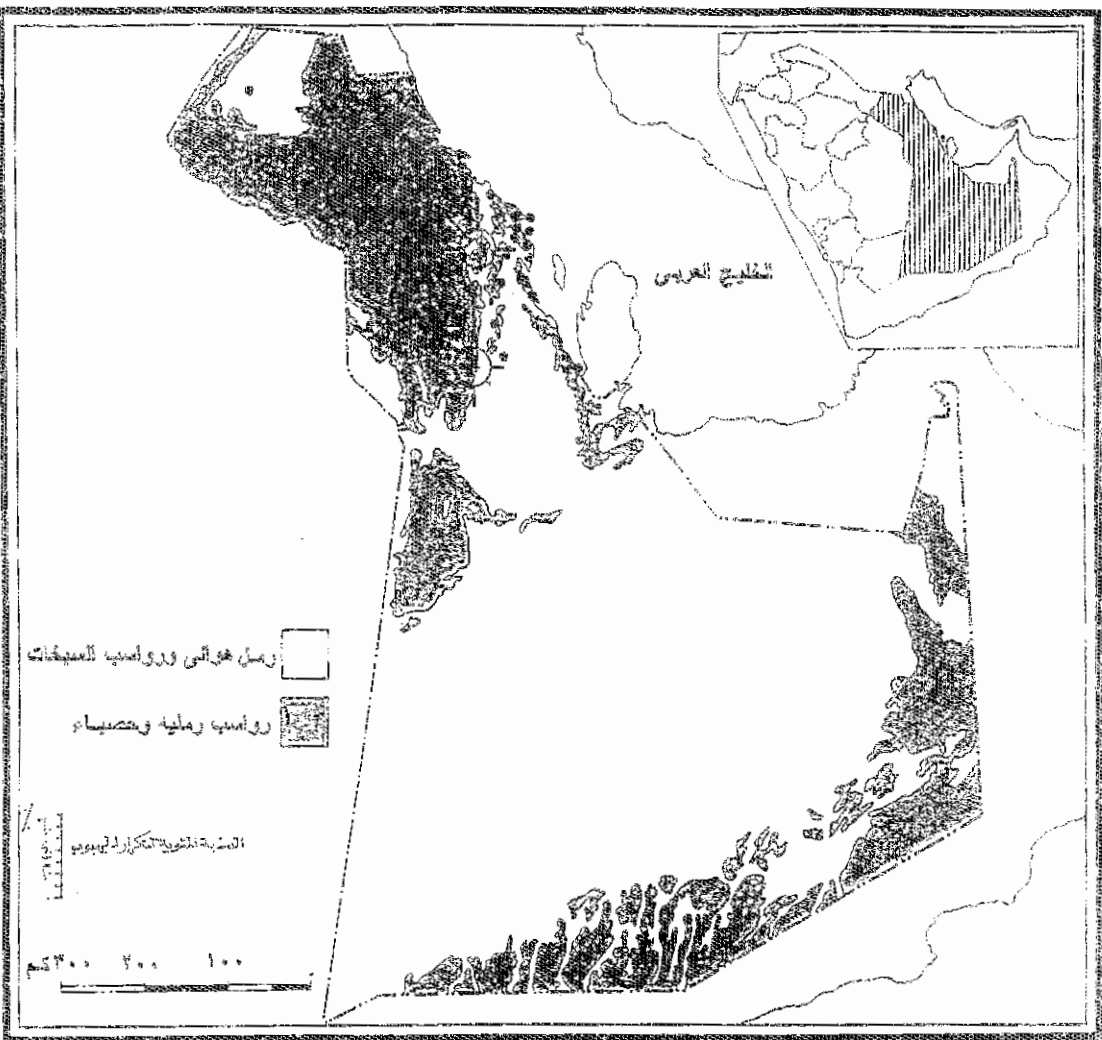
وتتمثل هذه التكوينات الرملية الواسعة في: نفود البياض/الجافورا ونفود الدهناء وصحراء الربع الخالي:

أ- نفود البياض/الجافورا:

تمتد نفود البياض/الجافورا على شكل لسان رملي محصور بين دائرتي عرض ٢٤ و ٢٧ شمالاً إلى الشرق من خط طول ٣٠ ٤٩ شرقاً [خريطة رقم (٢٨ب) سنة ١٩٥٨]. ويعرف جزؤها الشمالي بنفود البياض من ميناء الجبيل شمالاً إلى ميناء العقير جنوباً. ويتباين اتساعها حيث يتراوح امتدادها من الغرب إلى الشرق بين ١٥ و ٨٠ كيلومتراً [أبوالعلا، سنة ١٩٧٥ . ص ٤٩]. ويعرف جزؤها الجنوبي من ميناء العقير شمالاً إلى صحراء الربع الخالي جنوباً بنفود الجافورا. ويبلغ إمتدادها الطولي ما يقرب من ٣٠٠ كيلومتراً .

وتتميز نفود الجافورا بضيقها شمالاً وإتساعها جنوباً عند التقائها بصحراء الربع الخالي. ويغلب عليها من الناحية المورفولوجية إنتشار الفرشات الرملية Sand Sheets والسبخات^(١) Sabkhat والكثبان القبابية Dome Dunes والكثبان الهلالية (البرخان) [Bader, 1989. p.2] Barachan Dunes

^(١) عبارة عن أرض مستنقعية سبخية تحاذي الشاطئ وتكون جافة حينما ينعدم المطر بينما تغطي بالماء في موسم المطر. وهي عبارة عن أرض قاحلة في الغالب بإستثناء نحو بعض النباتات التي تتحمل درجات الملوحة المرتفعة [الشريف، ١٩٨٤ . ص ١٤١]. وقد وضع جيليني التفسير العلمي لكلمة سبخة: (إن كلمة سبخة تعني المسطحات الملحية Salt Flats التي تتركز فوق تكوينات من الصلصال والغرين والرمل وغالباً ما تغطي بقشور ملحية ويتحكم مستوى الماء الجوفي في منسوبها) [محسوب، ١٩٩١ . ص ٢٩٥].



التكوينات الرملية واتجاه الرياح بالمنطقة الشرقية

شكل ٣

ب- نفود الدهناء:

تمتد نفود الدهناء بين دائرتي عرض ٣٠ ٢٠ و ٣٠ ٢٨ شمالاً على شكل قوس رملي يصل متوسط عرضه ٤٨ كيلومتراً. ويبلغ طوله في منطقة الدراسة ٦٤٤ كيلومتراً بين خطي طول ٤٦ و ٤٩ درجة شرقاً. وتتميز بانخفاض إرتفاعها في حدود المنطقة حيث لم يتجاوز ٥٠٠ متراً تقريباً [أطلس وزارة الزراعة والمياه، سنة ١٩٨٨ . ص ٣] . ويفصل بين الكثبان الرملية الطولية المتوازية حافات صخرية تتميز بقلّة إرتفاعها. ويطلق عليها محلياً اسم "خب"

(المفرد خب) وهي عبارة عن أجزاء بارزة من القاع الصخري الأيوسيني الذي يمثل القاعدة التي تركز عليها التكوينات الرملية [جوده، سنة ١٩٨٩ . ص ٥٢] .

ويدل الامتداد الطولي للكثبان الرملية في نفود الدهناء من الشمال إلى الجنوب على أن الرياح الشمالية السائدة هي التي شكلتها وأرسبت رمالها بل وما زالت تلك الرياح تعمل على تحريك رمالها في اتجاه الجنوب [جوده، سنة ١٩٨٦ . ص ١٨٠] . ويغلب عليها انتشار العروق الرملية المستعرضة التي تمتد من الشمال إلى الجنوب ومنها عرق الحروري وعرق الحويميل وعرق جهيم وعرق جهام وعرق الرويكب وغيرها. [خريطة جزيرة العرب، سنة ١٩٨١] .

ج- صحراء الربع الخالي^(١):

تعد صحراء الربع الخالي أكبر نطاق رملي ليس فقط على مستوى منطقة الدراسة أو المملكة العربية السعودية، بل على مستوى العالم أجمع. وتبلغ مساحتها ضمن الحدود السعودية حوالي ٢٣٠ ألف كيلومتراً مربعاً [آل سعود، سنة ١٩٨٦ . ص ٥١] . تقع أغلبها ضمن حدود منطقة الدراسة. وتنتشر في صحراء الربع الخالي الكثبان الرملية بأشكالها المختلفة بالإضافة إلى العروق الرملية ويبرز في طرفها الشرقي عروق المعترضة، وفي طرفها الشمالي عروق المهلكة وعرق الرمال

^(١) يطلق على صحراء الربع الخالي أحياناً "البحر السافي" أو "صحراء الاحقاف" ويتراوح سمك الرمال فيها بين ١٥٠ و ٣٠٠ متراً [جوده سنة ١٩٨٦ . ص ١٨٠] .

وعرق الكفلة، وفي طرفها الجنوبي عروق الحسا وعروق ضحية وعروق الخرخير، وفي طرفها الجنوبي الغربي عروق الأوراك وعروق القعاميات وعروق الزيدى. [خريطة جزيرة العرب، سنة ١٩٨١] وتتميز هذه العروق الرملية بأنها عبارة عن فرشاة رملية ناعمة ودقيقة يصل ارتفاعها حوالى ٥٠٠ متراً فى الجنوب الغربى ويقل شرقاً إلى حوالى ٢٠٠ متراً، وينخفض ارتفاعها إلى حوالى ١٠٠ متر فى الشمال الشرقى حيث النطاق الساحلى والأراضى السبخية. (شكل - ٣).

وهكذا تعتبر صحراء الربع الخالى مصدراً رئيسياً للغطاءات الرملية المفككة خاصة مع انتشار الرمال ذات الحبيبات الدقيقة لتصبح مصدراً طبيعياً للجزيئات الدقيقة العالقة التى تحملها الرياح لمسافات كبيرة وإرتفاعات ضخمة. ويرتفع تبعاً لذلك تركيز ملوثات الهواء الصلبة بالمنطقة كما سيتضح فيما بعد.

وتعد الرياح أهم العوامل المؤثرة فى حركة الرمال حيث تتحكم فى حركة الرمال بواسطة عمليات النقل والارساب. وتختلف قدرتها على تحريك الرمال تبعاً لإختلاف قوة الرياح Wind Energy وحجم حبيبات الرمال ذاتها. إذ يقتصر دور الرياح على تذبذبة الرمال على سطح الأرض دون حملها عندما تزيد قطر حبيبات الرمال عن ٠,٥ ملليمتر. ويمتد دور الرياح لحمل الرمال حينما يتراوح قطرها بين ٠,١ و ٠,٥ ملليمتر. وحينئذ يتوقف كمية ماتحملها الرياح على سرعتها وقوتها. وتستطيع الرياح حمل الرمال التى يقل قطرها عن ٠,١ ملليمتر وتظل عالقة بالهواء لمدة طويلة وتقلها لمسافات بعيدة عن مصدرها. [Bader, 1989. p.4]. وتنقسم حركة حبيبات الرمال على سطح الأرض إلى نوعين:

- سفى الرمال - زحف الكثبان الرملية.

سفى الرمال:

يقصد بعملية سفى الرمال Sand Drift تحريك الرمال بمختلف أحجامها فوق سطح الأرض فى صورة حركة فردية لحبيبات الرمال. وتعتمد هذه العملية إلى حد كبير على قوة الرياح ومدى جفاف السطح وتفكك حبيباته وإنعدام الغطاء النباتى.

زحف الكثبان الرملية:

يقصد بزحف الكثبان الرملية Sand Dunes Movement الحركة الجماعية لكتل الرمال فى صورة كثبان تنتقل بأكملها من منطقة لأخرى تبعاً لقوة الرياح واتجاهها وشكل وحجم الكثبان ذاتها. ويساعد جفاف السطح وإنعدام الغطاء النباتى على زيادة سرعة هذه الحركة والتى نقل فى مجملها عن عملية سفى الرمال. وتزيد خطورة عملية سفى الرمال بمقارنتها بعملية زحف الكثبان فى التكوينات الرملية الصحراوية بالمنطقة. إذ تؤدى عملية سفى الرمال إلى تحريك حبيبات الرمال قفزاً أو زحفاً على السطح عندما تبلغ سرعة الرياح ٥,٣ متر/الثانية، بينما تبدأ عملية زحف الكثبان الرملية عندما تتجاوز سرعة الرياح ٩ متر/الثانية^(١) [Abolkhair, 1981. p.134].

وتزيد سرعة حركة الرمال سواء سفى الرمال أو زحف الكثبان بالمنطقة خلال فترات الجفاف حينما تصبح حبيبات الرمال مفككة وينعدم الغطاء النباتى أيضاً. وتصل هذه الحركة إلى سرعتها القصوى خلال الفترة من شهر مايو إلى شهر سبتمبر حينما يقترن إنعدام المطر تقريباً بارتفاع شديد فى درجة حرارة الهواء وانخفاض نسبى فى الرطوبة وإرتفاع شديد أيضاً فى معدلات التبخر خاصة خلال شهور يونية ويوليو وأغسطس لتعادل أربعة أمثال معدلاتها الشتوية . [Bader, 1989. p.4]

^(١) تحدد الخصائص الحجمية للرمال سرعة الرياح اللازمة لتحريكها. ومن ثم تختلف هذه السرعة من منطقة إلى أخرى، وحينما تبلغ الرياح هذه السرعة يطلق عليها "الرياح الحرجة". [الفندى، سنة ١٩٦٠.

ويتباين المعدل السنوى لكمية الرمال المتحركة بالمنطقة تبعا لدرجة انتشار الغطاء النباتى فى التكوينات الرملية ذاتها. حيث ينخفض فى الرمال المسفاه إلى أدنى مستوى له فى الفرشات الرملية المغطاه بالنباتات الطبيعى Vegetated Sand Sheets . كما ينخفض بالنسبة للرمال الزاحفة ليبلغ فى التكوينات الرملية التى تتخللها البقع النباتية ليصل إلى ٢٩,٠٠٠ كيلوجرام/ متر عرض/ سنويا. بينما يرتفع إلى ٤٩,٠٠٠ كيلوجرام/ متر عرض/ سنويا فى الكثبان القبابية Dome Dunes، ويصل أقصى معدل له فى الكثبان الهلالية Barchan (البرخان) ليبلغ ١٢٢,٠٠٠ كيلوجرام/متر عرض/ سنويا [Ibid, p.6].

هذا وتحرك الكثبان الرملية بسرعة خطيرة بالمنطقة إذ يتراوح معدل حركتها السنوى بين ١٠ و ١٥ متر/سنويا فى البرخان، وبين ٨ و ١٢ متر/سنويا فى التكوينات الرملية التى تتخللها البقع النباتية [Ibid, p.7]. وتتبع حركة الكثبان بالمنطقة إتجاه الرياح السائدة الشمالية إلى الشمالية الغربية، ولذا غالبا ما تكون الحركة فى اتجاه الجنوب الشرقى معظم شهور السنة. ويندر أن يكون إتجاه حركتها من الجنوب الشرقى إلى الشمال الغربى إذ يرتبط ذلك بهبوب الرياح الجنوبية التى تتميز بقلّة تكرار هبوبها فى المنطقة كما سيتضح فيما بعد. ومما يذكر أن الكثبان القبابية والبرخان تتميز بخلوها تماما من النبات الطبيعى نتيجة لحركتها الديناميكية المستمرة مما يجعلها أهم التكوينات الرملية تأثيرا فى تلوث الهواء بالمنطقة مقارنة بالفرشات الرملية التى يتخللها أحيانا بعض البقع النباتية.

وقد أتضح فى دراسة عن حركة الرمال بنفود الجافورا [Abolkhair, 1981] أن عملية سفى الرمال تحدث فى إتجاه عام من جهة الشمال والشمال الغربى نحو الجنوب حيث تقع العديد من المدن مثل مدينتى الظهران والـهفوف، مما يزيد من أهميتها كمصدر أساسى للجزئيات العالقة بالهواء التى تقل حجم حبيباتها عن ٠,١ ملليمترا. وقد أثبتت ذات الدراسة أن سرعة الرياح اللازمة

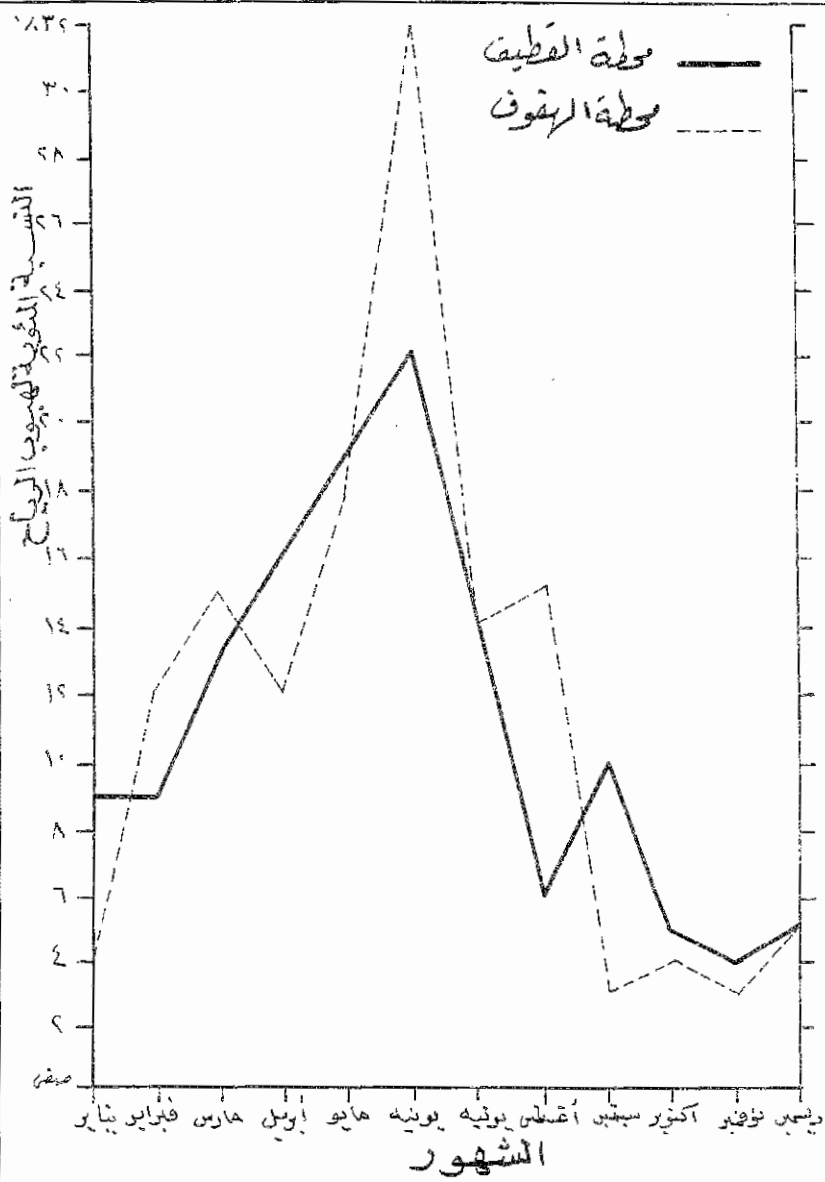
لبدء عملية سفى الرمال فى هذه النفود تبلغ ٥,٣ متراً/الثانية. ومن الجدير بالذكر أن النسبة المئوية لتكرار هبوب هذه الرياح ^(١) (التي تزيد سرعتها عن ٥,٣ متر/الثانية) تبلغ أقصاها فى شهر يونية فى محطات الرصد المناخى بالقطيف والهفوف حيث تصل نسبتها إلى ٣٢% و ٢٢% من تكرار هبوب الرياح على كل منهما. وتنشط عملية سفى الرمال بالمنطقة خلال الفترة من شهر فبراير إلى شهر أغسطس حيث يكثر هبوب هذه الرياح لتتراوح النسبة المئوية لتكرارها بين ١٢% و ٣٢% فى محطة القطيف، وبين ٩ و ٢٢% فى محطة الهفوف (شكل - ٤).

هذا وتختلف سرعة الرياح اللازمة لبدء عملية سفى الرمال باختلاف حجم حبيبات الرمال ذاتها (جدول ١-^(٢)) حيث تقل سرعتها فى نفود الدهناء فى حالة الحبيبات الدقيقة لتتراوح بين ٤,٥ و ٦,٧ متر/الثانية، بينما ترتفع إلى ١٣ متراً/الثانية تقريباً فى حالة الحبيبات الخشنة. ويؤدى أيضاً ارتفاع سرعة الرياح إلى زيادة سرعة هجرة الكثبان الرملية فى نفود الجافورا حيث تبلغ سرعتها ٠,٨٩٦ سنتيمتراً/الساعة فى ظل رياح متوسط سرعتها ٥,٥ متراً/الثانية. بينما ترتفع لتصل إلى ١١ سنتيمتراً/الساعة فى ظل رياح متوسط سرعتها ١٥ متراً/الثانية. [Ibid, 1981. p.161].

وترتفع كمية الرمال التي تحملها الرياح فى أثناء ارتفاع سرعة الرياح (جدول ١) لتبلغ ٦,٣ كيلوجرام/متر/الساعة حينما تبلغ سرعة الرياح ٥,٨ متراً/الثانية، وتصل كميتها إلى ١٥٧,٥ كيلوجرام/متر/الساعة عندما تبلغ سرعة الرياح ١٦ متراً/الثانية. [Ibid, 1981. p.119].

^(١) الرياح الحرجة اللازمة لبدء عملية سفى الرمال فى منطقة الدراسة.

^(٢) تم وضع جميع الجداول فى الملحق.



شكل (٤) معدل التكرارات النسبية لهبوب الرياح المخرجة

ومما يزيد من خطورة عمليتي سقى وزحف الرمال حدوثهما إلى الغرب مباشرة من السهل الساحلى حيث أكبر الكثافات السكانية وأهم المدن مثل مدينة الدمام العاصمة الإدارية للمنطقة ومدينة الجبيل أكثر المدن السعودية أهمية من الناحية الصناعية وغيرهما (شكل - ٣) ^(١) ويرجع ذلك إلى إمتداد نفود البياض/الجافورا فى شكل طولى موازى مباشرة للسهل الساحلى، فضلاً عن كون الرياح السائدة شمالية إلى شمالية غربية، مما يترتب عليه تلوث هواء هذه المدن الساحلية بالرمل والأتربة. كما تمتد آثاره المدمره إلى منشأتها الحيوية. وقد أثبتت بعض الدراسات [آل سعود، سنة ١٩٨٦] أن عملية سقى الرمال فى نفود الجافورا تهدد المنشآت البترولية فى مدينة بقيق وتصل آثارها أيضاً إلى مدينتى الدمام والظهران.

كما اتضح فى دراسة أخرى أن واحة الإحصاء الزراعية ^(٢) تفقد سنوياً حوالى عشرين هكتاراً من الأراضى الزراعية [رجب، سنة ١٩٨٧، ص ٤]. حيث تقع واحة الإحصاء وعاصمتها الهفوف محاطة بالفرشات الرملية المتحركة إذ تحاصرها نفود الجافورا شرقاً ورمل صحراء النفود شمالاً (خارج حدود منطقة الدراسة) والكتل الجبلية التى تتخللها الكثبان الرملية وكذلك نفود الدهناء غرباً وصحراء الربع الخالى جنوباً. وقد صاحب مورفولوجية هذا الموقع الجغرافى للواحة تعرضها لعواصف السموم التى تهب من صحراء الربع الخالى فى الربيع وأوئل الصيف، ومن ثم تؤدى إلى هلاك المزروعات الحساسة فضلاً عن نباتات

^(١) يقع فى السهل الساحلى حوالى (٦٥%) من مدن المنطقة.

^(٢) هى أكبر واحة فى شبه الجزيرة العربية وأقدمها من حيث الاستقرار البشرى والحضارى وتعتبر أكبر مراكز الثقل الزراعى فى المنطقة حيث يوجد بها أكبر مشروع للرى والصرف (فى السعودية) معتمداً على مياه العيون [رجب، سنة ١٩٨٧، ص ١]. وتبلغ كثافتها السكانية ٢٦ نسمة/كيلومتر المربع [الجدان، سنة ١٩٨٤، ص ٨٢]، وتضم أربع مدناً (مدينة الهفوف عاصمتها) بالإضافة إلى ثمانى وخمسين قرية [الشريف، سنة ١٩٨٤، ص ١٢٥]. وتبلغ مساحة إمارة الأحساء ٩٠٣٠ كيلومتراً مربعاً، تشغل الواحة ٣٠٠ كيلومتراً مربعاً منها. وتصل مساحة الأراضى الزراعية والقابلة للزراعة فى هذه الواحة عشرين ألف هكتاراً تتناقص باستمرار بسبب زحف الرمال عليها [رجب، سنة ١٩٨٧، ص ٢].

المراعى على أطراف الواحة. كما تتعرض للعواصف الرملية التى تحدث فى أعقاب زحف الكتل الهوائية القطبية القارية التى تتحرك صوب المنطقة شتاءً، وكذلك العواصف التى تحدث فى أعقاب مرور المنخفضات الجوية الشتوية.

ومن الجدير بالذكر، أن مدن المنطقة تتأثر بعامل القرب من الصحراء حيث تعتبر المدن الصحراوية عائقاً أمام حركة الرياح العنبرية مما يقلل من سرعتها. وحينئذ تبدأ الرياح فى عملية ترسيب حمولتها من الأتربة والرمال الدقيقة العالقة على مداخل هذه المدن.

وهكذا تتجمع حول المدن الصحراوية بمرور الوقت أكوام رسوبية دقيقة تصبح مصدراً دائماً لإمدادها بالغبار فى أثناء زيادة سرعة الرياح ونشاط الدوامات الترابية صيفاً وربيعاً فى المنطقة. وتتوقف عمليات تغذية هواء المدن بالغبار على اتجاه الرياح السائدة وتعامد محاور الشوارع وفتحاتها على الصحراء المجاورة [مصيلحى، سنة ١٩٨٦، ص ١٣٦].

ويغطى معظم سطح المنطقة تكوينات الزمن الرابع التى تتمثل إلى جانب الرواسب الرملية (التي تغلب على التكوينات السطحية بالمنطقة) فى الإرسابات الطميية فى بطون الأودية. ويحتل وادى الباطن أهم وديان المنطقة إذ يبلغ طوله حوالى ٤٢٥ كيلومترا من طرف نفود الدهناء حتى منطقة الزبير بالساعات [الشريف، سنة ١٩٨٤، ص ٨٧]. هذا بالإضافة إلى وادى السهباء الذى يبلغ طوله حوالى ٤٠٠ كيلومترا بما فى ذلك الاجزاء المغمورة تحت نفود الجافورا [المصدر السابق ص ٨٩]. وتغطى بطون هذه الأودية إرسابات طميية تتكون من طين ورمل وحصباء فى صورة غير متماسكة.

وتنتشر القشرات الصحراوية أيضا فى مساحات متفرقة من المنطقة وتبدو هذه القشرات الصحراوية فى صورة غطاء سطحي من حجر الكلس الرملى الصلب فوق الأصل الصخرى. وترجع فى نشأتها إلى ذوبان الأملاح وصعودها إلى السطح مع حركة المياه الجوفية بفعل الجاذبية الشعرية والتى سرعان ما تتبخر تحت ظروف الحرارة المرتفعة بالمنطقة [البناء، سنة ١٩٧٠، ص ٢٩٨].

وتعاني التربة في المنطقة من ارتفاع نسبة الملوحة نتيجة لكثافة عملية الري بمياه مرتفعة الملوحة أصلاً، فضلاً عن سرعة تبخر المياه وتراكم الأملاح. ويقدر على سبيل المثال ما يضاف من الأملاح لتربة واحة الإحساء ما بين ٤٠ و ٦٠ طن/هكتار/سنوات (الجنداني، سنة ١٩٨٤، ص ٤٨). ويستدل من ذلك على انتشار الأراضي الجرداء التي تغطيها المفتتات السائبة الرملية والملحية التي يسهل تآكلها بفعل الرياح لتصبح مصدراً متجدداً في المنطقة لتلوث الهواء بالجزيئات الصلبة.

(٢) نطاق السهول:

يمتد نطاق السهول بين ساحل الخليج العربي شرقاً وخط كنتور ٢٥٠ متراً غرباً الذي يمثل حافة هضبة الصمان. ويتميز هذا النطاق بانخفاض العام وقلّة التضاريس. وتبلغ مساحته نحو ٣٠ ألف كيلومتر مربع (محسوب، سنة ١٩٩١، ص ٢٩٤)، ويشمل السهول الساحلية والسهول الداخلية. وتشرف السهول الساحلية على الخليج العربي بطول يبلغ حوالي ٥٠٠ كيلومتراً من رأس الخفجي شمالاً إلى دوحة سلوة جنوباً بين دائرتي عرض ٢٤ ٤٠ و ٢٨ ٢٠ شمالاً. ويتباين إتساعها وفقاً لمدى زحف رمال الجافورا نحو خط الساحل حيث يبلغ أقصى إتساع لها شمال مدينة الجبيل ليصل حوالي ٣٦٠ كيلومتراً عند رأس السفانية ويتدنى إتساعها ليبلغ حوالي ٦٥ كيلومتراً عند دوحة سلوة جنوباً (خريطة وزارة المالية والاقتصاد الوطني رقم (٢٠٧)ب) سنة ١٩٥٧ و (٢٠٨)ب) سنة ١٩٥٨].

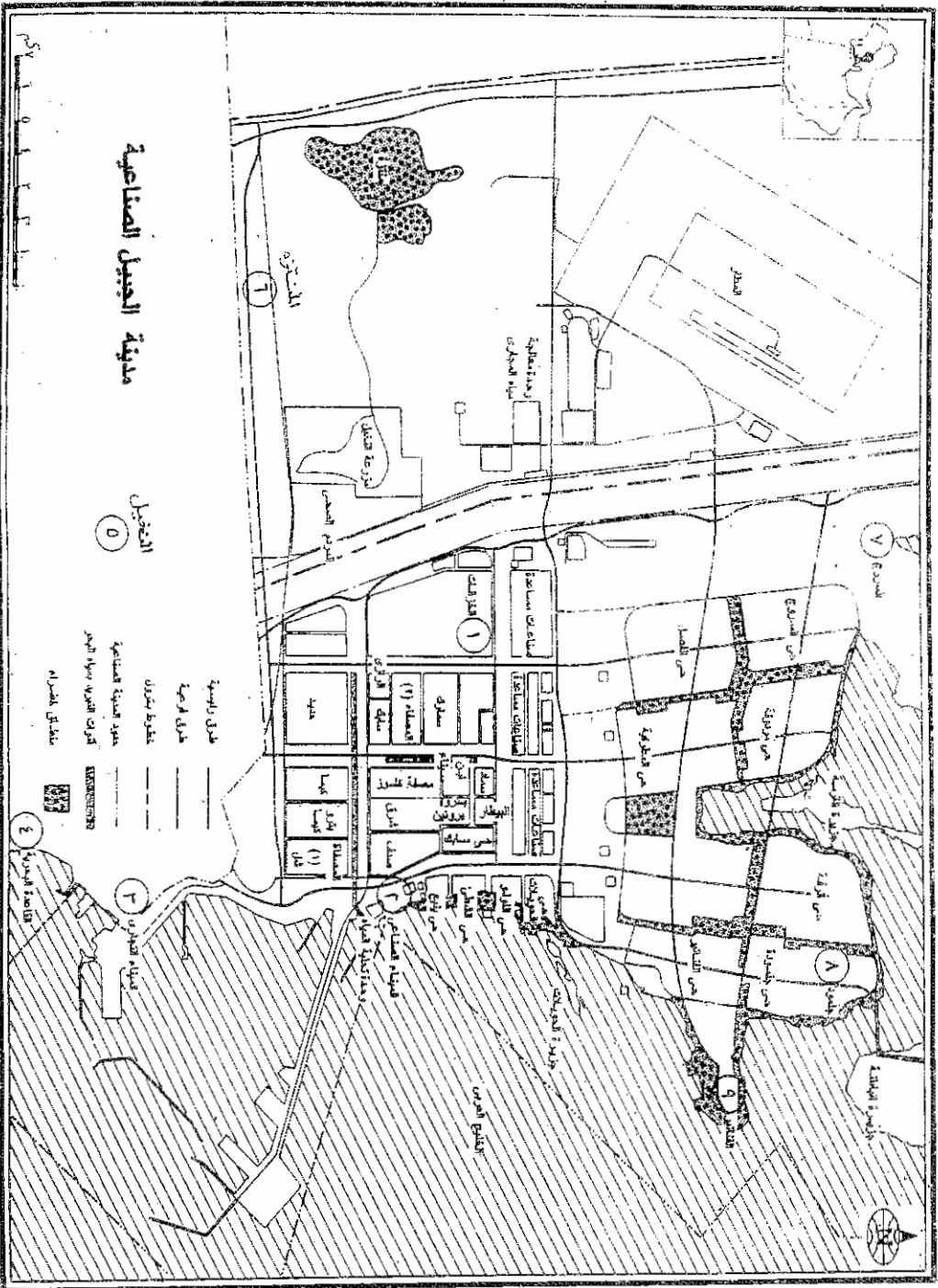
وتتميز هذه السهول بانخفاض مناسيبها إذ لا تتجاوز ١٠٠ متراً تقريباً (شكل-٣). ويغلب عليها طابع الإستواء وتنتشر فيها الكثبان الرملية والنباك التي تنمو بها الحشائش القصيرة المنفرقة. وتنتشر بسبب انخفاض السطح السبخات التي تتميز بإتساعها بالقرب من الساحل فيما بين مدينتي الجبيل والقطيف ومن أكبرها سبخة الرياس وسبخة الضبية وسبخة الخيضرية وسبخة دنان وسبخة آل عبدالله وغيرها (شكل-٣). وتتكون رواسب هذه السبخات من

الرمال والطين وتتميز بارتفاع نسبة الملوحة بسبب ندرة المطر وشدة التبخر فى ظل إرتفاع الحرارة معظم شهور السنة مما يؤدى إلى تراكم المتبخرات **Evaporates** والمعادن والأملاح فوق سطحها الجاف لتصبح ضمن المفتتات السائبة التى تذررها الرياح فى صورة جزئيات صلبة يحملها الهواء.

وتنتشر سهول المد **Tidal Plains** والمستنقعات **Swamps** بنوعيهما - اللاجونات الساحلية والمستنقعات الداخلية - فى مساحات متفرقة من نطاق السهول الساحلية خاصة شمالى مدينة الجبيل الصناعية إذ ينخفض منسوب السطح إلى أقل من خمسة أمتار حول ساحل الخليج العربى الشمالى حيث تقع محطتى السروج وجمودة للرصد البيئى (شكل - ٥). وتتخلل سهول المد بعض التلال **Hills** التى يتراوح إرتفاعها بين ٢٠ و ٣٠ متراً كما هو الحال فى شرق وجنوب محطة السروج وتنتشر كذلك بعض النباتات الشجيرية الخفيفة بالقرب من محطة جمودة.

ومما يذكر أن المستنقعات بنوعيهما تعد مصدراً طبيعياً لانبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين أحد الملوثات الخطيرة للهواء بالمنطقة. وينعكس ذلك بوضوح فى إرتفاع تركيز هذا الغاز السام فى هاتين المحطتين بسبب إنخفاض السطح حيثما يهبط ويتراكم نتيجة لارتفاع كثافته مقارنة بالهواء. وتختلف درجة التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين تبعاً لإختلاف الظروف المناخية، إذ ترتفع خلال شهور الفصل الحار حينما تنشط عمليات التحلل الطبيعى **Natural Decay Process** فى المياه الراكدة بالمستنقعات فى نطاق السهول.

هذا وتكثر الكثبان الرملية المتحركة فى نطاق السهول الساحلية حيث تقع محطتى النخيل والمنزرة (شكل - ٥). إذ تحاط محطة النخيل بكثبان رملية متحركة يتراوح ارتفاعها بين ثلاثة وخمسة أمتار. وتؤدى عمليتى سفى الرمال وزحف الكثبان إلى تغطية الطرق المؤدية إليها فيتعذر فى كثير من الأحيان متابعة عمليات الرصد. وقد انتهى الأمر بتوقف عمليات الرصد تماماً فى هذه المحطة منذ عام ١٩٨٣. ويتجه السطح إلى الارتفاع الطفيف نحو الداخل حيث محطة المنزرة



مدينة الجبيل الصناعية

الجبيل (٥)

- طريق رئيسية
- طريق فرعية
- خط سكة حديد
- مناطق صناعية
- مناطق سكنية
- مناطق تجارية
- مناطق ترفيهية
- مناطق تعليمية
- مناطق صحية
- مناطق أمنية
- مناطق عسكرية
- مناطق دينية
- مناطق ثقافية
- مناطق رياضية
- مناطق ترفيهية
- مناطق تعليمية
- مناطق صحية
- مناطق أمنية
- مناطق عسكرية
- مناطق دينية
- مناطق ثقافية
- مناطق رياضية

التي تقع على ارتفاع حوالى ثلاثة وعشرين مترا. وبالرغم من ذلك تعاني أحيانا من عملية سفى الرمال التي تؤدي إلى اغلاق الطريق المؤدى إليها. مما يستلزم أخذ بعض الاحتياطات للحيلولة دون توقف عمليات الرصد. ومما لا شك فيه أن إنتشار الكتبان الرملية وما يرتبط بها من عمليتي سفى الرمال وزحف الكتبان يؤدي إلى إرتفاع تركيز الجسيمات العالقة الصلبة فى نطاق السهول الساحلية خاصة حيثما تقع محطة المنتزة الداخلية كما سيتضح فيما بعد.

ويساعد انحدار السهول الساحلية إنحدارا بطيئا نحو الشرق (أقل من درجة واحدة فى معظم أجزائه، [محسوب، سنة ١٩٩١ . ص ٢٩٤] - حيث تقع معظم المدن والمناطق الصناعية - على سهولة إنتقال ملوثات الهواء بين مدن المنطقة على طول خط الساحل. كما يسهل استقبالها لملوثات الهواء من خارج الحدود السعودية. ويعتبر تلوث الهواء بغاز الأوزون - أخطر ملوثات الهواء بالمنطقة - أوضح الأمثلة على ذلك. إذ تعاني المنطقة من إرتفاع درجة التلوث بغاز الأوزون الذى يتكون كيميائياً خارج الحدود لينتقل مع نسيم البحر القادم من الخليج الى المنطقة فيما يعرف بظاهرة الاوزون البحرى^(١)

ولا تختلف السهول الداخلية التى تعرف بسهول الحسا عن تلك السهول الساحلية إذ لا يتجاوز إرتفاعها مائتى متر (شكل-٣). وتمتد محصورة بين نفود الجافورا شرقا ونطاق الهضاب غرباً. وتنتشر هنا التكوينات الرملية بأشكالها المختلفة ويقل إتساع السبخات مقارنة بمثيلاتها فى السهول الساحلية. وتظهر هذه السبخات الداخلية فى المناطق التى تتوازن فيها الترسيب الهوائى والتدريسة ويتحكم فيها مستوى المياه الجوفية، ومن أمثلتها سبخة رامدان وسبخة القفيلة وسبخة مريقب إلى الشرق من مدينة الهفوف (شكل-٣).

^(١) ستدرس هذه الظاهرة بالتفصيل فى الفصل الثامن.

(٣) نطاق الهضاب:

يمتد نطاق الهضاب بين خطي كنتور ٢٥٠-٥٠٠ متراً محصوراً بين السهول شرقاً ونفود الدهناء غرباً ويضم هضبتى الدبدبة والصمان. وتمثل هضبة الدبدبة الطرف الشمالى للمنطقة وتمتد بين دائرتى عرض ٢٨ و ٢٩ درجة شمالاً. ويتراوح ارتفاعها بين ٢٠٠ و ٤٠٠ متراً وانحدارها العام نحو الشرق والشمال. وتمتد هضبة الصمان فى صورة قوس يبلغ طوله ٤٠٠ كيلومتراً بمتوسط اتساع حوالى ١٦٠ كيلومتراً [الشريف، سنة ١٩٨٤، ص ٥٤]. وتنتشر فى هضبة الصمان الظواهر الكارستية إذ أن صخورها جيرية ترجع إلى عصر الميوسين [جودة، سنة ١٩٨٩، ص ٤٩]. وتعتبر "بالوعات الإذابة" من أشهر الظواهر الكارستية بالهضبة وهى عبارة عن حفر وفجوات ناتجة عن فعل الإذابة بواسطة مياه المطر ويطلق عليها محلياً اسم الدحول (مفردها دحل). وتكثر هذه الدحول فى شمال الهضبة حيث يصيبها قدراً أكبر من مياه المطر مقارنة بجنوبها الذى تكثر فيه التلال الصخرية. ويتراوح ارتفاع هذه الهضبة بين ٥٠٠ متراً فى طرفها الغربى والجنوب الغربى و ٢٥٠ متراً فى طرفها الشرقى (شكل-٣).

ويلعب الارتفاع النسبى فى مناسيب هذا النطاق الهضبى دوراً سلبياً وآخر إيجابياً فيما يتعلق بتلوث الهواء بالمنطقة. ويكمن الدور السلبى فى حصر ملوثات الهواء الناتجة عن النشاط الصناعى بالمدن الساحلية فى نطاق السهول شرقاً فيحول دون توزيعها وإنتشارها على نطاق أوسع. ويتبع ذلك ارتفاع تركيزها بالمدن الساحلية التى تتمتع بأكبر كثافة سكانية، فتزيد درجة خطورتها على صحة السكان. بينما يكمن الدور الإيجابى فى كونها تحد نسبياً من سرعة انتقال الملوثات الصلبة من رمال نفود الدهناء غرباً إلى المدن الساحلية شرقاً فيتبع ذلك إنكماش فى تأثير نفود الدهناء فيما يتعلق بالتلوث بالجسيمات الدقيقة العالقة. وتعد نفود الجافورا لهذا السبب عاملاً أكثر تأثيراً وأهمية - مقارنة بنفود الدهناء - فى مشكلة التلوث بالجسيمات العالقة بأحجامها المختلفة حيث تمتد طولياً (بمحازاة أهم مدن المنطقة من جهة الغرب) من ميناء الجبيل شمالاً فى

صورة عروق رملية خفيفة يزيد اتساعها جنوباً لتصبح كلسان لرمال صحراء
الرياح الخالي في اتجاه مدينة الهفوف كما تتميز بانحدارها العام جهة الشمال
والشرق ليلبلغ حوالى ١٥٠ متراً بالقرب من مدينة الهفوف غرباً ويتدنى إلى أقل
من مائة متر بمحاذاة ساحل الخليج العربى شرقاً.

وهكذا يسمح إنخفاض السطح فى نطاق السهول بتوغل نسيم البحر
القادم من الخليج العربى إلى الأراضى الداخلية بالمنطقة فيؤدى إلى ارتفاع
معدلات الرطوبة النسبية حتى فى أكثر شهور السنة حرارة. ويساعد ذلك على
حدوث العديد من التفاعلات الكيميائية بين الملوثات الغازية وإنتاج أخرى جديدة
أكثر خطورة على صحة سكان المنطقة. وتسمح فى ذات الوقت بسهولة إنتقال
الملوثات الغازية من خارج الحدود السعودية إلى المنطقة كما هو الحال بالنسبة
للتلوث بغاز الأوزون البحرى المنقول عبر الخليج العربى.

ويقوم النطاق الهضبي بدور السد الذى يحول دون توغل جزء كبيراً من
رمال نفود الدهناء إلى النطاق الساحلى حيثما تقع أغلب مدن المنطقة ويعيش
معظم سكانها.

ويقصر بذلك المصدر الطبيعى للتلوث بالجسيمات العالقة على نفود
الجافورا لموقعها الجغرافى وخصائصها المورفولوجية.

ثالثاً: الخريطة النباتية

يعد النبات الطبيعى محصلة العلاقة بين الخصائص المناخية وسمات
التربة والإمكانات الهيدرولوجية لأى منطقة وقد فرض الموقع الفلكى للمنطقة نمط
المطر الصحراوى الذى يتميز بالندرة والتذبذب فى كميته التى لا تكشف إلا لنمو
النذر القليل من النبات الطبيعى.

وتتمو فى المنطقة النباتات المعروفة بالجفافيات Xerophytes التسمى
تتحمل ندرة المياه وارتفاع درجة حرارة الهواء. وتتميز بعض هذه الجفافيات
بأنها نباتات مستديمة Perennial Plants تسعى جاهدة للتكيف مع

الخصائص الهيدرولوجية والمناخية بالمنطقة. ويعتبر نبات الصببر Cactus من أكثرها طولا بسبب قدرته على تخزين الرطوبة في جذوره وسيقانه وأوراقه. وتتحايل أيضا أشجار السنط Acacia وأشجار الطرفساء Tamarisk على ندرة المياه بتفضيل إحتياجاتها المائية والمحافظة على المتاح منها باتخاذها أوراق شوكية وإبرية تثقل النتاج إلى أعلى مستوى ممكن. ويستطيع نبات الحنظل بواسطة جذوره العميقة امتصاص الماء من أعماق التربة ليظل محتفظا بأوراقه الخضراء حتى في موسم الجفاف. وتتميز أنواع أخرى من الجفائيات بضم قدرتها على مقاومة الجفاف فتتخلص دوره نموها خلال الفترات الرطبة فقط وهي النباتات الموسمية Phenomoral Plants. وتتميز هذه النباتات بسرعة نموها خلال موسم المتاح على أنها يمكن أن تغير وجه الصحراء خلال الفترات الرطبة القصيرة ثم ما لبست أن تعاود مسج عسول لظهور الطرفساء النبات، سنة ١٩٧٠، من ص ٣٩٧-٣٩٨.

ويعد التلألؤ الساحلي بالمنطقة أحد المناطق لنمو النباتات الطبيعي حيث الأرض المنخفضة المواجهة للتلألؤ العربي فتتم بالرطوبة النسبية المرتفعة معظم شهور السنة وتختلف من الناحية الذي يتكون ليلا وخلال ساعات الصباح الباكر.

ويعد الثلج من أهم مصادر المياه للنبات في هذه المنطقة إذ يهوض جزء كبير من ندرة مياه المطر. ونمو في سهول المد والمستنقعات وسفوح التلال بعض النباتات الشجرية القصيرة، بالإضافة إلى نمو بعض الشجيرات الملحقة التي تتحمل الملوحة العالية في أراضي السبخات الساحلية والداخلية أيضا في الوطن، سنة ١٩٧٨، ص ١٤٧.

ومما يذكر أن شيوخ الفكنيات الرملية كأهم مظهر مورفولوجي في المنطقة بجانب حركتها السريعة في ضوء شدة الرياح، يعتبر ثاني أكبر التحديات - بعد ندرة المطر - لنمو النباتات الطبيعية. وحيثما ينمو النبات الطبيعي، يصبح عاملاً مثبِتاً للكثبان الرملية مما يحد نسبياً من خطورة عمليات تسمى سقي وزحف

الرمال على المنشآت الحضرية. ويتبع ذلك بالضرورة انخفاض نسبي في كمية الجزيئات الرملية العالقة بالهواء.

وهكذا فقد فرصت ندرة المطر الصحراوي بالمنطقة فقراً في الحياة النباتية، وحصرتها في نوع الجفافيات التي تتحمل شح المطر وتذبذبه.

وساهمت مورفولوجية المنطقة وشيوع التكوينات الرملية من نفود الجافورا ونفود الدهناء وصحراء الربع الخالي في تقلص فرص نمو النباتات الطبيعي لا سيما تحت تأثير عمليتي سفى الرمال وزحفها. وهكذا تفتقد المنطقة للدور الإيجابي للنبات الطبيعي في تثبيت الرمال والحد من آثارها الملوثة للمدن الصحراوية المجاورة.

خلاصة الفصل:

قد حدد الموقع الفلكي والموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة النمط المناخي العام. فضلاً عن دوره الحاسم في صياغة العلاقات المكانية التي فرضت توجهات اقتصادية وعمرانية محددة على سكان المنطقة. وقد أسهمت مورفولوجية المنطقة في توفير ملوثات الهواء الصلبة إذ تنتشر القرشبات الرملية المفككة لتصبح مصدراً للتلوث في أثناء عمليات سقي الرمال وزحف الكثبان. وتلعب نفوذ الجائور الأكبر في هذا التضمير نتيجة لموقعها الجغرافي من المستقرات العمرانية من ناحية، وغصائل رمالها الحبيبية والديناميكية في إطفاس سمرعة الرياح وإتجاهها بالمنطقة من ناحية أخرى.

ويسمح إنخفاض السطح في المناطق الساحلية بسهولة لفصل الملوثات الغبارية من مناطق الجوار خارج الحدود السعودية إلى منطقة الدراسة، بينما يقوم النطاق الهضبي بنور السد الذي يحول دون توغل الملوثات الصلبة من نفوذ الإثناء إلى المدن الساحلية.

وتفتقد المنطقة للدور الإيجابي للنبات الطبيعي في تثبيت الرمال والحصد من انتشار الملوثات الغبارية في المدن خاصة التي تتعمد مداخلها وفتحات شوارعها على الصحراء المجاورة مثل مدينة الهفوف.

الفصل الثاني

فاعليات العناصر الجوية للطقس والمناخ وملوثات الهواء الصلبة

مقدمة

أولاً: درجة حرارة الهواء

ثانياً: ظاهرات الجو المائية

١- الرطوبة النسبية

٢- الضباب

٣- المطر

ثالثاً: الرياح

رابعاً: الطقس والمناخ وتوليد ونشر ملوثات الهواء الصلبة

١- الغبار الساقط

٢- الجسيمات السابحة

خلاصة الفصل



توطئة:-

ويهدف هذا الفصل الى إبراز:

- أبعاد العلاقة المتبادلة بين العناصر المناخية بعضها ببعض.
- دور عناصر المناخ كضوابط لتلوث الهواء وكمصدر طبيعي له ففى ذات الوقت.
- أهم الظواهرات الميترولوجية المؤثرة فى تلوث الهواء.
- تأثير بعض الظواهرات المناخية المحلية مثل نسيم البر والبحر فى مناخ المنطقة وتلوث الهواء.
- مساهمة عناصر الطقس والمناخ فى توليد ونشر ملوثات الهواء الصلبة.

مقدمة :-

يعتبر المناخ أهم العوامل الطبيعية المؤثرة في تلوث الهواء. إذ أن لعناصره فاعلية واضحة في التأثير على ملوثات الهواء من حيث الانتشار والتوزيع والتركيز والتفاعلات الكيميائية والكيميوضوئية. فضلا عن كون بعض عناصره تعد من المصادر الطبيعية لتوليد ملوثات الهواء الصلبة.

وتشرح الأرصاء الجوية العالمية أهمية عناصر المناخ في توزيع ملوثات الهواء إذ نقول: (أيما كان توزيع مراكز التلوث وانتشار الفضلات الملوثة غالبها تنأثر إلى حد كبير باتجاه الرياح ودرجة الحرارة) [لافون، سنة ١٩٧٧م. ص ١٧].

وتعتمد دراسة مناخ المنطقة على بيانات أربع محطات لرصد المناخ (الكبيصة - الفطيف - الظهران - الهفوف) وخمس محطات لرصد المطر (رأس الخفجي - رأس السفانية - رأس تنورة - العقير - سلو) (شكل ٦ وجدول ٢).

ويضاف إليها بيانات تسع محطات لرصد المناخ ونوعية الهواء Air Quality (محطات الرصد البيئي) تتوزع في مدينة الجبيل الصناعية (شكل ٥ وجدول ٣).

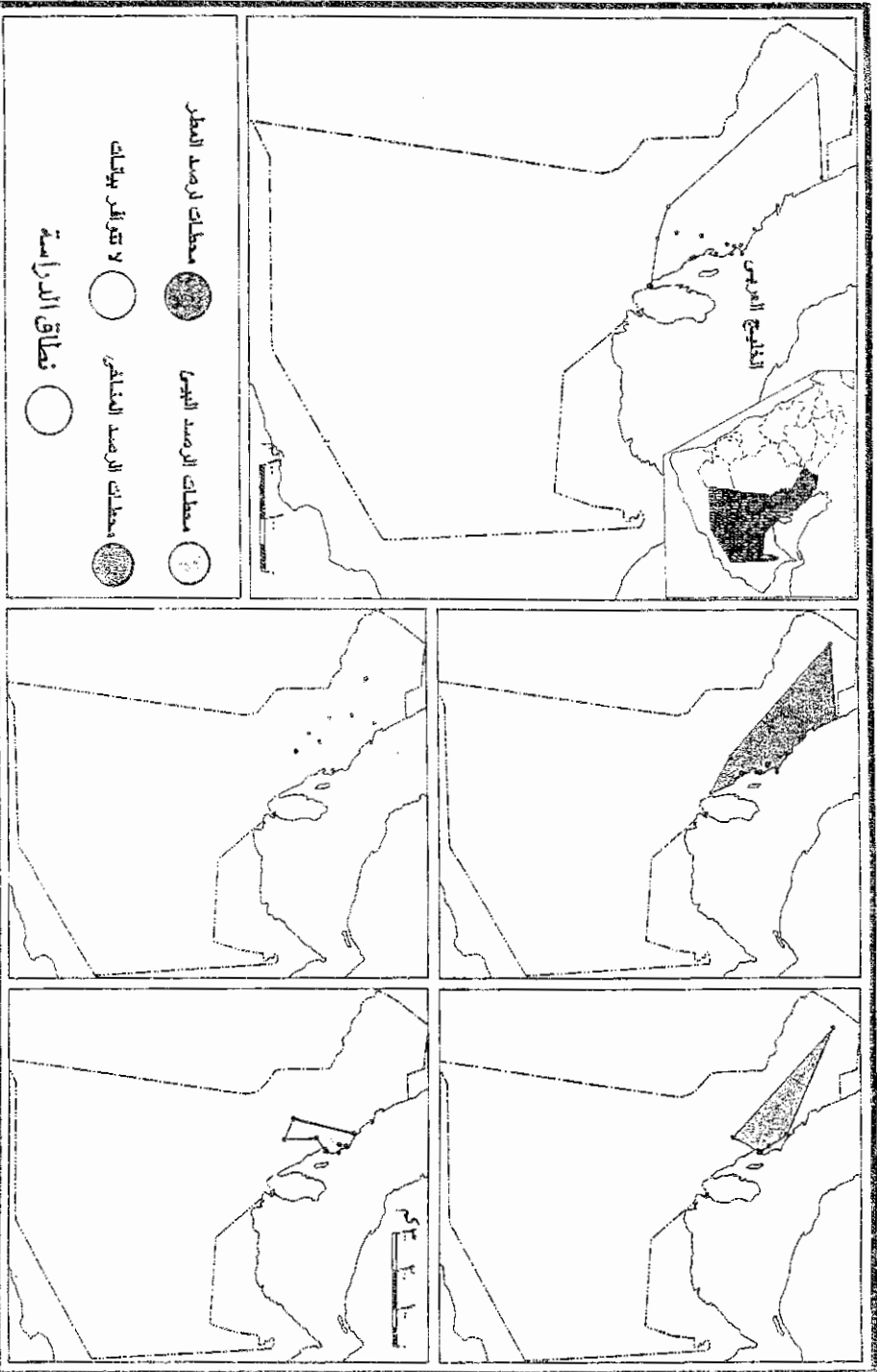
ويمكن دراسة خصائص العناصر المناخية للمنطقة على النحو التالي:

أولاً: درجة حرارة الهواء.

ثانياً: ظاهرات الجو المائية (الرطوبة النسبية - الضباب - المطر).

ثالثاً: الرياح.

رابعاً: الغبار والمناخ وتوليد ونشر ملوثات الهواء الصلبة.



محطات الدراسة في المنطقة الخضراء والبيضاء

شكل ٦

أولاً: درجة حرارة الهواء

تؤثر درجة حرارة الهواء بصورة غير مباشرة في تلوث الهواء، إذ تساعد على سرعة العديد من التفاعلات الكيميائية العضوية وغير العضوية. وهناك مساعدة تؤكد أن كل ارتفاع في درجة حرارة الهواء بمقدار عشر درجات مئوية يؤدي إلى مضاعفة معدلات التفاعل الكيميائي إغرابية وبحيث، سنة ١٩٨٧. ص ٩٩].
وتتحكم أيضا درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض في العديد من الظواهرات الميترولوجية (في طبقات الجو العليا) التي تتحكم بدورها في توزيع ملوثات الهواء رأسيا في طبقات الهواء.

وتتباين درجة حرارة سطح الأرض تبعا لمدة شروق الشمس وكثافة الإشعاع الشمسي Solar Radiation الذي يمثل مصدر الطاقة الحرارية الأرضية Earth's Heat Energy. ومن ثم تنتقل الحرارة من سطح الأرض إلى الهواء المجاور لها، لتصبح درجة حرارة الهواء انعكاسا لما تختسبه الأرض من حرارة بواسطة الإشعاع الشمسي.

واقدر تبع الموقع الفلكي للمنطقة (بين دائرتي عرض ١٦ و ٢٩ درجة شمالا تقريبا) ارتفاع في نصيبها من الإشعاع الشمسي وبالتالي ارتفاع في درجة حرارة الهواء معظم شهور السنة. ويمكن تقسيم السنة وفقا لدرجة حرارة الهواء في المنطقة إلى فصلين:

٢- فصل بارد

١- فصل حار

(١) الفصل الحار:

يمتد الفصل الحار لمدة سبعة شهور تبدأ من شهر إبريل وتنتهي في شهر أكتوبر. وتعكس قيم المتوسطات الشهرية (جدول ٤) ارتفاع درجة حرارة الهواء في مختلف المحطات، حيث تتراوح بين ٢٥ و ٣٦ درجة مئوية.

ويكاد يختلف تأثير الموقع الجغرافي على الخليج العربي فبسي تطييف درجة حرارة الهواء في المحطات الساحلية - بسبب ضيق الخليج العربي كمسطح مائي وضخولته ودفع مياه المدارية - لتتخصص الفروق الحرارية بين المحطات

السااحلية والداخلية فى مدينة الجبيل الصناعية فى ثلاث درجات مئوية فقط. كما تقل الفروق إلى جزء من الدرجة المئوية عند المقارنة بين محطتى القطيف والظهران (سااحلية) ومحطتى القيصومة والهفوف (الداخلية).

ويرتفع متوسط درجة الحرارة العظمى ليتراوح بين ٤٤ درجة مئوية تقريباً فى شهر يوليو (قمة الفصل الحار) و ٣٢ درجة مئوية فى شهر إبريل. وبعد شهر إبريل - فى الواقع - شهراً انتقالياً من الفصل البارد إلى الفصل الحار. لاختلاف خصائصه الحرارية مقارنة بباقي شهور هذا الفصل^(١). إذ يتراوح المتوسط الشهري لدرجة حرارة الهواء فى شهر إبريل بين ٢٤ و ٢٦ درجة مئوية بفارق عشر درجات مئوية عن مثيله فى شهر يوليو (شكل ٧). وينخفض أيضاً متوسط درجة الحرارة الدنيا إلى ١٨ درجة مئوية ودرجة الحرارة الدنيا إلى ٤ درجة مئوية، فى حين لم تنخفض فى الشهور الأخرى للفصل الحار عن ٢٢ درجة مئوية و ١٢ درجة مئوية لكل منهما على التوالى (جدول ٤).

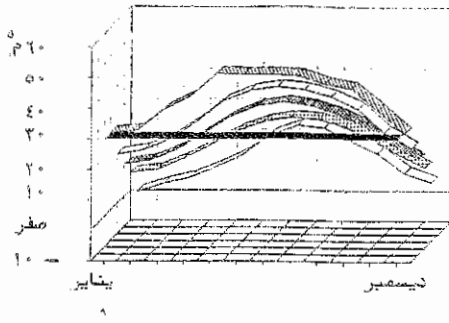
ويمكن اعتبار شهر أكتوبر شهراً انتقالياً أيضاً. إذ تميز خلاله درجة الحرارة نحو الانخفاض الطفيف ليقترّب من الفصل البارد^(٢).

حيث يتراوح خلاله المتوسط الشهري بين ٢٧ و ٢٩ درجة مئوية وينخفض متوسط درجة الحرارة الدنيا ومتوسط درجة الحرارة العظمى إلى ١٨ درجة مئوية و ٣٥ درجة مئوية على التوالى (جدول ٤). بينما ترتفع درجة الحرارة العظمى إرتفاعاً كبيراً خلال شهور هذا الفصل لتصل مثلاً إلى ٥١ درجة مئوية تقريباً فى محطة القطيف السااحلية خلال شهر يوليو (شكل ٧).

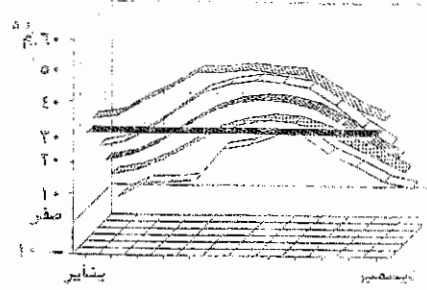
(١) يعد شهر إبريل فصل الربيع القصير فى المنطقة إذ يمثل الفترة الانتقالية من الفصل البارد إلى الفصل الحار.

(٢) يعد شهر أكتوبر فصل الخريف فى المنطقة إذ يمثل الفترة الانتقالية من الفصل الحار إلى الفصل البارد. وهكذا تتميز المنطقة بقصر الفصلين الانتقاليين مثلها مثل سائر مناطق المناخ الصحراوى.

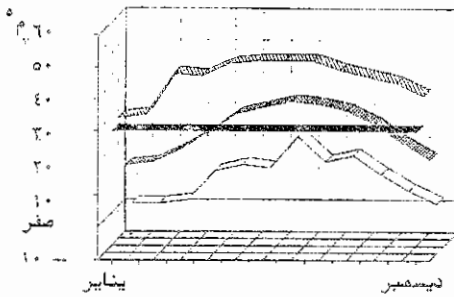
٢- الظهران



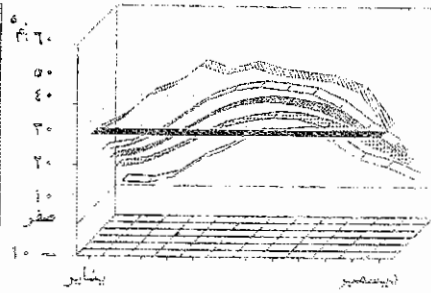
٣- البهوف



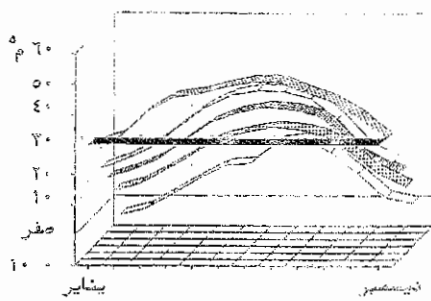
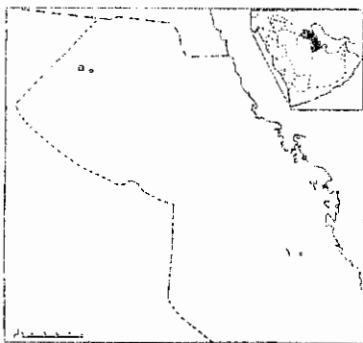
٤- الجبيل



٥- القطيف



٦- القصيمة



معدل المستوى للمنطقة	درجة الحرارة العظمى	معدل درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الدنيا
المعدل الشهري	معدل درجة الحرارة الدنيا		

شكل (٧) خصائص درجة حرارة الهواء في محطات المنطقة

(٢) الفصل البارد:

يمتد الفصل البارد ليعطى الشهور الخمسة الباقية من شهر نوفمبر إلى شهر مارس. وتعكس قيم المتوسط الشهري الانخفاض الطفيف في درجة حرارة الهواء خلال هذا الفصل إذ بلغ أقل متوسط شهري ١٢ درجة مئوية تقريباً في شهر يناير الذي يمثل أكثر الشهور برودة. ويتراوح أيضاً متوسط درجة الحرارة خلال هذا الشهر بين ١٢ و ١٦ درجة مئوية تقريباً (شكل ٧).

ويرتفع متوسط درجة الحرارة الدنيا ليتراوح بين ٦ درجات مئوية خلال شهر يناير بمحطة القيصومة (أكثر محطات المنطقة توغلاً نحو الشمال وأكثرها استقبالية للهواء القطبي البارد شتاءً) ، وبين ١٧ درجة مئوية في محطتي القطيف والظهران خلال شهر نوفمبر (أواخر الخريف). ويرتفع كذلك متوسط درجة الحرارة العظمى ليتراوح بين ١٨ و ٢٩ درجة مئوية (جدول ٤).

وتتعرض المنطقة خلال شهور هذا الفصل لبعض الموجات الحارة. إذ ترتفع درجة الحرارة العظمى في شهر مارس إلى ٤٦ درجة مئوية في أثناء هبوب رياح السموم في مقدمة المنخفضات الجوية. وتهب هذه الرياح من جهة الجنوب من صحراء الربع الخالي فيصل هواء مداري قاري شديد الحرارة ومحملاً بالأتربة والرمال مما يساعد على مزيد من الارتفاع في درجة حرارة الهواء.

وتصل كذلك بعض الموجات الباردة خلال شهر يناير إلى الأطراف الشمالية لمنطقة الدراسة حيثما تقع محطة القيصومة (٢٠ ٢٨ شمالاً و ٧٧ ٤ شرقاً) فتتخفض في هذه الأثناء درجة الحرارة الدنيا إلى ما دون الصفر المئوي. وقد بلغت أقل درجة حرارة دنيا ٤,١ درجة مئوية تحت الصفر في شهر يناير سنة ١٩٧٨م في محطة القيصومة.

وبلغت أيضاً أقل درجة حرارة دنيا في شهر فبراير درجتين مئويتين تحت الصفر، و ٠,٢ درجة مئوية تحت الصفر في شهر ديسمبر لذات المحطة. وبعد شهر يناير أكثر الشهور برودة حين تسجل غالباً أقل درجات الحرارة الدنيا في المنطقة. كما أنه الشهر الوحيد الذي تنخفض فيه درجة الحرارة إلى ما دون

الصحراء المنوي في محطة الهفوف (محطة داخلية تقع عند دائرة عرض ٣٠° ٢٥ شمالاً وخط طول ٣٤° ٤٩ شرقاً)، بينما ترتفع فوق الصحراء المنوي خلال شهري ديسمبر وفبراير.

وتشير درجة الحرارة الدنيا في المحطات الساحلية^(١) (الظهران - القطيف - وبعض محطات الجبيل) إلى بعض الارتفاع النسبي حين تبقى فوق مستوى التجمد خلال شهور هذا الفصل كنتيجة مباشرة لتأثيرها بدفع مياه الخليج العربي التي لا ينخفض متوسط درجة مئوية حرارتها عن ٢١ درجة مئوية خلال شهر يناير [شرف، سنة ١٩٨٠ ص ١٨٩]. ويتراوح المتوسط السنوي بين ٢٥,٨ درجة مئوية في المحطات الساحلية وبين ٢٤,٢ درجة في الأخرى الداخلية (شكل ٨).

وهكذا يمكن الحكم على مناخ المنطقة بأنه مناخ حار وفق تحديد تروارثا Trewartha للأقاليم المناخية [Trewartha, 1980 . p.349] إذ يرتفع المتوسط الشهري لأكثر من عشر درجات مئوية خلال ثمانية شهور في سائر المحطات (شكل ٧).

وتتميز منطقة الدراسة بارتفاع المدى الحراري السنوي Annual Range . ويرجع ذلك إلى تعرضها لتأثير الضغط المرتفع الاسيوي الذي يتبعه وصول الهواء القطبي القاري شتاءً . كما تخضع صيفاً لتأثير النفوذ الصحراوي

^(١) بمقارنة درجة الحرارة الدنيا بالخطات الساحلية بالمنطقة مع مثيلاتها في محطة جدة السعودية على ساحل البحر الأحمر نجد أنها لم تنخفض في محطة جدة (سنة ١٩٦٦ - سنة ١٩٧٩م) عن ١١,٤ درجة مئوية. ويوصف لهذا مناخ جدة بأنه معتدل شتاءً، بينما يوصف المناخ هنا بأنه بارد [فنايد، سنة ١٩٨٢ ص ٢٩٦]. ونحن نقارن أيضاً مناخ محطة الهفوف الداخلية بمحطة الرياض السعودية (في نفس دوائر العرض تقريباً) فيها أكثر برودة من محطة الرياض التي لم تنخفض فيها درجة الحرارة الدنيا إلى مادون الصفر المنوي (سنة ١٩٧٦ - سنة ١٩٨٨م) [وزارة المالية والاقتصاد الوطني، الكتاب الإحصائي للفترة سنة ١٩٧٦ - سنة ١٩٨٨م].

بهبائه القارى الحار^(١). ويتراوح معدل المدى الحرارى السنوى فى المحطتين الساحليتين ومحطات الجبيل بين ١٩ و ٢٢ درجة مئوية. ويرتفع لأكثر من ذلك فى المحطتين الداخليتين ليتراوح بين ٢٠ و ٢٥ درجة مئوية، ويتفوق بذلك عن معدل المدى الحرارى السنوى للمنطقة (شكل ٩). ويعكس ذلك شدة قارية مناخ المنطقة حتى بالنسبة لمحطاتها الساحلية حيث يتجاوز المدى الحرارى السنوى ٢٠ درجة مئوية لتشبه مثيلاتها فى المناطق القارية^(٢) [شرف، سنة ١٩٨٥، ص ٤٦٨].

وتظهر قارية مناخ المنطقة بوضوح عند حساب درجة القارية التى يبلغ متوسطها ٦.١ و ٦.٥ و ١٣.٣ و ١٥.٥ لمحطات القيصومة والهفوف والقطيف والظهران وتتراوح بين ١٠ و ١٥. وبما أن علامة الصفر تعنى شدة القارية فبإن محطة القيصومة أكثرها قارية ومحطة الظهران أقلها (شكل ١٠)^(٣).

^(١) ويرتفع أيضا المدى الحرارى اليومي فى المنطقة بسبب صفاء السماء وقلة السحب والغيوم وارتفاع كثافة الأشعة الشمسية وندرة الغطاء النباتى فتسخن بسرعة فئارا. ووفقا للقوانين الفيزيائية فإن الاجسام التى تسخن بسرعة تبرد أيضا بسرعة ويتم ذلك عن طريق الاشعاع الارضى ليلا.

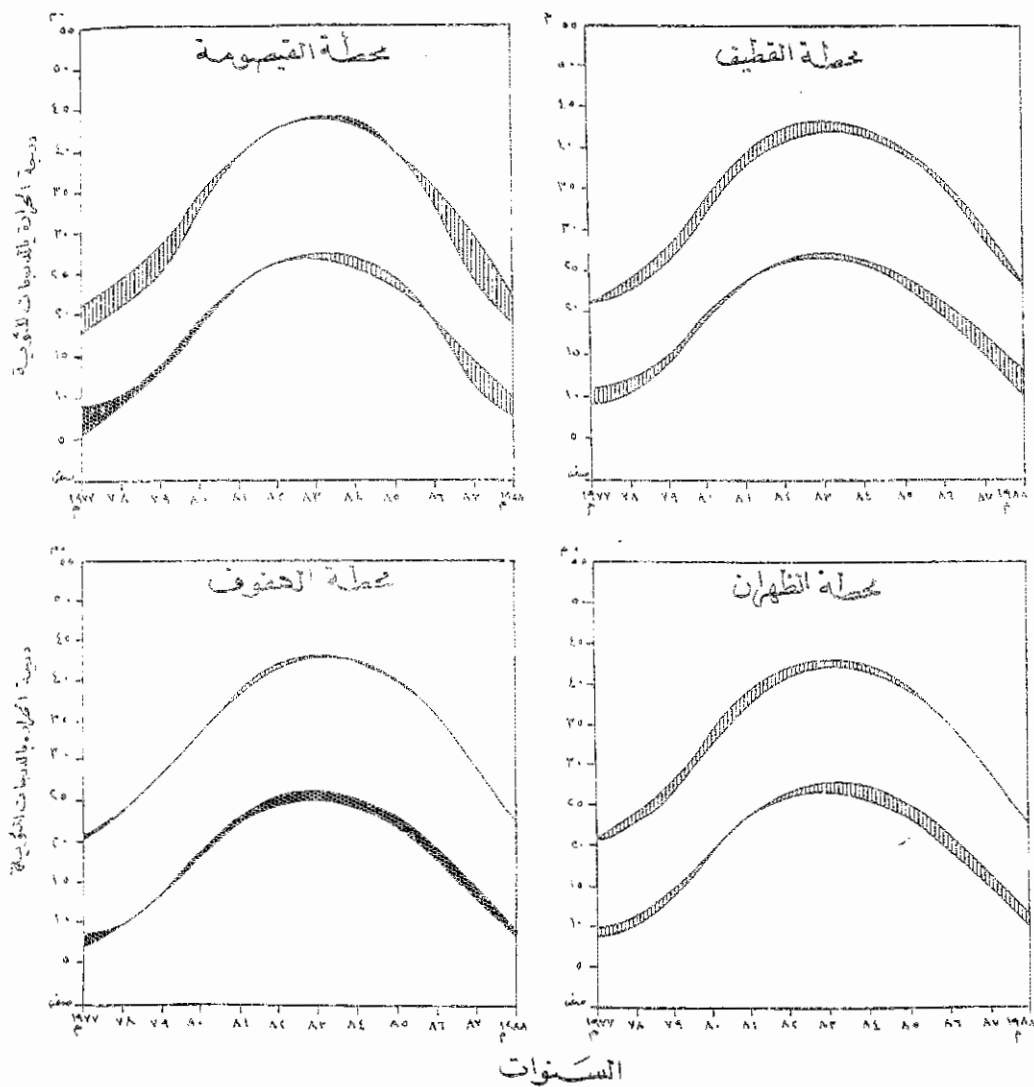
^(٢) كما هو الحال فى محطتى الرياض وحائل بالسعودية حيث بلغ متوسط المدى الحرارى السنوى ١٩ و ٢ لكل منهما على التوالى (سنة ١٩٦٧ - سنة ١٩٧٩) [الشرف، سنة ١٩٨٤ ص ٦٤-٦٧].

^(٣) الفرق بين متوسط درجة حرارة شهر اكتوبر وشهر ابريل بالدرجات المثوية

درجة القارية = $\frac{\text{الفرق}}{100} \times 100$

المدى الحرارى السنوى لدرجة حرارة الهواء بالدرجات المثوية

وتشير درجة القارية Continental Degree إلى أن مناخ المحطات الساحلية بالمنطقة شديد القارية مقارنة بمثيله فى عديتى الاسكندرية المصرية وبيروت اللبنانية حيث تبلغ ٤٢ و ٣٨ لكل منهما بمسانتوى [عبدالحكيم، سنة ١٩٧٩، ص ٨٠-٨١]. وتقرب درجة القارية فى سائر محطات الدراسة من درجة القارية فى بعض المدن الداخلية مثل مدينتى اسبوط والنيا (جمهورية مصر العربية) حيث تبلغ ٩ و ١٤ فى كل منهما على التوالى [إسماعيل، سنة ١٩٦٩، ص ١٣٤].



تطابق المدى الحرارى لمحطة والمنطقة

 تفوق المدى الحرارى للمنطقة

 تفوق المدى الحرارى للمحطة

شكل (٩) معدل المدى الحرارى السنوى

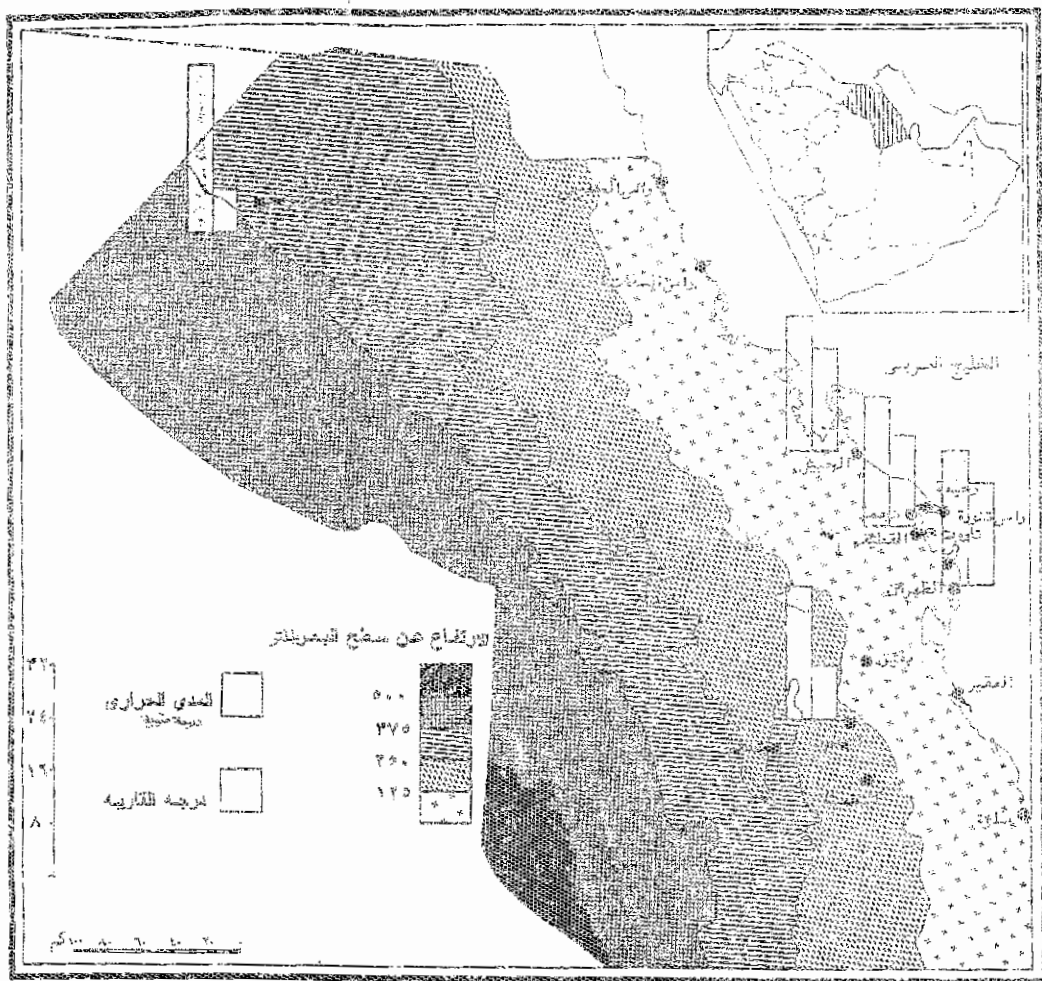
ويمكن تحديد درجة تأثير عامل الجوار من الخليج العربي في التطرف الحرارى بالمنطقة من خلال تحديد العلاقة بين البعد عن الساحل وكل من درجة القارية والمدى الحرارى السنوى. حيث يتضح زيادة القارية بمعدل ١,٧ ويرتفع المدى الحرارى السنوى بمعدل ٢,١ درجة مئوية لكل ١٠ كيلومتر بعداً عن الساحل. ويكاد يختفى تأثير عامل التضرس في الحد - جزئياً - من التطرف الحرارى وكذا المدى الحرارى السنوى. وتعتبر محطة القيصومة أبرز مثال على ذلك حيث ترتفع بمقدار ٣٥٧ متراً فوق مستوى سطح البحر، إلا أنها أكثر المحطات ارتفاعاً في المدى الحرارى السنوى (شكل ١٠). ويرجع ذلك إلى توغلها شمالاً حيث تتأثر كثيراً بالهواء القطبى شتاءً، وتبعد عن دفء مياه الخليج العربى في ذات الوقت. وهكذا يصبح الموقع الجغرافى أكثر فاعلية فى تحديد خصائص درجة الحرارة مقارنةً بالارتفاع فوق مستوى سطح البحر.

هذا وتلعب درجة حرارة الهواء دوراً أساسياً وخطيراً فيما يتعلق بمشكلة تلوث الهواء. إذ تتحكم في توزيع ملوثات الهواء على المستوى الرأسى محددة بذلك درجة تركيزها عند مستوى سطح الأرض ومن ثم أبعاد خطورتها على صحة الإنسان والبيئة. وتلعب درجة حرارة الهواء ذلك الدور من خلال ثلاث ظواهر ميثروولوجية هي:

- أ- الانقلاب الحرارى ب- استقرار الهواء السطحى ج- ارتفاع طبقة الاختلاط^(١)
- أ- الانقلاب الحرارى:

يأخذ التوزيع الرأسى لدرجة حرارة الهواء اتجاهين متباينين هما: انخفاض درجة حرارة الهواء مع الارتفاع فوق مستوى سطح البحر (الوضع العادى)، والآخر، ارتفاع درجة حرارة الهواء مع الارتفاع فوق مستوى سطح البحر (الإنقلاب الحرارى) وتتناقص درجة حرارة الهواء مع الارتفاع (الاتجاه الأول) فى طبقة التروبوسفير فيما يطلق عليه التناقص الحرارى البيئى Environmental

^(١) تقتصر دراسة هذه الظواهر، على محطات مدينة الجليل الصناعية لعدم توفر البيانات اللازمة لدراستها في المحطات الأخرى.



شكل ١٠

Lapse Rate أو التناقص الحراري الفعلي Actual Lapse Rate . ويختلف معدل التناقص الحراري باختلاف طبيعة الهواء حيث يحدث التناقص الحراري الأدياباتي الجاف Dry Adiabatic lapse Rate عندما يصعد الهواء الجاف إلى أعلى بدون تغير في درجة حرارته عن الهواء المحيط ^(١) . ويبلغ هنا معدل التناقص الحراري درجة واحدة مئوية لكل مائة متر ارتفاع . بينما يحدث التناقص الحراري الأدياباتي المشبع Saturated Adiabatic Lapse Rate حينما يصعد الهواء المشبع ببخار الماء إلى أعلى فتتخفف درجة حرارته ٠,٦ درجة مئوية فقط لكل مائة متر ارتفاع ^(٢) [Grandjean, 1976 p.9].

ويمكن تحديد الانقلاب الحراري عندما يصبح مدى التناقص الحراري الجوي سالباً أي تزيد الحرارة البيئية Environmental Temperature مع الارتفاع، بمعنى أن الانحدار الحراري Temperature Gradient موجب [Sellers, 1984. p.43].

ويحدث الانقلاب الحراري Thermal Inversion حينما يكون تسخين الهواء غير كافٍ لارتفاعه إلى أعلى، فتبقى طبقة الهواء البارد الثقيلة بالقرب من سطح الأرض بينما ترتفع فوقها طبقة الهواء الدافئة [Wanta, 1976. p.338].

العمليات الأدياباتيية Adiabatic Processes هي تلك العمليات التي لا يحدث فيها تغيير في الطاقة. [Sellers, 1984. p.39]

^(٣) يرجع ذلك الاختلاف إلى أنه حينما يبرد الهواء المشبع بخار الماء تحدث عملية التكاثف، ويتبع ذلك انطلاق الحرارة الكامنة Latent Heat في بخار الماء مما يؤخر عملية برودة الهواء وبالتالي ينخفض معدل التبريد الناتج للهواء المشبع. وتقدر كمية الحرارة الكامنة التي تنطلق في الهواء عند تكاثف جرام واحد من بخار الماء بنحو ٥٣٧ كالوري (وحدة السعر الحراري) [أبولعطا، سنة ١٩٨٧م ص ١١١].
تقتصر معدلات التناقص الحراري مع الارتفاع على طبقة الهواء السفلية المحصورة في ارتفاع يستراوح بين ٩ و ١٤ كيلومترات الأولى من طبقة التروبوسفير السفلية. [الفندي، سنة ١٩٦٠. ص ٧٥].

وقد يتكون الانقلاب الحرارى بالقرب من سطح الأرض فيطلق عليه الانقلاب الحرارى السطحي Surface Thermal Inversion (١) - (٢) ويحدث هذا الانقلاب الحرارى السطحي ليلاً حينما يزيد الإشعاع الأرضى (٣) منذ حوالي الساعة العاشرة مساءً حتى الثانية من صباح اليوم التالى. ويساعد على حدوث هذا الانقلاب: الليالى الشتوية الطويلة والسماء الصافية وسكون الهواء والترسبة الرملية (يساعد التوصيل الحرارى المنخفض للرمال على خفض درجة حرارة طبقة الهواء الملاصق لسطح اليابس [Trewartha, 1980. p.38].

ويتكرر هذا الانقلاب فى مدينة الجبيل الصناعية فى جميع فصول السنة (لتوفر الظروف المناخية التى تساعد على حدوثه) باستثناء شهور الصيف (يونية - يولية - اغسطس) ويكثر حدوثه خلال الفصل البارد ليلاً ثم سرعان ما يتلاشى مع شروق الشمس خلال ساعات الصباح الباكر. (٤)

كما يحدث إنقلاب حرارى قريباً من سطح الأرض بسبب نسيم البحر (الخليج العربى) ويطلق عليه إنقلاب نسيم البحر Sea Breeze Inversion الذى يتكون نهاراً فى مختلف شهور السنة بمدينة الجبيل الصناعية. ويصل إلى

(١) ويطلق عليه أيضا الانقلاب المستقر - Static Inversion - تميزا له عن الانقلاب المتحرك Inversion Dynamic الذى ينتج عن نسيم الجبل ليلاً ويتبعه انزلاق الهواء البارد Air Drainage إلى بطون الأودية [كريل، سنة ١٩٧٨. ص ٢٨].

(٢) وقد يطلق عليه أيضا إنقلاب الإشعاع Radiation Inversion لحدوثه أساسا بفعل الإشعاع الأرضى ليلاً [Sellers, 1984 p.42].

(٣) يشع سطح اليابس الحرارة بصورة أفضل من الهواء الذى يقع فوقه فتبرد اليابس أولاً. وهكذا وعمن طريق الاختلافات الاشعاعية بين الطبقة السفلى للهواء واليابس وبواسطة عملية التوصيل الحرارى Conduction، تبرد طبقة الهواء القريب من سطح اليابس أولاً.

(٤) قد بلغ عدد هذا النوع من الانقلابات الحرارية فى مدينة حلوان بالقاهرة فى عام ١٩٨٠م: ٢١٣ إنقلاباً. يقع ٧٥ منها فى فصل الشتاء و ٥٨ فى فصل الربيع و ٥٠ فى فصل الخريف وتنخفض إلى ٣٠ إنقلاباً فقط فى فصل الصيف [عمر، سنة ١٩٨٨ (١) ص ١٨]. وهكذا يستحوذ فصلا الشتاء والربيع على ٦٢% من هذه الانقلابات التى ترتبط أساسا بانخفاض درجة الحرارة وصفاء السماء ليلاً.

أقصى توغل له خلال شهور الصيف. ويؤدي هذا الانقلاب إلى ارتفاع الرطوبة النسبية نهائياً في أثناء توفر اشعة الشمس وضوئها مما يتبعه زيادة في سرعة التفاعلات الكيميووضوئية (كيميائية + ضوئية) بين ملوثات الهواء بالمنطقة. فينتج عنها ملوثات كيميووضوئية **Photochemical Pollutants** جديدة تضاف إلى مكونات الهواء. ولعل هذا ما يميز إنقلاب نسيم البحر عن سواء إذ يضيف ملوثات جديدة مثل غاز الأوزون.

وقد يحدث أيضاً إنقلاب حرارى بعيداً عن سطح الأرض ويطلق عليه الإنقلاب المرتفع **Elevated Inversion**. ويرجع هذا الإنقلاب إلى صعود هواء دافئ فوق هواء أبرد قريب من سطح الأرض في أثناء إلتقاء كتلتين هوائيتين إحداهما حارة والأخرى باردة. ويتميز هذا الإنقلاب بأنه متحرك **Dynamic Frontal Inversion** بامتداد تحرك الجبهة بين الكتلتين الهوائيتين فيطلق عليه أيضاً الإنقلاب الجبهي **Frontal Inversion**. ويكثر تكراره في النطاق الساحلى بمدينة الجبيل الصناعية خلال شهور الربيع (مارس - إبريل - مايو) في أثناء هبوط الهواء البارد من منحدرات الضغط الجوى المرتفع نحو الخليج العربى. ويستمر هذا الإنقلاب الجبهي حتى بعد شروق الشمس وبداية تسخين الشاطئ، لكنه قد يضعف أو يتحطم فوق المناطق الداخلية بالمدينة في أواخر شهر مايو.

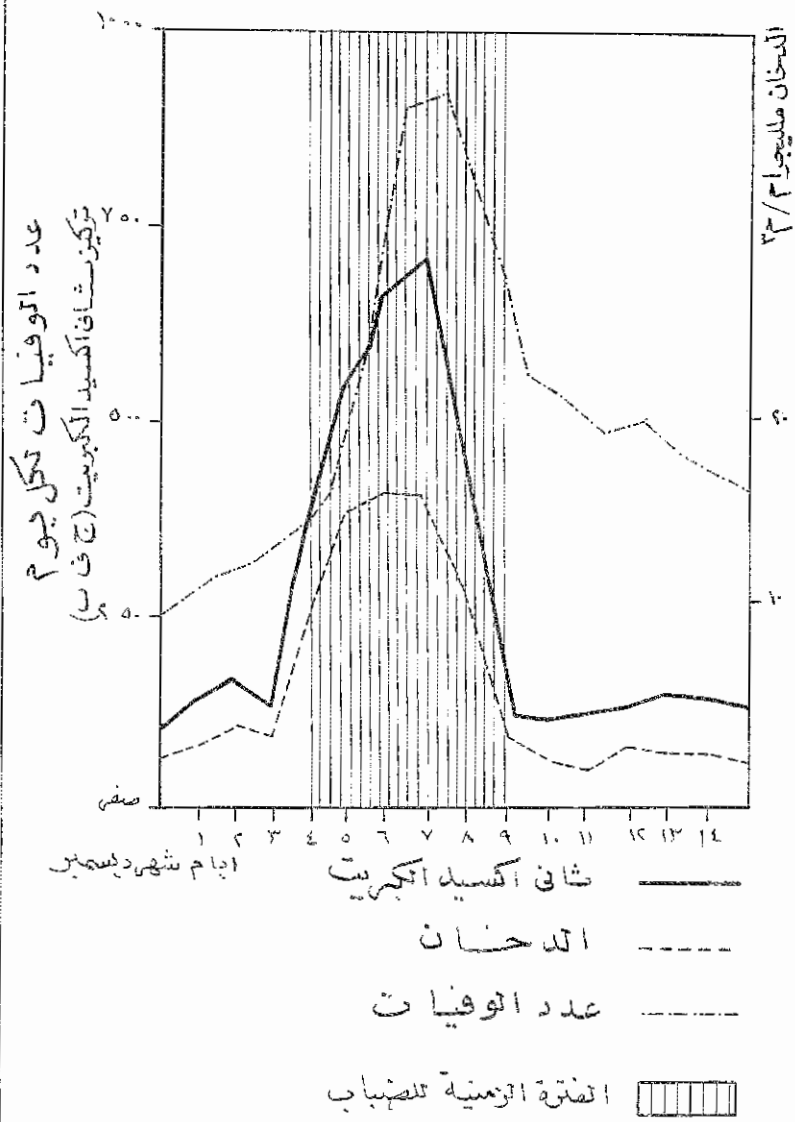
وتأتى خطورة ظاهرة الإنقلاب الحرارى^(١) في كونه يحدث على إرتفاع بضعة أمتار. ويتبعه إنحصار للهواء البارد وما يحويه من ملوثات قريباً من سطح الأرض. وهكذا تحول هذه الظاهرة دون إنتشار ملوثات الهواء وتوزيعها رأسياً، فيرتفع بالتالى تركيزها وتزيد خطورتها على صحة الإنسان والبيئة.

[Mills, 1978. p.141].

(١) يبلغ المعدل السنوى لتكرار ظاهرة الإنقلاب الحرارى بأسياها المختلفة في المدن العربية الخليجية ٣٠١ إنقلاباً. يستحوذ فصلا الحريف والشتاء معا على ٥٥٤% من جملتها. وتستأثر ليالى الخليج بحوالى ٨٣% من عددها السنوى [غنيمي، سنة ١٩٧٧. ص ١٣]. ويدل ذلك على أنما من نوع الإنقلاب الحرارى السطحي الذى يرتبط أساساً بانخفاض درجة حرارة الهواء وصفاء السماء وسكون الرياح.

وقد كانت ظاهرة الانقلاب الحرارى سبباً فى العديد من الكوارث الصحية لما يتبعها من تكوين طبقة كثيفة من الهواء الملوث بالقرب من سطح الأرض. ولعل أقدم الكوارث الصحية الناتجة عن هذه الظاهرة ما حدث فى وادى نهر ميوز بمدينة إنجس Ingis ببليجيكا فى ديسمبر سنة ١٩٣٠م حينما صاحب الانقلاب الحرارى ضباب Mist قاتم من الدخان الملوث استمرت ثلاثة أيام وأدت إلى وفاة ستة وثلاثين شخصاً [أبو راضى، سنة ١٩٩١ ص ٥٥]. وقد تكرر ذلك فى مدينة دونورا بولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية فى أكتوبر سنة ١٩٤٨م، حينما تكون الضباب الدخانى الذى راح ضحيته عشرون شخصاً خلال يوم واحد وإصابة ستون ألف بأمراض الجهاز التنفسى [الشرنوبى، ١٩٨١. ص ١٨٩].

ولعل أشهر كوارث الانقلاب الحرارى المقترن بمستوى عالٍ من تلوث الهواء، ما حدث فى مدينة لندن خلال الفترة من الخامس حتى التاسع من ديسمبر سنة ١٩٥٢م. حينما سيطر على المدينة نطاق من أضداد الأعاصير Anticyclones، فأنخفضت سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء إلى مستوى التجمد فى أثناء الضباب وتدنى مدى الرؤية خلال هذه الأيام ليبلغ فى المتوسط ٤٠٠ متراً. وبلغ ارتفاع طبقة الضباب حوالى مائة متراً أو أقل قليلاً. وقد ارتفع تركيز الدخان وكذلك ثانى أكسيد الكبريت الذى تراوح تركيزه بين ٠,١ - ١,٣٤ جزء فى المليون [Briggs, 1985. p.168]. وقد صاحب هذا المستوى المرتفع من التلوث حدوث ظاهرة الانقلاب الحرارى التى أدت إلى إحتجازه قريباً من سطح الأرض فارتفعت خطورته على صحة السكان (شكل ١١). وقد راح ضحيته حوالى أربعة آلاف شخص كان سبب وفاة ٨٤% منهم الإصابة بأمراض القلب والجهاز التنفسى. يضاف إليها ٧٠٤ حالة إصابة بالتهاب القصبة الهوائية [غرايبة، سنة ١٩٨٧. ص ٢٦٥]. هذا ويقدر عدد الذين يموتون بسبب الأخطار الصحية لتلوث الهواء فى الولايات المتحدة الأمريكية بحوالى ٢١٠٠ شخص سنوياً [أبوراضى، سنة ١٩٩١. ص ٥٥].



شكل (١١) الانقلاب الحراري في مدينة لندن في شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢م

المصدر: غرايبي ١٩٨٧ ص ٢٦٤

ومن الجدير بالذكر أن مدينة الدمام - إحدى مدن المنطقة - تتوفر فيها الظروف المناخية التي تساعد على ارتفاع مستوى تلوث الهواء خاصة في فصل الصيف حينما يرتفع مستوى الرطوبة النسبية ودرجة حرارة الهواء ويكثر تكرار انقلاب نسيم البحر نهائياً. وتصاحب هذه الظروف المناخية استخدام كثيف لمكيفات الهواء التي ينبعث منها غاز ثاني أكسيد الكبريت والجزيئات الدقيقة العالقة التي تكون بمثابة نويات لتكون الضباب الدخاني (الضبخان Smog) فوق المدينة. ومما يزيد من هذا الإحتمال، كون مدينة الدمام أكبر مدن المنطقة من حيث عدد السكان، وموقعها الساحلي على الخليج العربي.

ب- إستقرار الهواء السطحي:

يحدد إستقرار الهواء السطحي Atmospheric Surface Stability من خلال العلاقة بين معدل كل من التناقص الحراري البيئي والادياياتي [Samuelsen, 1980. p.15]. فحينما يزيد معدل التناقص الحراري البيئي عن معدل التناقص الاديياتي، ترتفع جزيئات الهواء إلى أعلى باستمرار نتيجة لدفعه وقلّة كثافته. وحينئذ يطلق على الهواء أنه غير مستقر Unstable Atmospheric Condition وتنشط الحركة الرأسية للهواء يصاحبها إنتشار رأسى لملوثاته. وحينما يقل معدل التناقص الحراري البيئي عن معدل التناقص الاديياتي، يبرد الهواء المتصاعد ويصبح أكثر كثافة من الهواء المحيط فيهبط إلى أسفل وحينئذ يطلق على هذه الحالة إستقرار الهواء Stable Atmospheric Condition. ويكون الهواء في حالة حيادية Neutral حينما يتعادل التناقص الحراري البيئي مع التناقص الاديياتي [Hodges, 1977. p.78] ويتحكم في درجة إستقرار الهواء السطحي بعض العناصر المناخية إذ يؤثر الإشعاع الشمسي Insolation سلبيا على إستقرار الهواء أثناء النهار فتساعد كثافة الأشعة الشمسية الساقطة على سرعة تسخين اليابس وبالتالي الهواء الملامس له، ويؤدي ذلك إلى خلخلة الهواء وعدم إستقراره ودفعه إلى الإنتشار رأسيا. بينما يقل تأثير الإشعاع الشمسي نهائياً في حالة كثرة السحب والغيوم. ويؤدي الإشعاع الأرضي Terrestrial Radiation

نيلا إلى فقدان الأرض لحرارتها فتبرد بسرعة ومن ثم يبرد الهواء الملامس لها ويميل إلى الهبوط وترتفع درجة استقراره. وتساعد سرعة الرياح على سهولة انتقال الحرارة رأسيا من اليابس إلى الهواء فينتشر رأسيا، فضلا عن إنتشاره أفقيا في ظل الرياح شديدة السرعة.

وتؤثر درجة استقرار الهواء في إنتشار ملوثات الهواء على المستوى الرأسى من خلال تحديد ارتفاع طبقة إختلاط ملوثات الهواء، فضلا عن تحديد توزيعها الأفقى. فحينما يكون الهواء فى حالة إستقرار تتشتت وتتوزع الملوثات فى مستوى أفقى واحد وثابت تقريباً، بينما تنتشر فى صورة غير مستقيمة فى حالة الهواء غير المستقر [المعتاز، سبتمبر سنة ١٩٨٧. ص ٧٧]. وتعتبر سرعة التشتت الهوائى (إنتشار الهواء) Atmospheric Dispersion ضرورية لتحديد درجة تركيز الملوثات الغازية التى تنطلق الى الهواء وقد ظهرت العديد من النماذج التى تقدر سرعة الإنتشار الهوائى أو درجة الخلط الهوائى. إذ استطاع العالم باسكويل^(١) Pasquill سنة ١٩٦١ أن يطور نموذجاً لتصنيف درجة الإستقرار الجوى فى سبع طبقات (تعتمد على سرعة الرياح السطحية Surface Wind Speed والإشعاع الشمسى الساقط Incoming Solar Radiation وغطاء

^(١) تحديد باسكويل للدرجات استقرار الهواء: (A) شديد التقلب (B) تقلب معتدل (C) تقلب خفيف ويصل ارتفاع الاختلاط خلال هذه الدرجات الى أقصاه (D) حياذى ويحدث خلاله اختلاط معتدل فى حالة توفر الاضطرابات الجوية. (E) استقرار خفيف يقل خلاله ارتفاع الاختلاط. (F) استقرار معتدل (G) شديد الاستقرار، ويخفى الاختلاط الرأسى للملوثات فى أثناء درجات (D), (E), (F), (G) ومن ثم تبقى ملوثات الهواء عند مستوى مصدر انبعاثها (قد يكون المدخنة مثلاً). [Husain, & Others, 1981. p.723]

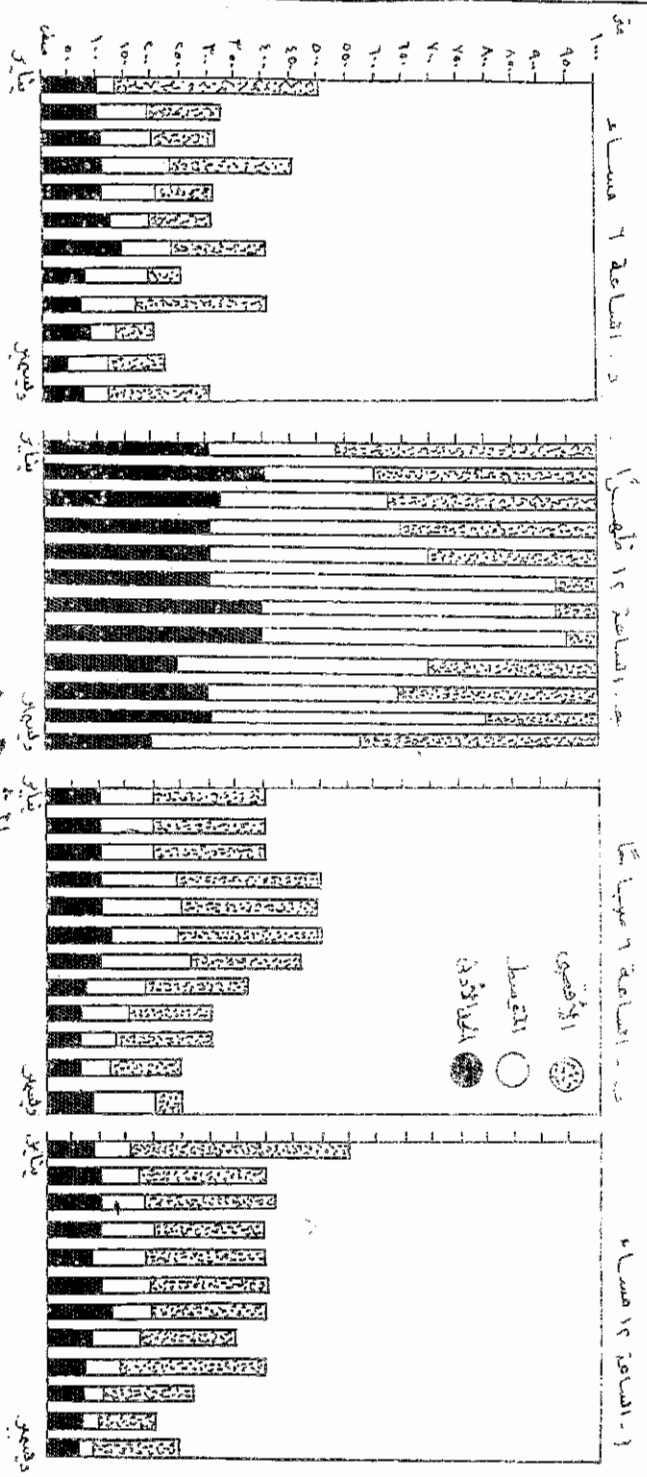
السماء ليلا [Rau, 1980. p.57] تحدد درجة خلط ملوثات الهواء. (١) إذ تبين أنه كلما زادت حالة عدم استقرار الهواء إرتفع نطاق إختلاط الملوثات بعيداً عن سطح الأرض، ومن ثم تنخفض درجة خطورتها بينما ينخفض مستوى خلط الملوثات إلى أدنى مستوى له ليصبح قريباً من سطح الأرض في حالات إستقرار الهواء. [Hodges, 1977. p.78].

ج- إرتفاع طبقة الإختلاط:

يقصد بإرتفاع طبقة الإختلاط Mixing Layer Height أقصى إرتفاع Maximum Altitude يمكن أن تنتشلت خلاله الإنبعاثات السطحية Surface Emissions للملوثات في أثناء الإضطرابات الحرارية والميكانيكية في الهواء الجوى [Wanta, 1976. p.339]. ويزيد إرتفاع هذه الطبقة حينما تقل درجة إستقرار الهواء لتصل إلى أعلى مستوى لها في درجة (A) (شديد التقلب) وفي أثناء إختفاء ظاهرة الانقلاب الحرارى ووفرة الاشعاع الشمسى. وحينئذ تنتشر ملوثات الهواء بعيداً عن مصدر إنبعاثها ويتبع ذلك إنخفاض درجة تركيزها بالقرب من سطح الأرض فتقل خطورتها. بينما يحدث العكس، فى حالة درجة إستقرار (G) (شديد الإستقرار) خاصة إذا كان مصحوباً بانقلاب حرارى سطحي ليلاً فى الليالى الشتوية الصافية الطويلة. ويقل إرتفاع طبقة الإختلاط فيما بين درجتى الإستقرار (A) و (G).

ويتضح الإختلاف فى إرتفاع طبقة الإختلاط بمدينة الجبيل الصناعية على مدار فصول السنة ومدار ساعات اليوم (شكل ١٢) على النحو التالى:

(١) وترتبط درجات الاستقرار هذه بتناقص درجة الحرارة رأسياً (بالدرجات المئوية) لكل ارتفاع (١٠٠) متراً: (A) أكثر من (١,٩-) درجة مئوية. (B) (١,٩-) - (١,٧-) درجة مئوية. (C) (١,٧-) - (١,٥-) درجة مئوية. (D) (١,٥-) - (١,٣-) درجة مئوية. (E) (١,٣-) - (١,١-) درجة مئوية. (F) (١,٥ - ١,٣). (G) أكثر من (١,٥) درجة مئوية. [Rau, 1980. p.68].



شكل (١٢) ارتفاع مستوى ملوحة الإخضرار في محميات الجبيل خلال عام ١٩٨٥ م

فصل الصيف (يونية - يولية - اغسطس):

يبلغ إرتفاع طبقة الإختلاط أقصى مستوى له خلال شهور الصيف حيث يصل لحوالى ١٠٠٠ متر فيما بين الساعة العاشرة صباحا والثانية بعد الظهر.^(١) ويرجع ذلك لشدة الاشعاع الشمسى وإرتفاع درجة حرارة اليابس نهارا، ومن ثم يسخن الهواء الملامس وتنشط الحركة التصاعدية للرياح وسيادة حالة من عدم إستقرار الهواء. ويضاف لذلك اختفاء الانقلاب الحرارى السطحى وكذلك إنقلاب نسيم البحر الذى يضعف مع إستمرار تسخين اليابس. وهكذا تساعد الظروف الميتورولوجية على زيادة إرتفاع طبقة الإختلاط ويتبع ذلك إنتشار رأسى كبير لملوئثات الهواء فينخفض تركيزها وبالتالي درجة خطورتها.

فصل الخريف (سبتمبر - اكتوبر - نوفمبر):

يبدأ إرتفاع طبقة الإختلاط فى التناقص التدريجى مقارنة بمثيله صيفا. ويرجع ذلك لكثرة تكرار الإنقلاب الحرارى السطحى ليلا بعق يتراوح بين ١٠٠ و ٢٠٠ متراً خلال الفترة من الساعة السابعة مساءً إلى الساعة السادسة من صباح اليوم التالى.

فصل الشتاء (ديسمبر - يناير - فبراير):

يقل إرتفاع طبقة الإختلاط ليصل إلى أدنى مستوى له شتاءً إذ يزيد عمق الإنقلاب الحرارى السطحى ليتراوح بين ٢٠٠ و ٣٠٠ مترا. ويبدأ هذا الإنقلاب فى التلاشى التدريجى الساعة الثامنة صباحا ليختفى فى العاشرة صباحاً تقريباً.

^(١) يستخدم فى تحديد إرتفاع طبقة الاختلاط جهاز الرادار الصوتى Acoustic Sounder ويعتمد فى عمله على إرسال ذبذبات صوتية ذات تردد معين إلى طبقة الهواء العليا، ثم يتم استقبالها بعد إرتدادها على هيئة اشارات كهربية تترجم إلى حركة ميكانيكية تسجل على ورق رسم يبانى لتحديد نوعية طبيعة الإنقلاب الحرارى من حيث ارتفاعه وقوته. ويرصد هذا الجهاز حتى إرتفاع كيلومتر واحد فى مدينة الجبيل الصناعية.

فصل الربيع (مارس - إبريل - مايو):

يبدأ ارتفاع طبقة الاختلاط في الزيادة التدريجية ربيعاً. ويفسر ذلك بإرجاعه لزيادة كمية لإشعاع الشمس الساقط وارتفاع درجة حرارة سطح الأرض وسرعة تسخين الهواء القريب من سطح الأرض - إختفاء الانقلاب الحرارى السطحي ليلاً.

وتتميز الدورة اليومية لارتفاع طبقة الاختلاط (شكل ١٢) ^(١) بأنها تبدأ تدريجياً في الزيادة من السادسة صباحاً (مع شروق الشمس وإختفاء الانقلابات الحرارية) لتصل إلى أقصى مستوى الساعة الثانية عشرة ظهراً. وعندئذ تبدأ ثانية في الإنخفاض التدريجي ثم الإنخفاض بسرعة بدءاً من الساعة الرابعة بعد الظهر لتصل أخيراً إلى أدنى مستوى له في منتصف الليل.

هذا وتجذب المدن معظم السكان حيث تتوفر الخدمات والمصالح الحكومية والجامعات وفرص العمل ومجالات الترفيه. ويحتاج هؤلاء السكان إلى متطلبات البيئة الطبيعية والاقتصادية من هواء وماء وطعام وخامات مختلفة. وتتفاعل هذه المتطلبات في نظام للتغذية الاسترجاعية Feedback System لتصبح المدخلات الأساسية Essential Inputs مصدراً لوحداث الإخراج Outputs غير المرغوب فيها مثل الصرف الصحى والمخلفات بأشكالها المختلفة. وقد ترجع هذه المخلفات إلى النظام البيئى مرة ثانية عن طريق حلقات من التغذية الإسترجاعية بواسطة البيئة الطبيعية [مصيلحى، سنة ١٩٩٠، ص ٣١٢]. وينعكس ذلك على مناخ المدن الذى يختلف بدرجات متفاوتة عن مناخ الضواحي والمناطق الريفية (جدول ٥) حيث أن تلوث هواء المدينة يشكل ويعدل مناخها وليصبح للمدينة مناخها التفصيلي (الدقيق) Microclimate الذى يعد محصلة التوازن والعلاقة المتبادلة المتداخلة Relationship Interdependent بين المناخ وتلوث الهواء.

^(١) تم اختيار سنة ١٩٨٥م لتمثيل ارتفاع طبقة الاختلاط في مدينة الجليل الصناعية لتوفر جميع البيانات اليومية على مدار شهور السنة في سائر محطات الجليل.

ولما تتميز به المدن من إرتفاع فى تركيز ملوثات الهواء (حيث تتركز فيها المصادر البشرية لإنبعاث الملوثات مثل الصناعة ووسائل النقل وغيرها) التى تمتص جزءاً كبيراً من الأشعة الشمسية يتبعه زيادة فى سرعة التسخين لتصل إلى خمس درجات مئوية لكل يوم. وإذ لا تستطيع معدلات البرودة بواسطة الاشعاع الأرضى أن تكافئها أو تعادلها، ترتفع درجة حرارة هواء المدن [Chandler, 1968 p.6]. ويتحكم فى البنيان الحرارى للمدن: التوصيل الحرارى Heat Conduction والالبيدو Albedo والسعة الحرارية Heat Capacity لسطح الارض (المباني والطرق والأسمنت والأسفلت والطوب ولون الطلاء)، ومدى توفر الغطاء النباتى^(١) والمسطحات المائية داخل المدينة، والحرارة الناتجة عن النشاط البشرى. [Georii, 1969. p.631]. ولذا ترتفع درجة حرارة الهواء فى قلب المدن مقارنة بأطرافها وضواحيها فيما يطلق عليه ظاهرة "الجزيرة المدنية الحارة"^(٢) Urban Heat Island ويؤدى إرتفاع درجة حرارة هواء المدينة إلى نشأة حركة تصاعدية للهواء، فيرتفع إلى أعلى محملاً بالأتربة ليحل محله هواء الضواحي والريف البارد. وتعرف هذه الرياح الخاصة بنسيم الضواحي (نسيم المزارع) Country Breeze وتعنى هبوب الرياح من الأطراف الباردة حول المدينة إلى قلب المدينة الحار [Yoshino, 1975. p.106].

^(١) قد أوضح العالم (استرلر Strahler) سنة ١٩٧٧ أن قلة الغطاء النباتى أو ندرته داخل المدن يؤدى إلى سقوط اشعة الشمس مباشرة على سطح الأرض المكشوف فتسخن بسرعة بينما يحدث العكس فى حالة وجود غطاء نباتى كثيف. إذ يسهم الغطاء النباتى فى تنشيط عمليتي التبخر والتج وهما يستهلكان جزءاً من الطاقة فيبرد الهواء نسبياً، وإذا ماتم توزيعه وتقليبه رأسياً تتعدل درجة حرارة الهواء داخل المدن. [يوسف، سنة ١٩٨٨ م. ص ٣٦].

^(٢) قد أستخدم هذا المصطلح لأول مرة فى محاضرات المناخ للعالم الانجليزى "جوردن مانيلى" Gordon Manley سنة ١٩٥٨ [Landsberg, 1981. p.83] وقد أثبت العالم ميتشل Mitchell سنة ١٩٥٣ وجود علاقة طردية واضحة بين زيادة النمو السكانى وإرتفاع حرارة المدينة. وكذلك فعل العالم Oke سنة ١٩٧٣ [Ibid, p.95].

ويتبع هذه الحركة التصاعدية للرياح تكوين قبة غبارية Dust Dome
تعكس إرتفاع حرارة الهواء فى قلب المدينة [Greenwood, 1980. p.205]
وتتكون هذه القبة الغبارية "الدخانية" من ثلاث طبقات: [Ibid., p.110]
طبقة سفلى: تحيط مباشرة بمستوى سطح الأرض وتحتوى على الدخان الناتج من
السيارات والأتربة المنتشرة فى الطرقات.

طبقة متوسطة: تمتد فى المتوسط من إرتفاع حوالى عشرين متراً فوق مستوى
سطح الأرض وتحتوى على الدخان الناتج عن الإستعمالات المنزلية
خاصة مداخل التدفئة.

طبقة علوية: تمتد لمسافة يتراوح متوسطها بين ٥٠ و ٦٠ متراً فوق مستوى
سطح الأرض وتحتوى على الدخان الناتج عن الصناعة.
ويختلف إتساع القبة الغبارية فوق المدينة وفقاً لسرعة الرياح، فحينما
تهب رياح بسرعة ٣٦ متر/ الثانية تمتد القبة الغبارية إلى الضواحي المجاورة.
ويحدث العكس حينما تنخفض سرعة الرياح فتتأخر هذه القبة فوق المدينة
فقط^(١) [غرايبة، سنة ١٩٨٧ . ص ٢٧٢] ، لتدجب هذه القبة حوالى ٩٠%
من مقدار الأشعة فوق البنفسجية فوق المدن.^(٢) ومن ثم تنخفض كميتها فى
المدن مقارنة بالريف [Ross, 1979, p.14].

هذا ويعتبر إرتفاع درجة حرارة هواء المدن أحد أشكال التلوث
الحرارى Heat Pollution الذى يزداد وضوحاً مع إتساع المدن وزيادة عدد
سكانها وتعدد أوجه النشاط الاقتصادى خاصة الصناعى وزيادة كثافة الحركة
المروية وإرتفاع مستوى الدخل الفردى لسكانها. وقد لا تتضح مشكلة التلوث

^(١) عندما تضعف تيارات الحمل (الرياح الصاعدة وما تحملها من أتربة ورمال تصل ذروتها وقت الظهيرة)
قبيل الغروب فإنها ترسب ما تحملها من أتربة عند بداية الغروب، فتتأخر مدى الرؤية [أبوراضى، سنة
١٩٩١ . ص ٥٦].

^(٢) يؤثر ذلك على صحة سكان المدينة اذ يرتفع مرضى الكساح من الأطفال فى المدن مقارنة بالريف. بينما
يزيد من مرضى سرطان الجلد فى الريف مقارنة بالمدينة [غرايبة، سنة ١٩٨٧ . ص ٢٧٣].

الحرارى فى مدن المنطقة فى الوقت الحالى بشكل كبير لقلّة عدد سكانها. ولكن عند الأخذ فى الاعتبار سرعة نمو هذه المدن سواء بالزيادة الطبيعية أو عن طريق الهجرة (استقدام الأبدى العاملة العربية وغير العربية للمنطقة)، والتركز الصناعى الضخم فى المنطقة وإستمرار الموارد التى تضمن تطوره ونموه بسرعة (سيتضح فيما بعد)، وإرتفاع مستوى دخل الفرد وما يرتبط به من زيادة فى المخلفات والنفايات، والزيادة المستمرة فى عدد السيارات الخاصة والعامة ووسائل النقل المختلفة، فإن ذلك يعنى بالضرورة أن مدن المنطقة تعاني وستعاني مستقبلا بشكل أكثر وضوحا من مشكلة التلوث الحرارى خاصة إمارة الدمام (مدن الدمام - الظهران - الخير) وإمارة الجبيل.

وهكذا فقد اتضح من دراسة خصائص عنصر الحرارة، أن مناخ المنطقة هو مناخ حار وفق تحديد تريوارثا للاقليم المناخية. ويختفى تأثير كل من عامل الجوار من الخليج العربى والتضرس فى خصائص الحرارة بالمنطقة إذ ترتفع درجة القارية والمدى الحرارى السنوى فى سائر المحطات. وتعتبر ظاهرة الانقلاب الحرارى أهم الظواهر الميتروولوجية لكونها تتحكم فى إرتفاع اختلاط ملوثات الهواء. ويشيع تكرار الانقلاب الحرارى السطحي وإنقلاب نسيم البحر (الخليج العربى) فى المنطقة، وكلاهما خطير إذ يحدث قريبا من سطح الأرض، ومن ثم تتركز ملوثات الهواء فى نطاق ضيق، فتزيد خطورتها على صحة الإنسان والبيئة. ويساعد إرتفاع درجة حرارة الهواء خلال الفصل الحار على بلوغ طبقة خلط الملوثات أقصى مستوى لها، بينما يحدث العكس خلال الفصل البارد.

ثانيا: ظاهرات الجو المائية

١- الرطوبة النسبية

تعد الرطوبة النسبية Relative Humidity أهم العناصر المناخية التى تميز مناخ منطقة الدراسة عن سواها من المناطق الداخلية بالمملكة العربية السعودية. إذ أن سائر المناطق السعودية تتمتع بوفرة فى الإشعاع الشمسى والحرارة وإرتفاع فى

معدلات التبخر وندرة في كمية المطر. ويزيد ذلك من أهمية عنصر الرطوبة النسبية في توضيح الاختلافات المناخية بين مناطق المملكة العربية السعودية. وتلعب الرطوبة النسبية دوراً فعالاً فيما يتعلق بتلوث الهواء من خلال تأثيرها في التفاعلات الكيميائية بين الملوثات الغازية. حيث يؤدي ارتفاع الرطوبة النسبية إلى سرعة اذابة الملوثات الغازية لتكوين الأحماض المختلفة التي تسبب المطر الحامضى Acid Rain. وحينما يقترن ارتفاع الرطوبة النسبية بارتفاع درجة حرارة الهواء (الفصل الحار) تزيد سرعة التفاعلات الكيميوضوئية^(١) Photochemical Reactions بين الملوثات الغازية (خاصة في حالة ارتفاع تركيز ملوثات الهواء الصلبة (الجسيمات السابحة)^(٢)) فيتبع ذلك إنتاج مزيداً من ملوثات الهواء.

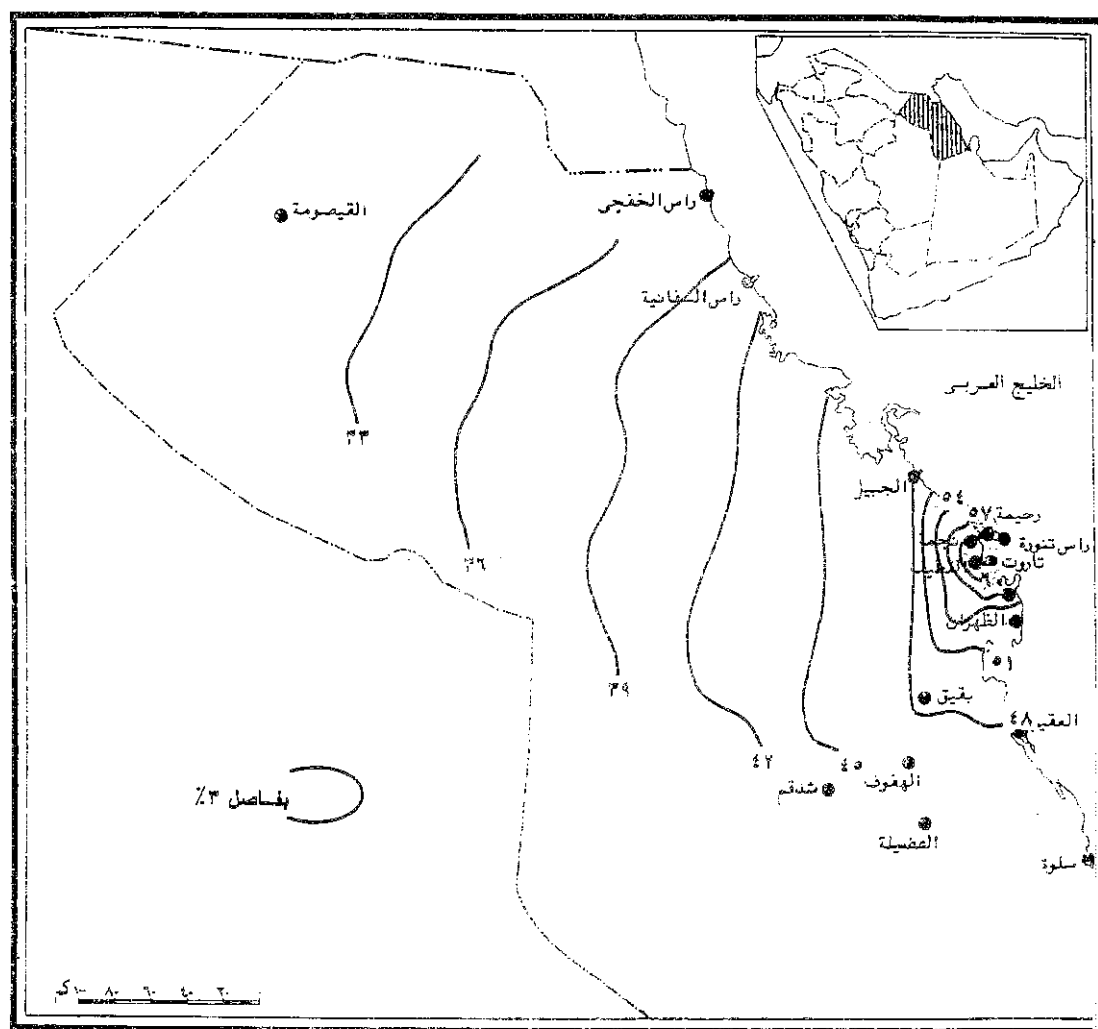
ويؤدي إقتران ارتفاع الرطوبة النسبية بانخفاض درجة حرارة الهواء (الفصل البارد) إلى تكوين السخام (الهباب) ^(٣) Soot [كمونة، سنة ١٩٨٨، ص ٩١]. ويرتبط ارتفاع تركيز بعض الملوثات الغازية مثل ثاني أكسيد الكبريت بعلاقة طردية مع الرطوبة النسبية (جدول ٦).

وترتفع الرطوبة النسبية في المنطقة معظم شهور السنة كنتيجة لموقعها على الخليج العربي وسهولة توغل مؤثراته البحرية لانخفاض السطح واستوائه في نطاق السهول. وتعد الرطوبة النسبية في المنطقة أهم المؤثرات البحرية للخليج العربي في المناخ. إذ ترتفع المعدلات السنوية للرطوبة النسبية في المحطات الساحلية قياساً بالآخرى الداخلية. وتدرج خطوط التساوى تناقصاً بالبعد عن خط الساحل لتسجل أدنى مستوياتها في محطة القيصومة التي تبعد عن الساحل بحوالى ٢٥٠ كيلومتراً (شكل ١٣). ويمكن دراسة خصائص الرطوبة

^(١) التفاعلات الكيميوضوئية هي عبارة عن تفاعلات كيميائية تتم تحت تأثير ضوء الشمس ووفرة الأشعة فوق البنفسجية.

^(٢) يرتفع تركيز ملوثات الهواء الصلبة في منطقة الدراسة في الفصل الحار مع شيوع تكرار العواصف الرملية/ الترابية كنتيجة لشدة سرعة الرياح كما سيتضح فيما بعد بالتفصيل.

^(٣) عبارة عن جزيئات كربونية ميكروسكوبية تتجمع بعضها من بعض في صورة سلاسل متصلة وطويلة.



خطوط الرطوبة النسبية المتساوية لمنطقة الدراسة
المعدلات السنوية

شكل ٣

النسبية على أساس فصلى الحرارة بالمنطقة (الفصل الحار - الفصل البارد)
لارتباطها وتأثرها بدرجة حرارة الهواء.

(أ) الفصل الحار:

تنخفض الرطوبة النسبية إنخفاضاً ملحوظاً في ذروة هذا الفصل الحار (شهرى يولية واغسطس) في المنطقة خاصة في المحطات الداخلية بسبب شدة إرتفاع درجة حرارة الهواء من ناحية، وبعدها عن المؤثرات البحرية الرطبة للخليج العربى من ناحية أخرى. فتتراوح الرطوبة النسبية الدنيا في محطة القيصومة بين ١٠% و ١٠% لشهرى يولية سنة ١٩٨٥ وإبريل سنة ١٩٨٣. كما تتراوح قيم المتوسط الشهري بين ١١% و ٣١% لذات الشهرين (جدول ٧).

ويرجع ذلك الإنخفاض الحاد للرطوبة النسبية في محطة القيصومة إلى كونها أكثر المحطات بعداً عن المؤثرات البحرية الشرقية من ناحية، وأكثرها تأثرها بالمؤثرات القارية الشمالية من ناحية أخرى. وترتفع الرطوبة النسبية بعض الشيء في محطة الهفوف الداخلية مقارنة بمحطة القيصومة كنتيجة لقربها النسبى من الخليج العربى، فضلاً عن موقعها في واحة الاحساء الزراعية حيث تساعد عمليات الري للأراضى الزراعية في زيادة الرطوبة من خلال إرتفاع معدلات التبخر تحت تأثير درجات الحرارة المرتفعة.

وتتراوح الرطوبة النسبية الدنيا في محطة الهفوف بين ٤% و ٢٧% خلال شهرى مايو سنة ١٩٧٧ ويولية سنة ١٩٨١ ولم تنخفض قيم المتوسط الشهري خلال هذا الفصل عن ٣٥% (جدول ٧).

ويتراوح متوسط الرطوبة الدنيا في محطتى القيصومة والهبوف خلال هذا الفصل الحار بين ٧,٣% و ٢٠% كحد أدنى في شهر يونيو، وبين ١٧% و ٢٧% كحد أقصى في شهر إبريل.

وترتفع مستويات الرطوبة النسبية في محطتى القطيف والظهران الساحليتين حيث تتراوح الرطوبة النسبية الدنيا في الأولى بين ٦% و ٣٣% لشهرى يولية سنة ١٩٨٣ وإبريل سنة ١٩٨٨، بينما تقل في الثانية لتتراوح بين ٥% و ١٧% لشهرى يولية سنة ١٩٨٦ وإبريل سنة ١٩٨٦. ويتراوح

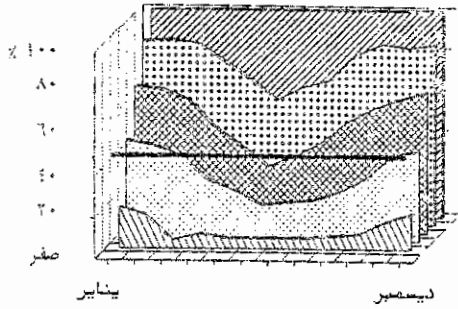
كذلك متوسط الرطوبة النسبية الدنيا بين ٢٩% و ١٧% كحد أدنى خلال شهر يولية، وبين ٣٠% و ٣٧% كحد أقصى خلال شهر إبريل لمحطتى القطيف والظهران على التوالى وتعكس قيم المتوسط الشهري للرطوبة النسبية فى هاتين المحطتين إرتفاعها حتى فى ذروة هذا الفصل - شهر يولية - حينما يبلغ المتوسط الشهري ٥٤% و ٣٧% فى كل منهما.

ويرتفع أيضاً المتوسط الشهري للرطوبة النسبية خلال شهر يولية بالمحطات الساحلية بالجبيل مقارنة بتلك الداخلية حيث يبلغ ٤٥% فى محطة الفناير الساحلية، و ٢١% فى محطة المنزه الداخلية.

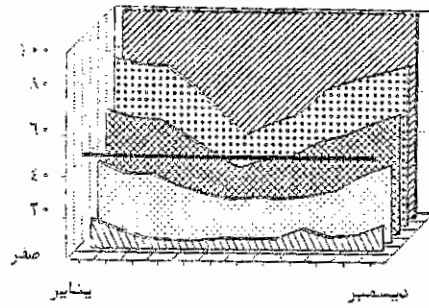
وترتفع الرطوبة النسبية خلال شهري إبريل (شهر انتقالى من الفصل البارد إلى الفصل الحار ويمثل فصل الربيع القصير) وأكتوبر (شهر إنتقالى من الفصل الحار إلى الفصل البارد ويمثل فصل الخريف القصير) فى محطات المنطقة خاصة الساحلية منها. إذ يتراوح خلالهما المتوسط الشهري بين ٦٢% و ٥٤% فى المحطات الساحلية، وبين ٣١% و ٤٢% فى الأخرى الداخلية (شكل ١٤). وتتقارب أيضاً قيم متوسط الرطوبة النسبية الدنيا والعظمى خلال الشهورين الانتقاليين مع تفوق طفيف خلال شهر أكتوبر (مقدمة الفصل البارد).

ومن الجدير بالملاحظة أن الرطوبة النسبية العظمى تصل إلى ١٠٠% خلال شهري يونية ويولية فى محطتى القطيف والظهران وتقترب منها فى سائر محطات الجبيل. وهكذا تقتزن الحرارة المرتفعة بالرطوبة النسبية العالية مما يجعل مناخ المنطقة مزعجاً ويصعب تحمله من قبل سكانها مما يدفعهم الى الإستخدام الكثيف لمكيفات الهواء. ويتبع ذلك مزيداً من التلوث الحرارى الناتج عن تلك المكيفات فضلاً عن إنبعاث الغازات الملوثة للهواء والناتجة عن إستخدام الطاقة الكهربائية مثل أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت وغيرها. وتنشط سرعة التفاعلات الكيميووضوئية بين ملوثات الهواء فى ظل إرتفاع حرارة الهواء ورطوبته وتلوثه أيضاً بالغبار والأتربة كنتيجة لشدة سرعة الرياح وكثرة تكرار العواصف الترابية والرمئية خلال هذا الفصل الحار.

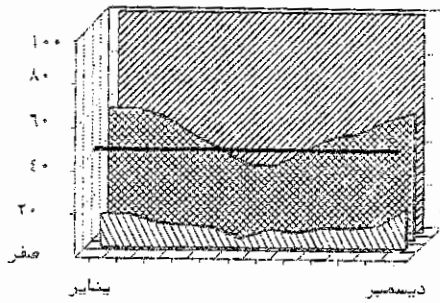
٢- الظهران



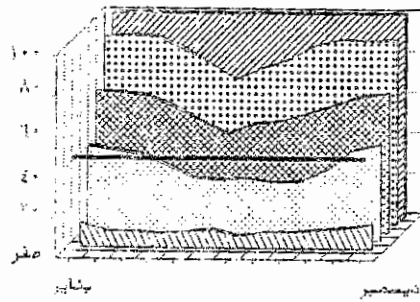
١- الجوف



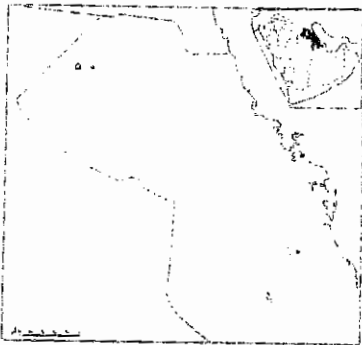
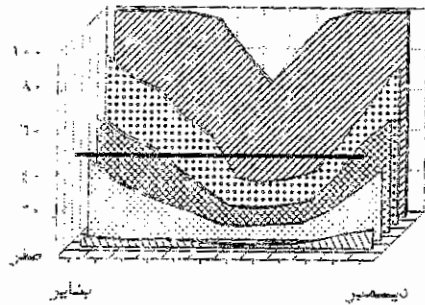
٤- الجبيل



٣- القطيف



٥- القصوم



متوسط الرطوبة النسبية الرطوبة النسبية المعظمى المعدل السنوي للمنطقة
 الدنيا المعدل الرطوبة النسبية المتوسط الشهري
 الرطوبة النسبية الدنيا المعدل الرطوبة النسبية المعظمى

شكل (١٤) خصائص الرطوبة النسبية (١٠٠٪) في محطات المنطقة

(ب) - الفصل البارد:

ترتفع الرطوبة النسبية خلال شهور الفصل البارد (من شهر نوفمبر إلى شهر مارس) بسبب توغل الكتل المدارية البحرية وإنخفاض درجة حرارة الهواء وكذلك سرعة الرياح ويصل إلى المنطقة هواء مدارى بحرى يندفع أحيانا من المحيط الهندى والخليج العربى فى مقدمة المنخفضات الجوية التى تتحرك من الغرب لتعبر المملكة العربية السعودية نحو الخليج العربى شرقا فيصبح الهواء رطباً ثقيلاً فوق منطقة الخليج العربى فى أواخر الخريف (شهر نوفمبر). كما ويصل الى المنطقة الهواء القطبى البحرى خلال شهور الشتاء وأوائل الخريف. ويتميز ببرودته وإرتفاع رطوبته [شرف، سنة ١٩٨٥، ص ٤٥٧].

ويتراوح المتوسط الشهري للرطوبة النسبية فى محطات القيصومة والهفوف الداخليتين بين ٤١% و ٥٥% كحد أدنى خلال شهر مارس، وبين ٥٦% و ٥٩% كحد أقصى خلال شهر يناير وترتفع فى المحطات الساحلية لتتراوح بين ٦٧% و ٦٣% كحد أدنى خلال شهر مارس وبين ٧٠% و ٧١% كحد أقصى خلال شهر يناير. وهكذا يكون شهر مارس أقل شهور هذا الفصل فى رطوبته النسبية كنتيجة لإرتفاع درجة حرارة الهواء فى أثناء مرور بعض المنخفضات الجوية الربيعية التى يتبعها موجات حر شديدة وزوايع ترابية كثيفة. ولكنه فى ذات الوقت أكثر شهور فصل الربيع (مارس - إبريل - مايو) من حيث مستوى الرطوبة النسبية. إذ كثيرا ما تتوغل خلاله الكتل البحرية الرطبة فيستحوذ على النصيب الأكبر من المطر الربيعى فى المنطقة بينما تصل الرطوبة النسبية الى أقصى مستوى لها خلال شهر يناير لكونه أكثر شهور هذا الفصل برودة. فضلا عن كثرة توغل الهواء القطبى البارد أثناء مرور المنخفضات الجوية فيستحوذ على نصيب كبير من مطر المنطقة كما سيوضح فيما بعد.

ويتراوح متوسط الرطوبة النسبية العظمى بين ٨٢% و ٩٢% خلال شهر يناير فى محطتى القيصومة والقطيف على التولى. وتصل الرطوبة النسبية العظمى إلى ١٠٠% خلال شهور هذا الفصل فى سائر محطات الدراسة. وهذا وإن

كان عدد الأيام التي تصل رطوبتها النسبية إلى ١٠٠% يختلف من محطة لأخرى وفقاً لموقعها الجغرافي من الخليج العربي ومدى تأثرها بالمؤثرات البحرية الرطبة على مدار شهور السنة. ويبدو ذلك عند مقارنة التكرارات النسبية لهذه الأيام في محطتي القطيف (الساحلية) والهفوف (الداخلية) (شكل ١٥) حيث يتضح إرتفاعها في محطة القطيف مقارنة بمثيلاتها في محطة الهفوف ويستحوذ شهر أكتوبر على أعلى نصيب من هذه الأيام (التي ترتفع رطوبتها النسبية العظمى إلى ١٠٠%) في محطة القطيف. إذ يبلغ نصيبه ٢٨% من جملتها في هذه المحطة. ويرجع ذلك إلى دفء مياه الخليج العربي، والإخفاض النسبي في درجة حرارة الهواء، وإنخفاض سرعة الرياح، وكثرة تكرار الرياح الشرقية الرطبة.^(١) بينما يقل تكرارها إلى الحد الأدنى خلال شهر يونيو (في محطة القطيف) بنصيب لا يتجاوز ٩% من إجمالي عددها. ويستحوذ شهر مارس على النصيب الأكبر من عدد هذه الأيام في محطة الهفوف بنسبة تبلغ ٥% من جملتها. وينخفض تكرارها خلال شهور الفصل الحار لتتعدم تماماً في محطة الهفوف خلال الفترة من شهر مايو إلى شهر يولية.

وتوضح المنحنيات المناخية Climographs أبعاد العلاقة بين درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وإنعكاس ذلك على خصائص المناخ. [عبدالحكيم، سنة ١٩٧٩ ص ٣٨٢ - ٣٨٦] إذ يتضح من (شكل ١٦) أن الفصل البارد (نوفمبر - مارس) هو فصل بارد رطب في محطات الجبيل والقطيف والظهران والهفوف. وأن الفصل الحار (إبريل - أكتوبر) هو فصل حار جاف في محطات

^(١) صاحب ارتفاع نسبتها التكرارية خلال شهر أكتوبر بمحطة القطيف ظروف مناخية خاصة:-

- دفء مياه الخليج حيث يبلغ المتوسط الشهري لدرجة حرارة المياه السطحية بالقرب من القطيف ٢٩ درجة مئوية. [شرف، سنة ١٩٨٠، ص ١٩٢].

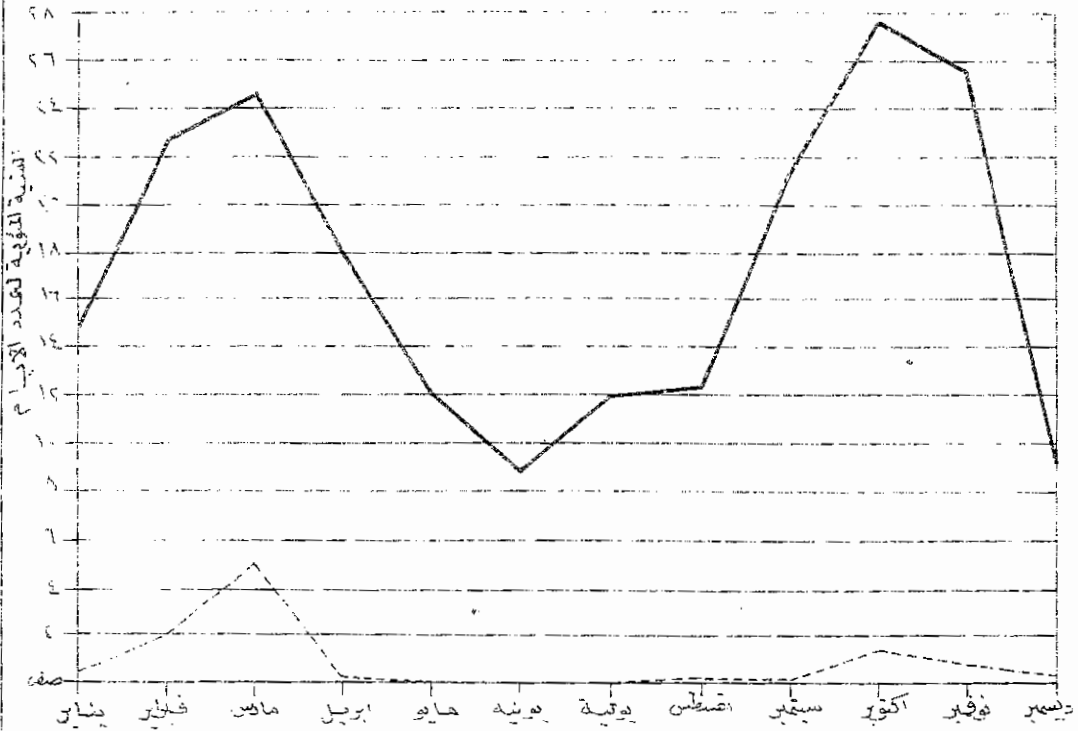
- انخفاض المتوسط الشهري لدرجة حرارة الهواء في محطة القطيف ليلغ ٢٨,٣ درجة مئوية.

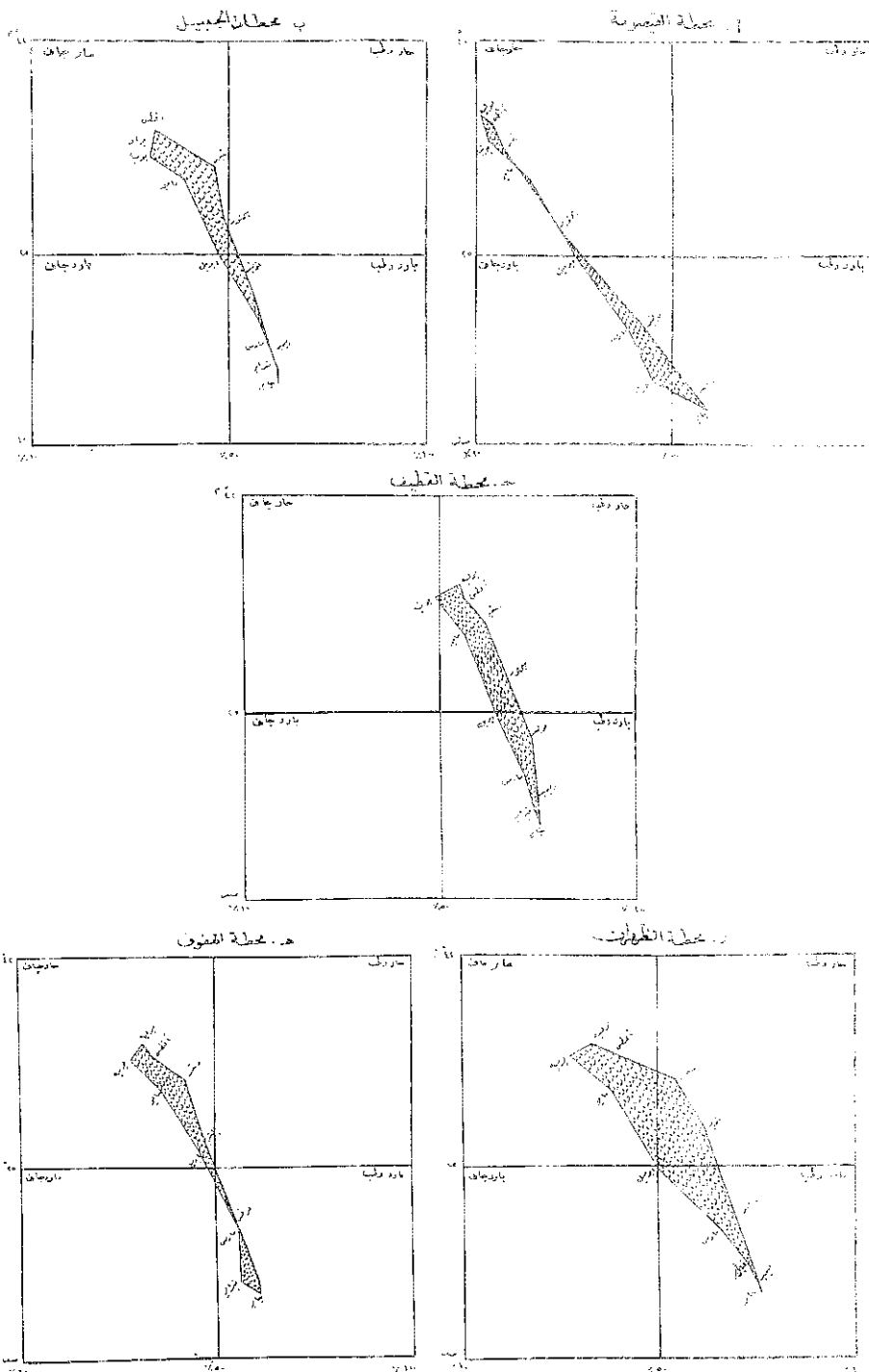
- انخفاض المتوسط الشهري لسرعة الرياح ليلغ ١,٤ متر/الثانية.

- لم تزد السرعة القصوى للرياح عن ٦,٩ متر/الثانية.

شكل (١٥) معدل التكرارات الشهرية للأيام ذات الرطوبة النسبية (١٠٠٪)

— محطة المطية — محطة الهفوف





شكل (١٧) المنحنيات المناخية لمخطات المنطقة

الجبيل والظهران والهفوف والقيصومة. بينما هو فصل حار رطب فى محطة القطيف فقط ، هذا وتنفرد محطة القيصومة بفصل بارد رطب يتمثل فى شهرى ديسمبر ويناير فقط . ويعكس الامتداد الطولى الواضح فى المنحنيات المناخية لمحطات المنطقة إتساع المدى الحرارى السنوى وقارية مناخ المنطقة^(١) .

وختاما يمكن القول بأن المنطقة تتميز بإرتفاع فى الرطوبة النسبية معظم شهور السنة خاصة فى المحطات الساحلية منها (شكل ١٣). وهكذا تتمتع المنطقة بوفرة حرارية تقترب بإرتفاع مستوى الرطوبة النسبية معظم شهور السنة. وتؤدى هذه الظروف المناخية إلى سرعة التفاعلات الكيميائية والكيميوضونية بين الملوثات الغازية وينتج عن ذلك إضافة ملوثات جديدة. وتساعد فى الوقت ذاته على سرعة عملية التحلل العضوى فى المياه الراكدة بأراضى المد والمستنقعات فينبعث غاز كبريتيد الهيدروجين السام فى المنطقة. كما يؤدى إرتفاع الرطوبة النسبية الى تعلق ملوثات الهواء الغازية منها والصلبة فى الهواء لفترات طويلة فتزيد خطورتها على صحة السكان. وهكذا تساعد الخصائص الرطوبية للمنطقة على تفاقم مشكلة تلوث الهواء فى ظل مناخها الحار.

٢- الضباب

الضباب fog هو إحدى الظاهرات المائية التى يتكرر حدوثها خلال فصلى الخريف والشتاء. ويتكون نتيجة تكاثف Condensation بخار الماء فى الهواء عندما تنخفض درجة حرارته إلى ما دون نقطة الندى Dew Point . ويختلف الضباب عن الشبورة Mist فى كونه يؤدى إلى إنخفاض مدى الرؤية Visibility إلى متر واحد فى بعض الأحيان، بينما الشبورة وهى عبارة عن ضباب خفيف ترتفع خلاله مدى الرؤية إلى ١٠٠٠ متر [هلالى، سنة ١٩٨٧. ص ١٩٥]. ويؤثر

^(١) يرى البعض أن (نوع المناخ القارى المطرف فى حرارته يتمثل أفضل تمثيل فى صحارينا العربية). [جوده، سنة ١٩٨٦. ص ١٢٨].

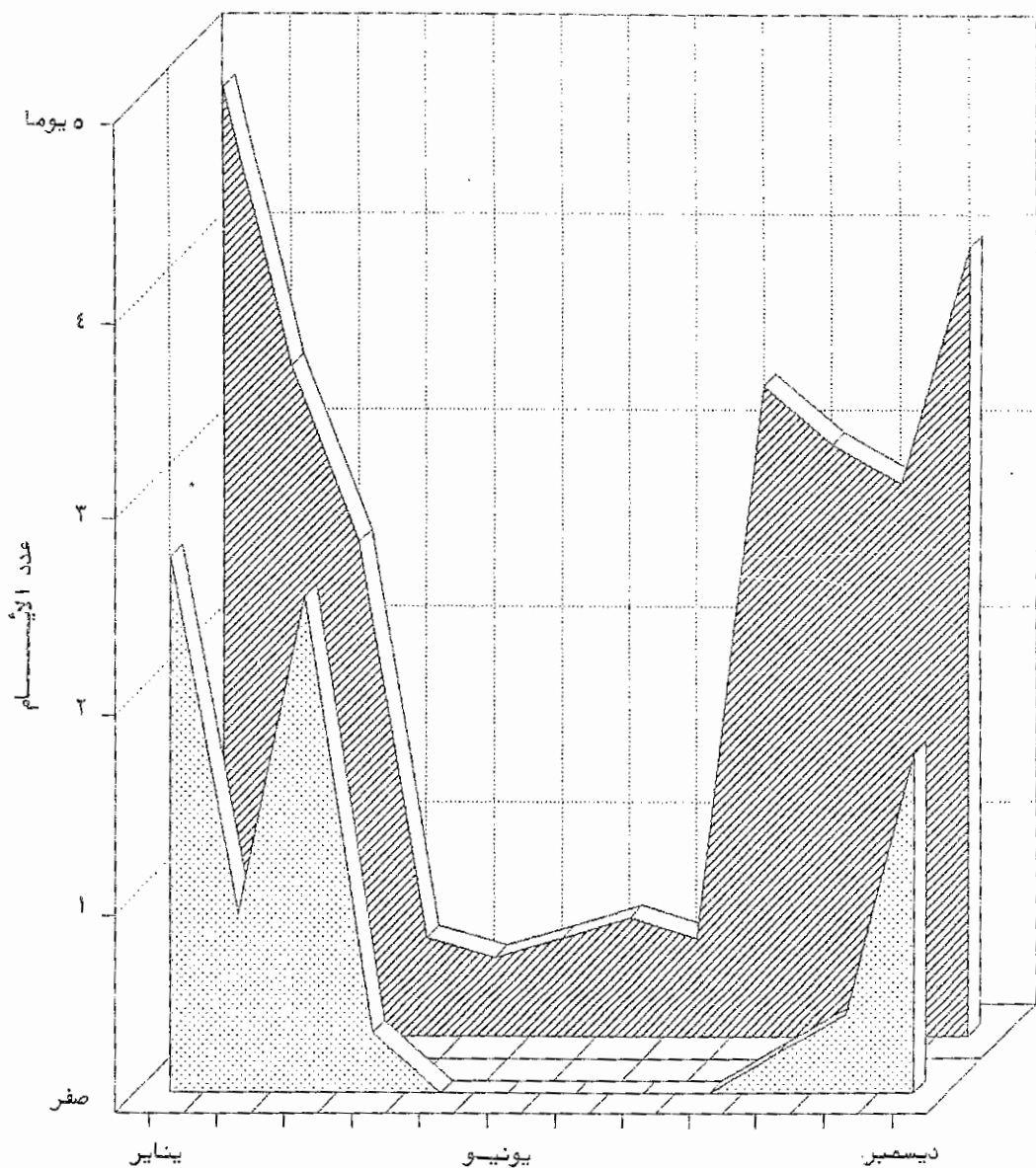
الضباب في مدى الرؤية من خلال ما يحمله من بخار ماء. إذ ينخفض مدى الرؤية كلما زادت نسبة الرطوبة في الضباب.^(١) ويتراوح إرتفاع الضباب بين ٥٠ و ١٥٠ متراً^(٢) ويفيد كثيراً في المناطق الصحراوية التي تعاني من قلة المطر فيصبح مصدراً للرطوبة في صورة الندى. ويحول الضباب دون تكون الصقيع في الليالي الشتوية لأنه يؤثر سلبياً في سرعة وكفاءة الإشعاع الأرضي.

ويتكون الضباب في منطقة الدراسة خلال الفصل البارد (نوفمبر - مارس). ويعتبر شهر يناير أكثر الشهور نصيباً إذ تبلغ نسبته ١٨% من جملة أيام الضباب في محطة الظهران^(٣) ويلى شهر يناير الشهور ديسمبر وفبراير ومارس ونوفمبر بنصيب تبلغ نسبته ١٥% و ١٣% و ١٠% و ١٠% لكل منها على التوالي (شكل ١٧). ويتكون الضباب في محطة الظهران خلال الفصل الحار الرطب خلال شهرى ديسمبر وأكتوبر بنصيب تبلغ نسبته ١٢% و ١١% لكل منهما. وتقل أيام الضباب في محطة الظهران خلال الفصل الحار الجاف (أبريل - أغسطس) حيث لا تتجاوز نسبتها ٩% من جملة عددها إذ يقتصر على الأيام التي تصل رطوبتها إلى ١٠٠% وأثناء انخفاض درجة الحرارة في الساعات الأولى من الصباح الباكر.

١٠. العلاقة بين كمية بخار الماء في الضباب ومدى الرؤية علاقة عكسية فحينما تبلغ الرطوبة النوعية (جرام/متر المكعب): ١ - ١,١٤ - ٠,٠٢ تبلغ مدى الرؤية (متر): ٥٠ - ٢٠٠ - ٨٠٠ [شجادة، سنة ١٩٨٣، ص ١٧٢].

- ١١. تتعدد الأسباب التي تساعد على تكوين الضباب ولعل من أهمها: إرتفاع رطوبة الجو.
- انخفاض سرعة الرياح إلى حوالى ٢ م/ث حيث تقل سرعة تشتت ذرات بخار الماء في الهواء.
- سرعة برودة اليابس ليلاً بواسطة الإشعاع الأرضي في الليالي الصافية.
- إختفاء التيارات الهوائية الصاعدة التي تساعد على التوزيع الرأسى للحرارة وكذلك تكوين السحب.
- انخفاض درجة صفاء الهواء بإرتفاع محتواه من الأتربة والرمال التي تكون بمثابة نويات التكاثف.
- [أشرف، سنة ١٩٧٨، ص ١٩١]. وتتعدد أنواع الضباب مع تعدد أسباب تكوينه ومنها: الضباب الإشعاعى **Radiational Fog**، ضباب المرتفعات الجوية **Anticyclonic Fog** - الضباب المنقلب **Advection Fog** والضباب الجبهى **Frontal Fog** وغيرها [Lal, 1988. P.162].

^(٣) ترصد ظاهرة الضباب في محطة الظهران والقيصومة فقط.



القيصومة الظهيران

شكل (١٧) معدل أيام الضباب في محطتي القيصومة والظهيران

وتقل عدد أيام الضباب في محطة القيصومة كنتيجة طبيعية لانخفاض الرطوبة وسبادة المناخ الجاف لتتخصص في الفصل البارد الرطب (شهرى ديسمبر ويناير فقط). ويستحوذ شهر يناير على معظم أيام تكون الضباب بنصيب تبلغ نسبته ٤٣% وبلية شهر ديسمبر بنصيب ٢٨%. وهكذا يستحوذ هذا الفصل على أكثر من ٧٠% من أيام الضباب. وتتوزع النسبة الباقية على شهور الفصل البارد الجاف ويشمل فبراير ونوفمبر ومارس بنصيب ١٤% و ٩% و ٥% لكل منهما على التوالي في محطة القيصومة.

وهكذا يساعد إقتران إنخفاض درجة حرارة الهواء بارتفاع الرطوبة النسبية على شيوع تكون الضباب الذى يعوض النباتات الطبيعى ندرة مطر المنطقة. ويلعب الضباب دوراً مزدوجاً متبايناً فيما يتعلق بتلوث الهواء. فإن كان يقلل من فرص حدوث الانقلاب الحرارى وما يرتبط به من ارتفاع فى تركيز ملوثات الهواء بالقرب من سطح الأرض، ومن ثم زيادة خطورتها، فإنه فى الوقت ذاته يعد عاملاً أساسياً فى تكوين الضباب الدخانى (الضبخان) أسوأ مظاهر تلوث الهواء.

٣- المطر

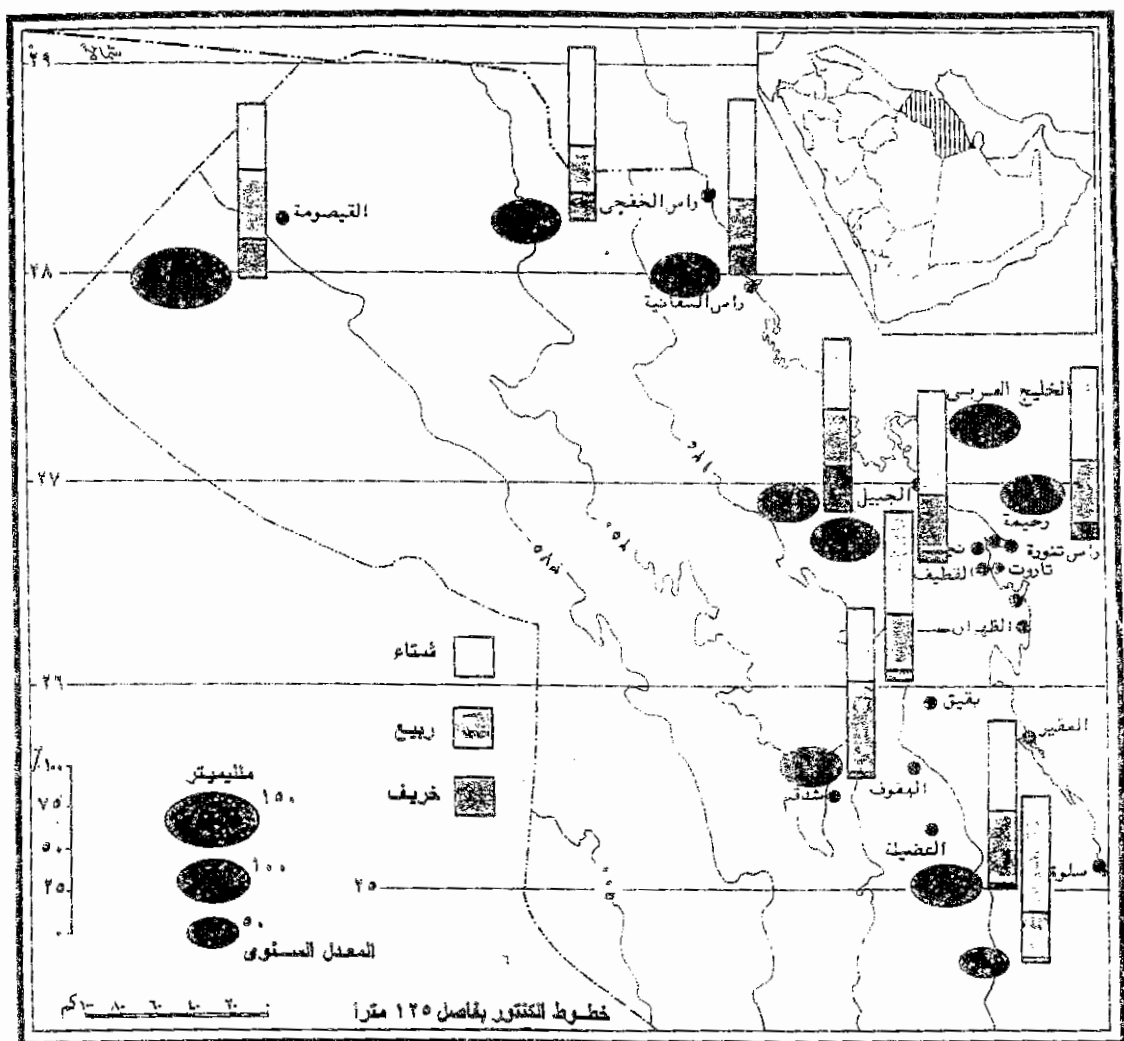
يعد مطر المنطقة انعكاساً لموقعها الفلكى وما يتبعه من التعرض للكتل الهوائية المتباينة فى خصائصها الحرارية والرطوبة والتي ترتبط بتباين نظم الضغط المختلفة من فصل إلى آخر.

ويمكن دراسة خصائص مطر المنطقة من خلال الجوانب التالية:

- أ- فصلية المطر
- ب- كمية المطر الشهرية
- ج- موسم المطر وفاقليته
- د- تركيز المطر.

أ- فصلية المطر:

يعد المطر الشتوى هو النمط الغالب على مطر المنطقة إذ يستحوذ على النصيب الأكبر من كمية المطر السنوى (شكل ١٨). ويرتبط المطر الشتوى بتكون جبهة



توزيع المطر في منطقة الدراسة

شكل ١٨

على منطقة الخليج العربى حينما تلتقى الكتلة الهوائية الباردة الجافة القادمة من أواسط آسيا وتصل للخليج العربى عبر جبار زاجروس مع الكتلة الباردة الرطبة القادمة من البحر المتوسط فتتشأ الأعاصير المحلية. وتتأثر هذه الجبهة الناشئة عن إلتقائهما بعبورها لمياه الخليج العربى فتزيد رطوبتها ويسقط المطر خاصة فى شهرى ديسمبر ويناير [الشريف، سنة ١٩٨٤، ص ٧٤]. وتتشأ فى فصل الشتاء المنخفضات الجوية فى البحر المتوسط الذى يكون بمثابة بحيرة من الضغط المنخفض محصورة بين منطقتين من الضغط المرتفع الأوراسى القطبى ودون المدارى فوق الصحراء الكبرى وشبه الجزيرة العربية. وتصل منخفضات البحر المتوسط (إمتداد المنخفضات الأطلنطية) التى تتحرك من الغرب نحو الشرق إلى منطقة الدراسة فى صورة رياح شمالية غربية أو غربية. ويصاحب وصول هذه المنخفضات الجوية حدوث تقلبات فجائية فى الطقس وتشتد سرعة الرياح ويسقط المطر.

ويمتد المطر الشتوى من شهر ديسمبر إلى شهر فبراير ويتباين فى كميته من محطة إلى أخرى ومن سنة إلى أخرى وفقاً لمدى توغل هذه المنخفضات الجوية وقوتها ونشاطها ورطوبتها التى تقل بصفة عامة فى إتجاه الخليج العربى شرقاً.

ويمتد المطر الربيعى من شهر مارس إلى شهر مايو وتقل كميته قياساً بالمطر الشتوى (شكل ١٨). وتسيطر على المملكة العربية السعودية ربيعا منطقة ضغط منخفض هى إمتداد للضغط الاسيوى والأفريقى مع بداية تسخين اليابس. ويجذب هذا الضغط المنخفض الرياح من كتلتين هوائيتين هما: كتلة هوائية قطبية بحرية باردة تتقدم من المحيط الإطلنطى، وأخرى مدارية بحرية دافئة تتقدم من البحر العربى. وتتشأ - حينما يلتقيان - جبهة تختلف قوة نشاطها وفقاً للظروف المناخية المحلية وقوة هبوب الرياح من هاتين الكتلتين. وتحدد شدة اضطراب خط الجبهة عدد المنخفضات الجوية المحلية ومن ثم تتحكم فى كمية المطر الربيعى.

كما تصل إلى المنطقة بعض منخفضات البحر المتوسط ^(١) التي تقل فسى عددها ونشاطها وكمية رطوبتها عن تلك التي تصل إليها شتاءً. وتنشأ التيارات الهوائية الصاعدة في أثناء مرور هذه المنخفضات الجوية كنتيجة لارتفاع درجة حرارة اليابس بينما يكون الهواء بارداً ورطباً في طبقات الجو العليا، مما يتيح الفرصة لتكوين السحب وسقوط مطر قد يصاحبه البرق أحياناً.

أما المطر الخريفي بالمنطقة فيقتصر على شهري أكتوبر ونوفمبر. وتقل كميته مقارنة بالمطر الشتوي والمطر الربيعي (شكل ١٨). ويبدأ المطر الخريفي حينما تختفى الكتل الهوائية الصيفية الجافة لتحل محلها تيارات هوائية رطبة مضطربة قادمة من الغرب في أثناء مرور المنخفضات الجوية التي يقل عددها وتضعف مع استمرار تحركها في إتجاه المنطقة شرقاً ومن ثم تنخفض كمية المطر.

وتتميز المنطقة بإعدام المطر الصيفي إذ تلعب منطقة الضغط المرتفع الأزورى - الذى يتزحزح شمالاً مع حركة الشمس الظاهرية - ك نطاق حدى بين الضغوط المنخفضة الموسمية فوق منطقة الخليج العربى وشمال غرب الهند وشرق قارة أفريقيا فى الجنوب، وبين الضغوط المنخفضة فوق شمال المحيط الأطلنطى وجزيرة قبرص فى الشمال. وهكذا تمنع منطقة الضغط المرتفع هذه دون وصول المؤثرات المحيطية الغربية إلى سواحل الخليج العربى.

وتخرج من منطقة الضغط المرتفع الأزورى رياح تجارية شمالية جافة تصل إلى دائرة عرض ١٨ درجة شمالاً (إلى الجنوب من منطقة الدراسة التى تمتد بين دائرتى عرض ١٦ و ٢٩ درجة شمالاً تقريباً) حيث يجذبها الضغط المنخفض فوق الخليج العربى [عبدالحكيم، سنة ١٩٨٠، ص ٧٤].

^(١) تختلف منخفضات البحر المتوسط عن المنخفضات الاطلسية فى كونها صغيرة المساحة وضحلة ولا ينخفض ضغطها عن ٩٩٠ ملليميار. وتصحبا اضطرابات ضعيفة وطقس متقلب لفترة قصيرة ومطر قليل قياساً بالمنخفضات الاطلسية [جودة، سنة ١٩٨٦، ص ١٠٥].

هذا ويتدرج معدل كمية المطر السنوى فى محطات المنطقة زيادة مسع دوائر العرض ، حيث تسجل فى محطة سلوة (٢٥ درجة شمالاً) أقل كمية مطر، وبينما تتمتع محطة القيصومة (٢٨ درجة شمالاً) بأكبر كمية مطر سنوى (شكل ١٨). ويرجع ذلك إلى إرتباط مطر المنطقة بمدى توغل منخفضات البحر المتوسط. ولهذا السبب أيضاً لم يظهر تأثير عامل التضرس فى تحديد كمية المطر السنوى، إذ لم تختلف كمية المطر فى محطة القيصومة (٣٥٧ متراً) عن مثيلتها فى محطة رأس السفانية (خمسة أمتار فوق مستوى سطح البحر) على الرغم من الفارق الكبير فى إرتفاع كل منهما فوق مستوى سطح البحر.

ب- كمية المطر الشهرية:

يتميز مطر المنطقة بالتذبذب الشديد لكونه مطراً صحراويًا^(١) يرتبط بمدى توغل منخفضات البحر المتوسط وقوتها ونشاطها وكمية رطوبتها التى تقل تدريجياً فى إتجاه عام نحو الخليج العربى شرقاً. وتختلف كمية المطر فى المنطقة باختلاف المحطات والشهور والسنوات (جدول ٨). ولذا يمكن تقسيم محطات المنطقة وفقاً لكمية المطر الشهرية إلى أربعة أنماط:

- محطات ذات قمة مطر فى شهر يناير:

وتتمثل فى محطتى رأس الخفجى ورأس السفانية ويتفوق فيهما المطر الشتوى على المطر الربيعى بدرجة كبيرة. حيث يبلغ ٦٠% للمطر الشتوى مقابل ٢٥% للمطر الربيعى فى كل منهما تقريباً، وهكذا يتفوق المطر الشتوى بفارق يتجاوز ضعف نصيب المطر الربيعى.

ويتفق ذلك مع سيادة المطر الشتوى فى المنطقة. ويستحوذ شهر يناير على النصيب الأكبر من المطر الشتوى ليمثل ٢٦% و ٢١% من جملة مطر محطتى رأس الخفجى ورأس السفانية على التوالى.

^(١) إذ تقل كمية المطر السنوى فى المنطقة عن ٢٥٠ ملمبتر، وهكذا تقع ضمن المناخ الصحراوى الممتد بين دائرتى عرض ١٨ و ٣٠ درجة شمالاً وجنوباً [الحولى، سنة ١٩٨٥، ص ٢٢].

- محطات ذات قمة مطر في شهر فبراير:

وتمثلها محطة سلوة فقط حيث يستحوذ شهر فبراير على ٣٦% من مطر المحطة. ويبلغ هنا نصيب المطر الشتوى ٧١% يقابله ٢٧% فقط للمطر الربيعى ليعادل الأول ثلاثة أمثال الثانى.

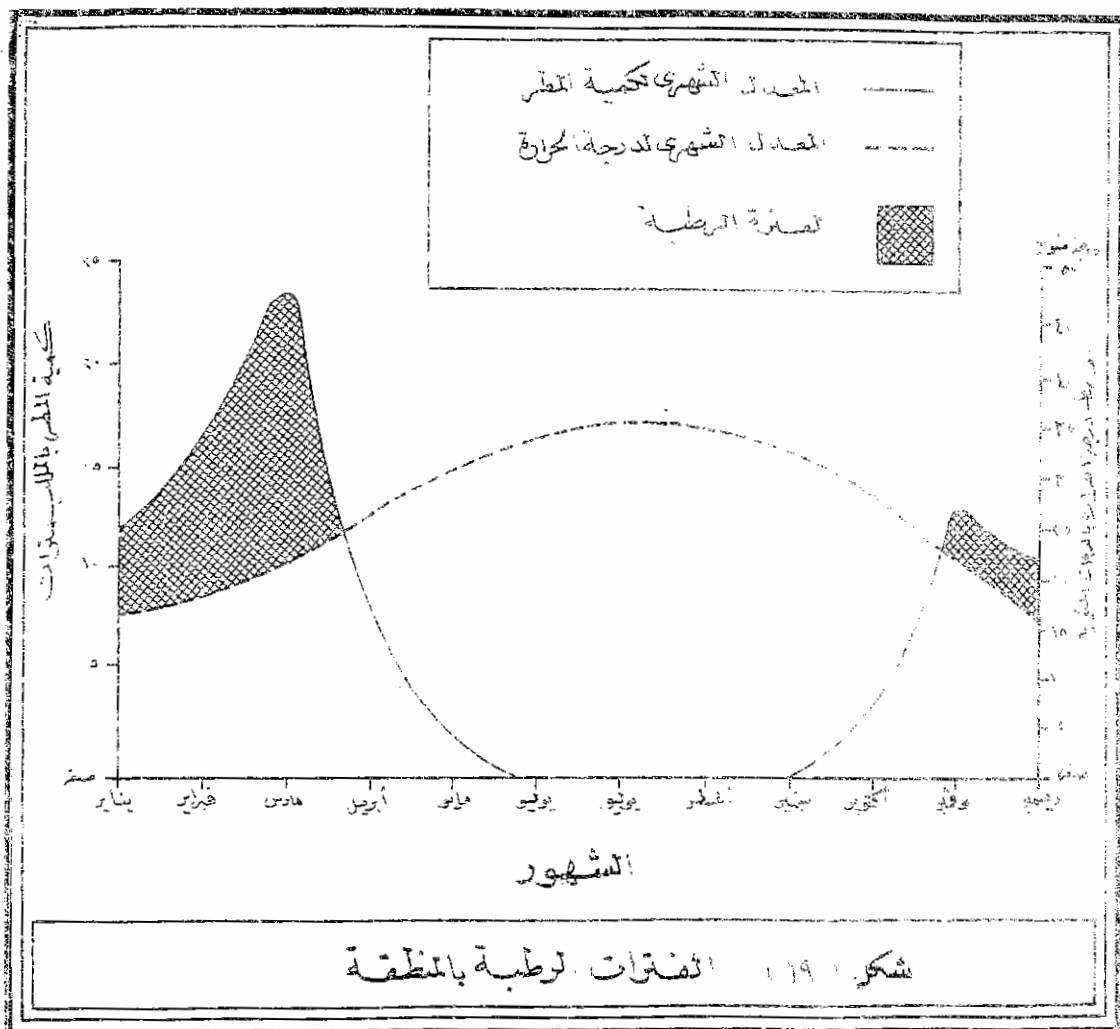
- محطات ذات قمى مطر فى شهرى فبراير ومارس:

وتتخصص فى محطة القطيف فقط حيث يستحوذ شهرى فبراير ومارس على نصيب يبلغ ٢٤% لكل منهما. وهكذا يتركز نصف المطر تقريبا فى شهرين فقط من السنة. ويتفوق هنا أيضاً المطر الشتوى على المطر الربيعى بنصيب يبلغ ٥٧% للأول و ٣٥% تقريبا للثانى.

-محطات ذات قمة مطر فى شهر مارس:

تمثلها محطات العقير والظهران والهفوف ورأس تنورة والقيصومة ومحطات الجبيل حيث يسود هذا النمط فى أغلب محطات المنطقة تقريباً. ويرجع تأخر ذروة المطر حتى شهر مارس إلى خضوع المنطقة خلال فصل الشتاء للضغط المرتفع الذى يسيطر على شبه جزيرة العرب وإيران فيمنع وصول المنخفضات الجوية الممطرة إليها. وتبدأ هذه المنخفضات فى الوصول للمنطقة مع بداية فصل الربيع حيث تأخذ درجة حرارة الهواء فى الارتفاع ومن ثم يتلاشى الضغط المرتفع ليحل محله الضغط المنخفض. ويبلغ نصيب شهر مارس ٥٠% و ٣٧% و ٢٧% و ٢٦% و ٢٤% لهذه المحطات على التوالى.

وهكذا ينحصر مطر المنطقة فى شهور الفصل البارد من شهر نوفمبر إلى شهر مارس تقريباً ممثلاً للفترة التى يحتمل فيها سقوط المطر. وتمثل هذه الشهور الفترة الرطبة التى يرتفع خلالها معدل كمية المطر الشهري ليتجاوز المعدل الشهري لدرجة حرارة الهواء (شكل ١٩).



ج- موسم المطر وفاعليته:

يقترن سقوط المطر الشتوى بإنخفاض فى درجة حرارة الهواء على العكس من المطر الربيعى والخريفى، وترتفع تبعاً لذلك فاعلية المطر Rainfall Effectiveness^(١) الشتوى مقارنة بكنيهما (شكل ٢٠).

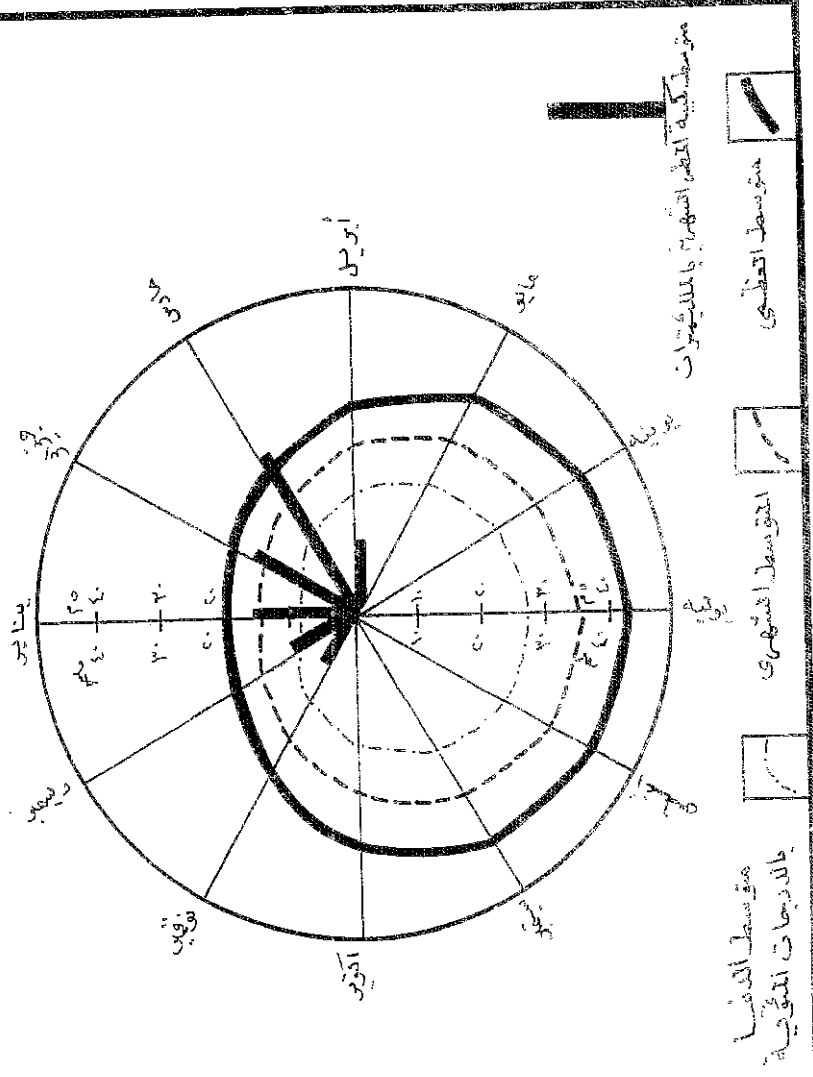
وبتطبيق معيار ديمارتون Demartonne - قرينة الجفاف Aridity index - الذى يعد من أفضل المعايير لتحديد الأقاليم الجافة (الصحراوية)، قد انخفض ناتج المعادلة عن (٥) فتصبح منطقة الدراسة شديدة الجفاف (نادرة المطر). وهكذا تؤدى الظروف المناخية المصاحبة لموسم سقوط المطر (طول مدة الشروق وإرتفاع كثافة الإشعاع الشمسى ودرجة حرارة الهواء) إلى إنخفاض القيمة الفعلية لكمية المطر الساقطة حيث يهدر جزء كبيراً منها بسبب سرعة عمليتى التبخر/النتج.

د- تركيز المطر:

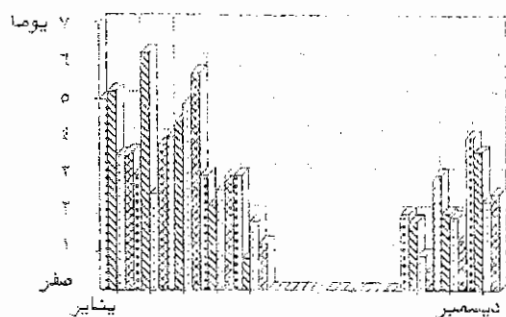
يغلب على مطر المنطقة سمات المطر الصحراوى من حيث التذبذب الشديد وهطول بكثافة نسبية فى عدد قليل من الأيام (شكل ٢١-أ). وقد بلغت على سبيل المثال أكبر كمية مطر فى المنطقة ٦٠,٤ ملميمترا فى يوم السادس من إبريل عام ١٩٧٦م بمحطة القطيف (شكل ٢١-ب). وتعادل هذه الكمية ٢٢% من مطر المحطة فى هذه السنة التى تمثل أكثر سنواتها مطراً. وقد حدث ذلك فى شهر إبريل الذى تقل خلاله كمية المطر فى محطة القطيف وسائر المحطات الأخرى. ويرتفع لهذا السبب كثافة المطر Rainfall Intensity نسبياً فى المنطقة لسقوط معظمه خلال عدد قليل من الأيام الممطرة (شكل ٢١-ج). وتعد الشهور مارس وفبراير ويناير أكثر الشهور إرتفاعاً فى درجة تركيز المطر لكونها أكثر الشهور

^(١) معيار ديمارتون (قرينة الجفاف) = (كمية المطر السنوى بالملميمترات) / (متوسط درجة الحرارة السنوية بالدرجات المئوية + ١٥). وإذا كان ناتج المعادلة السابقة = ٥ تكون المنطقة نادرة المطر، وحينما يتراوح ناتج المعادلة بين ٥ و ١٥ تكون المنطقة شبه جافة [محمد بن، سنة ١٩٨١، ص ١٩].

شكل (٢٠) مناخية موسم المطر بالمنطقة

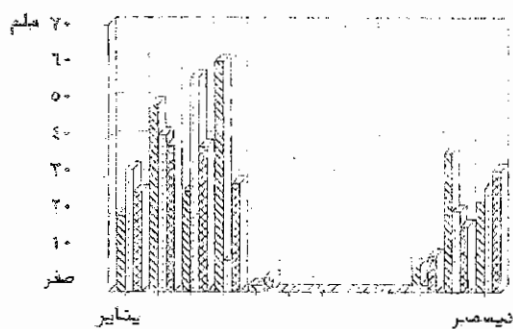


عدد الأيام الممطرة



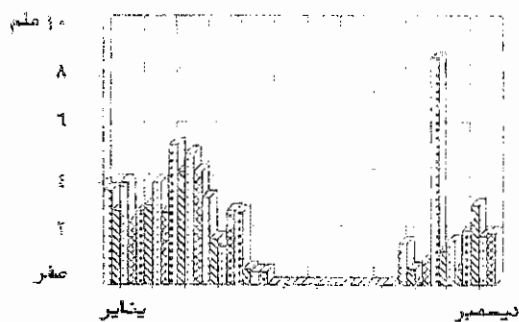
أ - المعدل الشهري للأيام الممطرة

كمية المطر بالملليمترات



ب - أقصى كمية مطر شهرية

كمية المطر بالملليمترات



ج - التركز الشهري لكمية المطر

الهطول السحب القطف القيصومة

شكل (٣١) كثافة المطر في محطات المنطقة

مطرا في المنطقة. هذا وقد إرتفعت بمحطة القيصومة درجة تركيز المطر في شهر نوفمبر لتتجاوز قيمة المطر بسبب سقوط المطر خلال ثلاثة أيام فقط من هذا الشهر.

هذا وتذبذب الكمية السنوية للمطر بدرجة كبيرة في سائر محطات الدراسة حيث يرتفع الإحراف عن معدل المطر السنوي للمنطقة (شكل ٢٢). وتعد محطة الظهران أقلها تذبذبا، في حين تعتبر محطة القيصومة أكثرها تذبذبا على الرغم من كونها الأكثر. حيث يبلغ معدل المطر السنوي في هذه المحطة ١٨٨ ملليمترًا تعادل تقريباً أربعة أمثال معدل المطر في محطة سلوة (أقل المحطات مطراً) كما إتضح في (شكل ١٨).

ويفيد في ظل هذا التباين الكبير في كمية المطر من محطة لأخرى وفي المحطة الواحدة من سنة إلى أخرى، يفيد تحديد أكثر فترات المطر تكرارا في المنطقة (شكل ٢٣).

إن يتضح أن أكثر كميات المطر تكرارا في المنطقة هي التي تتراوح بين ٦٠ و ١٢٠ ملليمترًا، في حين أقلها تكراراً التي تتراوح بين ٢٤٠ - ٣٠٠ ملليمترًا. ويندر سقوط كمية مطر تزيد عن ٣٠٠ ملليمترًا في المنطقة إذ لا يزيد تكرارها عن ٣% تقريباً من عدد مرات الهطول.

وهكذا يتضح أن كمية المطر القليلة شائعة الحدوث في المنطقة، في حين سقوط كمية كبيرة بعد شذوذاً. كما يثبت ذلك من خلال دراسة تكرارية نمط المطر Rainfall Frequency Pattern ويقصد بها فترات الرجوع Return Periods لكمية محددة من المطر ^(١) و ^(٢). ويتضح أن كمية المطر القليلة تتكرر

^(١) تم اختيار محطات القيصومة وسلوة والقطيف لكون الأولى أكثرها مطراً، والثانية أقلها مطراً، والثالثة أكثرها تحيلاً للمعدل السنوي للمنطقة.

^(٢) تحسب تكرارية نمط المطر (فترات الرجوع) بالطريقة التالية: [شحادة، ١٩٨٢، ص ٩٠].

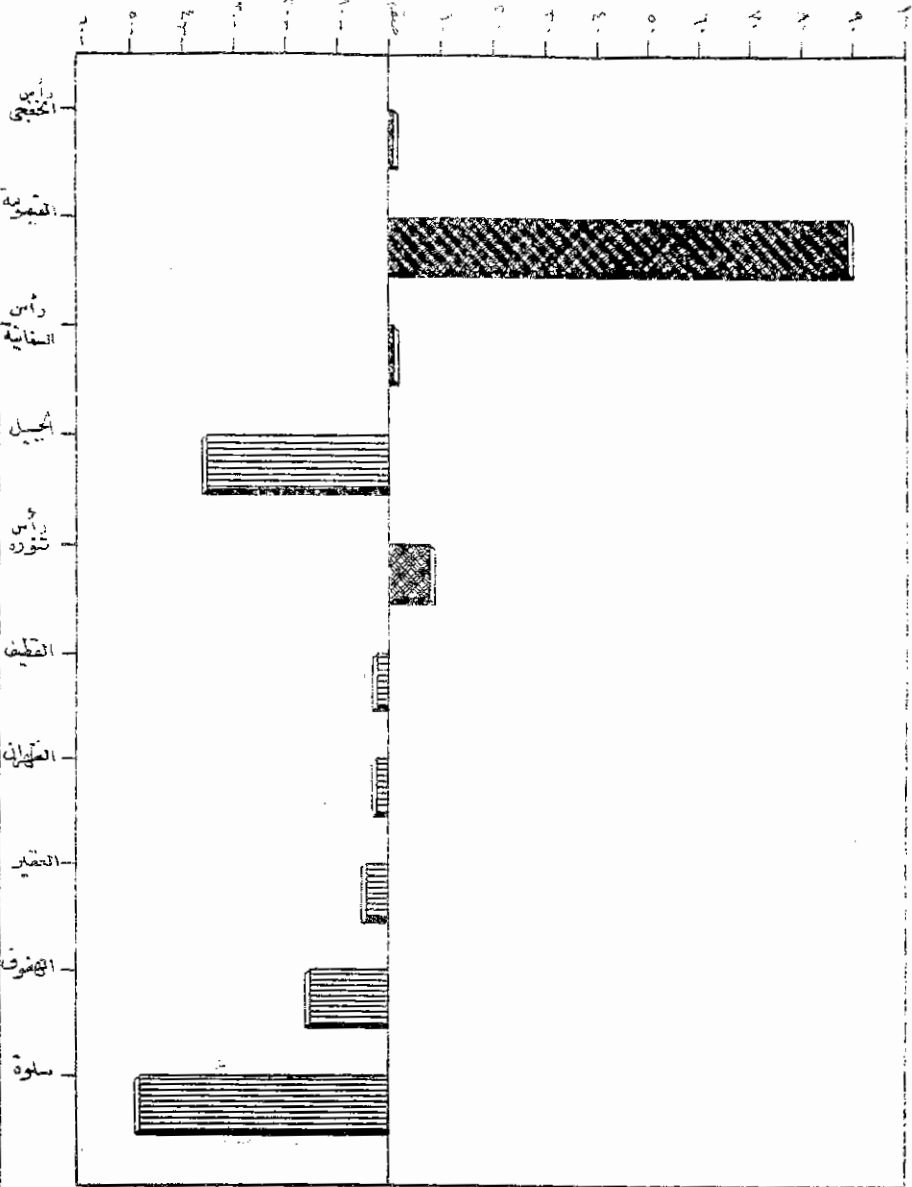
-- ترتيب كمية المطر السنوية تصاعدياً.

-- تحدد احتمال سقوط كل كمية من المطر $H = (1 + N/M) + 1$ حيث:

M = رتبة كمية المطر N = عدد السنوات -- تقدر فترة الرجوع الزمنية $Z = 1/H$.

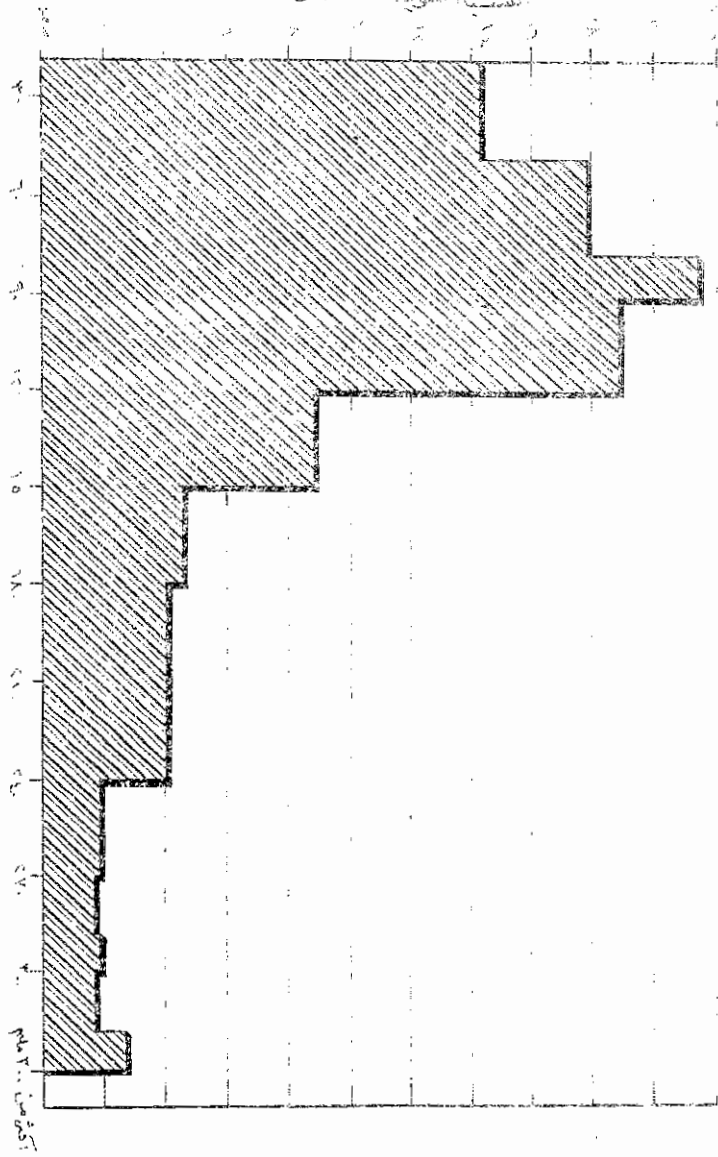
كمية انظر بالمليمات

الخطوط (مليمات)



شكل (٢٢) الأخطاف عن مودن كمية الخط المستقيمة

النسبة المئوية للمسكرات



فئات كمية المسكرات بالمليارات

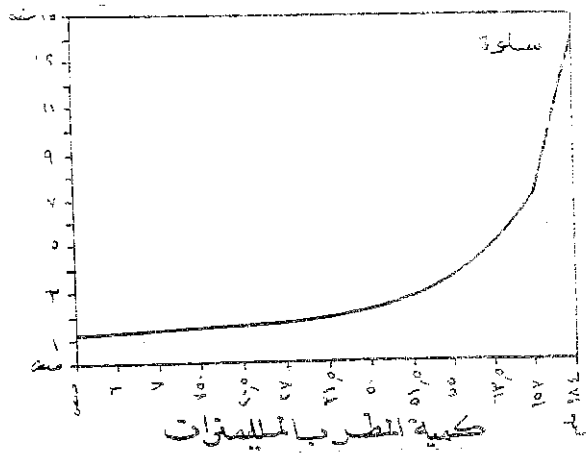
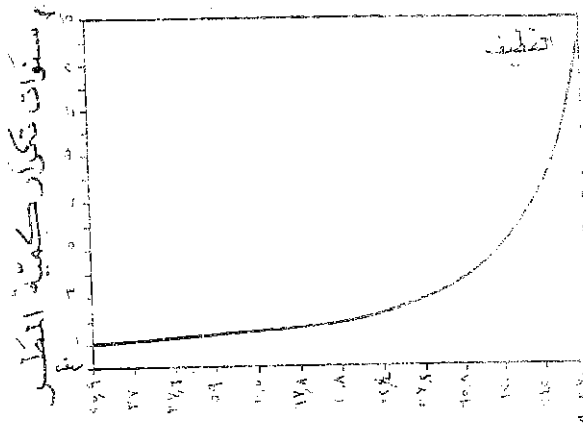
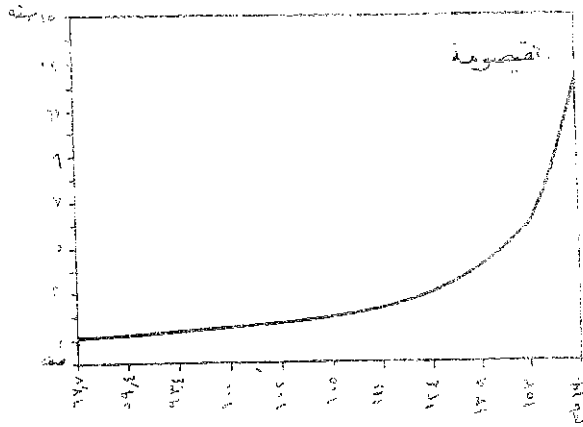
شكل (١٢) تكميلية المسكرات في المنطقة

خلال فترة زمنية قصيرة غالباً ما تكون سنوية. بينما يحدث العكس بالنسبة لكمية المطر الكبيرة التي تحتاج لعدد كبير من السنوات حتى تتكرر مرة ثانية. إذ تحتاج مثلاً كمية المطر التي تزيد عن ١٠٠ ملليمتر إلى فترة زمنية تتراوح بين ثلاث سنوات وأربع عشرة سنة حتى نتوقع تكرارها (شكل ٢٤). ويعد ذلك دليلاً آخرًا على شدة الندرة في مطر المنطقة.

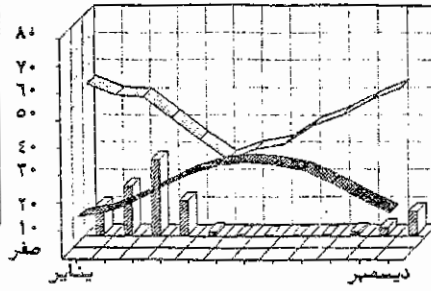
وهكذا تتميز المنطقة بارتفاع في درجة حرارة الهواء ورطوبته النسبية وندرة كمية المطر معظم شهور السنة (شكل ٢٥). وتشير هذه العناصر المناخية الثلاث إلى سيادة خصائص المناخ الصحراوي الحار الذي يشوبه إرتفاع في الرطوبة النسبية نتيجة للموقع الجغرافي للمنطقة على ساحل الخليج العربي. ويعد المطر أحد أهم العمليات الطبيعية في الغلاف الجوي التي يتم بفضلها إزاحة الملوثات عن طريق عملية الغسل Washout ويقصد بها تحريك Removal للجسيمات السابحة Suspended Particulates مع حبات المطر Raindrops.

وتؤثر هذه العملية على الجسيمات التي يزيد قطرها عن ميكرومتر واحد، إذ تصبح بمثابة نويات التكاثف لبخار الماء وتكوين السحب، وعندئذ تسقط هذه الجسيمات مع حبات المطر [ERT, International, INC, 1976. p.25]. وهكذا يساعد شح المطر على تفاقم تلوث الهواء بالمنطقة. إذ تحول فصليته وإنخفاض كميته دون إزاحة ملوثات الهواء الصلبة التي تزيد كميتها خلال الفصل الحار (الذي يندر فيه المطر) لإرتباطها بشدة سرعة الرياح وكثرة تكرار العواصف الرملية/ الترابية وظواهر الجو الترابية الأخرى. وهكذا تفتقد المنطقة للجانب الفعال لعنصر المطر بوصفه أداة طبيعية للتخلص من ملوثات الهواء الصلبة.

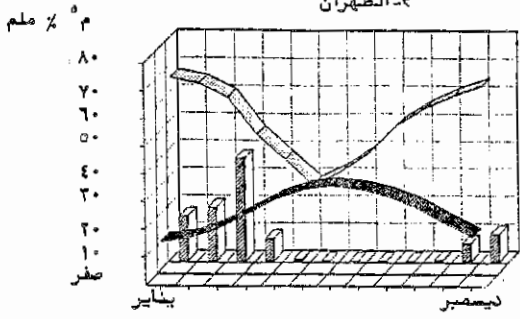
شكل (٢٤) : فترات الرجوع لكميات المطر



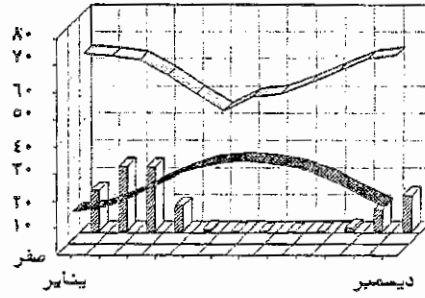
١- البفوف



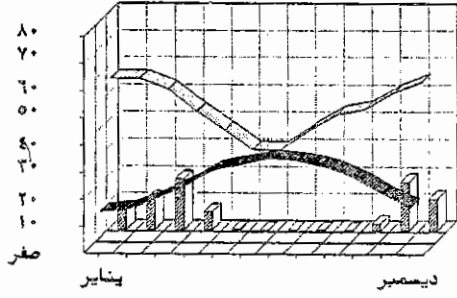
٢- الظهران



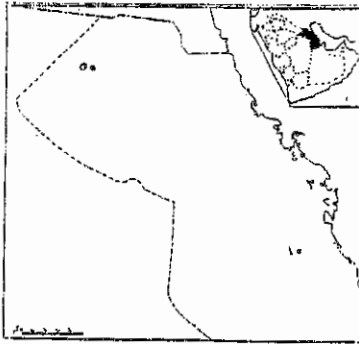
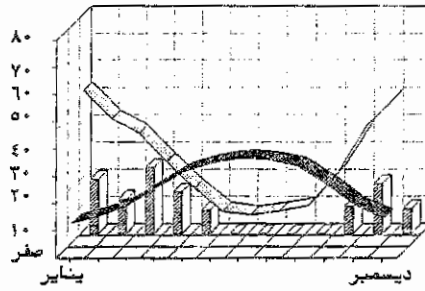
٣- القطيف



٤- الجبيل



٥- القصومسة



المتوسط الشهري للحرارة °م
المتوسط الشهري للرطوبة النسبية %
المتوسط كمية المطر الشهرية ملم

شكل (٢٥) ملامح المناخ الصحراوي في محطات المنطقة

ثالثا: الرياح

تنشأ الرياح نتيجة لتباين الضغط الجوى وتتحرك من مراكز الضغط المرتفع الى مراكز الضغط المنخفض لتحقيق نوع من التوازن بينهما [فايد، سنة ١٩٧٧. ص ٢٧] وترتبط سرعة الرياح بعلاقة طردية مع شدة انحدار الضغط Pressure Gradient (سرعة تناقص الضغط) نحو مركزه. وتؤثر عملية الإحتكاك Friction سلبيا على سرعة الرياح^(١) وتوصف البيئات الصحراوية كنتيجة لإختفاء عامل الإحتكاك تقريبا - بسبب ندرة الغطاء النباتى بالمحيطات [Trewartha, 1980. p.349] لارتفاع سرعة الرياح فيها. ويساعد أيضا على زيادة سرعة الرياح فى هذه البيئات عمليات التسخين السريع نهارا فى طبقات الهواء السفلى، فتتشتت حركة تصعيد للهواء إلى أعلى لتصل حدها الأقصى بعد الظهر. وقد يتبع فى كثير من الأحيان العواصف الرملية/ والترابية نتيجة لشدة سرعة الرياح فى المناخات الصحراوية.^(٢)

بينما تصل سرعة الرياح إلى حدها الأدنى فى أثناء الليل وقبل الشروق مباشرة بسبب انخفاض حرارة اليابس وبرودة الهواء وارتفاع كثافته وميله إلى الاستقرار خاصة مع زيادة تأثير عامل الإحتكاك لقربه من مستوى سطح الارض. هذا وتختلف سرعة الرياح فى المدن عنها فى المناطق الريفية المجاورة. فعندما يهب نسيم الضواحي (الرياح التى تهب من الريف إلى المدن) بسرعة تقل عن ٣,٦ متر/الثانية، فإن سرعتها ترتفع فوق المدن نتيجة لشدة إنحدار الضغط الناتج عن الجزيرة المدنية الحارة. يحدث العكس عندما تزيد سرعة نسيم الضواحي عن ٣,٦ متر/الثانية، فإن سرعتها تنخفض فوق المدينة بسبب تأثير عامل الإحتكاك [عمر، ١٩٨٨ (د). ص ٨].

^(١) يتوقف عامل الاحتكاك على: طبيعة السطح ودرجة خشونته ومدى استوائه، إضافة إلى الاختلافات الحرارية المحلية. وتزيد سرعة الرياح مع الارتفاع نتيجة لإختفاء تأثير عامل الاحتكاك.

^(٢) يرى البعض لهذا السبب أن الرياح غالبا ما تكون العنصر الوحيد للحياة والحركة فى ميدان الموت والجُمود [Trewartha, 1980. p.359] والذي يقصد به الصحراء.

ويرتبط تلوث الهواء المحتمل لأي منطقة بصورة مباشرة بالرياح^(١) التي تتحكم في تحديد الرحلة الزمنية Travel Time التي تنتقل وتتحرك خلالها الملوثات إلى أن تلتحم بطبقات الغلاف الجوى. كما تحدد مدة إستمرار تنقلها من مصدر الإنبعاث إلى المناطق المستقبلية (المتأثرة) Receptor Areas للملوثات. وترتبط هذه الرحلة الزمنية - التي تتحكم في عملية تشتت Dispersion ملوثات الهواء - بعلاقة طردية مع سرعة الرياح [ERT, International, 1976. p.22] وحينما تكون حركة الرياح بطيئة وقادمة من المصدر الملوث، فإن ذلك يعنى إرتفاع تركيز الملوثات بصورة أكبر عما إذا كانت حركة الرياح شديدة^(٢) و^(٣). وتحدد سرعة الرياح الوقت اللازم لنقل الملوثات من مصدر إنبعاثها إلى المنطقة المستقبلية لها، فيرتفع هذا الوقت إلى الضعف حين تنخفض سرعة الرياح إلى النصف.

وتتغير خصائص الرياح فى المنطقة بتغير نظم الضغط الجوى من فصل لآخر من فصول السنة على النحو التالى:

^(١) ولا يمكن اغفال دور درجة حرارة الهواء وإرتفاع طبقة الإختلاط بجانب سرعة الرياح حيث يمكن تمثيل العلاقة بين هذه العناصر المناخية وبين تركيز ملوثات الهواء فى أى منطقة وفق المعادلة التالية:

$$C = f(W, H, D, Y)$$

(C) = تركيز الملوثات. (W) سرعة الرياح (F) رقم ثابت (H) ارتفاع طبقة الاختلاط

(D) درجة الحرارة اليومية (Y) التركيز فى اليوم السابق. [Annand, 1981, p.804].

^(٢) فإذا كانت مثلاً سرعة انبعاث الملوثات ٦ وحدات/ الثانية (أى ٦ جزيئات من الملوثات تبعث إلى الهواء فى كل ثانية) وكانت سرعة الرياح ٦ م/ث عندئذ يصبح تشتت هذه الوحدات المنبعثة كبير، بمعنى أنه تزيد المسافة بين كل وحدة وأخرى لتبلغ حوالى متراً واحداً. وإذا انخفضت سرعة الريح إلى ٢ م/ث تصبح المسافة بين كل متر وآخر فى الهواء تحتوى على ثلاث وحدات من الملوثات، ومن ثم يرتفع تركيزها. [Stern, 1984. p.274].

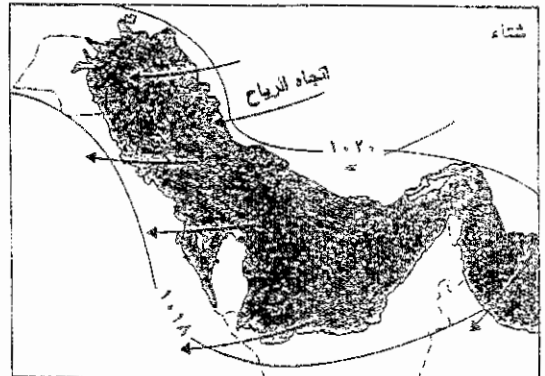
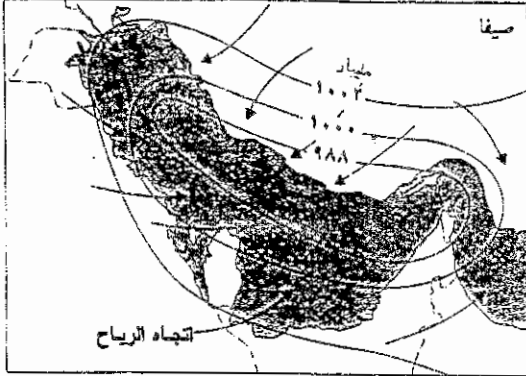
^(٣) وقد أثبت العالم أرزانوف العلاقة العكسية بين سرعة الرياح وتركيز السخام (Soot) فى مدينة موسكو (جدول ٩-١). كما أثبت العلاقة العكسية بين سرعة الرياح وتركيز غاز ثانى أكسيد الكبريت فى مدينة موسكو أيضاً (جدول ٩-ب). [كمونة، سنة ١٩٨٨ ص ٨٩-٩٠].

فصل الصيف (يونية - يولية - اغسطس):

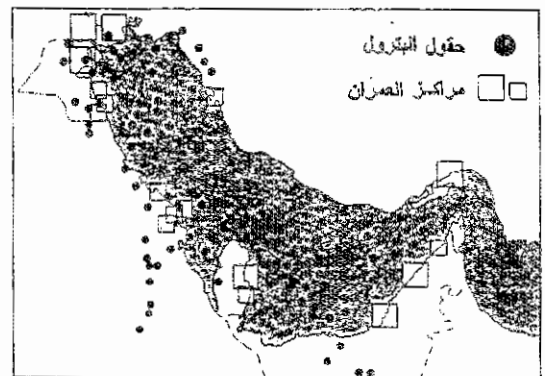
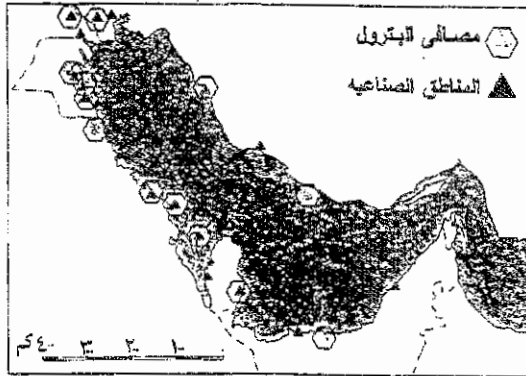
يسيطر على المنطقة صيفا ضغط منخفض نتيجة لشدة ارتفاع درجة حرارة الهواء ليصبح امتداداً للضغط الشديد الانخفاض المتمركز على شمال غرب الهند وباكستان وجنوب إيران وجنوب عمان. ويتبع هذا الضغط المنخفض نشأة التيارات الهوائية الصاعدة التي تحمل معها الأتربة والرمال المفككة (بسبب جفاف السطح) فتكثر الأعاصير الرملية. ويجذب هذا الضغط المنخفض الرياح لتهب من معابر جبال زاجروس باتجاه المنطقة في صورة رياح شمالية شرقية (شكل ٢٦) تتراوح تكراراتها النسبية بين ١٣% و ٢٢% من الهبوب لشهرى يولية ويولية على التوالي. ويجذب أيضاً هذا المنخفض الجوى الرياح من منطقة الضغط المرتفع الأزورى فوق المحيط الاطلنطى وإمتهاده في البحر المتوسط نحو المنطقة في صورة رياح شمالية غربية تبلغ تكراراتها النسبية ٤٢% من هبوب الرياح في شهر أغسطس على محطة القطيف. وتتحول هذه الرياح الشمالية الغربية الى رياح شمالية تعرف محلياً باسم (رياح الشمال) التي تتميز بانخفاض حرارتها نسبياً. وترتفع التكرارات النسبية لهبوبها إلى ٦٧% و ٥٧% و ٥٥% من الهبوب خلال شهور يولية ويولية وأغسطس على التوالي في محطة الهفوف. كما تبلغ تكراراتها لذات الشهور بمحطة القطيف ٤٦% و ٣٣% و ١٨% على التوالي. وتتميز الرياح خلال فصل الصيف بشدة سرعتها خاصة خلال شهر يولية. إذ يبلغ متوسطها الشهري ٦,٠ متر/ الثانية تقريباً فى معظم محطات الدراسة (شكل ٢٧).

وغالباً ما تسجل السرعة القصوى للرياح خلال شهر يولية في سائر المحطات (باستثناء محطة الظهران إذ تسجل في شهر يولية وقد بلغت ٢٤ متر/الثانية) ، وتتراوح بين ١٠ متر/ الثانية كحد أدنى في محطة الهفوف،

الضغط والرياح

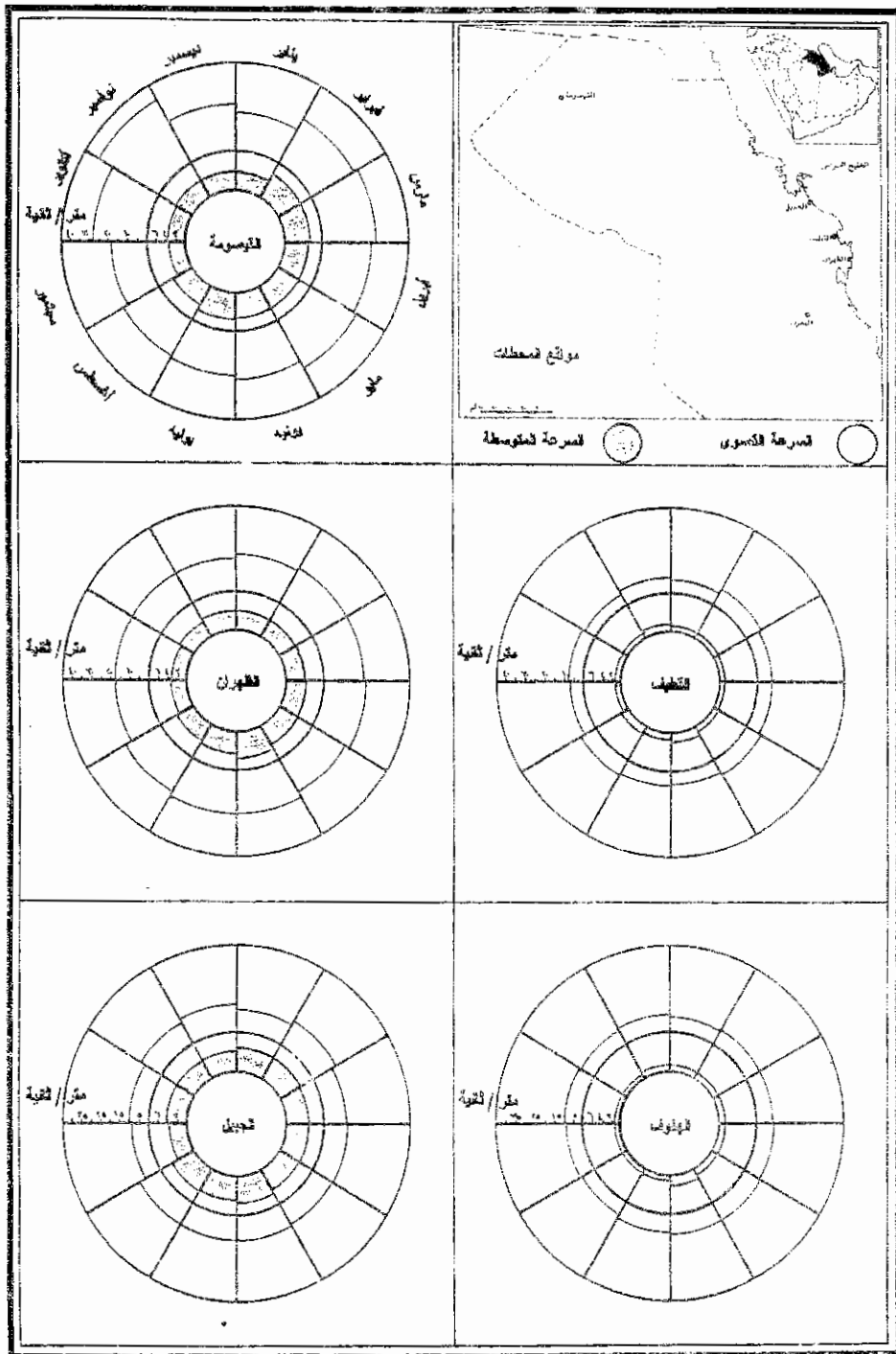


مصدر: الاستاذ



فاعليات عامل الجوار في بيئة المنطقة الشرقية

شكل ٢٦



شكل ٢٧ خصائص سرعة الرياح في محطات الدراسة .

و ٢٥ متر/ الثانية تقريبا كحد أقصى فى محطة القيصومة (جدول ١٠) ^(١) و ^(٢) . هذا وتصل الرياح الى سرعتها القصوى بعد الظهيرة (فيما بين الساعة الواحدة والثالثة بعد الظهر) نتيجة لشدة تسخين اليابس وارتفاع درجة الحرارة العظمى للهواء فتتشط التيارات الهوائية الصاعدة محملة بالأتربة والرمال المفككة فى ظل سرعة الرياح المرتفعة التى تمكنها من حمل كميات هائلة من الرمال. ومن ثم ترتفع سرعة عمليتى سفى الرمال وزحف الكثبان الرملية صيفاً فى ظل ارتفاع التكرار النسبى للرياح الحرجة (شكل ٤). ويرتفع أيضاً عدد العواصف الرملية/ الترابية وكذلك ظواهر الجو الترابية خلال هذا الفصل كما سيتضح فيما بعد.

ويتبع هذا الإتجاه للرياح السائدة صيفاً (شمالية غربية - شمالية - شمالية شرقية) نقل ملوثات الهواء من مناطق الجوار الصناعية على طول ساحل الخليج العربى (شكل ٢٦) الى المنطقة، كما تسهم فى نقل العديد من الملوثات الغازية من مدينة الجبيل الصناعية (أهم المدن الصناعية بالمنطقة) إلى سائر المدن الساحلية إلى جنوبها. ويؤدى إستقرار الرياح الشمالية على المنطقة بصفة عامة إلى إنخفاض فاعليتها فى نزح الحرارة المتراكمة داخل المدن لتظهر كجزر حرارية واضحة حينما تفتقر شدة حرارتها بإرتفاع رطوبتها النسبية، ويقتصر حينئذ دورها فى تحقيق تهوية فعالة فى شوارع بعض المدن ذات المحاور الشمالية كما هو الحال فى مدينة الجبيل الصناعية. ويفضل سكان المنطقة رياح الشمال صيفاً لكونها تهب من البحر المتوسط الذى يمثل مركز الضغط الجوى المرتفع دون المدارى فى أقصى ترحل له صوب الجنوب [يوسف، سنة ١٩٨٨، ص ٣١].

^(١) وهكذا تتراوح السرعة القصوى للرياح فى المنطقة - وفق مقياس بوفورت - بين نسيم عليل Fresh

Breeze (٨، ١٠ - ١٠، ٧) متر/ الثانية، وعاصفة Storm (٢٤، ٥ - ٢٨، ٤) متر/ الثانية).

^(٢) وترتفع هذه السرعة القصوى كثيراً عن السرعة اللازمة لبدية حركة الرمال فى المنطقة (يطلق عليها

الرياح الحرجة) التى تبلغ ٥، ٣ متر/ الثانية [Abolkhair, 1981. p.134].

ويلعب كل من نسيم البر Land Breeze ونسيم البحر SeaBreeze (نسيم الخليج العربي) دوراً أساسياً في توزيع الملوثات الغازية ونقلها من وإلى منطقة الدراسة. حيث يؤدي نسيم البر ليلاً إلى سهولة إنتقالها من المناطق الصناعية وحقول الزيت البرية إلى مدن الساحل، بينما تنتقل الملوثات من مناطق الجوار عبر الخليج العربي إلى المدن الساحلية في أثناء فترات نسيم البحر. وتُعد ظاهرة الأوزون البحري المنقول من المناطق الصناعية المجاورة - عبر الخليج العربي - والتي تسهم في رفع التلوث بغاز الأوزون من أبرز الأمثلة على تسائير نسيم البحر في تلوث الهواء بالمنطقة.

فصل الشتاء (ديسمبر - يناير - فبراير):

يسيطر على المنطقة ضغط مرتفع بسبب انخفاض حرارة اليابس مقارنة بالمسطحات المائية القريبة (البحر المتوسط)، ليعد امتداداً للضغط شديد الارتفاع في أواسط آسيا وسiberia شتاءً (شكل ٢٦). وتصبح منطقة البحر المتوسط عبارة عن بحيرة من الضغط المنخفض محصورة بين الضغط المرتفع الأوراسي القطبي والضغط المرتفع دون المداري على الصحراء الكبرى وشبه الجزيرة العربية، فتتسبب حينئذ حالة من عدم الإستقرار يتبعها نشأة المنخفضات الجوية التي تتحرك في اتجاه عام من الغرب إلى الشرق بسرعة تتراوح بين ٢٠ و ٣٠ كيلومتر/ساعة [شرف، سنة ١٩٨٥، ص ١٤٥].

وتصل هذه المنخفضات الجوية في مسارها الجنوبي (يتبع جنوبي حوض البحر المتوسط من المحيط الأطلنطي عبر مضيق جبل طارق، ويتحرك أيضاً من خليج سرت إلى شرق البحر المتوسط ثم بلاد الشام وشمال السعودية ورأس الخليج العربي وإيران) [جوده، سنة ١٩٨٦ ص ١٠٦] إلى المنطقة في صورة رياح شمالية غربية إلى رياح غربية ممطرة.

وترتفع التكرارات النسبية لهبوب هذه الرياح الشمالية الغربية لتبلغ ٤٥% و ٣٦% و ٢٨% لشهور الشتاء على التوالي في محطة القطيف. وتصل

هذه الرياح إلى محطة الهفوف في صورة رياح شمالية تبلغ تكراراتها النسبية خلال شهور الشتاء على التوالي ٤١% و ٤٦% و ٥٢%.

وتتعرض المنطقة شتاءً للعديد من التقلبات الجوية التي تصاحب مرور المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط في صورة الرياح الشمالية الغربية والرياح الغربية. وبمجرد اقتراب هذه المنخفضات يسود طقس متقلب ويتحول إتجاه الرياح إلى رياح شرقية وجنوبية شرقية تهب من الخليج العربي في صورة رياح رطبة تسهم في رفع مستوى الرطوبة النسبية. ويقل تكرار هبوب هذه الرياح المتغيرة إذ يقتصر هبوبها على فترات زمنية قصيرة ففى أثناء مرور المنخفضات الجوية. وهكذا تسيطر الرياح الشمالية الغربية والرياح الشمالية على المنطقة شتاءً بسرعة أقل عما عليه صيفاً.

ويتراوح المتوسط الشهري لسرعة الرياح شتاءً بين ٤,٨ متر/الثانية كحد أقصى في شهر فبراير بمحطة القيصومة، وبين ١,٢ متر/الثانية كحد أدنى في شهر ديسمبر بمحطة الهفوف ^(١) (جدول ١٠). وتسجل غالباً السرعة القصوى شتاءً خلال شهر فبراير. وقد بلغت ٢٥,٥ مسطر/الثانية ففى محطة القيصومة (رياح شمالية)، و ٢١,٣ متر/الثانية في محطة الظهران (رياح شمالية غربية)، و ١٣,٣ متر/الثانية في محطات الجبيل (رياح من غرب الشمال الغربى). وهكذا ترتفع السرعة القصوى للرياح شتاءً لتتجاوز السرعة اللازمة لبدء حركة الرمال في المنطقة (٥,٣ متر/الثانية) لتبلغ نسبة تكرارها في شهر فبراير ١٢% في محطة القطيف و ٩% في محطة الهفوف (شكل ٤). ويصحب ذلك الإرتفاع في سرعة الرياح شيوع تكرار الظواهر الجوية الترابية خاصة الأتربة المثارة.

فصل الربيع (مارس - إبريل - مايو):

حينما يتحرك الهواء القطبي القارى من أوراسيا ليصل إلى المنطقة خلال شهور الربيع يتبعه حدوث الزوابع الترابية والرملية في المنطقة. ويرجع

^(١) ترتفع سرعة الرياح في محطتي القيصومة والظهران مقارنة باحطات الأخرى بسبب موقعهما في منطقة المطار حيث يقل العمران وينخفض تأثير عامل الاحتكاك الذى يؤدي إلى انخفاض سرعة الرياح.

ذلك إلى سخونة اليابس فتنشأ حالة من عدم الاستقرار في الطبقات السفلى من الهواء مما يساعد على نشاط التيارات الهوائية الصاعدة التي تحمل معها الأتربة والرمال المفككة بسبب جفاف السطح وندرة الغطاء النباتي.

وتهب خلال فصل الربيع رياح السموم المحلية في مقدمة المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط. وتحرك هذه الرياح من صحراء الربع الخالي فتصل إلى المنطقة في صورة رياح جنوبية شديدة الحرارة والجفاف ومحملة بالأتربة والرمال. فتكثر العواصف الرملية والترابية التي قد تؤدي إلى تغيير لون السماء إلى الأحمر الباهت أو الأصفر الداكن [الشريف، سنة ١٩٨٤، ص ٦٩]. ويرتفع تكرار هذه الرياح الجنوبية ربيعاً ليصل إلى ٢٢% و ١٧% و ٨% على محطة الهفوف خلال شهر هذا الفصل بالتوالي. كما تصل بعض منخفضات البحر المتوسط إلى المنطقة في صورة رياح شمالية غربية إلى شمالية رطبة تصيب المنطقة بالمطر الربيعي.

ويتراوح المتوسط الشهري لسرعة الرياح ربيعاً بين ٥,١ متر/الثانية كحد أقصى في شهر مارس بمحطات الجبيل و ١,٥ متر/الثانية كحد أدنى في شهر إبريل بمحطة القطيف (جدول ١٠). وتتراوح السرعة القصوى للرياح ربيعاً بين ٢٨ متر/الثانية كحد أقصى في شهر مارس بمحطة القيصومة و ٧,٤ متر/الثانية في شهر إبريل بمحطة القطيف.

ويصاحب ارتفاع سرعة الرياح ربيعاً ارتفاع نصيبه من تكرار قواصر الجو الترابية ليحتل المركز الثاني بعد فصل الشتاء، وكذلك الحال بالنسبة للعواصف الرملية/الترابية.

ويؤدي ارتفاع سرعة الرياح ربيعاً (شكل ٢٧) إلى ارتفاع درجة تلوث الهواء بالملوثات الصلبة خاصة في أثناء هبوب رياح السموم الجنوبية. وتسود الرياح الشمالية إلى الشمالية الغربية السائدة على محطات الجبيل إلى نقل الملوثات الغازية من مصادر انبعاثها شمالاً (معمل تكرير الخفجي - حقول الزيت الشمالية) إلى المدن الساحلية جنوباً. فيرتفع تركيزها خاصة في مدينة الجبيل الصناعية لموقعها الجغرافي إلى الجنوب منها مباشرة.

وهكذا يسهم تعدد اتجاهات الرياح خلال شهور فصل الربيع في تنوع مصادر إنتقال ملوثات الهواء وكذلك إعادة توزيعها وتشتتها وتغير المناطق المستقبلية لها.

فصل الخريف (سبتمبر - أكتوبر - نوفمبر):

تسود الرياح الشمالية الغربية والرياح الشمالية خلال فصل الخريف ليكون لها الغلبة على الرياح الشرقية والرياح الجنوبية الشرقية. ويكثر أيضا تكرار هبوب الرياح الجنوبية الحارة والمقربة التي تهب من صحراء الربع الخالي. وتعتبر محطة الهفوف أكثر المحطات تأثراً بها - لتوغلها جنوباً حيث صحراء الربع الخالي- إذ تصل النسبة المئوية لتكرار هبوبها إلى ١٨% و ١٥% خلال شهري أكتوبر ونوفمبر.

وتتخفض سرعة الرياح في المنطقة خلال شهور فصل الخريف، إذ يتراوح المتوسط الشهري لسرعة الرياح بين ٣,٠ متر/الثانية كحد أقصى خلال شهر نوفمبر و ٢,٧ متر/الثانية كحد أدنى خلال شهر سبتمبر^(١).

وهكذا تتميز الرياح في المنطقة بارتفاع سرعتها معظم شهور السنة. وتلعب هذه السرعة المرتفعة للرياح دوراً إيجابياً وآخر سلبياً فيما يتعلق بتلوث الهواء بالمنطقة.

ويكمن الجانب الإيجابي في كونها تحقق التهوية Ventilation العالية، فتسهم جزئياً في نزع الحرارة المتراكمة داخل المدن. كما تؤدي إلى سرعة تشتت ملوثات الهواء بعيداً عن مصدر إنبعاثها فينخفض تركيزها قريباً من مستوى سطح الأرض ، ويتبع ذلك بالضرورة إنخفاض درجة خطورتها على صحة الإنسان والبيئة. ويندر تكرار حالات الركود Stagnation Conditions (كنتيجة لارتفاع سرعة الرياح) إذ تحدث حالات السكون مثلاً بنسبة ١% فقط في محطات الجبيل، ويختفى تبعاً لذلك أحد العوامل التي تساعد على ارتفاع تركيز الملوثات الغازية بالمنطقة.

^(١) لا عبرة أن كانت اقصى سرعة للرياح في المنطقة قد سجلت مرة واحدة في شهر نوفمبر لتبلغ ٣٦,١ متر/الثانية في محطة القيصومة سنة ١٩٨٢ لكونه استثناء لا يتكرر.

وتؤثر سرعة الرياح سلباً بقدرتها الكبيرة على حمل كميات هائلة من الأتربة والرمال والجزيئات الدقيقة بأحجامها المتباينة ومصادرهما المتعددة إلى ارتفاعات كبيرة فوق مستوى الأرض. ويتبع ذلك بالضرورة ارتفاع فسي تركيز الملوثات الصلبة بالهواء تحت سيادة ظروف المناخ الصحراوي الحار، وإسراع التكوينات الرملية الجافة بالمنطقة.

رابعاً: الطقس والمناخ وتوليد ونشر

ملوثات الهواء الصلبة

تلعب العناصر المناخية - فضلاً عن دورها كضوابط توزيعية للملوثات الغازية - دوراً أساسياً في توليد ونشر ملوثات الهواء الصلبة. ويمكن تقسيم هذه الملوثات وفقاً لخصائصها الحجمية، ومدة بقائها في الغلاف الجوي، وسرعة ترسيبها، وآثارها الصحية والبيئية إلى:

الغبار المساقط الجسيمات السابحة

١- الغبار المساقط

يرتبط تلوث الهواء بالغبار المساقط^(١) ببعض الظواهر الجوية التي يمكن حصرها في:

- العواصف الرملية/ الترابية

- ظواهر الجو الترابية (السديم)^(٢) - أتربة مثارة^(٣) - دوامات ترابية^(٤)

(١) يقصد بالغبار المساقط Dust fall الجزيئات الغبارية التي يزيد قطرها عن ١٠ ميكرون وترسب على مسافات بعيدة عن مصدرها. وتقدر سرعة ترسيبها بحوالي ١٧ سم/دقيقة [العودات، سنة ١٩٨٥، ص ٥٠].

(٢) السديم Haze: هو عبارة عن دقائق عالقة Suspended Particles يتراوح قطر جزيئاته بين ٠,١ و ١٠ ميكرون. وتظل عالقة بالهواء لفترات طويلة لانخفاض سرعة ترسيبها التي ترتبط بالعناصر المناخية من سرعة الرياح ودرجة حرارة الهواء ورطوبته [العودات، سنة ١٩٨٨، ص ٦٧].

أ- العواصف الرملية/ الترابية

تعرف العواصف الرملية Sand Storms بأنها الرياح التي يصل خلالها مدى الرؤية Visibility إلى ١٠٠٠ متر أو أقل بسبب ارتفاع تركيز الغبار والأتربة في ظل رياح تبلغ سرعتها ١٣ متر/ الثانية أو أكثر. وتختلف العاصفة الترابية Dust-storm عن العاصفة الرملية في كون الأولى تصاحبها رياح تقل سرعتها عن ١٣ متر/الثانية. ويطلق على أي منهما عاصفة عاتية Severe Storm عندما تؤدي إلى انخفاض مدى الرؤية إلى ٥٠٠ متر أو أقل [الفنسي، سنة ١٩٦٠، ص ١٨٨].

وتتعرض المنطقة إلى عواصف رملية شديدة تتراوح خلالها سرعة الرياح ما بين ١٥ و ١٧ متر/الثانية. وتستطيع هذه الرياح أن ترفع الرمال إلى ارتفاع يتراوح بين ١٠٠٠ و ٣٠٠٠ مترا. [الشريف، سنة ١٩٨٤، ص ٦٩]. وتنشأ هذه العواصف الرملية الشديدة في أثناء مرور منخفضات البحر المتوسط التي يتبعها مرور تيارات هوائية باردة خلال شهور فصل الربيع. فتنشأ التيارات الهوائية الصاعدة بسبب بداية تسخين اليابس ربيعا، ومن ثم تنشأ هالة من عدم الاستقرار يتبعها تولد العواصف الرملية العنيفة. ويطلق على مثل هذه العواصف "عواصف حالات عدم الاستقرار". وهي تختلف عن "عواصف الاستقرار" التي تحدث في المناطق الصحراوية نتيجة ظروف محلية. إذ تتولد عواصف الاستقرار في أثناء إقتران بلوغ الرياح سرعتها الحرجة بحدوث إنقلابات حرارية (حتى ولو كانت على ارتفاع يتراوح بين ٥٠٠ - ١٠٠٠ مترا) تؤدي إلى احتجاز الأتربة والرمال في الطبقة السفلية من الهواء دون أن يحدث لها أي توزيع

(٣) الأتربة المثارّة Blowing Dust: عبارة عن غبار وأتربة متصاعدة تتميز جزيئاتها بالدقة فتحملها الرياح إلى ارتفاع يتراوح بين ١٠٠٠ و ٣٠٠٠ متر.

(٤) الدوامات الترابية Dust Whirls : عبارة عن دوامات هوائية نطاقها محدود وشديدة الحركة لا يتجاوز ارتفاعها أكثر من عشرة أمتار. وتعتبر ظاهرة جوية يومية شائعة في المناطق الصحراوية [شرف، سنة ١٩٨٠، ص ٧٠].

رأسى. ويتبع ذلك تدنى مدى الرؤية إلى أقل من ١٠٠٠ متر. وقد تحدث عواصف الاستقرار أيضا بسبب تيارات الهواء الحارة التي تهب حول المنخفضات الجوية الصحراوية بسرعة شديدة قد تصل إلى حوالى ٢٠ متر/ الثانية محملة بالرمال والأتربة [شرف، سنة ١٩٨٥، ص ٤٥٦].

ويمكن دراسة التوزيع الفصلى للعواصف الرملية/ الترابية فى المنطقة على النحو التالى: (١) و (٢) و (٣) .

فصل الربيع:

يعد فصل الربيع أكثر فصول السنة نصيباً من تكرار العواصف الرملية/ الترابية فى محطات الجبيل و القيصومة والظهران حيث يبلغ ٣٨,٥% و ٤٩% و ٣٠% لكل منها على التوالى (شكل ٢٨-١). ويرجع كثرة تكرارها ربيعاً لما عرض من أسباب ترتبط بشدة سرعة الرياح وإتجاهات هبوبها ونشأة حالات عدم الاستقرار الجوى وإرتفاع درجة حرارة الهواء. ويعد شهر مارس أكثر شهور الربيع نصيباً من هذه العواصف. إذ تبلغ تكراراتها النسبية مثلاً ١٥,٧% فى محطات الجبيل (جدول ١١).

(١) تعتمد دراسة العواصف الرملية/ الترابية فى المنطقة على بيانات تسع محطات تقع فى مدينة الجبيل الصناعية تصدر عن الهيئة الملكية للجبيل خلال الفترة سنة ١٩٨١ - سنة ١٩٨٩م.

Royal Commission for Jubail, Kindgom of Saudi Arabia: Jubail Atmospheric Surveys Project - Annual Reports: 1981-1989

(٢) ويستعين البحث أيضا فى هذه الدراسة ببيانات محطات الظهران والقيصومة التى تصدر عن وزارة الدفاع والطيران بالملكة العربية السعودية خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٨٨م. ولا ترصد العواصف الرملية/ الترابية فى محطات رصد المناخ الأخرى.

(٣) يساعد إتساع التكوينات الرملية بالمنطقة (نفود البياض/ الجافورا ونفود الدهناء وصحراء الربع الخالى) فى ظل سيادة ظروف المناخ الصحراوى - يتميز بندرة فى كمية المطر - على شدة العواصف الرملية/ الترابية فى المنطقة وما يرتبط بها من إرتفاع فى درجة تلوث الهواء بالغبار الساقط.

فصل الصيف:

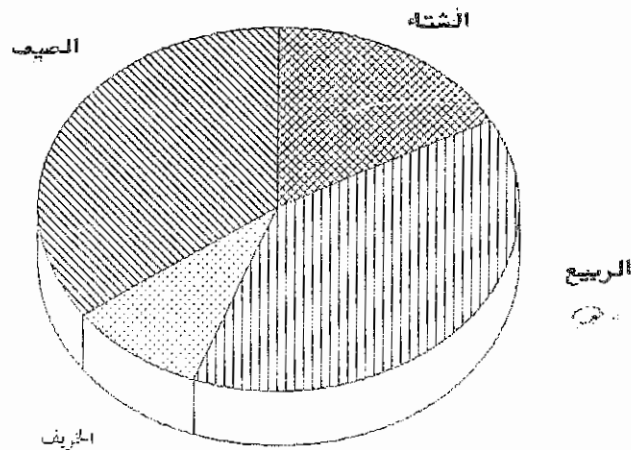
يحتل فصل الصيف المركز الثاني بعد فصل الربيع بنصيب يبلغ ٥٤% و ٢٩% و ٣٥,١% من جملة تكرارها في محطات القيصومة والظهران والجبيل على التوالي. ويرجع ذلك إلى شدة سرعة الرياح (جدول ١٠ وشكل ٢٧) خاصة في شهر يونية الذي يعد أكثر شهور الصيف نصيباً منها، إذ يحدث خلاله ٢١,٦% من إجمالي عددها في محطات الجبيل ممثلاً بذلك أعلى الشهور نصيباً مقارنة بباقي شهور السنة. ويستأثر في ذات الوقت بحوالى ٦٢% من جملة تكرارها صيفاً (شكل ٢٨-ب).

وهكذا يستحوذ فصلا الربيع والصيف معاً على ما نسبته ٧٣,٦% و ٧٨% و ٨٤% من إجمالي عددها في محطات الجبيل و القيصومة والظهران على التوالي (شكل ٢٨-ب). ويصادف ذلك بالضرورة ارتفاع في تلوث الهواء بالغبار الساقط خلال فصلي الربيع والصيف في المنطقة.

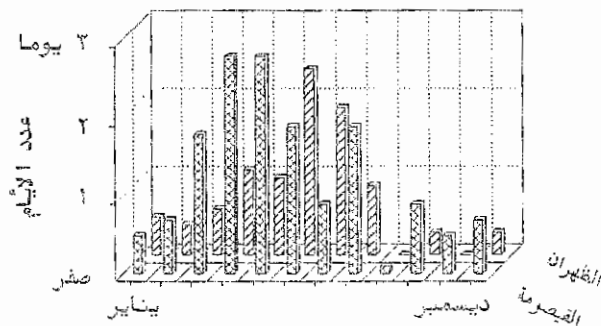
فصل الشتاء وفصل الخريف:

تنخفض التكرارات النسبية للعواصف الرملية/ الترابية خلال فصلي الشتاء والخريف لتبلغ ١٦,٩% و ٩,٤% لكل منهما في محطات الجبيل (شكل ٢٨-أ). ويبلغ نصيب فصل الشتاء منها ١٣% في كل من محطتي الظهران والقيصومة بينما ينخفض كثيراً نصيب فصل الخريف.

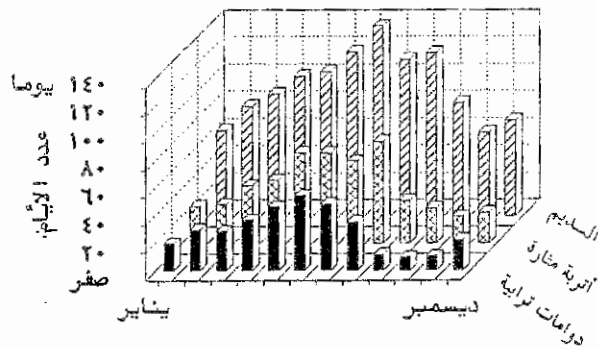
وهكذا يمتد فصل ذروة تكرار العواصف الرملية/ الترابية ليشمل فصلي الربيع والخريف (من شهر مارس إلى شهر أغسطس). ويتفق ذلك مع ارتفاع تلوث الهواء بالجسيمات السابحة أيضاً (كما سيتضح فيما بعد) كنتيجة لإرتباطهما معاً بعلاقة طردية، وإرتباطهما طردياً في ذات الوقت بشدة سرعة الرياح وجفاف السطح.



أ - النسبة المئوية القصصية لتكرار العواصف الرملية / الترابية في محطات الجليل



ب - المعدل الشهري لعدد العواصف الرملية / الترابية في محطتي الظهران والقصومة



ج - المعدل الشهري لتكرار ظواهر الجو الترابية في محطة الظهران

شكل (٢٨) الظواهر الجوية المصاحبة للتلوث بالغبار الساقط

ب- ظواهر الجو الترابية (السديم - أتربة مثارة - دوامات ترابية):

تعتمد دراسة ظواهر الجو الترابية التي تعكس تلوث الهواء بالغبار الساقط على بيانات محطة الظهران^(١) وتنحصر ظواهر الجو الترابية التي تترصد هنا في السديم Haze والأترربة المثارة Blowing Dust والدوامات الترابية Dust Whirls.

ويمكن دراسة التوزيع الفصلي لظواهر الجو الترابية على النحو التالي:

فصل الصيف:

يتميز فصل الصيف بارتفاع نصيبه من تكرار هذه الظواهر ليبلغ ٣٢,٦% و ٣٩,٥% و ٣٩,٤% من السديم والأترربة المثارة والدوامات الترابية على التوالي. ويرتفع نصيب فصل الصيف من هذه الظواهر الجوية الترابية (جدول ١٢) لذات الأسباب التي أدت إلى ارتفاع نصيبه من العواصف الرملية/الترابية.

فصل الربيع:

يحتل فصل الربيع المركز الثاني بعد فصل الصيف بنصيب يبلغ ٢٥,٩% و ٣١,٨% و ٣٠,٣% من تكرار السديم والأترربة المثارة والدوامات الترابية على التوالي. ويستحوذ شهر مايو على النصيب الأكبر من تكرار هذه الظواهر الجوية (شكل ٢٨-ج). وهكذا يستأثر فصلا الصيف والربيع معا بنسبة تبلغ ٥٨,٥% و ٧١,٣% و ٦٩,٧% من إجمالي تكرار السديم والأترربة المثارة والدوامات الترابية على التوالي. ويتفق ذلك مع فصل ذروة تكرار العواصف الرملية/الترابية الذي يشمل فصلي الربيع والصيف أيضا. ويشير ذلك إلى ارتفاع درجة تلوث الهواء بالغبار الساقط في المنطقة خلال فصلي الصيف والربيع.

^(١) ترصد ظواهر الجو الترابية في محطة الظهران دون سائر محطات رصد المناخ في المنطقة. وتصدر بياناتها عن وزارة الدفاع والطيران بالملكة العربية السعودية خلال الفترة: سنة ١٩٨٠ - سنة ١٩٨٥.

فصل الشتاء وفصل الخريف:

يرتفع نصيب فصل الشتاء من تكرار ظاهرة الأتربة المثارة ليصل إلى ٢٠,٢%. ويتفوق على نصيب فصل الخريف الذي يبلغ ٨,٦% من تكرارها. ويرجع ذلك إلى شدة سرعة الرياح في شهور الشتاء مقارنة بسرعتها في شهور الخريف (شكل ٢٧). ويقل نصيب فصل الشتاء من تكرار ظاهرة السديم مقارنة بفصل الخريف حيث تبلغ النسبة المئوية لنصيبيهما ١٨,٦% و ٢٢,٩% على التوالي. ويرجع ذلك إلى ارتفاع كمية المطر الشتوى مقارنة بالمطر الخريفى فى المنطقة (شكل ١٨). مما يساعد على إزاحة الغبار السديمى وترسيبه مع حبيبات المطر. كما يساعد انخفاض سرعة الرياح شتاء وزيادة نسبة السكون ووجود تيارات هوائية هابطة - تحت سيادة ظروف الضغط الجوى المرتفع - على سرعة ترسيب الأتربة فيندر إنتقالها عبر الرياح لمسافات بعيدة.

وهكذا يقل تكرار العواصف الرملية/ الترابية وكذلك ظواهر الجو الترابية فى المنطقة خلال فصلى الشتاء والخريف. ويعنى ذلك بالضرورة انخفاض درجة التلوث بالغبار الساقط فى المنطقة خلال هذه الفترة، بينما يحدث العكس خلال فصلى الصيف والربيع حيث يرتفع التلوث بالغبار الساقط فى المنطقة كنتيجة لظروفها المناخية التى تسهم فى توليد ونشر هذه الملوثات.

٢- الجسيمات السابحة

ترجع الجسيمات السابحة ^(١) القابلة للاستنشاق Inhalable Suspended Particulates فى جزء كبير منها إلى المصادر الطبيعية إذ تسهم المصادر الطبيعية بحوالى ٩٤% من كميتها فى الهواء وتمثل هذه المصادر فى

^(١) الجسيمات السابحة عبارة عن جزيئات معلقة مجهرية Fine Suspended Particles يقل قطرها عن ٠,١ ميكرون وتظل عالقة لفترات طويلة جدا إذ ينذر ترسيبها على سطح الأرض. وتتميز هذه الجزيئات بأنها قابلة للإستنشاق، ولذا يطلق عليها الجسيمات السابحة القابلة للإستنشاق Inhalable Suspended Particulates تميزها عن الملوثات الصلبة الكلية التى يعبر عنها بالغبار الساقط. وتقوم الهيئة الملكية للجبال برصد هذه الجسيمات السابحة فى سائر محطات الرصد البيئى - دون الغبار الساقط - لأثارها الخطيرة على صحة الإنسان حين تخرق جهازه التنفسى، فضلا عن أثارها البيئية الخطيرة.

جزئيات التراب وأملاح المسطحات المائية والجسيمات ذات الأصل النباتي والحيواني. كما يسهم الغبار والرمل المنقول بفعل الرياح بنسبة ٩,٣% منها كمصدر أولى [Whelpdale, 1976, p.294] Primary Source.

وتتحكم الظروف المناخية بالمنطقة فى درجة التلوث بالجسيمات السابحة بالهواء. ^(١) حيث تنطلق بصورة طبيعية من التكوينات الرملية والترربة الجافة فى أثناء هبوب الرياح شديدة السرعة التى ترتفع بها عاليا فوق مستوى سطح الأرض.

ويعد النشاط الصناعى من أهم المصادر البشرية للجسيمات السابحة بالهواء. إذ تسهم صناعات الأسمنت والمحاجر والأسفلت بالنصيب الأكبر من هذا التلوث حيث ينبعث منها الغبار الاسمنتي الدقيق Fine Cement Dust والغبار المعدنى Mineral Dust فى أثناء عمليات التصنيع والحمل والتفريغ، كما ينبعث الغبار المتصاعد Rising Dust فى أثناء عمليتي الحمل والنقل. وتقع أهم مصانع الاسمنت ^(٢) والخرسانة والمحاجر فى نطاق الصناعات المساعدة فى مدينة الجبيل

-
- ^(١) وتؤثر الجسيمات السابحة فى الوقت ذاته فى بعض العناصر المناخية على النحو التالى:
- تقطص جزءا كبيرا من الاشعة الشمسية وتعكس جزءا آخر الى الفضاء الخارجى قبل وصولها إلى سطح الأرض مما يؤثر سلبيا على التوازن الاشعاعى Radiation Balance. ويصل هذا التأثير اقصاه شتاء وأدناه صيفا.
 - تؤدى إلى انخفاض درجة حرارة الهواء الجوى [Bryson, 1977. p.145]
 - تؤثر سلبيا على مدى الرؤية الأفقية. فعلى سبيل المثال: عندما يحتوى الهواء على ١٠٠٠ بليون جزيء/ متر مكعب، تنخفض مدى الرؤية إلى ١٧٠ متر [ورشيد، سنة ١٩٨١. ص ٣٥].
 - تساعد على تشكيل قطرات المطر. إذ تصبح نويات للتكاثف ويتبعها زيادة فى كمية المطر ولكن بشرط أن لا يزيد تركيزها فى الهواء عن ٢٠٠٠ جزيء/ سنتيمتر مكعب من الهواء [Matthews, 1974. p.304]
- ^(٢) قامت مصلحة الارصاد وحماية البيئة السعودية بدراسة الجسيمات السابحة الناتجة عن مصانع الأسمنت بالسعودية سنة ١٩٨٤. وقد أوضحت من هذه الدراسة أن افراش هذه المصانع غير مزودة بأجهزة كبح التلوث مما يؤدى إلى انبعاث حوالى ١٢٢ كيلوجرام/ طن مترى من الأسمنت الجاف تعادل ١٠% من إنتاجها. ولذلك دعت إلى ضرورة تركيب أجهزة للحد من انبعاث هذه الملوثات خاصة فى مصنع الأسمنت بالمحور. وقد حقق ذلك نتائج طيبة حيث تمكن هذا المصنع من إستعادة هذه الجسيمات الصلبة التى كانت تنطلق إلى الهواء، ومن ثم أعاد إستخدامها مرة ثانية [أرامكو، يونيو سنة ١٩٨٧م. ص ١٤].

الصناعية (شكل ٢٩) ويتبعها إطلاق كميات خطيرة من الجسيمات السابحة التي تؤثر سلباً في صحة السكان.

وقد أدركت الهيئة الملكية للجبيل خطورة التلوث الناتج عن هذه الصناعات بمدينة الجبيل الصناعية وغيرها. ^(١) فحرصت على ضرورة مكافحته بالزام مصانع الأسمنت والمحاجر باستخدام مرسبات الكتروسستاتيكية ومصاف نسيجية بهدف أن لا يزيد كمية التلوث الناتج عن ٠,١٥ كيلوجرام/طن المتري (جدول ١٣). ^(٢)

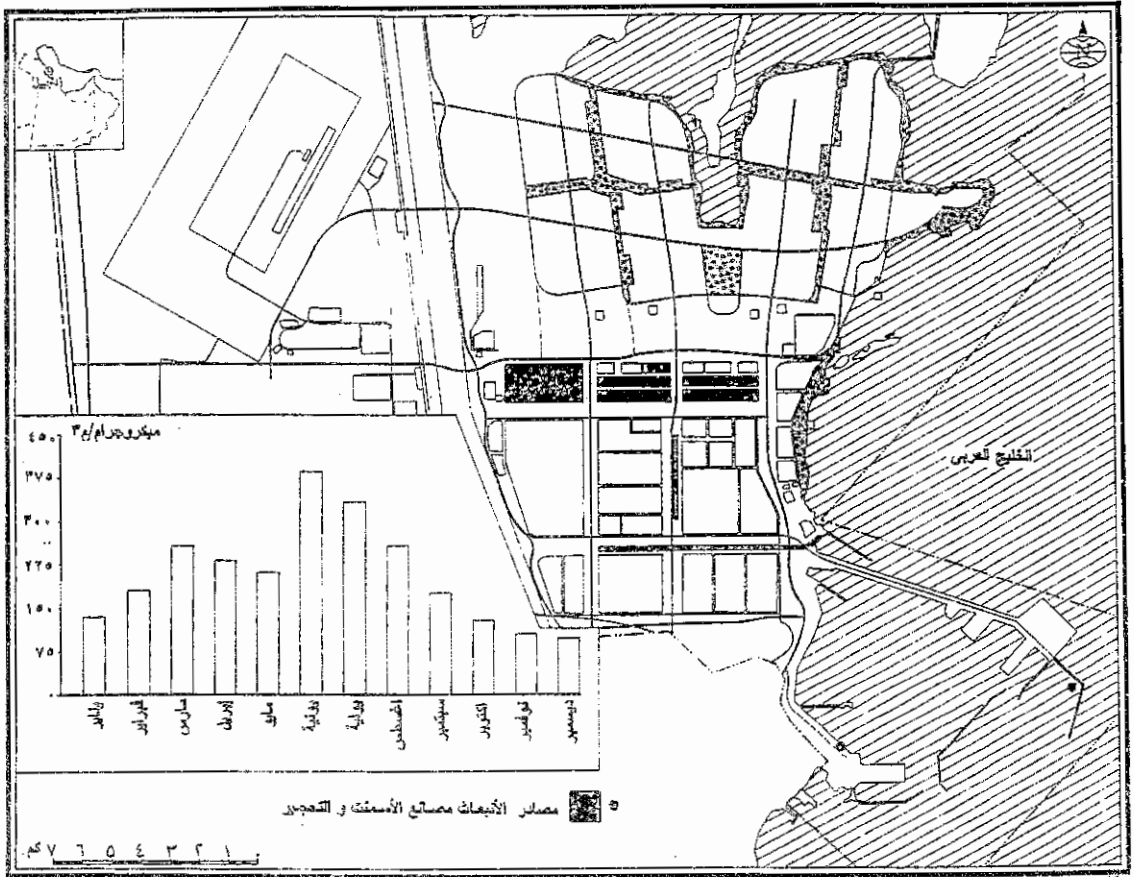
وتنبعث أيضاً هذه الملوثات الصلبة من صناعة الحديد والصلب في صورة غبار أكاسيد الحديد Iron Oxides Dust ^(٣) كما تسهم بعض الصناعات البتروكيميائية وصناعة الأسمدة وصناعة تكرير الزيت وصناعة توليد الطاقة الكهربائية في انبعاث كميات متباينة من الملوثات الصلبة وإن كانت أقل في مجملها من صناعة الأسمنت والمحاجر.

وتسهم السيارات بأنواعها المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات السابحة خاصة على الطرق الحيوية التي تزيد عليها كثافة الحركة المرورية حيث

^(١) تم على سبيل المثال رصد الملوثات الصلبة بالقرب من مصنع الأسمنت بحى العزيزية في مدينة الرياض السعودية. وقد بلغ المتوسط الشهري لتركيز الغبار الساقط ٨٤ طن/كيلومتر المربع. كما بلغ أقصى تركيز شهري ١٩٦ طن/كيلومتر مربع على بعد ثلاثة كيلومترات جنوب المصنع. وقد بلغت النسبة المثوية للجسيمات السابحة القابلة للإستنشاق حوالى ٥٥% من هذه التركيزات [Al-Mutaz, June 1988. p.5]

^(٢) وجهت الحكومة السعودية مصانع الأسمنت إلى ضرورة إستخدام النظام الرطب لسحق الحجارة وإستخدام الفلتر الكبيرة لتنقية الهواء قبل إنطلاقه من ٩٩% من الجسيمات السابحة [Werr, 1984. p.18] ويؤدى إستخدام وسائل مكافحة الملوثات الصلبة (غبار ساقط - جسيمات سابحة) إلى رفع تكاليف العملية الإنتاجية بمعدل ١٠% من راس المال. ولذا يحجم كثير من أصحاب مصانع الأسمنت عن إستخدامها. [نجم، سنة ١٩٨٤. ص ٢٨١].

^(٣) دعت الحكومة السعودية مصانع الحديد والصلب إلى ضرورة السيطرة على الجسيمات السابحة المتسربة من الأفران الكهربائية المستخدمة بحيث لا تزيد عن ١٢ ملليجرام/متر مكعب (جدول ١٣).



المعدلات الشهرية للتلوث بالجبسيات المصاحبة بمدينة الجبيل

تنطلق هذه الملوثات مع غازات العوادم في أثناء التشغيل. كما تساعد وسائل النقل المختلفة على تفكك سطح الأرض خاصة الطرق غير المعبدة إذ تحدث اضطرابات ميكانيكية تزيد من انبعاث هذه الملوثات الصلبة.

ويؤثر ارتفاع مستوى المعيشة لسكان المنطقة تأثيراً واضحاً في التلوث الناجم عن استخدام السيارات. إذ يساعد استخدامهم الكثيف للسيارات في أثناء حركة العمل اليومية والحركة من أجل التسوق والترفيه في ارتفاع التلوث في المناطق المركزية بالمدن التي غالباً ما تكون الأكثر كثافة سكانية حيث تتركز فيها وظائف النشاط التجاري والخدمات والصناعات الخفيفة. ومن ثم تعد أهم مقاصد السكان كما هو الحال مثلاً في مدينة الدمام (العاصمة الإدارية لمنطقة الدراسة). ويرتفع أيضاً هذا النوع من التلوث في مداخل المسكن مثل المداخل الشرقية والجنوبية لمدينة الجبيل حيث يقع الميناء التجاري والميناء الصناعي وقاعدة الملك عبدالعزيز البحرية.

ويرتبط التلوث بالجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق بأحوال الطقس والمناخ بالمنطقة (كما هو الحال بالنسبة للغبار الساقط) خاصة الرياح سرعة واتجاهها ودرجة حرارة الهواء والتيارات الهوائية الصاعدة وحالات عدم الاستقرار الجوي وغيرها. ويمكن دراسة مستويات التلوث بالجسيمات السابحة من زاويتين:

معدلات التلوث _ التلوث اليومي

أ- معدلات التلوث:

يتباين تبعاً للظروف المناخية درجة التلوث على المستوى الشهري والفصلي^(١) إذ يتراوح المتوسط الشهري لتركيزها في الهواء بين ٣٨٦ ميكروجرام/ المتر المكعب كحد أقصى في شهر يونيو و ١٨ ميكروجرام/ المتر المكعب كحد أدنى في شهر ديسمبر (شكل ٢٩). ويعد فصل الصيف أكثر الفصول

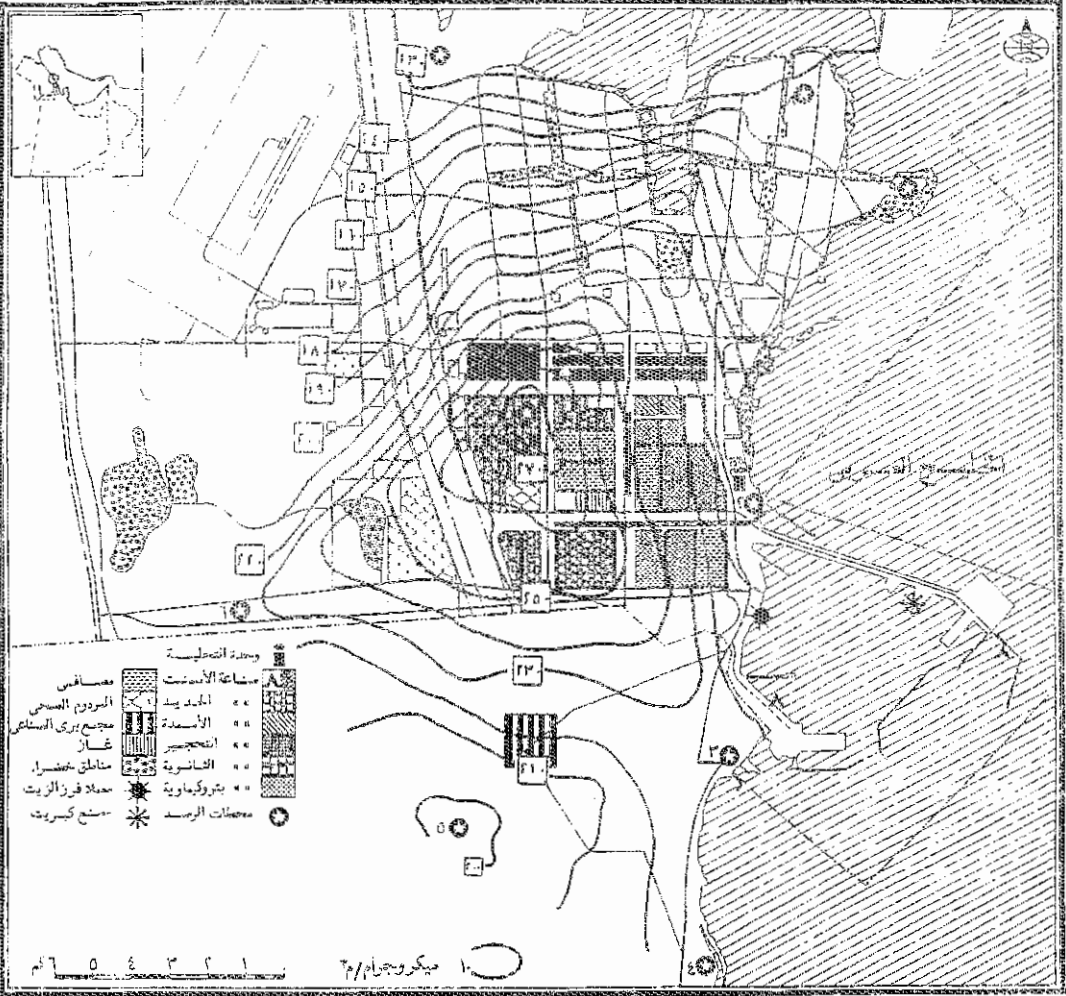
^(١) تعتمد دراسة التلوث بالجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق (أقل من ١، ٥ ميكرون) على بيانات تسع محطات بمدينة الجبيل الصناعية (شكل ٥) وتصدر عن الهيئة الملكية للجبيل خلال الفترة (سنة ١٩٧٨ - سنة ١٩٨٩م). ويعرض (جدول ١٤) نتائج تحليل هذه البيانات. الميكرون = ١/١٠٠٠ من المليمتر.

إرتفاعاً فى تركيز هذه الملوثات ويليه فصل الربيع (خاصة شهر مارس)، بينما يقف فصل الشتاء والخريف على النقيض منهما لذات الأسباب المتعلقة بالتلوث بالغبار الساقط. ويتراوح المعدل السنوى للتلوث بالجسيمات السابحة فى المنطقة بين ١٠٤ ميكروجرام/المتر المكعب كحد أدنى سنة ١٩٧٨، و ٣١٥ ميكروجرام/المتر المكعب كحد أقصى سنة ١٩٨٠م (جدول ١٤). ويختلف التركيز السنوى للتلوث بالجسيمات السابحة من محطة لأخرى وفقاً لموقعها الجغرافى حيث يرتفع فى المحطتين الداخليتين الخزانات والمنزلة لبلغ ٢٧٨ ميكروجرام/المتر المكعب و ٢٢٥ ميكروجرام/المتر المكعب لكل منهما على التوالى ^(١) ويرجع السبب فى ذلك إلى موقع كل منهما فوق قمة تل رملى يتعرض لعمليتى سفى الرمال وزحف الكثبان تحت تأثير الرياح الشمالية الغربية السائدة ذات السرعة المرتفعة. ^(٢)

كما تتأثر المحطة الأولى بإطلاق الملوثات الصلبة من مصانع الأسمنت والخرسانة والمحاجر، وتتأثر الثانية بعوادم السيارات على طول طريق الجبيل الدولى (الجبيل - الكويت). ولذا تتجمع خطوط التساوى لمعدلات التلوث السنوى (شكل ٣٠) لتكون قمة واضحة الى الجنوب مباشرة من منطقة الصناعات الأسمنتية - بعيداً عن رطوبة الخليج نسبياً - فضلاً عن الإنبعاث الجزئى من الصناعات البتروكيميائية ومصافى الزيت، وكذا الإنبعاث الناتج عن الحركة النقلية

^(١) يعد المتوسط السنوى لتركيز الجسيمات السابحة فى المنطقة منخفضاً عند مقارنته بمثيله فى مدينة الرياض السعودية سنة ١٩٧٧ إذ بلغ ٧٢٨,٨ ميكروجرام/المتر المكعب [مصيلحى، سنة ١٩٨٦، ص ١٠٧]. كما يعد منخفضاً بشكل حاد عند مقارنته بالمتوسط السنوى لتركيز الجسيمات السابحة فى منطقة حلوان وشبرا الخيمة (مصر) إذ يبلغ ١٨٨٨ ميكروجرام/المتر المكعب و ٥٢٣ ميكروجرام/المتر المكعب لكل منهما على التوالى [حافظ، سنة ١٩٩٣، ص ٥٧]. وقد تبع ذلك إرتفاع معدلات إصابة العاملين فى مصانع الأسمنت بحلوان بمرض الدرن الرئوى [أبو العلا، ١٩٨٦، ص ٤].

^(٢) قد تعرضت محطة المنتزه الداخلية نتيجة لموقعها فوق قمة تل رملى الى زحف الرمال لموقع الرصد بهذه المحطة حتى غطت برج رصد الرياح العليا. وقد سقطت الاسياخ المحيطة بالبرج فى شهر يونيه سنة ١٩٨٣ واستمر هذا الزحف الرملى حتى شهر سبتمبر سنة ١٩٨٣ مما أدى الى سقوط الاعمدة التى يقام عليها موقع الرصد (جدول ٣ وشكل ٣١).



معدلة التلوث بالجنسيات المساحية في مدينة الجليل

شكل (٣٠)

فى المنطقة الصناعية. وتتدرج خطوط التساوى تناقصا فى إتجاه الأحياء السكنية الشمالية حيث تقع محطات السروج وجلمودة فى نطاق المد إذ تنتشر الأراضي السبخية وتندر التكوينات الرملية. ويساعد على ذلك أيضا موقعهما الى الشمال من مصانع الأسمنت والمحاجر والخرسانة (شكل ٢٩) التى يقتصر التأثير بها على فترات هبوب الرياح الجنوبية وهى قليلة التكرار فى المنطقة.

ويمكن الإستدلال على إنخفاض المعدل السنوى للتلوث بالجسيمات السابحة القابلة للإستنشاق من التوزيع النسبى للمعدلات الشهرية حيث تعكس انخفاض تكرار القيم المرتفعة فى سائر المحطات خاصة محطات الساحل الشمالى (السروج وجلمودة والفناتير)، بينما يرتفع التلوث نسبيا^(١) فى محطة الخزانات التى تعتبر الأكثر تأثرا بالتلوث (شكل ٣٢).

ب- التلوث اليومى:

وقد تؤدى أحوال معينة من الطقس إلى ارتفاع تركيز الجسيمات السابحة فى بعض الايام. فقد ارتفع التلوث اليومى بالجسيمات السابحة فى محطة المنتزه الداخلية ليبلغ ٤٧٦٦ ميكروجرام/ المتر المكعب.^(٢) (جدول ١٤).

(١) تم تحديد التوزيع النسبى لتكرار ثلاث فئات للتلوث (صفر - ٢٠٠) و (٢٠٠ - ٤٠٠) و (٤٠٠ - ٦٠٠) ميكروجرام/متر مكعب على أساس معدلات تركيز الجسيمات السابحة لتجنب القيم الشاذة التى قد تحدث فى أثناء احوال طقس خاصة.

(٢) يرتفع هذا التركيز اليومى عن حد التلوث المسموح فى الجبل والمملكة العربية السعودية والسذى يبلغ ٣٤٠ ميكروجرام/ متر المكعب (جدول ١٥)، وكذا الحد المسموح به فى القانون الفيدرالى الأمريكى ٢٦٠ ميكروجرام/ متر المكعب والمستوى الذى يحذر الوصول اليه خلال ٢٤ ساعة ١٠٠٠ ميكروجرام/ المتر المكعب ومستوى الرفاهية ايضا وفق القانون الأمريكى ١٥٠ ميكروجرام/ المتر المكعب (جدول ١٦)، ويبلغ مقدار ارتفاع هذا التركيز ١٤ و ١٨,٣ و ٤,٨ و ٣١,٨ مثلا لكل منهما على التوالى.

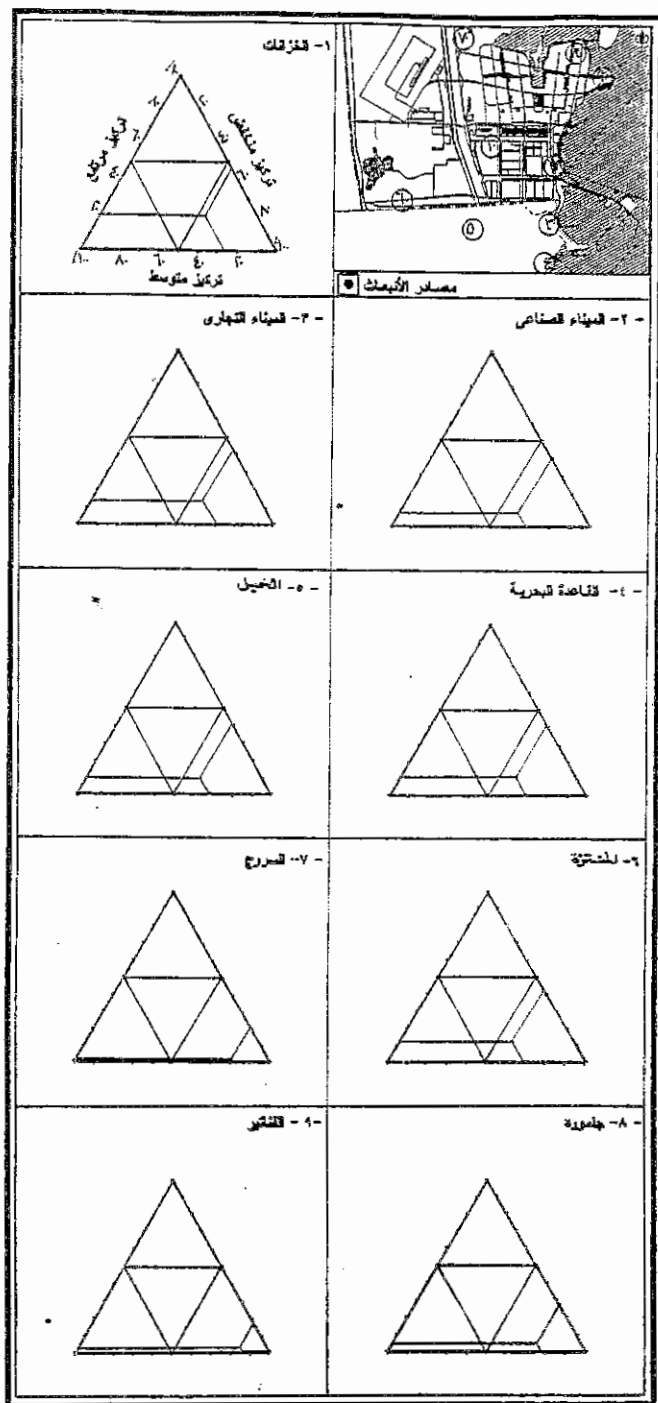
- وتجدر مقارنة هذا التركيز بمخيل فى المنطقة الصناعية بمدينة ينبع السعودية الذى يبلغ ٣٤٠ ميكروجرام/ متر المكعب. كما يبلغ فى المنطقة السكنية بهذه المدينة ٢٠٠ ميكروجرام/ متر المكعب خلال الفترة من ١٩٧٧/٣/١٦ الى ١٩٧٧/٤/١ [Bradstreet. 1978. p.15]. فتمثل هذه التركيزات ما نسبته ٧% و ٤,٢% فقط من ذلك التركيز فى المنطقة.

- ويرتفع ايضا عن مخيل فى مدينة الرياض السعودية - فى ذات الفترة الزمنية - اذ يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ ميكروجرام/ متر المكعب [المهندس، فبراير سنة ١٩٨٦. ص ١٧٨].

وقد حدث ذلك التركيز يوم العاشر من شهر مارس سنة ١٩٨٩ فى ظل هبوب رياح شمالية غربية بلغت سرعتها القصوى ١٤ متر/ الثانية (تزيد بمقدار ثلاثة أمثال عن السرعة اللازمة لبدء سفى الرمال فى المنطقة وهى ٥,٣ متر/ الثانية) . وقد أدت هذه السرعة الى نشاط عملية سفى الرمال وإنخفاض مدى الرؤية ليتراوح بين ٢٠ و ٥٠ متراً فقط. وقد ساعد على زيادة نشاط هذه العملية إنخفاض المتوسط اليومي للرطوبة النسبية الى ٣٩% والرطوبة النسبية العظمى الى ٤٥% وتبع ذلك زيادة فى جفاف وتفكك حبيبات الرمال. وقد ارتفع أيضاً التركيز اليومي لهذه الملوثات الصلبة فى ذات اليوم فى محطتى الميناء التجارى والفناتير (من المحطات الساحلية) ليبلغ ٤٥١٨ و ٤٥١٧ ميكروجرام/متر المكعب فى كل منهما على التوالى. وتشير خطوط التساوى لأقصى تلوث يومي (شكل ٣٣) إلى إنخفاض مستوى التلوث بدرجة واضحة الى الشمال من نطاق صناعة الأسمنت - المصدر الرئيسى للإبعاث - حيث تحول الرياح السائدة الشمالية إلى الشمالية الغربية دون توغل ملوثاتها الترابية. ثم تتدرج الخطوط نحو الإرتفاع لتكون قمه واضحة إلى الجنوب الغربى من المنطقة الصناعية. كما تتكون قمه ثانية فى النطاق الساحلى حيث الإبعاث من مصانع الاسمنت بالقرب من الميناء الصناعى والميناء التجارى، فضلا عن الحركة النقلية على الطريق الاقليمى الجبيل - الدمام وطريق "الطاقة" المحلى.

- ويرتفع كذلك عن مثيله بالمنطقة الصناعية فى مدينة الرياض السعودية حيث بلغ ٤٨٨ ميكروجرام/ المتر المكعب سنة ١٩٧٧ [مصيلحى، سنة ١٩٨٦، ص ١٠٨].

- كما تفوق على مثيله فى مدينة جدة السعوديه (اغسطس سنة ١٩٨١م - مايو سنة ١٩٨٢) حيث بلغ ٣٠٠٠ ميكروجرام/ المتر المكعب فى اثناء عاصفة رملية شديدة [Nasrall, 1983. p.263]. ويتفوق ايضا على أعلى تركيز يومية سجل فى منطقة شبرا الخيمة (مصر) سنة ١٩٨٨ الذى بلغ ١٢٠٠ ميكروجرام/ المتر المكعب فى المنطقة الصناعية، و ٨٨٤ ميكروجرام/ المتر المكعب فى المنطقة السكنية المجاورة [سعود، سنة ١٩٩٣، ص ٨٧].



شكل ٣٢ التوزيع التمسى للمعدلات الشهرية للتبوت بالجيوماتر المساحة

وهكذا تساعد بعض أحوال الطقس في إرتفاع درجة التلوث اليومي
بالجسيمات المسببة القابلة للاستنشاق إلى درجة خطيرة عند مقارنتها
بالمستويات الصحية المقبولة محليا وعالميا.

وتجدر الإشارة إلى إرتفاع خطورة مثل هذه التركيزات حيث تقع في
أغلبها في المناطق السكنية كما هو الحال في محطة الميناء التجارى، أو في
أحسن الظروف على مقربة منها. ويؤدى ذلك إلى إرتفاع احتمالات الإصابة
بأمراض الرئة والجهاز التنفسي بين سكان المنطقة.^(١)

-
- ^(١) يؤثر تلوث الهواء بالجسيمات المسببة القابلة للاستنشاق سلبا على صحة الانسان من عدة جوانب:
- تمر الجسيمات المسببة القابلة للاستنشاق (يقل قطرها عن ٠,١ ميكرون) عبر الجهاز التنفسي دون أن تتعرض لعملية الترشيح الطبيعية. ثم ما تلبث أن ترسب عميقا في الرئتين والقصبة الهوائية. وتزيد خطورتها نتيجة التفاعلات الكيميائية العديدة بين مكوناتها (الكلوريدات - النترات - الالكينات) فترتفع خطورتها ودرجة سميتها [Bailey,1982. p.2689]
 - ويعلق أحيانا ثاني أكسيد الكبريت بما فتأخذ شكل الدخان فيؤدى ذلك الى زيادة عدد الوفيات حين التعرض لها خاصة عندما يرتفع تركيز ثاني اكسيد الكبريت مع الدخان عن ٢٠٠٠ ميكروجرام/ المتر المكعب [مصلحة الارصاد وحماية البيئة، سنة ١٩٨٥. ص ١٣]
 - يعلق بما بعض المواد الهيدروكربونية المسرطنة مثل مادة البروبرين مما يؤدى الى ارتفاع معدلات الإصابة بسرطان الرئة وانتفاخ الرئة والربو الشعبي.
 - تؤدى هذه الجسيمات المسببة الى الإصابة بمرض التسمم السليكي Silicosis الذى يسبب تلفا رئويا والمنا صديريا وضيقا في التنفس [العودات، سنة ١٩٨٤. ص ١٧٨].

ويصاحب إرتفاع التلوث اليومي بالجسيمات السابحة القابلة للإستنشاق إرتفاع في عدد التجاوزات لحد التلوث المسموح في الجبيل والمملكة العربية السعودية الذي يبلغ ٣٤٠ ميكروجرام/ متر المكعب ويسمح بتجاوزه مرة واحدة في السنة (١) .

وتسجل معظم هذه التجاوزات خلال فصل الصيف (لما عرض من أسباب مناخية) الذي يستحوذ على نصيب تبلغ نسبته ٢١,٧% و ١٤,٥% و ١٤,٢% من إجمالي عددها خلال شهور يونيه ويوليه وأغسطس بالتوالي. وتليها شهور فصل الربيع بنصيب تبلغ نسبته الاجمالية ٢٦,٣% من إجمالي عددها. وهكذا تنحصر حوالي ٧٧% من عدد التجاوزات خلال فصلي الصيف والربيع ليمثلا معاً ذروة فصل التلوث بالجسيمات السابحة القابلة للإستنشاق. وتتوزع النسبة الباقية من عدد التجاوزات على شهور فصلي الشتاء والخريف بواقع ٢١,٢% و ٢,١١% لكل منهما على التوالي. وترتفع عدد التجاوزات اليومية في المحطات الساحلية الشرقية (الميناء التجاري والقاعدة البحرية والميناء الصناعي) (جدول ١٤) لتستحوذ على ٤٥% من جملتها. ويرجع ذلك إلى تأثرها بمصانع الأسمنت وكذلك الإنبعاث من وسائل النقل على الطريق الإقليمي الجبيل - الدمام. وتشير هذه النسبة الكبيرة للتجاوزات إلى إرتفاع درجة التلوث في المنطقة السكنية وما يستتبع ذلك من تأثير خطير على صحة سكانها. وتقع حوالي ٣٩% من التجاوزات في المحطات الداخلية (الخزانات - المنزلة - النخيل). وتقل خطورة التركيزات المرتفعة في هذه المحطات وما يتبعها من تجاوزات إذ أنها تقع في منصرف الرياح بعيدا عن المنطقة السكنية. وتتوزع ١٦% من التجاوزات اليومية على المحطات الساحلية الشمالية (السروج والفناتير وجلمودة)، لتمثل أقل المناطق تلوثا بهذه الجسيمات السابحة نتيجة لموقعها في أراضي سبخية رطبة.

(١) يعد التركيز المسموح به في الجبيل والمملكة في حد ذاته مرتفعا حين مقارنته بنظيره في كل من فنلندة وكندا واليابان حيث يبلغ على التوالي: ٢٥٠ و ١٢٠ و ١٠٠ ميكروجرام/ المتر المكعب. [Sellers, 1984. P.185] ومن ثم تعتبر هذه التجاوزات تحديا خطيرا لصحة وسلامة سكان المنطقة.

ويتبع ذلك بظء فى عملفة سفى الرمال بسبب نمو النبات الطبعف بوزن قد فمسل إلى حوالف ٨٢٠ كفلوجرام/ المتر المرفع [Badr, 1989. p.6]. ففضاف السف ذلك موقعا إلى الشمال من مصانع الأسمنت والمحاجر الفف تعد أهم المصادر البشرفة للتلوث بالجسفمات السابفة.

وهكذا فكاد ففحكم إتجاه الرفاف الذى ففقتصر غالفا على الجهة الشمالية فى نقل ملوثات الهواء من مناطق الجوار الصناعية على طسول ساسحل الفلففج العربف إلى المنطقة، كذا نقلها من مدفنة الجبفل الصناعية إلى ساسل المسكن الساسلفة إلى جنوبها.

وففبع سفاة الرفاف من جهة الشمال على المنطقة إفتفاء دورها فى نزح الحرارة المتراكمة داخل المدن لفنظهر كجزر حرارفة واضحة خاصسة عند إفتراتها بالرطوبة النسبفة المرفعة معظم شهور السنة. ومن ثم فصبفح حرارفة الجو ففر محتملة لدف السكان ، مما فدففعهم إلى الاستفءام الكففف لمكففات الهواء الفف فؤدى إلى مزفد من إرتفاع حرارفة الهواء الخارجف مسببة نوعا من التلوث انحرارف، فضلا عن التلوث الكفمفائف الناتج عن انبعاث أكاسفد النفستروجن والغازات الكبرففة وففرها.

وفسهم إرتفاع سرفة الرفاف فى المنطقة فى سرفة فشئت الملوثات وإنفشارها فى نطاق أففى واسع، ومن ثم ففخفض تركفزها وفقل درجة خطورتها. هذا وففترن من جهة أخرى بهذه السرفة العالفة إرتفاع فى درجة تلوث الهواء بالفبار الساقط فى أثناء نشاط العواصف الرملفة/ الترابفة وظواهر الجو الترابفة خلال فصلف الصفف والرفف.

وفرففع أيضا مستوى التلوث بالجسفمات السابفة فحت وطأة شدة سرفة الرفاف من ناحفة، وإنفشار صناعات الأسمنت والأنشطة التفجفرففة من ناحفة أخرى، لفصل إلى درجات حرجة بمقارنتها بالمستويات الصالحة المقبولة محلفا وإقليمفا وعالمفا.

الفصل الثالث

النشاط الصناعي أهم مصادر تلوث الهواء

مقدمة

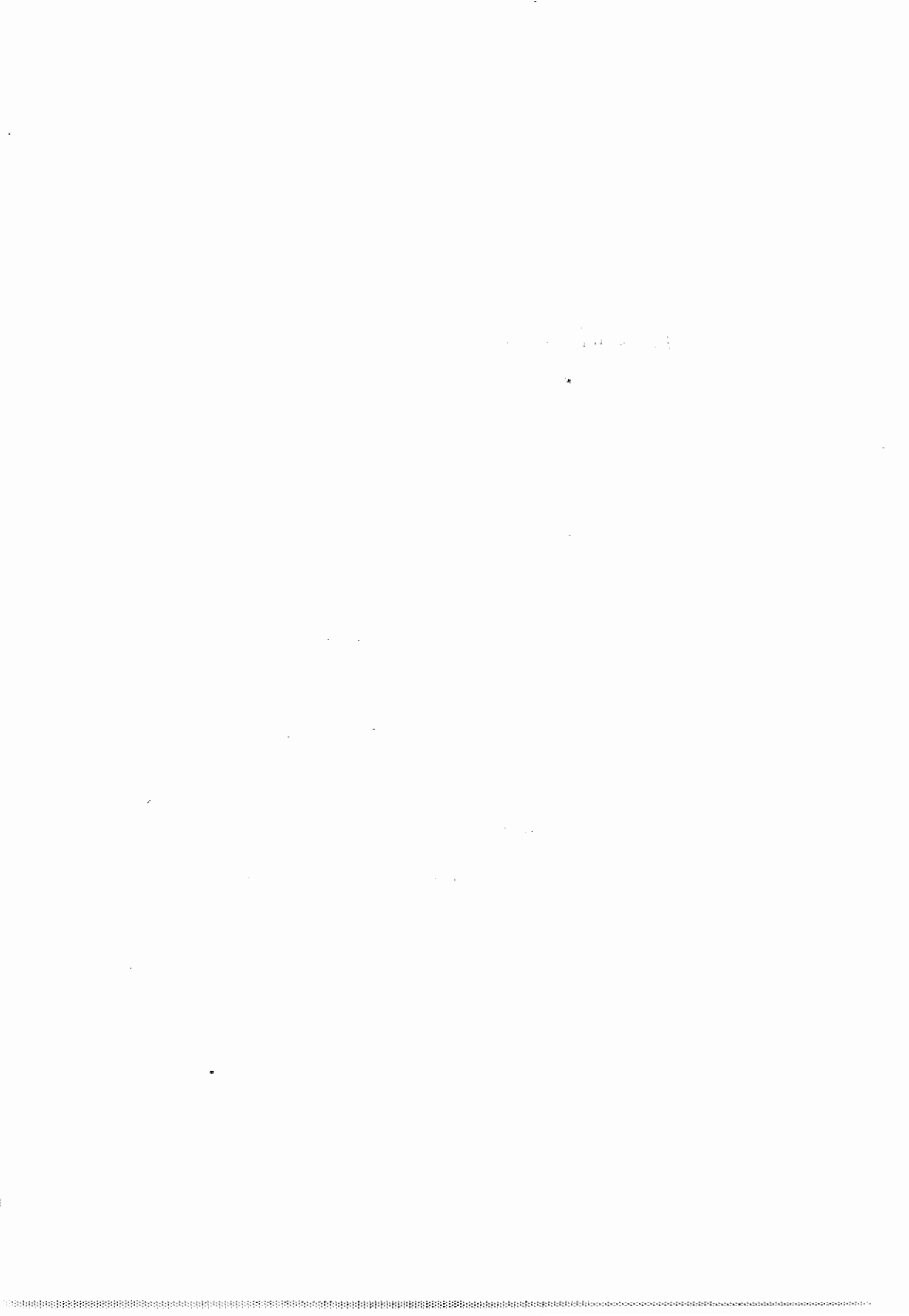
أولاً: الخريطة الصناعية

- ١- مدينة الجبيل الصناعية
- ٢- المدن الصناعية بالدمام
- ٣- البقع الصناعية المتفرقة

ثانياً: أنواع الصناعات

- ١- صناعة تكرير الزيت
- ٢- الصناعات البتروكيميائية والمعدنية
- ٣- صناعة الأسمنت والمحاجر
- ٤- صناعة توليد الطاقة الكهربائية

خلاصة الفصل



توطئة:-

يدرس هذا الفصل النشاط الصناعي كأهم المصادر البشرية لتلوث الهواء. ويقيم الخريطة الصناعية للمنطقة موضعاً أهم المناطق الصناعية وثقلها الاقتصادي على مستوى المنطقة والدولة. ويتناول الصناعات القائمة لتحديد ملوثات الهواء الناتجة عن كل منها، وما يستتبع ذلك من تحديد لدرجة خطورتها في ضوء الرياح السائدة على المنطقة.

ويضع هذا الفصل دعائم دراسة مشكلة تلوث الهواء محدداً أهم مصادر انبعاث الملوثات، وطرق قياسها، ومحطات رصدها، ومقاييس نوعية الهواء التي أقرتها الهيئة الملكية للجبيل ومصلحة الأرصاد وحماية البيئة، والتقنيات المقترحة لمكافحة التلوث.

يعد النشاط الصناعي أهم المصادر البشرية لتلوث الهواء إذ ينتج عن تفتيته إضافة غازات كيميائية ضارة أو غير مرغوب فيها إلى الهواء في أثناء عمليات الاحتراق المختلفة للوقود المستخدم في الصناعات المتنوعة، فضلاً عن الغازات التي تخرج مباشرة من المصانع، وتلك الناتجة عن حرق النفايات الصلبة أو تبخر النفايات السائلة.

وتنبعث الملوثات الغازية الأولية ^(١) Primary Pollutants منذ بدايات العمليات الصناعية المختلفة في أثناء حرق الوقود لتوليد الطاقة اللازمة. ثم ما تلبث أن تدخل هذه الملوثات سريعاً في سلسلة من التفاعلات الكيميائية Chemical Reactions، فينتج عنها ملوثات إضافية جديدة تعرف بالملوثات الثانوية Secondary Pollutants .

وتعد الأحماض المختلفة (الكبريتيك - النيتروز - النيتريك - الكربونيك) أحد هذه الملوثات الثانوية التي تنتج عن أكسدة وإذابة بعض الملوثات الغازية الأولية ^(٢).

وقد تدخل أيضاً بعض الملوثات الغازية الأولية مثل الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين في سلسلة من التفاعلات الكيميوضوئية Photochemical Reactions فينتج عنها غاز الأوزون أخطر الملوثات الغازية الثانوية بالمنطقة.

^(١) يقصد بها مجموعة الغازات التي تنبعث مباشرة من مصادر الانبعاث ومنها: غاز أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وغاز أول أكسيد النيتروجين وأكاسيد النيتروجين [مصيلحى، ١٩٩٠، ص

٣١٥].

^(٢) ومن أمثلة ذلك:

ثاني أكسيد الكبريت + ماء ← حمض الكبريتوز + أكسجين ← حمض الكبريتيك
أول أكسيد النيتروجين + أكسجين ← ثاني أكسيد النيتروجين + ماء ← حمض النيتروز
[أمين، سنة ١٩٨٤، ص ١١٦].

ويمكن دراسة تأثير النشاط الصناعي في نوعية الهواء وتحديد مدى مساهمة الصناعات المختلفة في مشكلة التلوث، والوقوف على أبعاد العلاقة بين التوزيع الصناعي وأنواع الملوثات ومستوياتها بالمنطقة من خلال دراسة:

الخريطة الصناعية أنواع الصناعات

أولاً: الخريطة الصناعية

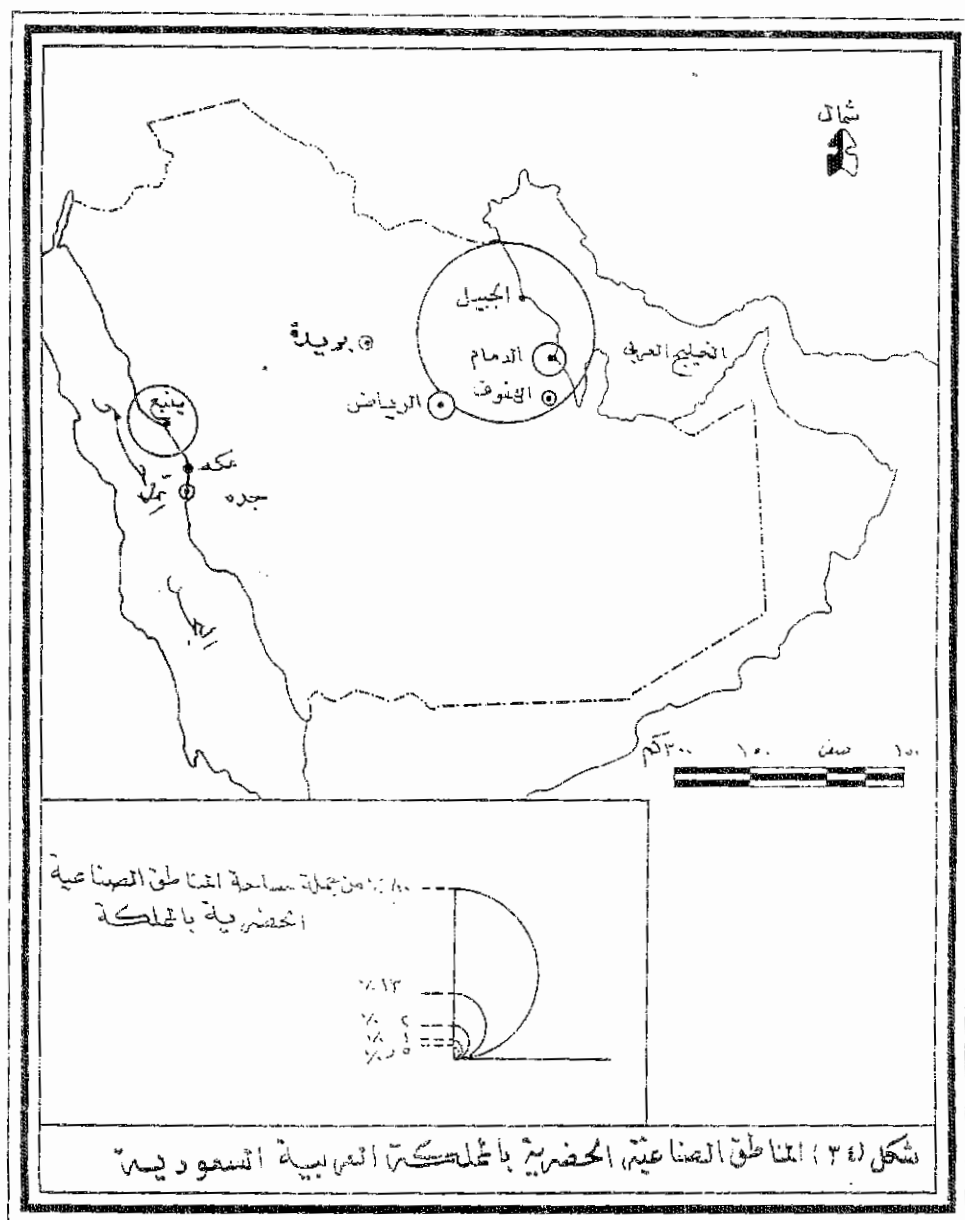
تطورت مساحة المدن الصناعية في منطقة الدراسة من كيلومتر مربع واحد خلال الفترة ١٩٧٠ - ١٩٧٥، إلى ٩٢٦,٥ كيلومتر مربع خلال الفترة ١٩٧٥ - ١٩٩٠ (١). وتعادل هذه المساحة ٨٣,٧% تقريباً من إجمالي مساحة المدن الصناعية السعودية (مضيفي، سنة ١٩٨٤، ص ١٥٥) [شكل ٣]. وتبرز على الخريطة الصناعية للمنطقة بعض المدن والمناطق الصناعية يمكن إجمالها في:

١- مدينة الجبيل الصناعية:

تعد مدينة الجبيل الصناعية (٢) أكبر المناطق الصناعية الحضرية في المنطقة وأهمها وتبلغ مساحتها ٩٠٠ كيلومتراً مربعاً تمثل ٩٧% من مساحة المناطق الصناعية بالمنطقة وتعادل في الوقت ذاته ٨١,٣% تقريباً من جملة مساحة المدن الصناعية السعودية حتى عام ١٩٩٠م. وقد أكسبها ذلك أهمية كبيرة ليس فقط على مستوى المنطقة، بل و مستوى المملكة العربية السعودية أيضاً. وتهدف الحكومة السعودية إلى النهوض والتوسع بهذه المدينة لتصبح أكبر مركز صناعي في منطقة الخليج العربي بأسره. وقد استفادت المدينة من موقعها على الخليج العربي في توفير المياه اللازمة لعمليات التبريد الصناعي. إذ تعتمد على قنوات مياه التبريد الصناعي Industrial Cooling Water Intakes

(١) قد تطورت مساحة المناطق الصناعية في المملكة العربية السعودية من ٢,٨ كيلومتر مربع إلى ١١٠٧,٥٥٧ كيلومتر مربع خلال الفترة من ١٩٧٠ - ١٩٩٠م.

(٢) تم تأسيس مدينة الجبيل الصناعية بمرسوم ملكي عام ١٩٧٥م الذي صدر بإنشاء الهيئة الملكية للجبيل وينبع على أن تقوم هذه الهيئة بإنشاء مدينتين صناعيتين إحداهما في الجبيل والأخرى في ينبع.



المصدر : مصيلحي، ١٩٨٤م

التي تضخ عشرة ملايين متر مكعب يومياً [المهنا، سنة ١٩٨٦، ص ٤]. ويخدم المدينة أيضاً، مينائين: إحداهما صناعي والآخر تجاري (شكل ٥). وقد ساعد موقع المدينة في نطاق السهول الساحلية حيث انخفاض السطح واستوائه في الحد من تكاليف إنشاء أربعة عشر مشروعاً للصناعات الأساسية Primary Industries، وأربعة وستين مشروعاً للصناعات الثانوية والمساعدة Secondary and Support Industries [الهيئة الملكية للجبيل، ١٩٨٧/١٩٨٨ ص ١٤].

وينتج عن ذلك التركيز الصناعي الضخم إنتاج كمية هائلة من النفايات المختلفة. بلغت عام ١٩٨٦، حوالي ١١٠ و ٣٩٠ و ٢٦٠ طناً يومياً من النفايات الخطرة Hazardous Wastes، والنفايات القابلة للتحلل Decomposable Wastes، والنفايات الخاملة Inert Wastes على التوالي. ويتوقع أن تصل كميتها عام ١٩٩٦ حوالي ٥٠٠ و ١٤٥٠ و ٦٠٠ طناً يومياً على التوالي [Royal Commission for Jubail, 1987. p.18].

وتتباين النسبة المئوية للزيادة المتوقعة للنفايات (١٩٨٦ - ١٩٩٦) باختلاف نوع الصناعة. إذ تصل إلى ٣٠٨% بالنسبة للصناعات البتروكيميائية وتنخفض إلى ٩٩% بالنسبة لصناعة تكرير الزيت (جدول ١٧). وتختلف أيضاً النسبة المئوية للزيادة المتوقعة باختلاف نوع النفايات ذاتها، إذ يبلغ المتوسط خلال نفس الفترة ٢٨٠% و ١٤٥% و ١١٦% للرواسب الطينية العضوية، والسوائل العضوية، والرواسب الطينية غير العضوية من الصناعات المختلفة. (١)

وقد اتجهت الهيئة الملكية للجبيل إلى إنشاء المردم الصحي Sanitary Landfill على بعد حوالي خمسة عشر كيلومتراً غرب المنطقة الصناعية، ويبعد في الوقت ذاته بحوالي خمسة وأربعين كيلومتراً عن جنسوب غرب المنطقة

(١) ينبعث من النفايات العضوية نسبة مرتفعة من الغازات الملوثة مثل: أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، والميثان، والامونيا، وكبريتيد الهيدروجين وغيرها [غرايبة، سنة ١٩٨٧، ص ١٦٨].

الحضرية الشمالية^(١) arban Reguon. وتحرص الهيئة على معالجة ذلك الكم الهائل والمتزايد من النفايات الصناعية بنظام علمي دقيق قبل دفنها على عمق يبعد بقدر كافٍ عن مستوى المياه الجوفية.

وقد جاء موقع المنطقة الصناعية بمدينة الجبيل مناسبة لامتداد المنطقة السكنية الأساسية على الساحل الشمالى للخليج العربى وكذا المنطقة السكنية الهامشية على الساحل الشرقى للخليج العربى (شكل ٥) حيث تقع إلى الجنوب منها فى منصرف الرياح السائدة الشمالية إلى الشمالية الغربية. وهكذا تحمل هذه الرياح الملوثات الغازية المنبعثة من المنطقة الصناعية، وكذا المردم الصحى ووحدتى معالجة مياه المجارى بعيداً عن التجمعات العمرانية. وقد يتغير هذا الوضع خلال فترات محدودة من السنة كنتيجة لتغير نظم الضغط الجوى الإقليمى والمحلى فى أثناء هبوب الرياح الجنوبية والرياح الغربية التى تلعب دوراً خطيراً فى نقل الملوثات الغازية من المنطقة الصناعية إلى المناطق السكنية مما يزيد من خطورتها على صحة السكان.

هذا ولم تهتم الدول النامية بأخطار استغلالها غير الرشيد لإمكانات البيئة الطبيعية لاستغلالها بتطورها المحلى، ورغبتها فى تطوير القاعدة الاقتصادية وإتاحة مزيد من فرص العمل، وإقامة صرح صناعى يسهم فى رفع مستوى الدخل القومى والفردى أيضاً. وقد استمر الوضع كذلك إلى أن تفاقمت مشاكل البيئة ووصلت إلى مستوى حرج يؤثر فى صحة الإنسان أينما كان دون أدنى اعتبار للحدود الدولية أو الإقليمية. وهكذا أصبحت القضية ليست استغلال البيئة

^(١) تعتبر عملية الردم أو الطمر الصحى أحدث الطرق لمعالجة النفايات الصلبة. إذ يتم حفر الأرض حفرة مناسبة ويتم عزلها عن المياه الجوفية بطبقة من الأسمنت أو نوع خاص من البلاستيك. ويراعى عند اختيار مواقع الردم الصحى أن يبعد عن التجمعات العمرانية مسافة لا تقل عن مائتى متر كما أوصت منظمة الصحة العالمية سنة ١٩٧١م، وأن يكون فى منصرف الرياح [غرايية، سنة ١٩٨٧. ص ١٦٧]. وبناءاً عليه يصبح موقع المردم الصحى بالمنطقة منسباً ومراعياً للشروط الصحية التى تضمن حماية المنطقة الحضرية من إخطار انبعاث الغازات الملوثة للهواء.

الطبيعية بقدر المتاح من الإمكانيات والموارد، ولكن كيفية استغلالها استغلالاً علمياً يضمن الحد الأدنى من التأثير السلبي في الغلاف الحيوى Biosphere.

وقد أدركت الهيئة الملكية للجبيل أهمية العلاقة بين التنمية الصناعية Industrial Development وحماية البيئة Environmental Protection، فاهتمت برصد نوعية الهواء Air Quality فى تسع محطات للرصد البيئى تتوزع فى مدينة الجبيل الصناعية (شكل ٦ وجدول ٣) ^(١) ^(٢) وقد حددت الهيئة أهم الصناعات المسؤولة عن انبعاث الملوثات الغازية، ووضعت الحدود القصوى التى يراعى عدم تجاوزها عند السماح بانبعاث أى منها، فضلاً عن التقنيات المقترحة لمكافحة انبعاثها (جدول ١٣). كما حرصت الهيئة على أن يقترن رصد نوعية الهواء فى هذه المحطات بالتسبع برصد أهم العناصر المناخية المؤثرة فى تلوث الهواء (جدول ٣). ويرجع ذلك إلى إدراكها لأهمية الدور الأساسى الذى يلعبه المناخ المحلى Local Climate فى تركيزات ملوثات الهواء وتوزيعها الأفقى والرأسى Vertical and Horizontal Distribution، وتفاعلاتها الكيميائية والكيميائية وما يتبعها من إنتاج ملوثات جديدة. وقد وضعت الهيئة الملكية للجبيل بالتعاون مع مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بالسعودية، وثيقة مقاييس نوعية الهواء المحيط Ambient Air Quality Standards المطلوبة

^(١) يرصد فى هذه المحطات بعض الملوثات الغازية (الكبريتية - الكربونية - النيتروجينية - الأوزون) والملوثات الصلبة (الجسيمات السائجة) باستخدام أفضل الطرق التى تناسب كل ملوث منها (جدول ١٨).

^(٢) وتقوم لذات الهدف شركة ارامكو السعودية بالتعاون مع مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بالملكة العربية السعودية برصد نوعية الهواء فى سبع محطات تتوزع فى منطقة الدراسة. وقد روعى عند اختيار مواقعها أن تقع بالقرب من المصادر الأساسية لانبعاث ملوثات الهواء (جدول ١٩).

فى مدينة الجبيل الصناعية والمقترحة للمملكة العربية السعودية (١) (جدول ١٥). ويقصد من هذه الوثيقة وضع تقييم شامل ودقيق لدرجة خطورة أى من ملوثات الهواء خلال فترات زمنية محددة بهدف الوقوف على أبعاد وجوانب مشكلة تلوث الهواء ومسبباتها ودرجة خطورتها وبالتالي وضع الحلول الممكنة للحيلولة دون تفاقمها على مستوى الجبيل أو المملكة العربية السعودية (٢).

٢- المدن الصناعية بالدمام:

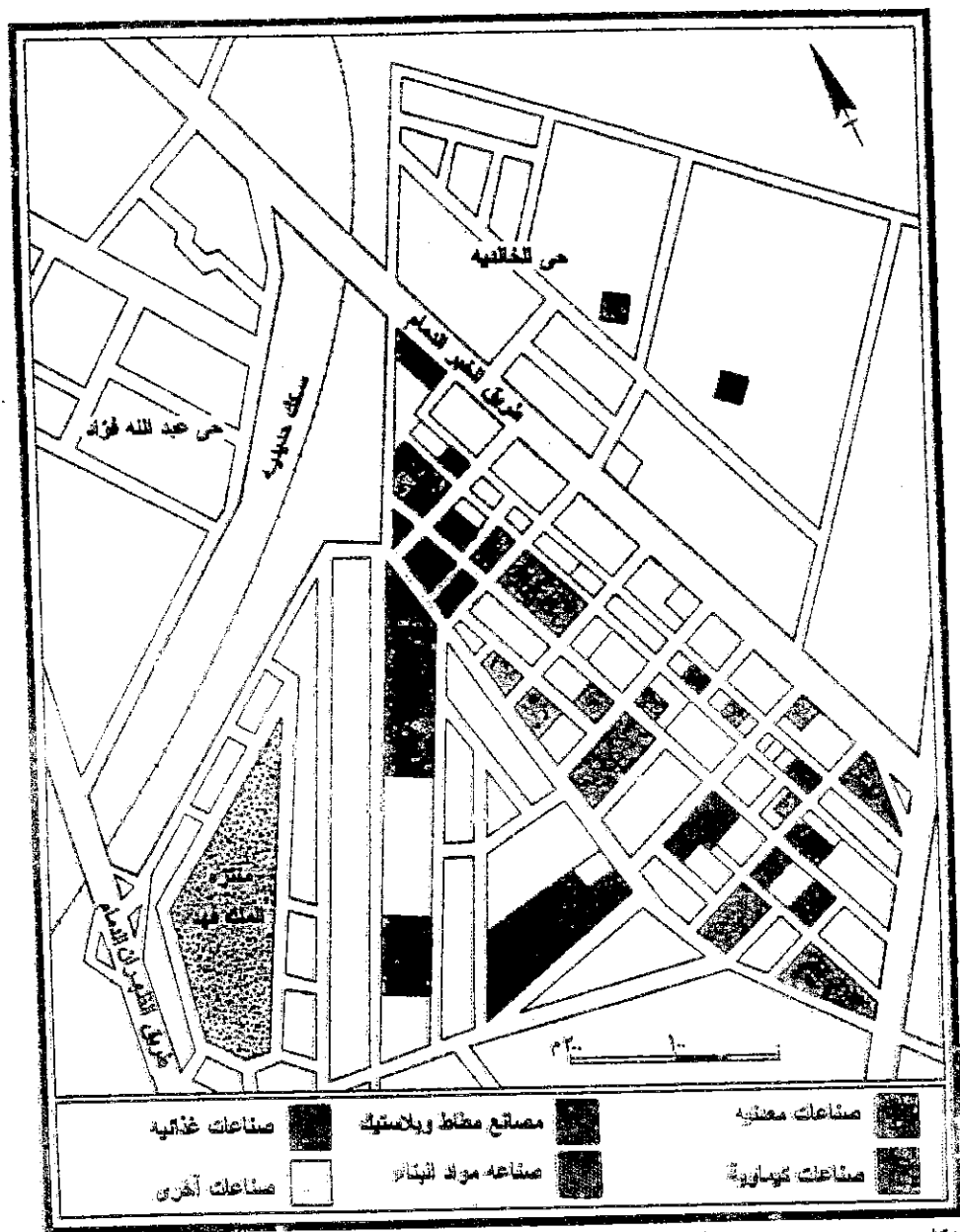
تضم الدمام منطقتين صناعيتين، تقع الأولى فى جنوب شرق المنطقة السكنية بالدمام فيما بين طريق الدمام - الخبر الداخلى وخط سكة حديد الدمام - الرياض (شكل ٣٥). وتبلغ مساحتها ٢,٢١٧,٤٤١ متراً مربعاً وتضم سبعة وتسعين مصنعا [فارس، سنة ١٩٩١، ص ٩١] وقد زحفت إليها الكتلة العمرانية إلى أن تلاحما معا. وتقل الأهمية الاقتصادية لهذه المدينة الصناعية نظراً لضيق مساحتها وضعف إمكانياتها الصناعية. وإن كانت تتميز بموقع جغرافى مناسب فى منصرف الرياح السائدة مما يحد من خطورتها البيئية.

وتقع المنطقة الصناعية الثانية على بعد قرابة خمسة وثلاثين كيلومتراً فى جنوب الجنوب الغربى من المنطقة السكنية بالدمام على طريق الدمام - الرياض.

وتعد هذه المدينة (المنطقة) ثانى أهم المدن الصناعية بالمنطقة وثامن المدن الصناعية السعودية، وتقع على مساحة ٢٤ كيلومتراً مربعاً [مصيلحى، ١٩٨٤، ص ١٥٩]. وقد بلغ عدد مصانعها المنتجة واحداً وستين مصنعا بنهاية

(١) توضح هذه الوثيقة حد التلوث المسموح، وعدد التجاوزات المسموح بها لمختلف ملوثات الهواء خلال فترة زمنية محددة فى كل من الجبيل والمملكة العربية السعودية.

(٢) يرجع الاختلاف فى حد التلوث المسموح لكل ملوث، وكذلك عدد التجاوزات المسموحة لبعض ملوثات الهواء فى الجبيل عن مثيلاتها فى المملكة العربية السعودية إلى التركيز الصناعى الضخم فى مدينة الجبيل الصناعية، فضلاً عن التطور الصناعى المتوقع لها إذ يتبع ذلك بالضرورة زيادة فى كمية إنبعاث ملوثات الهواء، مما يحتم ضرورة أخذ مزيد من الاحتياطات للحد من تفاقم آثارها السلبية على صحة البيئة والإنسان أيضاً.



المنطقة الصناعية الأولى بالدمام

شكل ٣٥
المصدر: الفارسي، ١٩٩١

عام ١٩٨٩م، بالإضافة إلى أربعة عشر مصنعاً تحت الإنشاء والتشغيل [فارس، ١٩٩١، ص ٩٣]. وتقل خطورة الصناعات القائمة في هذه المدينة قياساً بمثيلاتها بمدينة الجبيل الصناعية حيث يغلب عليها الصناعات الغذائية والخشبية وبعض الصناعات المعدنية (مثل صناعة الألومنيوم). (شكل ٣٦).

٣- البقع الصناعية المتفرقة:

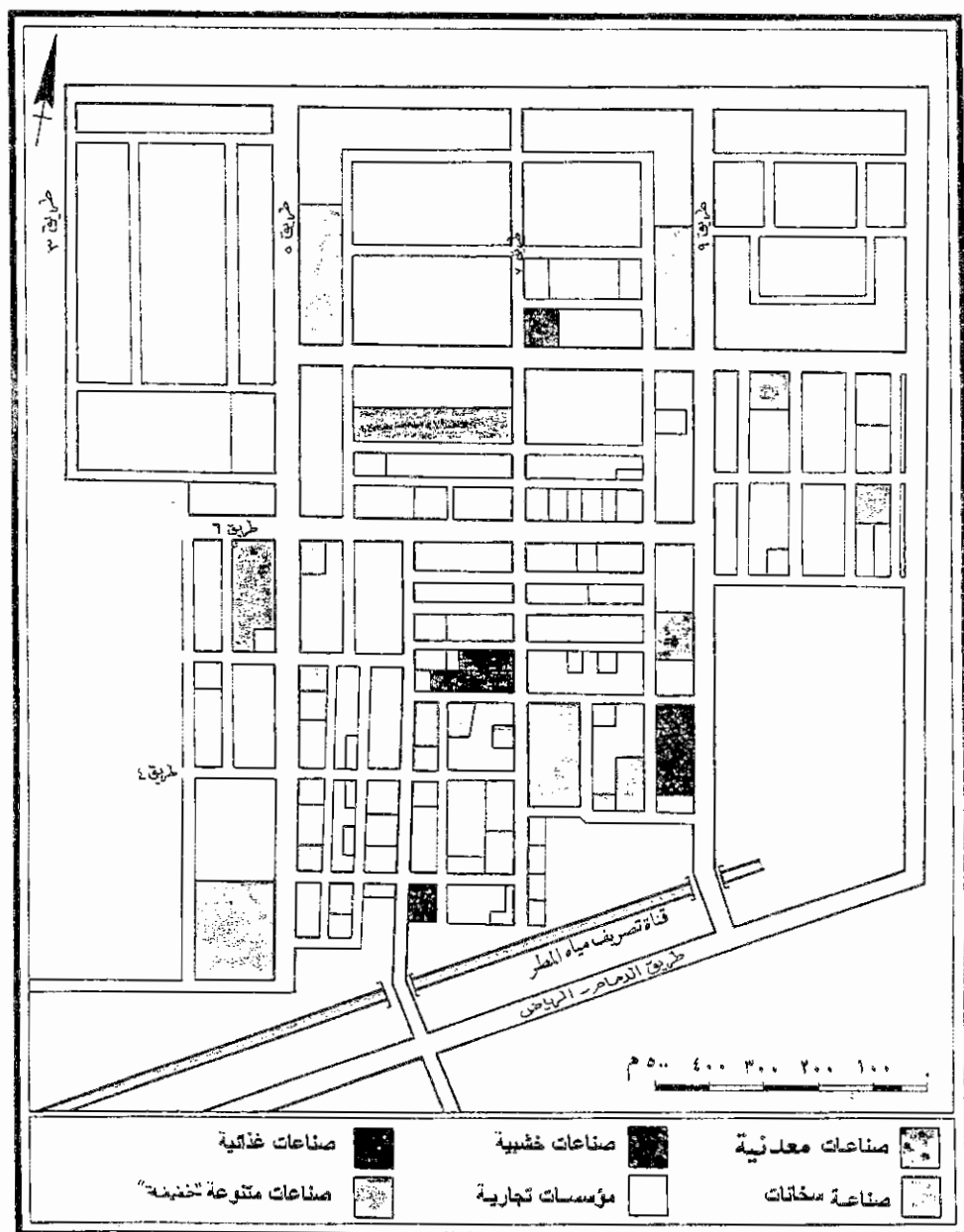
وتتضمن المنطقة الصناعية في غرب الشمال الغربي من المنطقة الحضرية في كسل من مدينتي الظهران والهفوف، وهما من أسوأ مواقع الصناعات في المنطقة إذ تقع في مهب الرياح السائدة فتتقل ملوثات الصناعة إلى قلب المنطقة السكنية في كل منهما. ويضاف إليها المنطقتان الصناعيتان في شمال الشمال الغربي للمنطقة السكنية بمدينة الخبر، وشمال شمالها الشرقي. ويوجد أيضاً في مدينة الخبر مناطق صناعية مبعثرة في شرق الجنوب الشرقي وجنوب المنطقة السكنية.

وتتداخل الكتل العمرانية مع المناطق الصناعية في كل من مدينة الدمام والخبر والظهران ويتبع ذلك تأثر مناطقها الحضرية بالتلوث الناتج عن الصناعة الذي يتوقف حينئذ على سرعة الرياح السائدة التي تنقل إليها ملوثات الهواء من مناطقها الصناعية المتاخمة، ومن مدينة الجبيل الصناعية أيضاً، وكذا حقول الزيت ومعامل التكسير سواء التي تقع داخل حدود المنطقة أو تلك التي تقع في دول الجوار (شكل ٢٦).

وإذا ترتفع نسبة الكبريت بالزيت في حقول المنطقة ^(١)، ينبعث منها كمية كبيرة من الكبريت تتأكسد وبسرعة إلى ملوثات كبريتية غازية مثل كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت.

(١) تبلغ نسبة الكبريت في حقول السفانية، مرجان، الخرسانية، العثمانية، عين دار، الظلوف وحقول برى مد نسبه: ٣,٠%، ٢,٦٢%، ٢,٢٣%، ١,٨٣%، ١,٦٣%، ١,٤٥% و ١,٣٤% [Al-

Mutaz, 1983 p.2]



المنطقة 'المدينة' الصناعية الثانية بالدمام

شكل ٣٦

المصدر: التارسي، ١٩٩١

فستقبل مدن الظهران والخبر والدمام حوالي مليوني طن مسنوياً من غاز ثاني أكسيد الكبريت، تعادل ما نسبته ٧٣% من كمية هذا الغاز في منطقة الخليج العربي [Bryant, 1980. p.10].

ولا يمكن بالطبع إرجاع هذا المستوى العالي لتلوث الهواء بفاز ثنائي أكسيد الكبريت إلى مساحة البقع الصناعية الضيقة بهذه المدن فقط، بل إنها ترجع في المقام الأول إلى موقعها في منصرف الرياح وما تحمله من غسارات ناتجة عن معامل ومصافي تكرير الزيت والصناعات البتروكيميائية التي تتركز في مدينة الجبيل الصناعية والمناطق الصناعية الأخرى المجاورة. (١)

وهكذا يمكن القول بأن مساحة المناطق الصناعية لا تعد مؤشراً جيداً لمستوى تلوث الهواء، بل الأهم هو توزيع المناطق الصناعية وموقعها بالنسبة للكتل العمرانية بالمدن.

ويوجد في مدن المنطقة نمطان لتوطن الصناعة: حيث نجد مناطق صناعية تبعد عن الكتل العمرانية الرئيسية بالمدن، وتنفصل عنها بمساحات كفيلة بالحد من الآثار السلبية الناتجة عن ملوثاتها في صحة السكان، كما هو الحال في مدينة الجبيل (شكل ٥). بينما تقع أخرى على الأطراف الخارجية للمدن، وتتمثل في المناطق الصناعية بمدن الهفوف والدمام والخبر والظهران. وتصبح مثل هذه المناطق الصناعية خطيرة على صحة سكان المدن في غياب التخطيط العمراني والنظرة الشاملة والمعرفة التفصيلية بإمكانيات النمو العمراني الأفقي ومحاوره في الأحياء الهامشية والضواحي حيث تقع هذه المناطق. ومن ثم تؤدي التنمية العمرانية إلى التحام المناطق الصناعية بالكتل السكنية. وقد حدث ذلك بالفعل حينما امتد النمو العمراني نحو المنطقة الصناعية الأولى بالدمام (شكل ٣٥)، وكذا المنطقة الصناعية بالخبر. ويصبح - في هذه الحالة - حجم التلوث المؤثر سلبياً في السكان متوقفاً على نطاق التداخل بينهما، وحجم الصناعة وأنواعها القائمة، فضلاً عن اتجاه الرياح السائدة وسرعتها. ويعتبر تبعاً لذلك الموقع

(١) من أهمها منطقة الشعبية الكويتية، ومنطقة أسيد القطرية، ومصفاي تكرير الزيت بالبحرين.

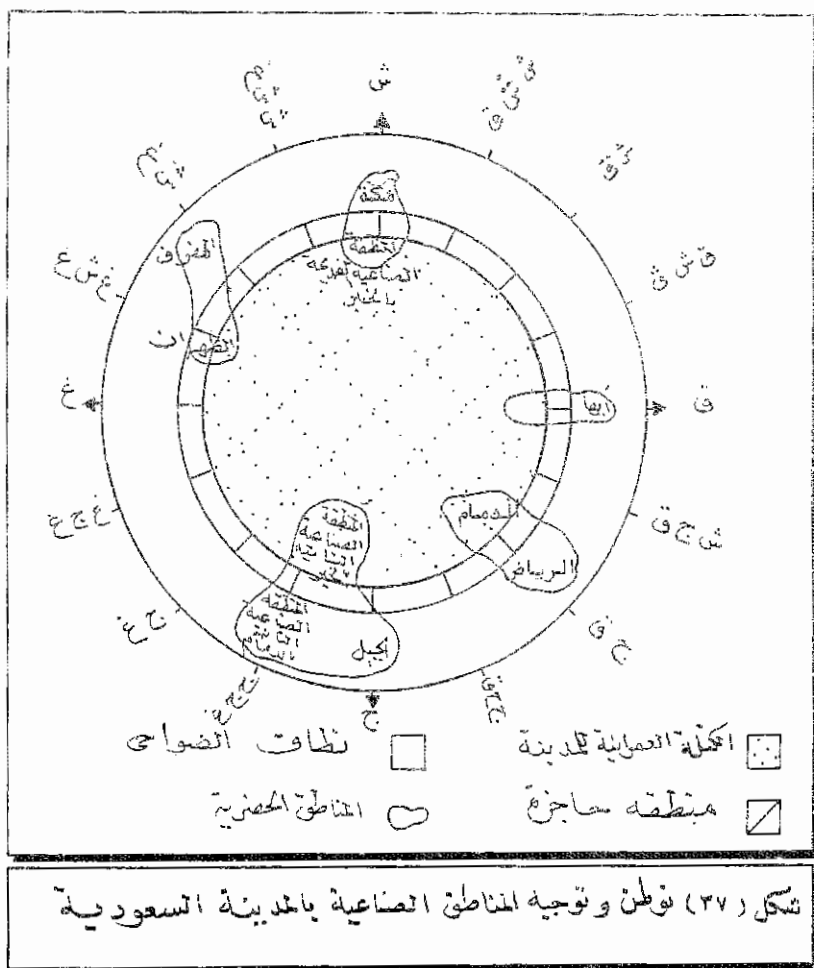
الجغرافى للمناطق الصناعية من الكتلة السكنية أكثر النظم المكانية فاعلية فى تحديد درجة ملائمتها وتناسبها مع النمو العمرانى المحتمل لمدن المنطقة فى إطار الرياح السائدة الشمالية إلى الشمالية الغربية. ولذا تصبح أفضل المناطق الصناعية هى التى تقع جنوباً من الكتلة العمرانية للمدينة كما هو واقع فى المنطقة الصناعية بالجبيل والمنطقة الصناعية الثانية بالدمام. بينما تعد أسوأها تلك التى تقع شمال الكتلة العمرانية كما هو الحال فى مدينة الخبر، وكذا التى تقع غرب الشمال الغربى. فى مدينتى الظهران والهفوف (شكل ٣٧).

هذا ولا يمكن إغفال أهمية دراسة أنواع الصناعات القائمة لتحديد درجة تأثيرها فى نوعية الهواء والوقوف على درجة خطورتها فى إطار النظم المكانية الفعالة.

ثانياً: أنواع الصناعات

تحتل منطقة الدراسة بكم هائل من الاستثمار الصناعى، إذا بلغت مساهمته حوالى مائة مليون دولار لكل كيلومتر مربع فى عام ١٩٧٦م [Bryant, 1980. p.10]. وقد ساعد ذلك على إنشاء ٣٥٣ مصنعاً منتجاً تعادل ٢٢% من إجمالى المصانع السعودية المنتجة. ويعادل التمويل المالى لهذه المصانع ٣٨,٦% من إجمالى التمويل الصناعى السعودى. ويعد بذلك أكبر تمويل صناعى على مستوى مناطقها الإدارية [الغرفة التجارية الصناعية للمنطقة الشرقية، سنة ١٩٨٦. ص ٧] وقد صاحب هذا الاستثمار والتمويل الصناعى الضخم ارتفاع فى نسبة العاملين بالصناعات التحويلية بالمنطقة لتمثل ١٨,٨% من إجمالى عددها، فتحتل بذلك المركز الأول بين المناطق الإدارية السعودية [Bryant, 1980. p.11].

وتعد المنطقة أكبر ثقل صناعى حيث تضم حوالى ٨٦% من الصناعات السعودية الأساسية يقع معظمها فى مدينة الجبيل الصناعية [فارس، سنة ١٩٩١. ص ٢٢]. ويحدو بنا ذلك إلى دراسة أنواع الصناعات القائمة وتتبع تأثيراتها البيئية لتبقى نموذجاً واضحاً لجوانب العلاقة بين النشاط الصناعى ومشكلة تلوث الهواء.



ويمكن حصر أنواع الصناعات في مدينة الجبيل الصناعية وفقا لأهميتها ودرجة تأثيرها في مشكلة تلوث الهواء بالمنطقة في:

١- صناعة تكرير الزيت

٢- الصناعات البتروكيميائية والمعدنية.

٣- صناعة الأسمنت والمحاجر

٤- صناعة توليد الطاقة الكهربائية.

١- صناعة تكرير الزيت:

تستأثر المنطقة بحقول الزيت Oilfields والغاز الطبيعي Natural Gas (شكل ٣٨) التي تحظى بها المملكة العربية السعودية التي تحتل المركز الأول بين الدول المنتجة للزيت في الشرق الأوسط وكذا المركز الثالث على المستوى العالمي.

وتتمتع هذه الحقول بإحتياطي ضخم من الزيت قدر بنهاية عام ١٩٨٨م

بـ ٣٨٠٢٥٢ بليون برميل [فارس، سنة ١٩٨٩، ص ٣٨] يعادل ٢٠% من الإحتياطي العالمي للزيت [شركة أرامكو، سنة ١٩٨٧ (١)، ص ٧]. وقد تبع ذلك إحتكار المنطقة تقريبا لصناعة تكرير الزيت لتصبح أهم صناعاتها القائمة وأضخمها.

و يوجد بالمنطقة ثلاث مصافي للتكرير هي: معمل تكرير رأس تنورة (شركة أرامكو) - مصفاة بترومين شل بالجبيل (شركة بترومين) - معمل تكرير الخفجي (شركة الزيت العربية اليابانية)، وقد بدأت إنتاجها منذ ١٩٤٥م ١٩٨٥م و ١٩٦٦م. كما بلغت طاقتها التكريرية بنهاية عام ١٩٨٧م ٥٣٠ و ٢٧٠ و ٣٠ ألف برميل على التوالي ،^(١) تعادل في مجملها ٥٧% من الطاقة التكريرية للزيت بالسعودية .^(٢) [شركة أرامكو، سنة ١٩٨٧، (ب) ص ٢٢].

(١) يضاف لهذه المصافي معمل تكرير سعود (شركة جيبي) الذي بدأ الإنتاج منذ عام ١٩٥٨م في المنطقة

المقسومة بين المملكة العربية السعودية والكويت، ولكن طاقته الانتاجية محدودة.

(٢) بلغت الطاقة التكريرية للزيت بالسعودية بنهاية عام ١٩٨٧م ١٤٥٥ ألف برميل يوميا.

وتعد صناعة تكرير الزيت من أكثر الصناعات الملوثة للهواء حتى فى أولى مراحلها الصناعية وأبسطها. إذ تنبعث الروائح ^(١) Odours فى أثناء نقل الزيت الخام من الحقول إلى المصافى أو إلى الموانى عن طريق خطوط الزيت مثل خط التابلين ^(٢) ، ويضاف إليها انبعاث المركبات الهيدروكربونية والكبريتية أيضا ^(٣).

ويتبع مرور الزيت الخام بالعديد من العمليات التكريرية انبعاث كمية من ملوثات الهواء تتناسب طرديا مع كمية الزيت المكرر. فتبلغ نسبة انبعاثها ٣٢٣٩% و ٣٢٥% و ٣٢٦% من معمل تكرير رأس تنورة ومصفاة بترومين شل ومعمل تكرير الخفجى على التوالي وذلك من إجمالي ملوثات الهواء الناتجة عن تكرير الزيت (جدول ٢٠ و ٢١).

وتتباين أيضا كمية انبعاث الملوثات باختلاف العملية التكريرية ذاتها ومدى استخدام وسائل مكافحة التلوث. إذ تنبعث بكميات كبيرة فى حالة عدم استخدام وسائل التحكم كما هو الحال بالنسبة لأول أكسيد الكربون الذى تبلغ

(١) كما تنبعث هذه الروائح من مشتقات الزيت الناتجة بعد عملية التكرير مثل: سوائل الغاز الطبيعى - النفط - البترين - وقود النفثات - الكيروسين - زيت الديزل - زيت الوقود - أزفلت - منتجات أخرى. وقد بلغت على سبيل المثال نسبتها المئوية فى معمل تكرير رأس تنورة علم ١٩٨٧م: ١٨,٥% - ٣,٦% - ١٢,٥% - ٠,٧% - ٦% - ٢٧,٨% - ٣٠,٤% - ٠,٥% لكل من هذه المشتقات على التوالي [شركة ارامكو، سنة ١٩٨٧ (ب). ص ١٧].

(٢) خط التابلين: وهو خط قد تم انشاؤه سنة ١٩٥٠م [محسوب، سنة ١٩٩١. ص ٢٥٠].

(٣) تنبعث المركبات الهيدروكربونية بنسب عالية أثناء تكرير الزيت لكونه عبارة عن خليط من المركبات الهيدروكربونية التى تتكون من الهيدروجين والكربون [الحسن، سنة ١٩٨٥. ص ٢٢].

- ويحتوى الزيت الخام على نسب مئوية مختلفة من الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين تبلغ على التوالي: ٨٥ - ٩٠% و ١٠ - ١٤% و ٠,٦ - ٠,٤% و ٠,١ - ٠,٧% [Sellers, 1984. p.133].

- يعد الكبريت أخطر شوائب الزيت إذ يتحلل فى أثناء عمليات التقطير.

مساهمته ٧٢% من كميتها الإجمالية، ليصبح أخطرهما على الإطلاق (ثانى أكسيد النتروجين ١٥,١% - الجسيمات السابحة ٨,٥% - ثانى أكسيد الكبريت ٢,٦% - الهيدروكربونات ١,٨%). ومما يزيد من خطورته أن مدة بقائه فى الهواء تمتد لمدة ثلاثة شهور^(١) (جدول ٢٢). فضلا عن كونه عنصراً فى التفاعلات الكيميائية التى ينتج عنها ثانى أكسيد الكربون وحمض الكربونيك، كما يسهم فى نشاط التفاعلات الكيميوضوئية لتنتج ملوثات ثانوية جديدة أشد خطورة على صحة البيئة.

وتعد مساهمة ثانى أكسيد الكبريت ضئيلة (٢,٦%) من جملة ملوثات الهواء المنبعثة حتى فى حالة عدم استخدام وسائل مكافحة التلوث. ولكن عند العلم بأنه ينبعث بكمية تصل إلى ١٩,٢% من وزن الكبريت فى الزيت المكرر فى أثناء عملية التسخين وغليان الزيت، وعند العلم أيضا بأن محتوى الكبريت فى الزيت الخام بالمنطقة يتراوح بين ١,٤% و ٣,٠% ويمتوسط ٢,٠١% من إجمالي وزنه [Al-Mutaz, June 1988. p.2]، تصبح كمية انبعاثه خطيرة حقاً.^(٢) وهكذا لا يمكن الإقصاص من خطورة ثانى أكسيد الكبريت مقارنة بأول

(١) يضاف الى ذلك انه يعرض الإنسان بأضرار صحية تتدرج من الإصابة بالصداغ والغيان وضيق التنفس وبين الوصول إلى حد الوفاة حينما يرتفع تركيزه (جدول ٢٣).

(٢) تبلغ كمية انبعاثه فى المتوسط حوالى ١١٤٨ جزء فى المليون وترتفع إلى ١٧١٤ جزء فى المليون كحد أقصى. وقد تم حساب ذلك على أساس إن الزيت الخام الذى يحتوى على نسبة من الكبريت تصل إلى ٣,٥%، ينتج عنه كمية تصل الى ٢٠٠٠ جزء فى المليون من غاز ثانى أكسيد الكبريت. [المعاز، سبتمبر سنة ١٩٨٦. ص ٢٤]

(٣) وينبعث أيضا ثانى أكسيد الكبريت بكمية تعادل ٦٠% من جملة ملوثات الهواء المنبعثة من عمليات التكسير الخففر بدون استخدام وسائل مكافحة التلوث (جدول ٢١).

أكسيد الكربون. إذ أنه يتأكسد إلى حمض الكبريتيك ذي التأثير الهدام الخطير على حضارة الإنسان وممتلكاته، فضلا عن تأثيره السلبي على صحة الإنسان^(١).

وجدير بالملاحظة، ارتفاع نسبة مساهمة ثاني أكسيد الكبريت إلى ٥٩,٦% والهيدروكربونات إلى ٢٥,٥% من إجمالي ملوثات الهواء الناتجة عن عمليات التكسير في أثناء استخدام وسائل التحكم في انبعاثها^(٢) ويرجع السبب في ذلك إلى انخفاض انبعاث أول أكسيد الكربون وانخفاض نسبة مساهمة ثاني أكسيد النيتروجين والجسيمات السابحة إلى ٨,٥% و ٥,٦%. وقد تبع ذلك زيادة نسبة مساهمتهما على الرغم من ثبات كمية ثاني أكسيد الكبريت في الحاليتين وانخفاض كمية الهيدروكربونات في أثناء استخدام وسائل التحكم.

وهكذا تصبح صناعة تكرير الزيت المسئول الأساسي عن انبعاث كميات خطيرة من الملوثات الغازية التي تعد أكثرها خطورة ثاني أكسيد الكبريت^(٣) وأول أكسيد الكربون.

٢- الصناعات البتروكيميائية والمعدنية:

تتبع الصناعات البتروكيميائية والمعدنية في مدينة الجبيل الصناعية لشركة سابك^(٤) وتعتمد على الزيت والغاز الطبيعي بوصفه مادة خام وموردا للطاقة الحرارية، فينتج عنها ذات ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الزيت وجميع

(١) يؤدي ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكبريت في الهواء إلى التهابات الشعب وتزيف الأنف وغيرها. (جدول ٢٣).

(٢) يقصد بوسائل التحكم في انبعاث ملوثات الهواء: الوسائل التي أقرتها الهيئة الملكية بالجبيل بالتعاون مع مصلحة الأرصاد وحماية البيئة في المملكة العربية السعودية (جدول ١٣).

(٣) تنتج مثلا مصفاة بترومين شل بالجبيل: كمية من الكبريت تصل إلى ٨٠ ألف كيلوجرام سنويا. ويتم التخلص منها باستخدام المواقد الحرارية والعوامل المساعدة لإحداث تفاعلات كيميائية ينتج عنها ثاني أكسيد الكبريت [Al-Mutaz, July 1987. p.2].

(٤) شركة سابك هي شركة سعودية مشتركة مع المجموعة اليابانية للصناعات الأساسية. وقد تم تأسيسها بمرسوم ملكي عام ١٩٧٦م لتصبح الشركة المسؤولة عن استغلال الموارد السعودية من الزيت الخام والغاز الطبيعي واستثمارهما في صناعات بتروكيميائية ومعدنية.

مشتقاته خاصة تحت تأثير الارتفاع الشديد في درجة حرارة عمليات الاحتراق الضرورية.

ويقع بمدينة الجبيل الصناعية تسعة مجمعات للبتر وكيميائيات ومصنعان للأسمدة وآخر للصناعات المعدنية (صناعة الحديد والصلب). وتضم هذه المجمعات الصناعية اثنتى عشرة شركة متخصصة (شكل ٥) تعتمد عليها هذه الدراسة لتتبعها وأهميتها ليس فقط على مستوى المنطقة وإنما على مستوى المملكة العربية السعودية أيضاً. (١)

ويعتمد البحث عند دراسة هذه الصناعات على الاستبيان (جدول ٢٤) بوصفه وسيلة لجمع البيانات الأساسية الخاصة بنوعية النشاط الصناعي وحجمه، وموارد الطاقة والمواد الخام المستخدمة، فضلاً عن الاهتمام بتحديد أنواع ملوثات الهواء وكميتها، ومدى الحرص على استخدام تقنيات مكافحة التلوث ودرجة كفاءتها أيضاً. (٢) ويضاف إلى ذلك نشرات الهيئة الملكية للجبيل (جدول ٢٦) ونشرات بعض الشركات الصناعية بالمنطقة.

ويمكن تحديد درجة خطورة الصناعات القائمة وفقاً لكمية ملوثات الهواء الناتجة على النحو التالي:

١- صناعات تصدر ملوثات بكميات كبيرة:

ينبعث من الشركة الوطنية للأسمدة الكيماوية (أبن البيطار) كميات كبيرة من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت، ثم ما تلبث أن تدخل في العديد من التفاعلات الكيميائية، فتنتج الأحماض. وترتفع درجة خطورة النشاط الصناعي لهذه الشركة حيث تقع على بعد كيلومترين تقريباً من المنطقة السكنية بالجبيل. وقد أدركت هذه الشركة أبعاد ملوثاتها فاستخدمت مدخنتين يبلغ ارتفاع إحدهما ثلاثون متراً، والأخرى عشرون متراً فقط.

(١) شركة سابك هي الشركة الأم خمسة عشر مجمعا صناعيا منتجا تتركز في الجبيل والدمام وينبع وجده منها: عشرة مجمعات بتر وكيميائية (تسع منها في مدينة الجبيل الصناعية) و ثلاثة مصانع للأسمدة (اثنين منها بالجبيل) و مصنعان للحديد والصلب (أحدهما في الجبيل). وهكذا تتركز ٨٠% منها في الجبيل.

(٢) تم تجميع نتائج تحليل الاستبيان في جدول ٢٥.

وهكذا يقتربان من سطح الأرض ^(١) حيث تنخفض سرعة الرياح، ومن ثم تقل إمكانية تشتت الملوثات فيرتفع تركيزها وتزيد درجة خطورتها البيئية. وهكذا يمكن القول، أن درجة فاعلية هاتين المدخنتين في المحافظة على البيئة ضعيفة، لذا يفضل أن يزيد ارتفاعهما إلى أكثر من مائة متر ^(٢).

وينبعث أيضا من شركة الجبيل الميثروكيميائيات (كيميا) والشركة العربية للبتروكيميائيات (بتروكيميا) (٣) كميات كبيرة من ثنائي أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت ومجموعة من الغازات المختلفة المتسربة، فضلا عن المخلفات السائلة وتشمل مادتي هيكسين وأيسوبنتين ^(٤) وقد

^(١) يؤثر ارتفاع المدخنة تأثيرا عكسيا على درجة تركيز الملوثات وكذا درجة خطورتها، إذ إن ارتفاع المدخنة يؤثر طرديا على المسافة الأفقية التي تنتشر خلالها الملوثات على النحو التالي: مع الأخذ في الاعتبار سرعة الرياح واتجاهها

ارتفاع المدخنة	درجة تركيز الملوثات	المسافة الأفقية لانتشار الملوثات
٥٠ مترا	٢١ و ١ ملليجرام/المتر المكعب	١٠٠٠ مترا
١٥٠ مترا	١٣٤ و ٠ ملليجرام/المتر المكعب	١٠٠٠ مترا

ويفسر ذلك بأن سرعة الرياح على ارتفاع ٥٠٠ مترا تزيد عن سرعتها بمحاذاة سطح الأرض بحوالى ثلاث مرات بسبب اختفاء تأثير عامل الاحتكاك [كموند، سنة ١٩٨٨، ص ٩٣].

- وتبتعد الملوثات عن مصدر انبعاثها ويصبح تشتتها الأفقي أكثر حدوثا كلما زاد ارتفاع المدخنة [Grandjean, 1976. p.10]

^(٢) وقد حددت مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بالسعودية، ارتفاع المدخنة على أساس هذه المعادلة: $HS = H + 1.5 L$ حيث:

HS = ارتفاع المدخنة H = ارتفاع الأبنية المجاورة للمدخنة.

L = ارتفاع واتساع مباني الجوار [مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، سنة ١٩٨٢].

^(٣) رفضت هذه الشركة الإجابة على الاستبيان، وأنه من المتوقع أن تتشابه ملوثاتها بتلك المنبعثة من شركة (كيميا) حيث يتفقان في المنتج الصناعي (جدول ٢٥) وكذلك اعتمادا على بيانات جدول ٢٦. وإن كان من المتوقع أن ترتفع ملوثات شركة (كيميا) مقارنة بالأخرى لارتفاع طاقتها الإنتاجية السنوية.

^(٤) إن مادتي هيكسين وإيسوبنتين عبارة عن مواد هيدروكربونية سائلة وحينما يتعرضان للتبخير يتطلسق غاز الكربون الذي يتأكسد فينتج أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، وسرعان ما يتكون حمض الكربونيك مع توفر الرطوبة الجوية.

أدركت شركة (كيميا) خطورة ملوثاتها على صحة البيئة والإنسان (تقع على بعد سبعة كيلومترات من المنطقة السكنية)، فلجأت إلى استخدام جهازين لإعادة استخدام مادة الهيكسين عام ١٩٨٧م وآخر لمادة الأيسوبنتين عام ١٩٩٠م بدلاً من تعرضهما للتبخر وما يتبعه من إضرار بيئية. وقد أهملت هذه الشركة استخدام وسائل مكافحة انبعاث الملوثات الغازية اعتماداً على بعدها عن المنطقة السكنية.

ب- صناعات تصدر ملوثات بكميات ضئيلة:

ينبعث من الشركة الوطنية للميثانول (أبن سينا) كميات ضئيلة من أكاسيد الكبريت والنيتروجين وأول أكسيد الكربون. وتشبهها في ذلك الشركة السعودية للميثانول (شركة الرازي) حيث ينتجان الميثانول الكيميائي بنفس الطاقة الإنتاجية السنوية تقريباً.

وتنبعث من الشركة الشرقية للبتر وكيميائيات (شرق) ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. ولا يعد غاز ثاني أكسيد الكربون ملوثاً للهواء في حد ذاته إذ يتم إطلاقه للهواء بعد التأكد من خلوّه من أي غازات سامة وضارة بالبيئة. وتكمن خطورته البيئية في تفاعله السريع مع بخار الماء المصاحب له عند الانبعاث - فضلاً عن الرطوبة الجوية المرتفعة بالمنطقة - فيكون حمض الكربونيك أحد مكونات المطر الحامض.

ج- صناعات تصدر ملوثات بكميات غير مقاسة:

لم تهتم شركة الجبيل للأسمدة (سماد) بقياس ملوثات الهواء المنبعثة من صناعة اليوريا والأمونيا على الرغم من موقعها على بعد أقل من كيلومترين فقط من المنطقة السكنية. وتنبعث من صناعات هذه الشركة غازات: أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والهيدروكربونات والأمونيا.

وترتفع خطورة هذه الملوثات الأولية من جراء تفاعلاتها الكيميائية فتننتج ملوثات ثانوية خطيرة مثل الأحماض، فضلاً عن الأوزون الذي يتكون في أثناء ارتفاع تركيز الجسيمات السابحة. وينبغي أن تتجه الشركة إلى قياس

ملوثاتها لتصبح الخطوة الأولى في إدراك خطورة نشاطها الصناعي على صحة البيئة والإنسان، مما قد يدفعها لاستخدام تقنيات مكافحة التلوث.

د- صناعات تصدر ملوثات بكميات مقبولة:

ينبعث من الشركة السعودية الاوروبية للبتروكيميائيات (ابن زهر) كميات من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون في حدود أقل من المسموح بها من قبل الهيئة الملكية للجبيل. وتنبعث ملوثاتها من مدخنة يبلغ ارتفاعها ثلاثين متراً فقط، فتبقى ملوثاتها - وإن كانت بتركيزات منخفضة - قريبة من سطح الأرض وينخفض توزيعها الرأسى وتدخل فى سلسلة من التفاعلات الكيميائية فى ظل الحرارة المرتفعة والرطوبة النسبية العالية بالمنطقة.^(١)

كما تنبعث من الشركة السعودية للبتروكيميائيات (صدف) كميات لا تذكر من الملوثات لما تتبعه الشركة من احتياطات بيئية^(٢) واتباعها لنظام التصنيع المغلق^(٣).

وتعتبر الشركة السعودية للحديد والصلب (حديد) هى الشركة الوحيدة للصناعات المعدنية فى مدينة الجبيل الصناعية. وينبعث منها الجسيمات السابحة (تحتوى على أكاسيد الحديد وغاز أول أكسيد الكربون) من معمل التشكيل المباشر Direct Reduction Plant فى أثناء صهر المعادن باستخدام أفران الشرارة الكهربائية. كما ينبعث منها أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت أثناء تشكيل الحديد باستخدام الأفران الحرارية التى تستخدم الغاز الطبيعى كوقود.

^(١) لم تتضح الأبعاد التأثيرية للنشاط الصناعى لشركة (ابن زهر) فى الهواء لحدائق نشاطها (سنة ١٩٨٩).

^(٢) تستخدم هذه الشركة غرفة تحكم لتشغيل شبكة اتصالات للطوارئ، وتعتمد على نظام الأمان الآلى لمراقبة الغازات المتسربة للهواء إن وجدت (لم يحدث ذلك منذ بداية إنتاجها وحتى سنة ١٩٩٠م).

^(٣) يبدأ نظام التصنيع المغلق بهذه الشركة بدخول المواد الخام إلى أنابيب خاصة تعامل تحت ظروف خاصة من الحرارة والضغط، ليخرج منها المنتج الصناعى فى أنابيب تتصل مباشرة بالأسواق المحلية والعالمية أيضاً.

هذا، وإذ يتبع إنتاج طن واحد من حديد الزهر انبعاث ٤,٥ و ٢,٧ كيلوجرام من الجسيمات السابحة وثاني أكسيد الكبريت والمنجنيز على التوالي [العدادات، سنة ١٩٨٥، ص ٥١]. إن إنتاج عن نشاط هذه الشركة انبعاث ٣٦٠٠ و ٢١٦٠ و ٤٠٠ ألف كيلوجرام/سنوياً من هذه الملوثات. فضلاً عن انبعاث مركبات هيدروكربونية تنتج عن تحلل الزيوت المستخدمة في قوالب سباكة الحديد [فرج، سنة ١٩٧٨، ص ٤١٧].

ويصبح بذلك موقع هذه الشركة في الجنوب الغربي من المنطقة السكنية على بعد حوالي سبعة كيلومترات دلالة على حسن التخطيط لتوزيع الصناعات داخل المنطقة الصناعية بمدينة الجبيل.

ويتضح من عرض الصناعات البتروكيميائية والمعدنية تركزها الشديد في مدينة الجبيل الصناعية لتمثل أكبر مجمع صناعي بتروكيميائي بالمنطقة. وتختلف آثارها البيئية وفقاً لنوع المنتج الصناعي والوقود المستخدم والمواد الخام. وقد اهتمت بعض من الشركات الصناعية باستخدام أساليب مكافحة التلوث فحققت بعضها نتائج إيجابية في حين أن بعضها الآخر غير كاف. وقد تجاهلت شركات صناعية أخرى أهمية حماية البيئة فلم تحرص على قياس ملوثاتها ولم تستخدم أي من تقنيات مكافحة تلوث الهواء.

وقد حرصت شركة أرامكو^(١) السعودية على مكافحة التلوث الناتج عن الصناعات البتروكيميائية التي تعد أخطر الصناعات الملوثة للهواء بصفة عامة، وفي منطقة الدراسة بصفة خاصة لتركزها الضخم. فالتجته الشركة إلى استخدام أساليب تقنية حديثة للتحكم في أهم وأكثر الملوثات انبعاثاً من هذه الصناعات وهي الغازات الكبريتية والغازات النيتروجينية والغازات الكربونية.

وقد استخدمت أيضاً خزانات ذات أسطح عائمة Floating Roof Tanks في جميع مرافق تخزين الزيت الخام [أرامكو، يونيو سنة ١٩٨٧].

^(١) هي الشركة العربية الأمريكية لتكرير الزيت السعودي ومركزها الرئيسي مدينة الظهران.

ص ١٥]. وحرصت في الوقت ذاته على استخدام غاز خالي من الكبريت كوقود في الأفران والمراجل.

وقامت بإنشاء أربعة معامل لانتزاع الكبريت من الزيت قبل استخدامه كوقود في مصفاة رأس تنورة ومجمع برى الصناعى ومصنع شذقم ومصنع العثمانية.

وهكذا فقد اهتمت هذه الشركة في مختلف مشاريعها الصناعية العملاقة بالمنطقة بتحقيق التنمية الصناعية في إطار المحافظة - قدر الإمكان - على التوازن البيئى. وقد أسهمت جهود شركة ارامكو في الحد من تفاقم مشكلة تلوث الهواء من جراء عدم إتباع طرق وأساليب خفض انبعاث ملوثات الهواء.

٣- صناعة الأسمنت والمحاجر:

تقع مصانع الأسمنت والمحاجر في نطاق الصناعات المساعدة إلى الشمال من منطقة الصناعات الأساسية (شكل ٢٩). وتشمل مصانع لإنتاج الخرسانة والأسفلت والأسمنت ومن أهمها شركة فولسان السعودية العربية، والشركة العربية الأمريكية للأسفلت، ومصانع الخرسانة الجاهزة، ومصانع إعداد الخرسانة الأسفلتية بالإضافة إلى عدد من مصانع الأسمنت.

وتعد هذه الصناعات أخطر المصادر البشرية وأهمها لانبعاث الجسيمات السابحة والغبار الذى يشتمل على الرمل والأتربة الحصى وغيرها. وقد حرصت الحكومة السعودية على وضع اللوائح والقوانين للحد من خطورة التلوث الناتج عن هذه الصناعات (جدول ١٨).

٤- صناعة توليد الطاقة الكهربائية:

يوجد بالمنطقة ست محطات توليد للطاقة الكهربائية بواقع محطتين في كل من مدينة الجبيل الصناعية ومدينة الخفجى ومدينة الخبر. ويضاف إليها بعض المحطات الصغيرة في كل من مدينة الدمام وبلدة غزلان وبلدة الجعيمة وبلدة عين دار وبلدة شذقم وبلدة فرس وبلدة العثمانية وتعمل جميعها بالغاز الطبيعى [فارس، سنة ١٩٨٩، ص ١٠٢]. وقد بلغت النسبة المئوية لعدد وحدات

التربينات الغازية بالمنطقة سنة ١٩٨٣ م ٢٦% من إجمالي عددها بالملكة العربية السعودية. وتعادل في الوقت ذاته ٣٥% من إجمالي القدرة الإنتاجية السعودية من الطاقة الكهربائية.

وجدير بالذكر أن صناعة توليد الطاقة الكهربائية تعد أقل الصناعات الملوثة للبيئة لاعتمادها على الغاز الطبيعي كوقود. إذ ينبعث منها ثنائي أكسيد الكبريت بنسبة ضئيلة تعادل ٠,٤ رطل/مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعي المستخدم، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون [المعتز، ديسمبر سنة ١٩٨٧. ص ١٨]. كما ينتج عن صناعة توليد الطاقة الكهربائية تلوثاً حرارياً حيث تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المناطق القريبة من محطاتها حوالى تسع درجات مئوية عن تلك البعيدة عنها [المصدر السابق. ص ١٩]. وينطلق منها أيضاً بخار الماء من وحدات التبريد فيؤدي إلى تكثيف ملوثات الهواء وتكوين الضبخان smog، ومن ثم انخفاض مدى الرؤية حيثما تقع المحطة.

خلاصة الفصل:-

يمكن القول بأن منطقة الدراسة أهم المناطق الصناعية السعودية حيث تضم أكثر من ٨٠% من إجمالي مساحة المدن الصناعية بالمملكة العربية السعودية. وتستحوذ على أهم مصافى تكرير الزيت التي تعادل طاقتها التكريرية ٥٧% من الطاقة التكريرية للزيت بالسعودية.

وتعد مدينة الجبيل الصناعية معقلاً للصناعات البتروكيميائية، حيث يقع بها ٨٠% من عدد المجمعات - البتروكيميائية السعودية. وقد روعي هنا اختيار موقع المنطقة الصناعية في منصرف الرياح السائدة بعيداً عن النطاق السكني.

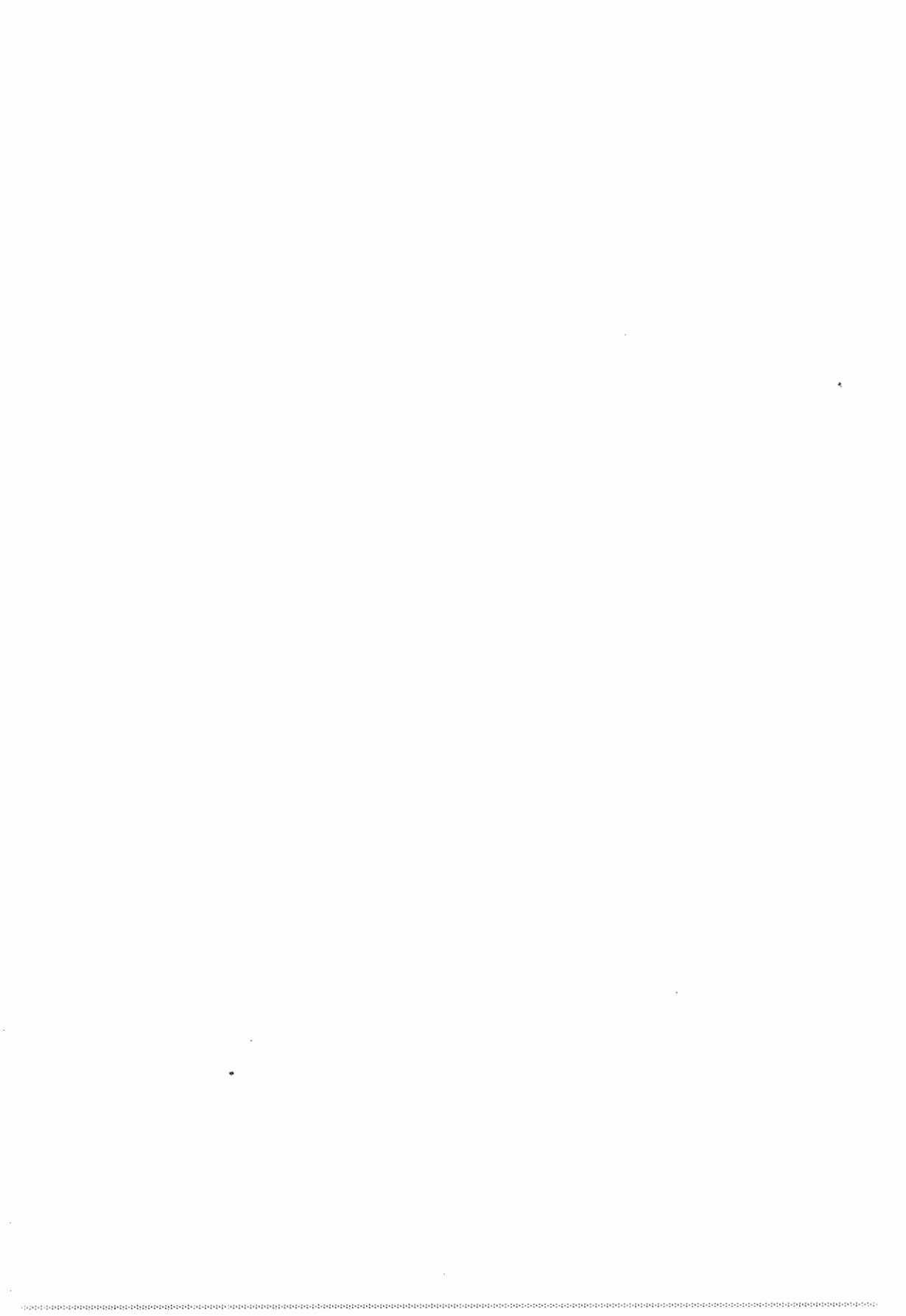
وتعد صناعة تكرير الزيت والصناعات البتروكيميائية أخطر الصناعات وأكثرها تأثيراً في تلوث الهواء إذ أنها المصدر الأول لانبعاث أكاسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون.

وتتباين الخطورة البيئية لهذه الصناعات، فإن كانت صناعة الأسمدة الكيماوية من أخطرها بسبب عدم استخدام تقنيات مكافحة التلوث، نجد أن صناعة البتروكيميائيات في الشركة السعودية للبتروكيميائيات "صدف" يكاد يختفي تأثيرها السلبي على البيئة لإتباعها أفضل وسائل مكافحة التلوث.

وتعد صناعة مواد البناء من أسمنت وصناعات تحجيرية المسنول الأول عن تلوث الهواء بالجسيمات الصلبة السابحة، لتصبح أخطر الصناعات الثانوية بمدينة الجبيل الصناعية.

ويحسب لصناعة توليد الطاقة الكهربائية كونها أقل الصناعات تأثيراً في نوعية الهواء لاعتمادها في المنطقة على الغاز الطبيعي كوقود، وإن كانت تسهم في إحداث نوع من التلوث الحراري بالقرب من محطاتها.

وتحرص الجهات الحكومية على المحافظة على البيئة من خلال سن القوانين ووضع حدود التلوث المسموح بها لكمية الملوثات المنبعثة من كل منشأة صناعية في أثناء مختلف المراحل الإنتاجية. وقد كانت لشركة أرامكو السعودية جهوداً موفقة في مكافحة التلوث الناتج عن الصناعات البتروكيميائية بالمنطقة.



الفصل الرابع

الملوثات الكبريتية واقعها ومستقبلها

مقدمة.

أولاً: خصائص ومصادر الملوثات الكبريتية.

ثانياً: معدلات التلوث.

ثالثاً: مستويات التلوث الطارئة.

١ - التركيزات اليومية القصوى .

٢ - أقصى تلوث خلال ساعة .

خلاصة الفصل.

توطئة :-

يدرس هذا الفصل الملوثات الكبريتية التي تعد أكثر أنواع الملوثات الغازية انبعاثا من الصناعات القائمة بالمنطقة خاصة تكرير الزيت والبتروكيميائيات والكبريت وتسيل الغاز الطبيعي وغيرها. ويبحث مساهمة هذه المصادر في التلوث بكل من ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين، وأبعاد العلاقة بينهما.

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

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

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

يعد النشاط الصناعي 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

أولاً: خصائص ومصادر الملوثات الكبريتية

يعد الكبريت Sulphur المصدر الأساسى لأكاسيد الكبريت بصورها المختلفة^(١). وتوجد أكاسيد الكبريت Sulphur Oxides فى الغلاف الجوى فى خمس صور أهمها غاز ثانى أكسيد الكبريت^(٢) (SO₂) Sulphur Dioxide وغاز كبريتيد الهيدروجين (H₂S) *

^(١) تبلغ القيمة التقديرية للكبريت على المستوى العالمى حوالى ٤٦٩ بليون طن/ سنوياً. وترجع ٨٥% منها إلى الانبعاث من المصادر الطبيعية (الترسيب الجاف على اليابس والماء - التحلل البيولوجى البحرى والأرضى - الرزاز البحرى الصاعد - الجسيمات الغازية المنقولة). وترجع النسبة الباقية ١٥% إلى التلوث بفعل النشاط البشرى [المعاز، أكتوبر سنة ١٩٨٦م. ص ١٩].

^(٢) 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 أيضاً 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^(١) ويترأوح التركيز الطبيعي لقار ثائى أكسيد

الكبريت وغاز كبريتيد الهيدروجين فى هواء نصف الكرة الشمالى بين صفو و ٢ جزء فى البليون، وبين صفو 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 لقارى أكسيد الكبريت: البراكين وأكسدة الكبريت وكبريتيد الهيدروجين (جدول ٢٢). بينما تشمل بالنسبة لكبريتيد الهيدروجين التفاعلات البيولوجية والكيميائية لكبريت فى قاع الحرارة المرتفعة، وعمليات التحلل الطبيعى Natural Decay Processes فى المياه الراكدة بالبرك والمستنقعات وأراضى المد ومياه الري والصرف. وتعد هذه المصادر الطبيعية مسئولة عن ٩% و ٩٧% من كمية ثائى 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 والمستطحات الطينية المرتبطة بالمد Tidal Mud Flats حيث ينخفض منسوب السطح إلى أقل من خمسة أمتار. فضلا عن الانبعاثات من قننوات مياه الري والصرف التى تنتشر بالمنطقة نتيجة اعتمادها الكلى على الري لسيادة المناخ الصحراوى الحار.

^(١) يتميز غاز كبريتيد الهيدروجين ساذ رائحة منفرة، ويصبح ساما Toxic حينما يبلغ تركيزه حوالى ٩٨ جزء فى البليون. ويوجد بتركيزات مرتفعة فى الأراضى المنخفضة لكونه أثقل من الهواء فيسحب مباشرة بالقرب من سطح الأرض [Sellers, 1984. p.19].

وكذلك ينبعث ثنائي أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين من المصادر البشرية Human Sources التي تعد مصدراً للتلوث للهواء لعجز الطبيعة عن استيعابها^(١).

ويمكن إجمال أهم المصادر البشرية لانبعاث ثنائي 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 المرامد 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 عمليتي النقل والمعالجة قبل تخزينها تحت سطح الأرض بعمق مناسب بعيداً عن منسوب المياه الجوفية.

^(١) يتم إزاحة غاز ثنائي أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين بفعل آليات الإزاحة الطبيعية Natural Sink Mechanisms مثل: التساقط بأشكاله المختلفة - الأكسدة إلى كبريتات فى حائنها 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 ثنائي أكسيد الكبريت. ويسودى ذلك إلى انخفاض تركيزه فى الغلاف الجوى مقارنة بالكمية الفعلية لانبعاثه. وتقل تبعاً لذلك مدة بقائه فى الهواء فلا تتجاوز يومين، بينما تمتد إلى أربعة أيام بالنسبة لغاز ثنائي أكسيد الكبريت.

- وتتنخفض كمية ثنائي أكسيد الكبريت فى الغلاف الجوى مقارنة بكميته المنبعثة فى حال توفر الأشعة فوق البنفسجية وغاز ثنائي أكسيد النيتروجين كما هو الوضع فى منطقة الدراسة.

- وقد أثبتت القياسات التجريبية أن الأشعة فوق البنفسجية تؤدي إلى تشتت نسبة تتراوح بين ٠,٠١% و ٠,٤% من ثنائي أكسيد الكبريت فى الدقيقة. وتزيد هذه السرعة مع توفر غاز ثنائي أكسيد النيتروجين لتصل إلى ١,٩% من كمية ثنائي 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 عضوياً. 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.

ثانياً: معدلات التلوث

تعتمد دراسة الملوثات الكبريتية (ثاني أكسيد الكبريت - كبريتيد الهيدروجين) على بيانات محطات الرصد التوسع 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 أرامكو 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 فى
البليون كحد أدنى فى شهر أغسطس و ٢,١ جزء فى البليون فى شهر إبريل
(شكل ٣٩).

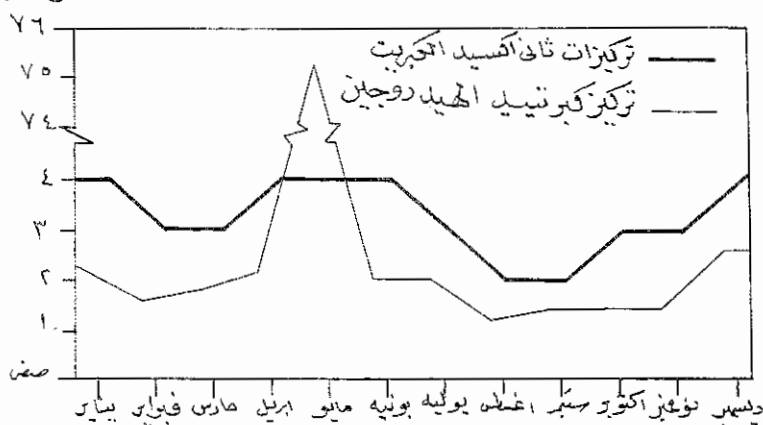
وينضج من التوزيع النسبى للمعدلات الشهرية للتلوث بثنائى أكسيد
الكبريت وكبريتيد الهيدروجين (شكل ٤٠) ارتفاع مستوى التلوث بالأول ليصل
إلى أعلى مستوياته فى محطة النخيل. وينخفض معدل التلوث بكبريتيد
الهيدروجين فى سائر المحطات باستثناء محطة السروج التى تقع فى نطاق
أراضى المد الطينية فى الساحل الشمالى.

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

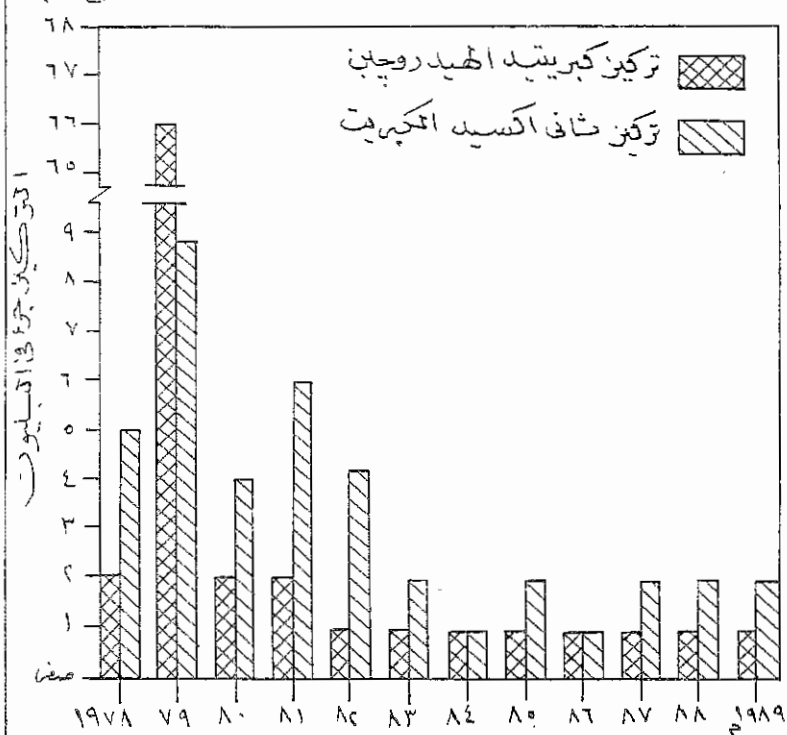
وتعد محطة النخيل هذه أكثر المحطات تأثراً بهذا التلوث لموقعها فى
منصرف الرياح الشمالية [تبلغ تكراراتها النسبية ٦٠% من إجمالى هبوب الرياح
السطحية (على ارتفاع أقل من عشرة أمتار)] التى تنقل إليها التلوث من هذه
المصادر.

وقد تدنى مستوى التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين بعدما استخدمت
وسائل مكافحة التلوث بالكبريت فى 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 فى البليون سنة ١٩٧٩ إلى ١,٨ جزء فى البليون سنة ١٩٨١.
ومن ثم فقد بلغت النسبة المئوية لهذا التغيير (-٢٢,٥%).

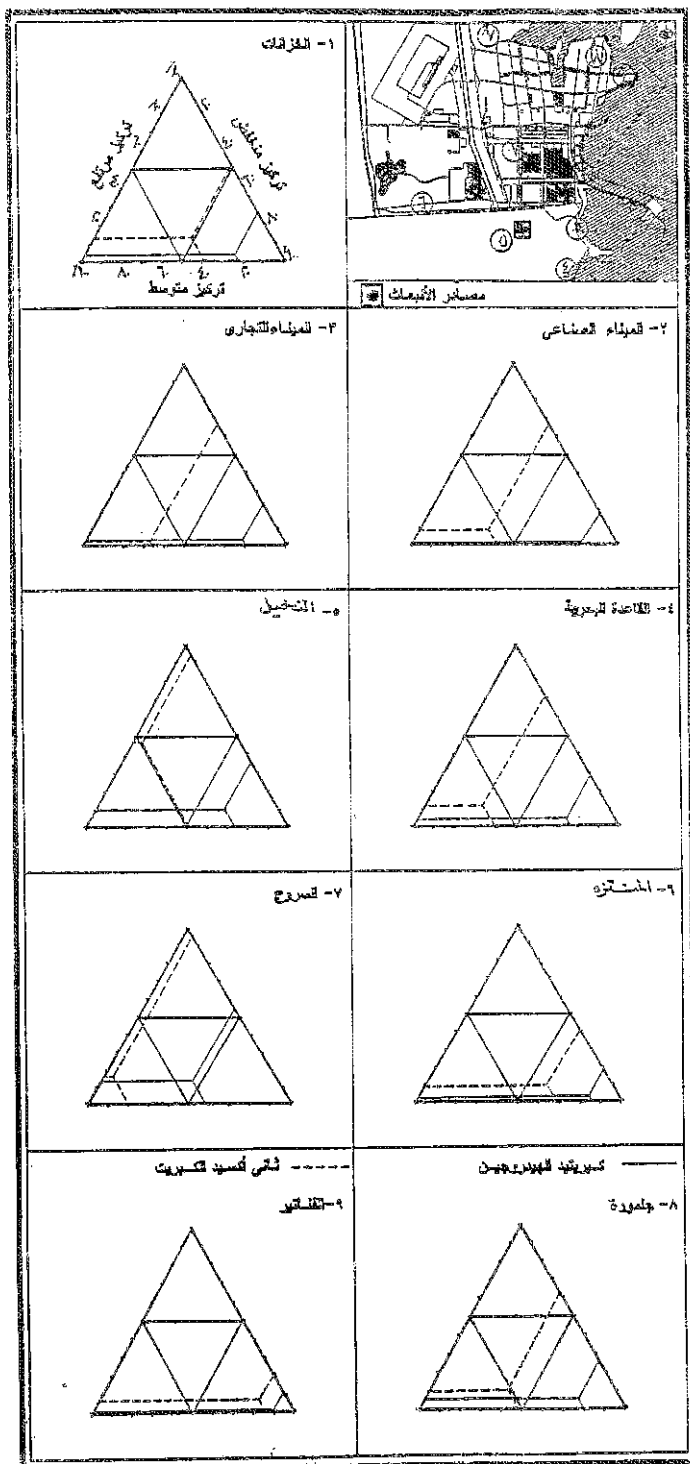
(ج.ف.ب)



(ج.ف.ب)



شكل (٣٩) معدلات التلوث بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل



شكل ٤: التوزيع للتسويق للمعدات الشهيرة للتسويق والفنانات التكرارية بمدينة تاجمبول

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

ويعد معدل التلوث السنوى لغاز ثانى أكسيد الكبريت منخفضاً مقارنة بحد التلوث السنوى المسموح به فى المملكة العربية السعودية الذى يبلغ ٣٣ جزءاً فى البليون (جدول ١٥). ومن ثم يصبح أعلى تلوث سنوى لغاز ثانى أكسيد الكبريت وهو ١٢ جزءاً فى البليون فى محطة شذقم (تقع فى منصرف الرياح من مصنع للكبريت وخط أنابيب التابلان^(١) ومحطة توليد الطاقة الكهربائية) يعادل فقط ٣٦% من ذلك الحد المسموح به محلياً. كما يعادل ٣٩% من التركيز المسموح به فى القانون الفيدرالى (٣١ جزءاً فى البليون) (جدول ١٦).

ويعتبر أيضاً معدل التلوث السنوى لغاز كبريتيد الهيدروجين منخفضاً فى المنطقة بمقارنته ببعض المدن المصرية حيث بلغ ٨٠ جزءاً فى البليون و ٣٥ جزءاً فى البليون فى شبرا الخيمة وحلوان سنة ١٩٨٨. وينخفض أيضاً بمقارنته بمثله فى مدينة لندن البريطانية حيث بلغ مثلاً ٣٦ جزءاً فى البليون سنة ١٩٧٨م [سعود، سنة ١٩٩٣، ص ٨٣].

وجدير بالذكر، أن مستوى الغازات الكبريتية فى المنطقة وإن كان منخفضاً إلا أنها تعتبر ملوثة للهواء إذ ترتفع كثيراً عن تركيزها الطبيعى فى الهواء^(٢).

^(١) خط التابلان هو خط لرفع الزيت الخام فى أنابيب يتراوح قطرها بين ٣٠ و ٣١ بوصة، ويعتمد من حقل الدمام وينتهى فى مدينة صيدا اللبنانية بطول إجمالى يبلغ ١٧١٢ كيلومتراً. ويمر فى الأراضى السعودية بطول يبلغ ١٣٦٦,٢ كيلومتراً. وتبلغ طاقته نصف مليون برميل زيت يومياً [جودة، سنة ١٩٨٩، ص ٩٨].

^(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).

ثالثاً مستويات التلوث الطارئة:

تسهم أحوال الطقس أحياناً في ارتفاع تركيز الملوثات الكبريتية حين تحصل دون تشتتها رأسياً في أثناء الانقلابات الحرارية، وكذا أفقياً في أثناء انخفاض السرعة الرياح. وتلعب الرياح دوراً فعالاً في تحديد نطاق التأثير بهذه الملوثات، إذ تؤدي إلى انحصارها بالقرب من مصدر التلوث، وقد تنقلها لمسافات بعيدة. ويتبع ذلك ارتفاع في درجة التلوث بصورة طارئة قد تستمر يوماً أو بعض يوم.

ويمكن دراسة مستويات التلوث الطارئة من زاويتين:

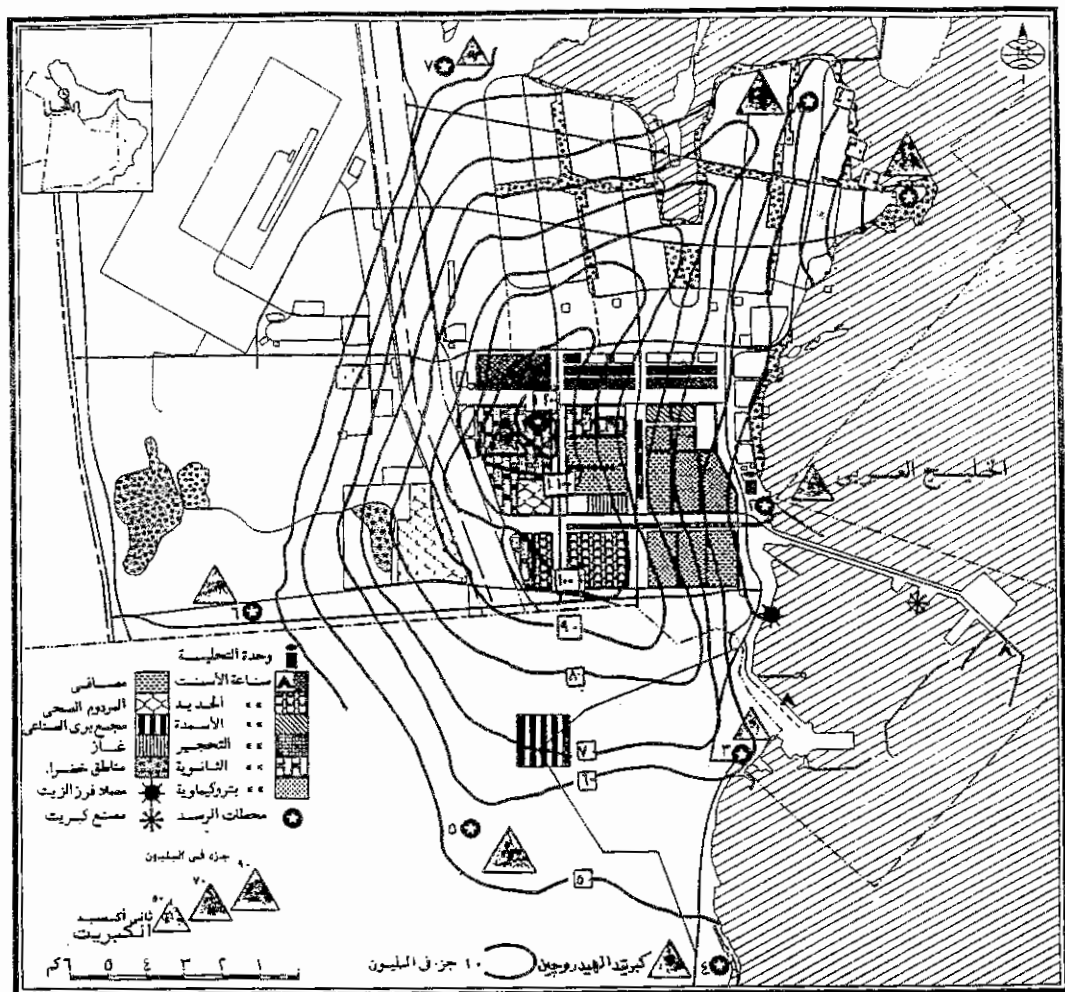
التركيزات اليومية القصوى أقصى تلوث خلال ساعة

١- التركيزات اليومية القصوى:

يرتفع أقصى تلوث يومي بفاز كبريتيد الهيدروجين بمدينة جدة الجبيل الصناعية ليتجاوز الحدود المسموح بها مشابهاً (إذ يرتفع في نطاق المصانع الثانوية حيث تقع محطة الخزانات ليبلغ ١٢٣ جزءاً في المليون، فيزيد بمقدار ٨,٨ مثلاً إلى ١٤,٤ مثلاً عن حد التلوث المسموح به في الجبيل (١٤ جزءاً في المليون) وحد التلوث المسموح به في المملكة العربية السعودية (٢٨ جزءاً في المليون). وقد حدث ذلك التركيز الخطير في شهر نوفمبر سنة ١٩٧٩م بسبب وقوع هذه المحطة في معرض الرياح الجنوبية من مجمع بري الصناعي الذي يعد المصدر الأساسي لانبعاث كبريتيد الهيدروجين خاصة قبل استخدام وسائل مكافحة الانبعاث. وقد ساعد على ارتفاع مستوى التلوث حدوث انقلاب حراري سطحي صاحبه استقرار في حالة الهواء. ومن ثم انخفضت سرعة التشتت الهوائي فكان ذلك الارتفاع الخطير (مثل ٦١).

وقد انخفض أيضاً متوسط التلوث اليومي^(١) بفاز كبريتيد الهيدروجين في مدينة الجبيل حينما استخدمت الوسائل التقنية لمكافحة انبعاث الكبريت من مجمع بري الصناعي. حيث انخفض من ١٨,٨ جزءاً في المليون سنة ١٩٧٩م إلى ٥,١ جزءاً في المليون سنة ١٩٨١م. وحينئذ بلغت النسبة السنوية للتغير

^(١) كذا، بالنسبة للتلوث السنوي بفاز كبريتيد الهيدروجين.



أقصى تلوث يومي بالغازات الكبريتية في مدينة الجبيل

دكل (٥)

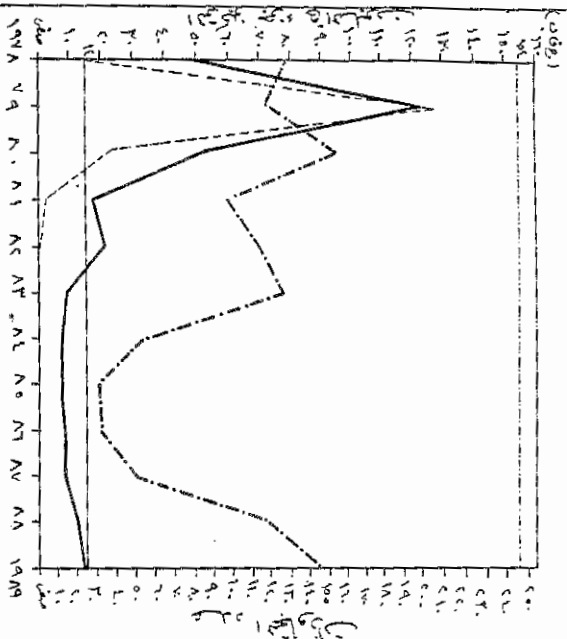
(-٧٢,٩%). ويشير أيضا انخفاض عدد التجاوزات من ٢٠٧ تجاوزاً في عام ١٩٧٩م إلى ٣٥ تجاوزاً سنة ١٩٨٠م بنسبة تغيير بلغت (-٨٣%) خلال عام واحد إلى الهبوط الحاد في التلوث اليومي بغاز كبريتيد الهيدروجين (شكل ٤٢).

ويجدر التنويه إلى ارتفاع مستوى التلوث اليومي بكبريتيد الهيدروجين إلى الجنوب من المنطقة الصناعية حيث تقع محطة النخيل التي تستحوذ على ٢٦% من إجمالي عدد التجاوزات (جدول ٢٨)، ويرتفع كذلك في المنطقة السكنية الشرقية حيث تقع محطة الميناء التجاري التي حدث فيها ١٨,٨% من إجمالي التجاوزات للتركيز المسموح^(١). وتعد هذه التجاوزات خطيرة لوقوعها في المنطقة السكنية، ومن ثم تؤثر سلباً على صحة سكانها.

ويرتفع أقصى تلوث يومي بكبريتيد الهيدروجين بمستوى واضح في شهر يونية (شكل ٤٢) الذي حدث خلاله ١٨,٤% من جملة التجاوزات. ويفسر ذلك بإرجاعه إلى سيادة الرياح الشمالية والشمالية الغربية ذات السرعة الشديدة، وعندئذ تقع أغلب محطات الرصد في منصرف هذه الرياح من أراضي الحد والمستنقعات وحقول الزيت الشمالية ومعمل تكرير الخفجي بالإضافة إلى مصادر إنبعاثه من مناطق الجوار الصناعية خارج الحدود السعودية.

ويرتبط ارتفاع التلوث في محطة المننزة الداخلية بهبوب الرياح الغربية التي تنقل إليها الانبعاث من خط أنابيب الزيت وحقول الزيت، فضلاً عن بعض مصادر انبعاثه في مناطق الجوار الصناعية. بينما يرتبط ارتفاع التلوث بمحطة الخزانات بهبوب الرياح الشرقية والجنوبية الشرقية التي تنقل الانبعاث من الصناعات البتروكيميائية ومصفاة بترومين شل ومجمع برى الصناعي.

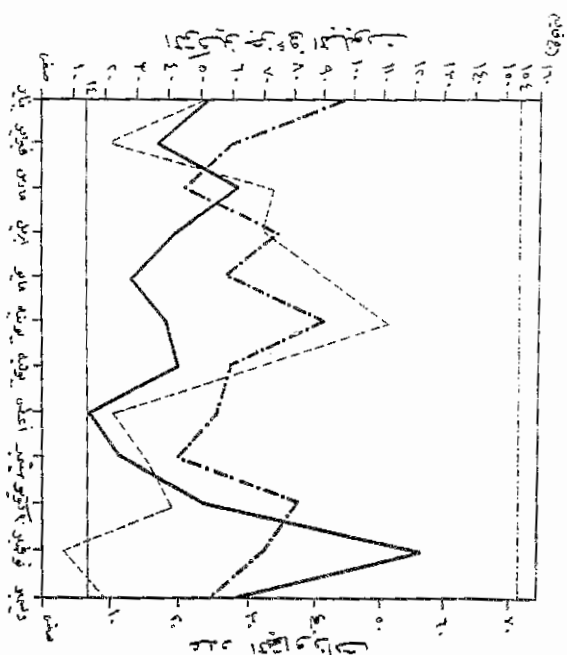
^(١) يسمح بتجاوز التركيز اليومي المسموح به لغاز كبريتيد الهيدروجين في الجليل (١٤ جزءاً في البليون) والمملكة العربية السعودية (٢٨ جزءاً في البليون) مرتين في السنة. وقد تم حساب عدد التجاوزات بعد حذف التجاوزين المسموح بهما سنوياً.



أقصى تلوث يوصى به في أكسيد الكبريت

أقصى تلوث يوصى به في كبريتيد الهيدروجين

تجارب كبريتيد الهيدروجين



معدل التلوث المسموح به في أكسيد الكبريت

معدل التلوث المسموح به في كبريتيد الهيدروجين

شكل (2) أقصى تلوث يوصى به في أكسيد الكبريت وأكسيد الكبريتيد

وينخفض مستوى التلوث اليومي بغاز كبريتيد الهيدروجين خارج حدود مدينة الجبيل الصناعية حيث يقع في سائر محطات الرصد بالمنطقة ضمن حد التلوث المسموح به في المملكة العربية السعودية. وإن كان يرتفع نسبياً في محطة تاروت (جدول ٢٨-ب و شكل ٤٣) بسبب موقعها في منصرف الرياح السائدة من معمل تكرير رأس تنورة - أحد أهم مصادر التلوث - فضلاً عن موقعها في أراضي سبخية واسعة (جدول ١٩) حيث ينبعث هذا الغاز نتيجة سرعة التخلل العضوي تحت تأثير ارتفاع الحرارة والرطوبة النسبية معاً. ويسهم أيضاً انخفاض سطح الجزيرة في ارتفاع التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين الذي يميل إلى التراكم في الأراضي المنخفضة بسبب ارتفاع كثافته مقارنة بالهواء.

هذا وإن كان أقصى تلوث يومي بغاز ثاني أكسيد الكبريت يرتفع مقارنة بغاز كبريتيد الهيدروجين سواء في مدينة الجبيل (شكل ٤٢) أو خارجها (شكل ٤٣)، فإنه يقع ضمن حد التلوث المسموح الذي يبلغ ١٥٤ جزء في البليون (جدول ٢٨-ب). وقد بلغ أقصى تلوث يومي ٩٧ جزء في البليون، ومن ثم يعادل فقط ٦٣% من التركيز المسموح به محلياً، ويعادل أيضاً ٦٩% من التركيز المسموح به في القانون الفيدرالي الأمريكي (١٤٠ جزء في البليون) وينخفض كثيراً عند مقارنته بمثيله في منطقة شبرا الخيمة بجمهورية مصر العربية حيث بلغ أقصى تلوث يومي بغاز ثاني أكسيد الكبريت ٣٣٠ جزء في البليون سنة ١٩٨٨م. [سعود، سنة ١٩٩٣، ص ٨٣].

هذا وقد ارتبط أيضاً التلوث اليومي بغاز ثاني أكسيد الكبريت باتجاه الرياح حيث يرتفع في محطة الميناء الصناعي في أثناء هبوب الرياح من جهة الجنوب والغرب، وحينئذ تنقل إليها الانبعاث من مجمع برى لإزالة الكبريت وسوائل الغاز الطبيعي، ومصفاة بترومين شل، ومعمل فرز غاز الزيت والصناعات البتروكيميائية الأخرى. بينما ارتبط ارتفاع التلوث في محطتي الخزانات والمنطرة الداخليتين بالرياح من جهة الشرق التي تنقل إليهما الانبعاث من ذات المصادر.

ويرتفع مستوى التلوث بثاني أكسيد الكبريت بدرجة ملحوظة في محطة العضيلة (جدول ٢٨-ب وشكل ٤٣) بسبب موقعها في منصرف الرياح من مصنع سونل الغاز الطبيعي وخط أنابيب التابلاين (جدول ١٩).

٢- أقصى تلوث خلال ساعة

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

فقد ارتفعت درجة التلوث خلال ساعة لتصل إلى ٦٢٢ جزءاً في البليون^(١) في المنطقة السكنية الشرقية حيث تقع محطة الميناء التجاري (جدول ٢٨ وشكل ٤٤).

وحدث ذلك التلوث الخطير في أثناء حدوث انقلاب نسيم البحر (الذي يبلغ أقصاه في شهور الصيف) مصحوباً باستقرار هوائي شديد (درجة G) حال دون الاختلاط الرأسى للغاز. ومن ثم انحصر غاز ثاني أكسيد الكبريت المنبعث من معمل فرز غاز الزيت Gas Oil Separating Plants (على بعد حوالي أربعة كيلومترات جنوب شرق المحطة)، ومن مصنع كبريت آرامكو (على بعد حوالي سبعة كيلومترات) ومن محطة التحلية (على بعد حوالي تسعة كيلومترات جنوب شرق المحطة).

وبعد هذا التركيز خطيراً إذ يتجاوز حد التلوث المسموح به في الجبيل (٤٩٠ جزءاً في البليون) وفي المملكة العربية السعودية (٣١٠ جزءاً في البليون). ويرتفع أيضاً بمقدار ١,٦ مثلاً عن التركيز الذي يبدأ عنده الإحساس برائحته النفاذة في الهواء (٣٨٥ جزءاً في البليون) ويعرض الإنسان للعديد من الأضرار الصحية وأخطرها سرطان الرئة (جدول ٢٣).

وبمقارنة هذا التلوث الخطير الذي وقع بالمنطقة السكنية بالجبيل بمثيله في بعض محطات دولة الكويت سنة ١٩٨٧م حيث بلغ أقصى تركيز ١٥٢ و ١٠٩ جزءاً في البليون في محطة المنصورية وريجة [منظمة الصحة العامة بالكويت،

^(١) حدث هذا التركيز في شهر يونية سنة ١٩٧٩ (جدول ٢٨-١).

سنة ١٩٨٧. ص ٣٧]، يتضح أن هذا المستوى من التلوث بالمدينة يعادل أكثر من أربعة أمثال نظيره في محطات الجوار هذه.^(١)

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

وقد ارتفع أيضاً في جنوب المنطقة الصناعية حيث تقع محطة النخيل (شكل ٤٤)، إذ بلغ ٥٥٤ جزءاً في البليون. وهكذا فإنه يتجاوز التركيزات المسموح بها محلياً وعالمياً أيضاً^(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 الشعبية والفحاحيل والنفطاس وغيرها حيث تقع مصافي الزيت والصناعات البتروكيميائية (شكل ٢٦) [غنيمي، سنة ١٩٧٤. ص ٣١].

^(٢) قد تضرر سكان المنطقة الصناعية بالشعبية (الكويتية) من جراء ارتفاع مستوى التلوث بثاني أكسيد الكبريت في إحدى ليالي صيف سنة ١٩٦٧م حينما بلغ تركيزه حوالي ٨٠٠ جزءاً في البليون. وقد أدى ذلك إلى إصابة السكان بضعيق في التنفس والسعال الشديد وحالات الإغماء الطويلة. وقامت الكويت بتجويرهم فعلاً من هذه المنطقة سنة ١٩٧٤ [غنيمي، سنة ١٩٧٤. ص ٣٠].

^(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 جزء فى البليون خلال ثلاث ساعات فقط. وقد حدث ذلك فى يوم ١٩ فبراير سنة ١٩٨١ حينما ارتفع تركيز ثانى أكسيد الكبريت من جزءا واحداً فى البليون الساعة الثانية عشرة ظهراً إلى ٤٣١ جزء 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، فضلاً 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 انخفاض ارتفاع طبقة خلط الملوثات، فانهصر ثانى أكسيد الكبريت فى نطاق رأسى محدود.

وقد كانت نتيجة هذه الظروف حدوث ارتفاع فجائى وخطير على صحة السكان - حين يمكن إدراكه بحاسة الشم - وإن 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 شهرياً (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 انخفاض السطح شمال الخطة إلى أقل من خمسة أمتار على سهولة وصول الكبريت المنبعث من هذه المصادر إلى الخطة 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 في محطة النخيل والثاني في محطة الميناء الصناعي. ويرجع الفضل في ذلك إلى الخصائص المناخية للمنطقة من ارتفاع في درجات الحرارة والرطوبة النسبية مما يساعد على سرعة أكسدته، فضلاً عن ارتفاع سرعة الرياح معظم شهور السنة فيتشتت بسرعة ويقل تركيزه في الهواء على الرغم من تعدد المصادر البشرية للتلوث.

ويختلف الوضع بالنسبة لأقصى تلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين خلال ساعة^(١) إذ يرتفع كثيراً عن حد التلوث المسموح مقارنةً بغاز ثاني أكسيد الكبريت. وقد بلغت أقصى درجات التلوث ٦٣٧ جزء في البليون ويرتفع بذلك عن حد التلوث المسموح به في الجبيل والمملكة وأيضاً في القانون الفيدرالي بمقدار ٢٢,٨ و ٤,٥ و ٢١,٢ مثلاً على التوالي. ويعتبر ذلك التركيز خطيراً على صحة الإنسان لكونه يزيد بمقدار سبع مرات تقريباً عن بداية التأثير السام والخطير لغزل كبريتيد الهيدروجين والذي يبلغ ٩٨ جزء في البليون. وقد حدث ذلك التركيز في نطاق الصناعات الثانوية حيث تقع محطة الخزانات. كما ارتفع أيضاً في جنوب المنطقة الصناعية حيث تقع محطة القاعدة البحرية ليبلغ ٤٦٩ جزء في البليون.

ويرتبط ذلك التلوث الخطير بالانبعاث من مجمع برى الصناعي قبل استخدام تقنيات مكافحة التلوث بالكبريت، حيث وقع الأول في شهر نوفمبر سنة ١٩٧٩م والثاني في شهر يولية سنة ١٩٧٩م. ولهذا السبب عانت محطة النخيل من ارتفاع تركيزه لدرجة أن ١٨% من جملة التجاوزات^(٢) حدثت في هذه المحطة إلى جنوبه مباشرة. ولذا تتجمع خطوط التساوي لتكون قمتين، إحداهما في

^(١) يبلغ حد التلوث المسموح بالجبل ٢٨ جزءاً في البليون، ويسمح بتجاوزه مرتين فقط في السنة، مما يعني ارتفاع خطورة تجاوزه مقارنةً بغاز ثاني أكسيد الكبريت.

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

- ويبلغ حد التلوث وفق القانون الفيدرالي الأمريكي ٣٠ جزءاً في البليون.

^(٢) تعتبر هذه النسبة من التجاوزات كبيرة عند النظر إلى ضيق مدة الرصد بهذه المحطة (جدول ٣).

المنطقة الصناعية حيث التلوث من مصافى الزيت والصناعات البتروكيميائية،
وثانية إلى الجنوب من مصنع برى حيث الانبعاث من مصنع سواحل الغاز
الطبيعى ومصنع إزالة الكبريت.

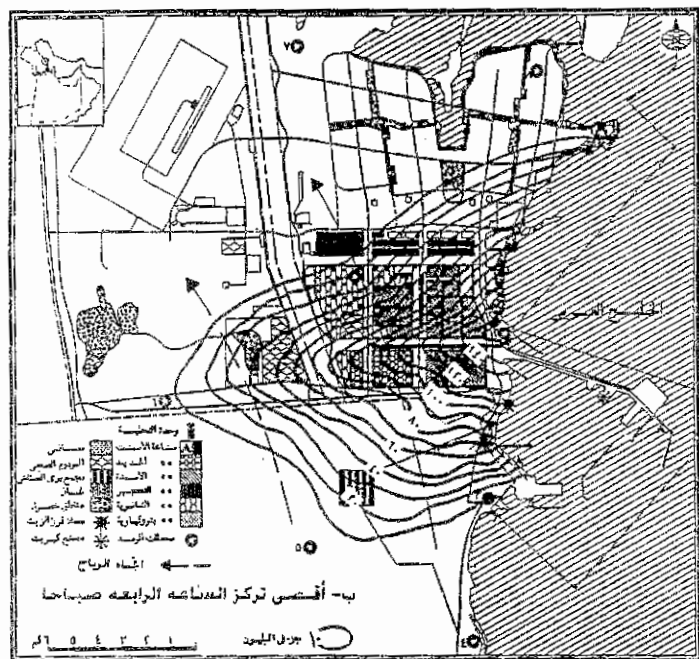
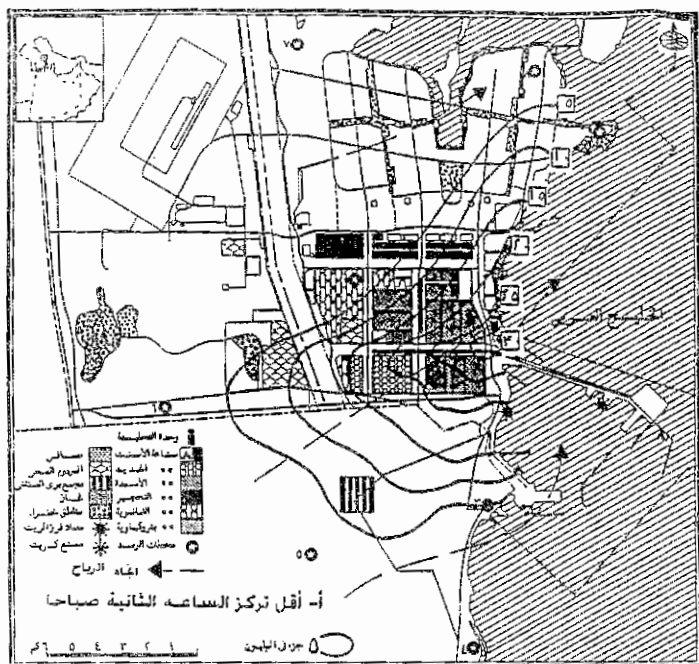
وتتدرج خطوط التساوى تناقصا فى اتجاه المنطقة السكنية حيثما تقع
محطة الفناثير (شكل ٤٤). ويعكس ذلك الارتباط الوثيق بين مستوى التلوث
والموقع بالنسبة لمصادر انبعاث الكبريت تحت تأثير اتجاه الرياح السائدة.

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 جزء فى البليون فى شهر نوفمبر سنة ١٩٨١م^(١).
وقد حدث ذلك التركيز الساعة العاشرة صباحا حينما ارتفع من ١٨ جزء فى
البليون الساعة الثامنة صباحا ليصل إلى ١٨٥ جزء 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 جزء فى البليون الساعة
الرابعة صباحا (شكل ٤٥). حين قفز تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين من ٤ أجزاء
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

^(١) يرتفع ذلك التركيز بمقدار ٦,٦ و ١,٣ و ٢٦,٠ مثلا عن حد التلوث المسموح به فى الجبل والمملكة
العربية السعودية والقانون الفيدرالى الأمريكى على التوالى.



مكة^(٥٠) تركيز كبير لتيديد الهيدروجين بمدينة الجبيل في يوم ٢٢ مايو ١٩٨٢ .

فرز غاز الزيت بالمدينة، وكذا معمل تكرير رأس تنورة إلى الجنوب. وقد اقترنت هذه الرياح بحالة استقرار شديد^(١) أدى إلى ضعف التشتت الهوائي فإندم الاختلاط الرأسى للملوثات واستقرت قريبا من سطح الأرض^(٢).

وهكذا تضافرت أحوال الطقس مع مصادر الانبعاث البشرية على بلوغ ذلك التركيز الخطير^(٣) 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.^(٤) إذ يعد هذا العدد الضخم من التجاوزات انتهاكاً خطيراً لمقاييس نوعية الهواء بالجبيل (جدول ١٥) حيث ترتفع بمقدار ستة عشر مثلاً للعدد المسموح به.

ويرتفع كذلك مستوى التلوث خارج مدينة الجبيل الصناعية إذ يبلغ مثلاً فى محطة العضلية (جدول ٢٨-ب) ٣٠٤ جزءاً فى البليون فى شهر يونية سنة ١٩٨٧م.^(٥)

(١) حالة الاستقرار الشديد تمثل درجة (G) وفق درجات العالم باسكويل Pasquill

(٢) يؤدي ارتفاع كثافة غاز كبريتيد الهيدروجين مقارنة بالهواء الجوى الى ميله للهبوط فى الأراضى السهلية المنخفضة كما هو الحال فى موقع هذه المحطة الساحلية.

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

(٤) 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.

(٥) يزيد عن حد التلوث المسموح به فى المملكة العربية السعودية (١٤٢ جزء فى البليون) بمقدار الضعف ويزيد أيضا بمقدار ٣,١ مثلاً عن بداية التأثير السام لغاز كبريتيد الهيدروجين.

ويرجع ذلك التلوث إلى الانبعاث من مصنع سوائل الغاز الطبيعي فى أثناء توقف صمام التحكم فى ماسورة الغاز وتركيب ماسورة أخرى جديدة. وقد تبع ذلك انبعاث كمية كبيرة من ثانى أكسيد الكبريت الذى أرتفع تركيزه إلى ٤١٤ جزء فى المليون ثم سرعان ما تأكسد إلى كبريتيد الهيدروجين. وقد حالت أحوال الطقس أيضاً 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 في صناعات تكرير الزيت وفرز غاز الزيت وسوائل الغاز الطبيعي وإزالة الكبريت، فضلاً عن العديد من الصناعات البتروكيميائية، إلا أن مستوى التلوث مازال منخفضاً.^(١)

ويرجع ذلك في جزء منه إلى حداثة التصنيع وما تبعه من انخفاض نسبي

خلفية تركيز ملوثات الهواء Air Pollutants Background Concentration خاصة في مدينة الجبيل الصناعية.

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

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

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

^(١) قد اتجه مستوى التلوث بكل من ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين نحو الانخفاض منذ سنة ١٩٧٩م. ثم ظهر ارتفاع طفيف منذ سنة ١٩٨٦م حينما بدأت بعض الصناعات البتروكيميائية الحديثة. وقد ظهر هذا الارتفاع في محطات الضاير وبقية وشدقم.

الفصل الخامس

تطور العمور والحركة النقلية وتلوث الهواء

مقدمة

أولاً:- تطور العمور

ثانياً:- وظائف المدن ومورفولوجيتها

ثالثاً:- النمو السكاني

رابعاً:- الحركة النقلية

خلاصة الفصل



يبحث هذا الفصل التأثير غير المباشر لتطور المعمور والنمو السكاني في تلوث الهواء من خلال تحكمه في كمية النفايات وكثافة الحركة النقلية على الطرق.

ويدرس مساهمة وسائل النقل بوصفها ثاني أهم مصادر تلوث الهواء بالمنطقة. ويحدد أنواع الملوثات وكميتها وعلاقتها بنوع وسائل النقل البري المستخدمة، ونوع الوقود أيضا. ويكشف أبعاد العلاقة بين حالة الطرق من حيث اتساعها وكفاءتها، وبين كمية غازات العوادم الناتجة عن السيارات بأنواعها المختلفة.

مقدمة:-

تعد العلاقة بين الإنسان والبيئة الطبيعية - فى واقع الأمر - علاقة اعتمادية متبادلة. وإن كان التقدم العلمى والتقنى يسهل السيطرة على الطبيعة بدرجة كبيرة، إلا أنه لم يستطع بتر هذه العلاقة، بل جعلها أكثر تعقيدا وتقدما.

وقد تمخض عن الزيادة السكانية العالمية ضغطا مستمرا على موارد البيئة الطبيعية حتى تقلصت وكادت لا تعنى بالحاجات المتزايدة للسكان. مما قد دفع الإنسان إلى استخدام كل الوسائل العلمية والتقنية حتى يتمكن من استغلالها بأقصى درجة ممكنة بهدف ضمان حياة معيشية متقدمة، وقد استتبع هذا إخلالا بالتوازن البيئى.

وقد أوضح العالم كراتزر^(١) Kratzer فى عام ١٩٣٧ أن اتساع المدن وزيادة عدد سكانها يتبعه بالضرورة تغير حقيقى فى بيئاتها الطبيعية بصفة عامة، ومناخها بصفة خاصة. وقد أرجع هذا إلى التمدن التحضر الصناعى Industrialized Civilization حيث يسهم النشاط الاقتصادى لسكانها فى إحداث تغيرات مناخية محلية من جراء ما ينتج عنه من ملوثات مختلفة تتفاعل فيما بينها محدثة آثارا خطيرة وكأنها بركان نشط Active Volcano [Landsberg, 1956. p. 585].

يضاف إلى هذه الملوثات ما ينتج عن زيادة سكان المدن من تضخم فى كمية النفايات بأنواعها ومصادرها العديدة، وكذا التوسع فى استخدام وسائل النقل المتنوعة - ثانى أهم مصادر تلوث الهواء - وما يتبعه من زيادة مطردة فى كمية ملوثات الهواء الغازية منها والصلبة التى تهدم التوازن البيئى. ويمكن تتبع فاعلية العوامل البشرية للنظام الأرضى بالمنطقة - بوصفها ثانى أهم مصادر تلوث الهواء - من دراسة العناصر التالية:-

^(١) هو أول العلماء الذين أهتموا بدراسة تطور مناخ المدن Urban Climate إذ بحث العلاقة بين المناخ وتخطيط المدن [Landsberg, 1965. P. 584].

أولاً: تطور المعمور .

ثانياً: وظائف المدن ومورفولوجيتها .

ثالثاً: النمو السكاني .

رابعاً: الحركة النقلية .

أولاً: تطور المعمور

تؤثر الخصائص الطبيعية للنظام الأرضي في المملكة العربية السعودية - ومن ضمنها منطقة الدراسة - في النمو العمراني بدرجة قد تفوق أية دولة أخرى. إذ أن ظروف مناخها الصحراوي الحار وما يرتبط به من شح في مياه المطر وافتقارها إلى أنهار جارية ما يدفعها إلى الاعتماد على مخزون المياه الجوفية وجريان الأودية الجافة في أثناء فترات السيول نادرة التكرار. ويشكل ذلك تحدياً صارماً لتحقيق النمو العمراني إذا تطلب القيام بمشاريع باهظة التكاليف لتحلية المياه تلبية للاحتياجات السكانية فضلاً عن الاستخدامات الصناعية.

وتسهم مورفولوجية المنطقة من انتشار التكوينات الرملية والأرض السبخية - خاصة في نطاق السهول الساحلية التي تشرف على الخليج العربي - فضلاً عن بعض التضاريس الموجبة، في تشتت السكان واتساع المسافات بين المراكز العمرانية وصعوبة مد خطوط السكك الحديدية. ويحقق موقع المنطقة على الخليج العربي ميزة فيما يتعلق بإنشاء شبكة الصرف الصحي، إلا أن انخفاض منسوب نطاق السهول الساحلية واستواء السطح يستدعي إنشاء العديد من المحطات الرافعة والمضخات وتوفير المعدات الميكانيكية لتصريف مياه الصرف الصحي. كما تواجه عمليات إنشاء شبكات الصرف الصحي ارتفاع منسوب المياه الجوفية مما يفرض إنشاء هذه الشبكة على عمق أبعد من منسوب المياه الجوفية للمحافظة عليها من التلوث.

وقد فرض موقع مدينة الظهران بعيداً عن ساحل الخليج بالإضافة إلى انخفاض درجة نفاذية تربتها وكذا المناطق المجاورة لها، ظهور مشكلة في إنشاء شبكة الصرف الصحي على العكس مثلاً من مدينتي الدمام والخبر حيث تختلف هذه المشكلة. كما قد أفادت كل منهما من موقعها على الخليج العربي كموانئ هامة للمواصلات، واستفادت من الموقع المركزي لحقول الزيت البحرية الواسعة، فضلاً عن استخدام شواطئها في الأغراض الترفيهية التي أدت إلى ارتفاع سعر الأراضي في كل منهما.

ويتميز المعمور في مدن المنطقة كمثيله في سائر المدن العربية بصعوبة الفصل بين الاستخدامات المختلفة للأرض. ولذا فليس من المستغرب وجود أحياء سكنية مجاورة للاستخدامات الصناعية، وكذا اندماج المناطق السكنية بالتجارية خاصة في منطقة الأعمال المركزية حيث يحقق لها هذا الموقع الاقتراب من مركز النقل السكاني. إذ يعد مركز النقل السكاني القلب الحركي للمدينة [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ١٨٠] مما يتيح لها سهولة الاتصال والتعامل مع أكبر حجم من السوق الحضري. كما تتميز مدن المنطقة - مثل المدن العربية الأخرى - من ميل النشاطات التجارية المتشابهة للتكتل معا في شوارع بعينها قد تشقق أسماءها من نوعية النشاط التجاري [وزارة الشؤون البلدية والقروية، ١٩٧٦، ص ١٨٠].

وتختلف محاور النمو العمراني^(١) وفقاً لاختلاف فاعليات الموقع الجغرافي ومورفولوجية المنطقة، فضلاً عن الأهداف التخطيطية المرجاة والاستخدامات الفعلية للأرض .

^(١) يعتبر الشكل الدائري أنسب الأشكال للنمو العمراني إذ يحقق سهولة اتصال سكان أطرافها وهوامشها بمركزها [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ٣٠٦]. وهذا الشكل الدائري لم يتحقق في أي من مدن المنطقة بسبب فاعليات الخصائص الطبيعية للنظام الأرضي، فضلاً عن الاستخدامات الحربية والاقتصادية أيضاً.

إذ يتجه النمو العمراني في مدن إمارة الدمام تجاه بعضها البعض لتؤكد تكاملها الوظيفي، فضلا عن وجود ساحل الخليج العربي الذي يحول دون نموها شرقا وشمالا وجنوبا. كما تعوق المناطق الحكومية العسكرية وغيرها وكذا طريق أبو حدرية نموها في اتجاه الغرب.

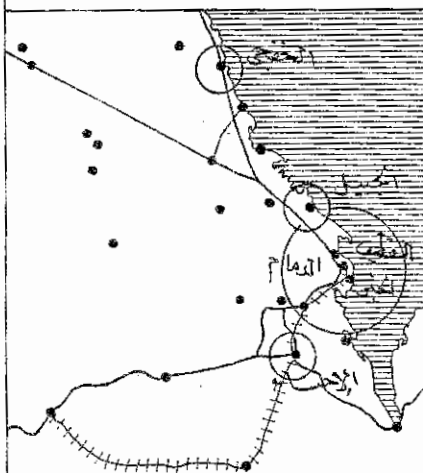
وتحد الرقعة الزراعية شرقا، والمرتفعات الجبلية غربا اتجاه نمو مدن إمارة الأحساء وتحصرها في المحور الشمالي الشرقي لمدينة المبرز وفي جنوب وغرب مدينة الهفوف.

وتفرض إستراتيجيات التنمية العمرانية لإمارة الخفجي التوجه أولاً نحو استكمال الفراغات البينية بين الكتلة العمرانية، ثم يليها النمو العمراني على المحور الشمالي للإمارة.

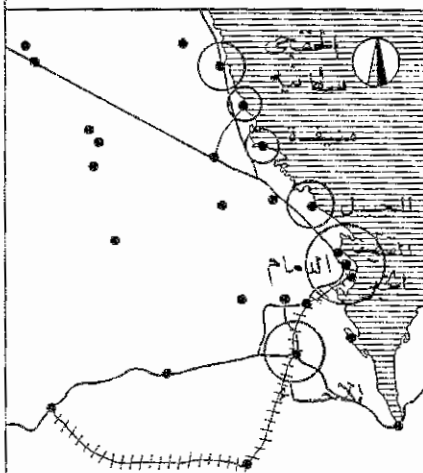
وهكذا يتجه التطور العمراني في المدن الساحلية تجاه بعضها البعض لتكون نسيجا عمرانيا شريطيا متصلا^(١) كما هو الحال في مدن إمارة الدمام والقطيف. ويغلب على محاور نمو المعمور العمراني في مدن المنطقة الاتجاه الغربي بسبب امتداد الخليج العربي شرقا، ومحاولة الاستفادة من الخط الحديدي الذي يربط المنطقة بالرياض في الجنوب الغربي (شكل ٣). ومن ثم تفرض فاعيات النظام الأرضي توجه النمو العمراني نحو غرب الشمال الغربي وغرب الجنوب الغربي والغرب، ثم الاتجاه نحو الجنوب الغربي. وقد بلغت النسبة

(١) قد اقترحت خطة كاندليس ١٩٧٦م أربعة بدائل لتطور المعمور العمراني في المنطقة الشرقية (شكل ٤٧) البديل الأول:- التوسع على طول خط الساحل وتطوير وتوسيع المدن القائمة وبناء أخرى جديدة. البديل الثاني:- تعزيز الإقليم بإنشاء مدينة ساحلية رئيسية فيما بين مدينتي الدمام والخبر. البديل الثالث:- تحويل منطقة الأحساء إلى مركز إداري على المستوى الإقليمي، بينما يظل القسم الأكبر من التنمية الصناعية ممتدا على طول الساحل. البديل الرابع:- يهدف إلى اللامركزية من خلال إنشاء العديد من المدن الجديدة على طول الساحل والمناطق الداخلية أيضا. وقد تم الاتفاق مع الجهات المستولة لتنفيذ البديل الأول لكونه يتماشى مع التطور الصناعي المتنامي في الإقليم بهدف الاستفادة من وفرة مياه الخليج فضلا عن تعزيز أهم مميزات الإقليم التي تكمن في موقعه الساحلي [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية، ١٩٨٧].

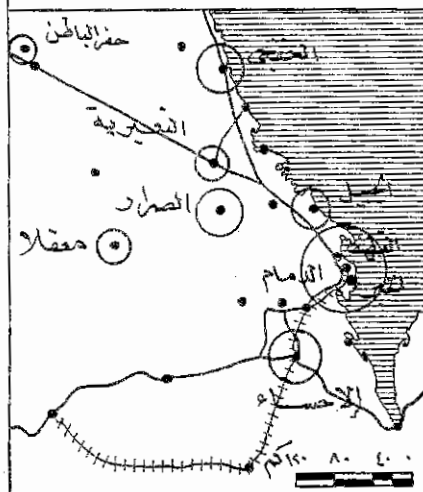
صورة (ب)



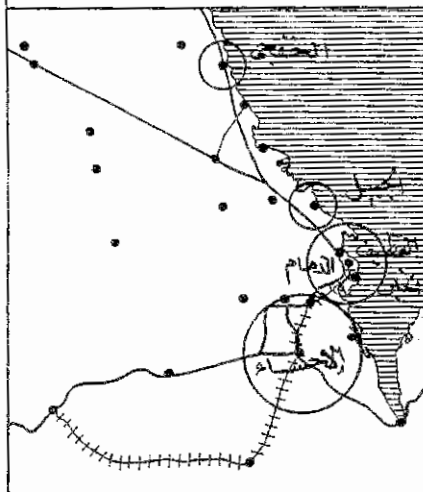
صورة (ا)



صورة (د)



صورة (ج)



شكل (٤٧) التبدلات الأربعة للنمو الإقليمي

المئوية لتوسع المعمور على هذه المحاور ٨,٧٨% و ٨,١٩% و ٧,٩٤% و ٦,٩٢% على التوالي من جملة النمو على الاتجاهات المختلفة [مصيلحي، ١٩٨٤، ص ١٠٨] ومما يذكر أن التوسع العمراني في الاتجاهات الغربية يحقق التهوية الجيدة للمدن حيث تغيد من الرياح السائدة الغربية إلى الشمالية الغربية. أما اتجاهات النمو الجنوبية فتتفق مع محاور التوسع الصناعي المتنامي في المناطق الصناعية الحديثة كما هو الحال في المدينة الصناعية بالجبل والمنطقة الصناعية الثانية بالدمام (شكل ٣٧).

ويوجد بالمنطقة نمطان للمعمور العمراني، أحدهما يتمثل في النويات القديمة للمدن التي تتميز بالأحياء العتيقة ذات المباني التقليدية والخطة القروية والشوارع الضيقة. ويظهر هذا النمط في نويات المدن التي ترجع نشأتها إلى ما قبل إكتشاف الزيت كما هو الحال في مدن إماراتي الاحساء والقطيف. ويرتبط النمط الثاني وهو النمط الشبكي^(١) بالإمتدادات العمرانية المعاصرة التي تتميز بالأحياء الحديثة في طابعها وأسلوب تخطيطها. وتعتبر مدينة الظهران - التي ارتبطت نشأتها باستخراج الزيت واتخذت منها شركة أرامكو مركزا لعمالها - أفضل أمثلتها إذ يطلق عليها مجتمع الضواحي لكثرة شوارعها المستقيمة المليئة بالنباتات والمسطحات الخضراء [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية، ١٩٧٦]. وحيثما يقترن النمطان في مدينة ما يطلق عليها "المدينة الموسعة" وفيها تكون مساحة الامتدادات العمرانية الحديثة إضعاف مساحة النويات القديمة [مصيلحي، ١٩٨٤، ص ٩٩]. كما هو الحال مثلا في مدينة الدمام.

^(١) وتعتبر مدينة الخبر أفضل الأمثلة على سيادة النمط الشبكي حيث أنما أولى مدن المنطقة التي خضعت بأكملها للتخطيط العمراني الحديث بعد هدم المناطق التقليدية القديمة، وكذا المناطق غير المخططة. وقد أسهمت شركة أرامكو السعودية في تطويرها منذ عام ١٩٤٧م [الهدلول، ١٩٨٦، ص ٥].

ثانياً: وظائف المدن ومورفولوجيتها

تقوم المدن بوظائف عديدة منها السياسية والثقافية والاقتصادية والإدارية والحربية. وتتعدد غالباً وظيفة المدينة الواحدة فمثلاً مدينة الدمام تقوم بالوظيفة الإدارية للمنطقة الشرقية حيث تعد القاعدة الإدارية لها، وتقوم فسي ذات الوقت بدور اقتصادي رئيسي في المنطقة إذ يوجد بها ثلثي أهم الموانئ السعودية، فضلاً عن كونها منطقة عسكرية وذات أهمية حربية.

وتمارس المدن وظائفها في وحدات بنائية تشغل مساحات بنسب متباينة تعكس أهمية كل وظيفة منها - داخل المنطقة الحضرية - وهو ما يعبر عنه باستخدامات الأراضي [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ٢٧٦]. وتغلب الاستخدامات السكنية في سائر مدن الإمارات الرئيسية في المنطقة (جدول ٣٠). ويتراوح نسبتها بين ٦٠% في مدن إمارة القطيف، وبين ٢٣% تقريباً في مدن إمارة الدمام والإحساء. وتتراوح الاستخدامات الصناعية بين ٨% في مدن إمارة الدمام، وبين ١% في مدينة الجبيل. وتغلب الاستخدامات الزراعية في إمارة القطيف لتعادل ٢٦% تقريباً بينما تختفي تماماً في إمارة الخفجي. وتعدّ مدن المنطقة من ضيق المساحات الخضراء والمكشوفة التي تستخدم في المجالات الترفيهية.

ويمكن تقسيم مدن المنطقة وفقاً للأقسام الوظيفية الرئيسية إلى:-

القطاع الشمالي:- ويتضمن جزيرة تاروت وواحة القطيف حيث تتمتعان بتنمية مختلفة تشتمل على مستوطنات زراعية وأخرى حضرية، بالإضافة إلى الوظائف الترفيهية.

القطاع الأوسط:- ويتضمن مدن إمارة الدمام (الدمام - الخبر - الظهران) ويتميز بالطابع العمراني الموحد، فضلاً عن ميناء الدمام ومطار الملك عبد العزيز الدولي بالظهران، وكذا المناطق الصناعية في هوامش وضواحي المنطقة الحضرية الخاصة بكل مدينة.

القطاع الجنوبي:- ويتكون من خليج السبوح وخليج نصف القمر، ويغلب عليه الطابع الترفيهي حيث المنتجات التي تستفيد من الشواطئ البحرية والكثبان الرملية.

هذا وتتجمع الاستخدامات الوظيفية للمدن في وحدات بنائية تسمى الاستخدامات البنائية التي تعد أحد أنماط الاستخدام العام في أراضي المناطق الحضرية [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ٢٧٦]. وتتباين كثافة السكان بالمناطق المبنية^(١) في مدن إمارات المنطقة لتتراوح بين ١٥١ نسمة/هكتار في إمارة الجبيل، وبين ٦٦ نسمة/هكتار في إمارة رأس تنورة.

وكذا أيضا بالنسبة لكثافة المناطق السكنية^(٢) إذ تتراوح بين ٢٦٩ نسمة/هكتار في مدن إمارة القطيف، وبين ٢٨ نسمة/هكتار تقريبا في إمارة الخفجي^(٣). وتختلف في ذات الوقت كثافة المباني^(٤) إذ تسود الكثافة المنخفضة في الإمارات الحديثة التي ارتبطت باستخراج الزيت وصناعاته كما هو الحال في إمارة الخفجي التي تبلغ فيها النسبة المئوية لهذه الكثافة ٩١%. بينما يحدث العكس في الإمارات التي يرجع الاستيطان فيها لما قبل اكتشاف الزيت وقد ارتبط بالوحدات الزراعية مثل إمارة الإحساء إذ تبلغ نسبتها ٦٤%. وتنخفض بشكل ملحوظ في إمارة الجبيل لتبلغ النسبة المئوية للكثافة المنخفضة ٣٤% بسبب حداثة نشأتها وتصميمها لتكون سكني للعاملين بالصناعة، فضلا عن تحديد

^(١) يوضح هذا المعيار درجة الإزدحام في شوارع المناطق المبنية، وكذا مدى ازدحام شبكة الشوارع وبحسب مدى ازدحام شبكة الشوارع = (عدد السكان نسمة) / (مساحة المنطقة المبنية فقط)

^(٢) تعبر عن مدى إزدحام المسكن بساكنة = (عدد السكان نسمة) / (مساحة الاستخدامات السكنية فقط) [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ٣٨٥].

^(٣) تم حساب هذه الكثافة على أساس بيانات جدول ٣٠.

^(٤) معايير كثافة المباني كما حددتها وزارة الشؤون البلدية والقروية بالسعودية ١٩٨٧:-

كثافة مرتفعة = ٨٠ وحدة سكنية/هكتار

كثافة متوسطة = ٤٥ وحدة سكنية/هكتار

كثافة منخفضة = ١٥ وحدة سكنية/هكتار

مساحة المنطقة السكنية بما يتناسب مع عدد سكانها. ومن ثم انتشرت الكثافة المتوسطة لتمثل ٥٩% من مساحة المنطقة السكنية بإمارة الجبيل. وتعد هذه النسبة الأعلى بين جميع المدن القديم منها والحديث (جدول ٣٠). وتبلغ النسبة المئوية للكثافة المرتفعة للمباني في إمارة رأس تنورة ٢٩% من جملة مساحة المناطق المبنية ويرجع ذلك إلى ضيق مساحتها قياساً بعدد سكانها حيث ترتفع الكثافة الفيزيولوجية (كثافة المنطقة العمرانية) لتصل إلى ٤٣ نسمة/هكتار، وكذا تبلغ كثافة المناطق السكنية ١٠٣ نسمة/هكتار وكثافة السكان بالمناطق العمرانية ٦٦ نسمة/هكتار.

ومما يذكر، أن الحالة الجيدة للمباني في مدن إمارات المنطقة هي السائدة خاصة في إمارتي الشفحى ورأس تنورة إذ تبلغ ٦٩% و ٥٨% لكل منهما بسبب حداثة الاستقرار البشري. وتلجأ المدن القديمة نحو تحديث مبانيها سواء بالتخصيص التام من مبانيها القديمة أو محاولة تجديدها وإنشاء أخرى حديثة في ضواحيها لتصبح المباني الحديثة هي الغالبة كما هو الحال مثلاً في إمارتي النمام والقطف، وتتجاوز أيضاً نسبتها ٥٠% في إمارة الإحصاء (جدول ٣٠).

أما الاستخدام الثاني في أراضي المناطق الحضرية، فيتضمن الشبكة الطرقية والشوارع وما يرتبط بها من شبكة الصرف الصحي والكهرباء ومياه الشرب والهاتف [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ٢٧٦]. وتبلغ النسبة المئوية لمساحة شبكة الطرق من إجمالي مساحة الكتلة العمرانية ما نسبته: ١٠٠% و ٦٤% و ٦٤% و ٣٥% و ٢٣% و ٦% لمدن الجبيل والإحصاء ورأس تنورة والنمام والشفحى والقطف على التوالي [وزارة الشؤون البلدية والقروية، ١٩٨٧]. وتفيد الشبكة الطرقية في تحديد إمكانيات التهوية^(١) التي ترتفع بشكل واضح في

(١) توقف درجة التهوية على عدة عوامل:-

- القرب والبعد عن خط الساحل. - شكل شبكة الشوارع وتعاملها مع الاتجاهات السائدة للرياح.

- مساحة شبكة الشوارع من إجمالي مساحة كتلة المدينة.

- ارتفاع المباني بالنسبة لعرض الشوارع. [مصيلحي، ١٩٩٠، ص ٣٩٠]

المدن الساحلية خاصة الجبيل التي تتعامد شوارعها على ساحل الخليج العربى شرقا وشمالا (شكل ٥). ويتفق ذلك فى ذات الوقت مع اتجاه الرياح السائدة الشمالية إلى الشمالية الغربية خاصة فى شوارع وطرق الأحياء السكنية على الساحل الشمالى للخليج العربى. وكذلك الحال فى شوارع إمارة الدمام حيث تتعامد على الخليج العربى وفى ذات الوقت مفتوحة من الجهة الشمالية الغربية لتفيد من الرياح السائدة مثل طريق الدمام - الخبر وطريق الدمام - الظهران وطريق رأس تنورة وطريق أبو حدرية وغيرها (شكل ٤٨).

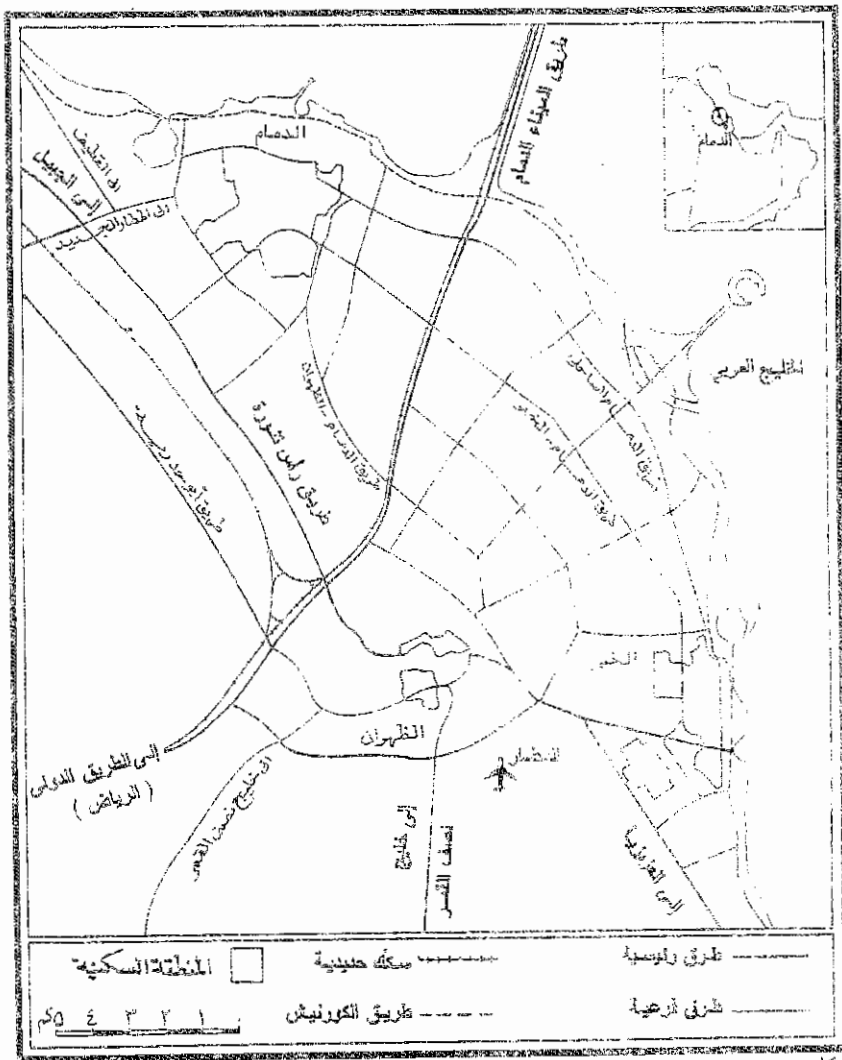
ومما يذكر، أن ارتفاعات المباني تؤثر عكسيا فى إمكانيات التهوية^(١). ويغلب على مدن المنطقة المباني ذات الطابقين إذ تبلغ نسبتها المئوية ٩٩% و ٩٦% و ٩٤% فى مدن الخفجى ورأس تنورة والجبيل، كما تسود فى مدن إمارتى الدمام والقطيف. وتتميز مدن إمارة الإحساء بارتفاع نسبة المباني التى يتراوح ارتفاعها بين طابقين وأربعة طوابق لتبلغ ٦١% (جدول ٣٠). وهكذا يسهم موقع أغلب المدن على ساحل الخليج العربى^(٢) واتجاه شوارعها وقلة عدد طوابق مبانيها فى تحقيق درجة عالية من التهوية.

وتتمتع مدن المنطقة بشبكة كهرباء كثيفة تغطى ما نسبته ١٠٠% و ٨٩% و ٦٥% و ٣٥% و ٣٤% و ١٠% من مساحة المناطق الحضرية فى الجبيل والإحساء ورأس تنورة والدمام والخفجى والقطيف على التوالى. كما تتمتع بشبكة جيدة لمياه الشرب تصل إلى ١٠٠% فى مدينة الجبيل وتقل إلى ٧٠% فى مدن إمارة القطيف. وكذا الحال بالنسبة لشبكة الهاتف التى تبلغ نسبتها ٧١% فى الجبيل وتنخفض إلى ٥% فى إمارة القطيف. ويعكس ذلك توفر

(١) تفيد درجة التهوية فى إزاحة الحرارة المتراكمة فى مراكز المدن، فضلا عن دورها فى تشتت ملوثات

الهواء أفقيا فيقل تركيزها، ومن ثم درجة خطورتها على صحة السكان والبيئة.

(٢) يقع ٦٥% تقريبا من مدن المنطقة على ساحل الخليج العربى (شكل ٦).



شكل ٨: شبكة الطرق البرية لأمارة الدمام

المصدر: وزارة الشؤون البلدية والقروية ٢٠١٧م.

الخدمات بدرجة كثيفة فى الإمارات الحديثة بينما تقل فى الأخرى القديمة خاصة فى إمارة القطيف التى تكثر بها القرى الزراعية.

ويتضمن الاستخدام الثالث لأراضى المناطق الحضرية المساحات الخضراء والمكشوفة التى تقل نسبتها بدرجة كبيرة فى مدن المنطقة إذ لا تتجاوز على الأكثر ٧% كما هو الحال فى إمارة القطيف التى تتمتع بأكبر مساحة خضراء- مقارنة بسائر إمارات المنطقة- حيث تقع فيها جزيرة تاروت التى تستخدم فى الأغراض الترفيهية [المعجم، ١٩٨٦، ص ٣٣].

وهناك اتجاه لإنشاء منتزه إقليمي فى شمال مدينة الدمام وآخر الى الجنوب من مدينة الخبر وكلاهما على ساحل الخليج العربى . ويضاف إلى ذلك إنشاء منطقة ترفيهية حول شاطئ خليج السيج وخليج نصف القمر انسجاما مع تغير الخصائص الاجتماعية والاقتصادية لسكان المنطقة. وتتمتع مدينة الجبيل بمنطقة المنتزة التى تبلغ مساحتها ٢٠٤ كيلو متر مربع، فضلا عن جزيرة الباطنة التى تركت لتستغل مستقبلا كجزيرة ترفيهية [المهنا، ١٩٨٦، ص ٣].

وهكذا تتحكم عوائد الاستخدام لأراضى المناطق الحضرية فى اتجاه الاستخدامات الترفيهية نحو المناطق الهامشية حيث تتسع الأراضى وينخفض سعرها. وتقع هذه الأراضى الهامشية فى النطاق الساحلى الذى تنتشر فيه السبخات والكتبان الرملية حيث لا تسمح التربة بالاستخدامات البنائية الضخمة.

ثالثا:- النمو السكانى

تطور عدد سكان المنطقة من حوالى ٣٦٠٨٥٢ نسمة فى عام ١٩٦٢م إلى ٧٦٢٠٣٧ نسمة وفق تعداد عام ١٩٧٤م، فبلغت النسبة المئوية للتغير العددى ١١١% خلال هذه الفترة. وقد بلغت نسبة عدد السكان المستقرون ٥٧% و ٩٢% من إجمالى عدد سكان المنطقة خلال عامى ١٩٦٢م و ١٩٧٤م على

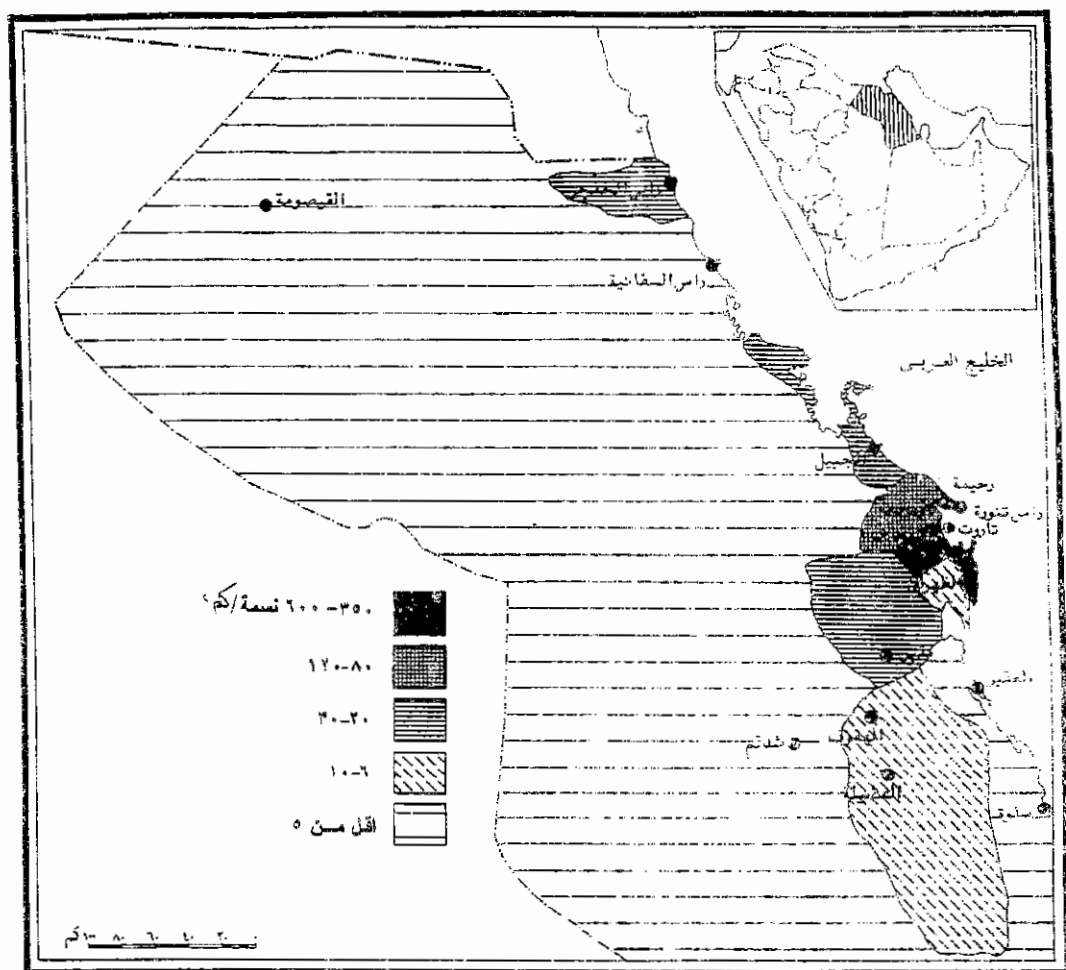
التوالي، مما يعكس الزيادة العددية والنسبية للسكان المستقرون وما يرتبط بها من سرعة تطور المعمور الإقليمي [الرويشي، ١٩٧٩، ص ١٦٨]. وقد ارتفع العدد التقديرى لسكانها فى عام ١٩٨٠م ليبلغ ٨١٢ ألف نسمة [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية]. كما ارتفع فى تقدير آخر عام ١٩٨٧م ليبلغ ١٥٥٧٢١٣ نسمة [الجاسر، ١٩٨٩، ص ١١٠] ممثلاً ١١,٤% من جملة العدد التقديرى لسكان المملكة العربية السعودية. ويسكن ١٠١٥٥٠٠ نسمة تقريباً من هذا العدد التقديرى فى الإمارات الساحلية بالمنطقة - فضلاً عن إمارة الإحصاء الداخلية- وتشمل إمارة الدمام (تضم مدن الدمام والخبر والظهران) وإمارة القطيف (تضم مدن صفوة ودارين والقطيف وعنك وسيهات) وإمارة رأس تنورة وإمارة الجبيل وإمارة الخفجى [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية، ١٩٨٧] وهكذا تستحوذ مدن هذه الإمارات على ٦٥% تقريباً من العدد التقديرى لسكان المنطقة خلال عام ١٩٨٧م، ومن ثم كانت هذه أهم إمارات المنطقة سكانياً وعمرانياً واقتصادياً أيضاً.

وتنخفض الكثافة السكانية (١) كثيراً فى منطقة الدراسة إذ تبلغ ٠,٩٧ نسمة/ كيلومتر مربع بسبب اتساع مساحة صحراء الربع الخالى. وترتفع نسبياً الكثافة الفيزيولوجية عند حساب العلاقة بين عدد السكان ومساحة المنطقة المأهولة -تبلغ ١٤٨٢٢٠ كيلو متراً مربعاً- إذ تبلغ ٥,١٤ نسمة/ كيلومتر مربع وفق تعداد السكان عام ١٩٧٤م [الجدان، ١٩٨٤، ص ٧٧].

ويتوزع هؤلاء السكان فى سبع وعشرين إمارة تختلف فى كل منها الكثافة السكانية عن الإمارة الأخرى (شكل ٤٩). وترتفع الكثافة السكانية بدرجة واضحة فى المدن الساحلية كما هو الحال فى الخبر والثقة لتتراوح بين ٣٥٠-٦٠٠ نسمة/ كيلومتر مربع. وتتراوح فى رحيمة وصفوة والقطيف وسيهات بين

(١) تحسب هذه الكثافة السكانية على أساس تعداد السكان الوحيد فى المملكة العربية السعودية الذى صدر

عام ١٩٧٤م.



الكثافة السكانية لمنطقة الدراسة

شكل ٤٩
المصدر: الجيثدان ١٩٨٤

٨٠-١٢٠ نسمة/ كيلو متر مربع والسبب في ذلك يرجع إلى أن الأولى من أهم موانئ تصدير الزيت، والثانية منطقة زراعية، والثالثة والرابعة واحات زراعية تتوفر فيهما الموارد المائية.

وتتدرج الكثافة السكانية نحو الساحل الشمالي للخليج العربي كما هو الحال في إمارتي الجبيل ورأس الخفجي، ونحو الداخل كما هو الحال في إمارة بقيق. وتخفض الكثافة الفيزيولوجية بشكل حاد بالتباعد عن الساحل لتبلغ ٥ نسمة/ كيلو متر مربع (١). وهكذا ينحصر سكان المنطقة في النطاق الساحلي حيث تتوفر مياه الشرب، وحقول الزيت وصناعاته، والحركة التجارية النشطة، وفرص العمل، والمناطق الترفيهية وغيرها.

ويمكن إبراز مدى ضغط الحجم السكاني (٢) على الحيز المساحي (المكاني) في إمارات المنطقة من تحديد الانحرافات الموجبة التي تدل على مدى ضغط السكان على الحيز المكاني، والانحرافات السالبة التي تحدد درجة خلخلة السكان، وبينهما يقع الصفر الذي يشير إلى تعادل الحجم السكاني مع الحيز المكاني.

وبتطبيق هذه الطريقة النسبية على أكبر مدن المنطقة من حيث حجمها السكاني وأهمها كمراكز عمرانية في منطقة الدراسة التي تتميز بالتدخل السكاني بصفه عامة، يتضح أن مدن الدمام والخبر والثقة أكثرها ضغطا سكانيا، تليها مدن القطيف وسيهات وصفوة ورجيمة، ثم تأتي مدينة الظهران، وتليها الإحساء.

(١) قد افترض التباين الكبير في الكثافة السكانية لإمارات المنطقة لتتراوح بين ٥-٦٠٠ نسمة/ كيلو متر مربع دون انتظام فئات تمثيلها رغبة في إظهار حجم هذه الاختلافات في الشكل ٤٩.

(٢) يقتضى ذلك ترتيب أحجام سكان الوحدات الإدارية ومساحتها ترتيبا تنازليا. ثم تحسب الفروق بينهما بالأرقام الموجبة والسالبة، ويمثل الرقم صفر حالة التوازن بين الحيز السكاني والحيز المساحي للمدينة [مصباحي، ١٩٩١، ص ٢٠٤].

ويتخلخل السكان في مدن العقير وسلوة، ثم السفانية، وتليها مدينتي القيصومه والعضيلة. ويتعادل تقريبا الحجم السكاني مع الحيز المكاني في مدن بقيق والجبيل والخفجي^(١).

وهكذا تكاد تتفق درجة الضغط السكاني مع الكثافة الفيزيولوجية (شكل ٤٩) في المنطقة ويشير كلاهما إلى تركيز السكان في مدن بعينها خاصة الساحلية / البترولية.

ويتبع زيادة عدد سكان المدن الساحلية في المنطقة ظهور مشكلة التخلص من النفايات المنزلية. إذ ارتفع مثلا في مدن إمارة الدمام معدل نصيب الفرد من هذه النفايات ليلبلغ ١,٧ كيلو جرام/يوما^(٢) [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية، ١٩٨٠]. وهكذا ينتج عن سكان هذه الإمارة فقط كمية بلغت ٣٨٥٩٠٠ كيلو جرام/يوما خلال عام ١٩٨٠، وترتفع إلى ٧٣٤٤٠٠ كيلو جرام/يوما خلال عام ١٩٩٥م.

(١) قد بلغت الأرقام النسبية عند تطبيق هذا النموذج على النحو التالي سنة ١٩٨٧ م :-

المدينة	الرقم النسبي	المدينة	الرقم النسبي	المدينة	الرقم النسبي
الدمام-الحزب-النفية	١٠	بقيق	صفر	سلوة	٤ -
القطيف سيهاث -صفرة-رحيمه	٧	الجبيل	صفر	السفانية	٧ -
الظهران	٤	الخفجي	صفر	القيصومه	٩ -
الاحساء	١	العقير	٤ -	العضيلة	٩ -

(٢) يعد ذلك كبيرا حين مقارنته بمجمله في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا وإيطاليا حيث بلغ ٢,٢ و ١,٥ و ٠,٥ و ٠,٤ كيلو جرام /يوما /للفرد على التوالي [وزارة الشؤون البلدية والقروية السعودية، ١٩٨٧]

وتعد هذه النفايات المنزلية (القمامة) في حد ذاتها أحد مصادر تلوث البيئة^(١) التي تنشأ تلقائيا بمجرد زيادة السكان في منطقة ما بغض النظر عن أي نشاط آخر يتبعه إنتاج ملوثات أخرى. وتحتاج هذه الكمية الضخمة من القمامة إلى عدة مراكز لتجميعها، ويقع أحدها على بعد حوالي سبعة كيلو مترات جنوبي مدينة الخبر إلى الغرب من طريق العزيزية. ويقع الآخر في مدينة الدمام على بعد كيلو مترين غرب طريق رأس تنورة وغرب محطة معالجة المجارى أيضا، ومن ثم فإنه يقع في مهب الرياح السائدة فينقل الملوثات الناتجة إلى المنطقة السكنية بالدمام. ولذا فإن موقعها غير مناسب ويفضل نقله بعيدا خاصة عند العلم بأن مناطق تجميع القمامة يتصاعد منها غازات التحلل الهوائية في الفضلات العضوية بواسطة البكتريا مثل غاز ثانى أكسيد الكربون، فضلا عن إنتاج ٦٨٨ ألف سعر حرارى لكل جزيئة من المواد العضوية [كمونه، ١٩٨٦، ص ٦]. ويسهم ذلك في اشتعال الحرائق فينبعث الدخان الذى تحمله الرياح إلى المنطقة السكنية. كما تعد هذه السعرات الحرارية - فى حد ذاتها - أحد أشكال التلوث الحرارى الذى يصيب المدن. ويقع أيضا مركزان لتجميع القمامة والتخلص منها فى كل من جامعة البترول والمعادن ومطار الظهران الدولى فى مدينة الظهران، مما يسبب العديد من المشكلات البيئية فى المدينة لموقعهما فى مهب الرياح السائدة.

وتستخدم مدينة الجبيل الصناعية أسلوب الردم الصحى حيث يقع المردم الصحى فى الجنوب الغربى من المنطقة السكنية، وبذا يصبح موقعه مناسباً لاتجاه الرياح السائدة لتنتقل الملوثات الهوائية بعيدا عن سكانها. ويقع بها أيضا مردم صحى آخر مجاورا لوحدة معالجة مياه المجارى فى غرب المنطقة الصناعية وبعيدا عن المنطقة السكنية الشمالية (شكل ٥). ويسهم موقع هذا المردم فى نقل

(١) تسهم النفايات المنزلية بنسبة ٥% من إجمالى ملوثات الهواء من المصادر المختلفة. إذ ينبعث منها ثانى أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات والجسيمات السابجة بكمية تبلغ على التوالى: ٤,٥ و ٠,٦ و ٠,٧ و ١,٤ و ١,٢ مليون طن/سويا. [Ross, 1972, p.4].

بعض الملوثات إلى سكان مدينة الجبيل والأحياء السكنية على الساحل الشرقي للخليج العربي.

ويتبع استخدام هذه المرامد الصحية انبعاث الملوثات في أثناء التحلل اللاهوائي (في باطن الأرض في معزل عن الهواء) مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وغاز الميثان ، بالإضافة إلى ٥٧ ألف سعر حراري أيضا [كمونه، ١٩٨٦، ص ٨].

وترتفع درجة الخطورة البيئية للمخلفات الصناعية خاصة الناتجة عن الصناعات البتروكيميائية والمعدنية والكيميائية - كما هو الحال في مدينة الجبيل الصناعية - بسبب ارتفاع درجة سميتها، ومن ثم يتم تبطين هذه المرامد الصحية بطبقات عازلة وسميكة بحيث لا تختلط بالمياه الجوفية أو تتسرب منها الغازات السامة على المدى الطويل [كتبخانة، ١٩٨٦، ص ٩] ^(١).

وتنتشر في المدن الساحلية بالمنطقة مراكز عديدة للتخلص من أنقاض الإنشاءات وكناسة الشوارع وبعض النفايات. وتقع معظمها بالقرب من ساحل الخليج العربي للإفادة منها في استصلاح الأراضي وردم السباحات الساحلية واللاجونات. ويتبع ذلك تلوث المياه الجوفية التي تقترب من مستوى سطح الأرض في المنطقة بصفة عامة. كما قد تتحول هذه المناطق إلى بؤر للمحسرات والقوارض في حالة عدم تغطيتها فيما بعد بطبقة سميكة. ويصعب في ذات الوقت استخدام مثل هذه الأراضي مستقبلاً في إنشاء مباني ثقيلة بسبب ضعف التربة.

ويضاف إلى هذه النفايات، الكميات الهائلة من الأتربة والرمال التي ترحف إلى شوارع المدن بالمنطقة من جراء انتشار التكوينات الرملية ويعتبر

^(١) قد صاحب مثلاً انبعاث الغازات السامة الناتجة عن تحلل المخلفات في إحدى مناطق الردم الصحي في الولايات المتحدة الأمريكية - التي أنشأ عليها منطقة سكنية فيما بعد - زيادة في معدل وفيات الأجنة لدى النساء اللاتي يقطن هذه المنطقة [كمونه، ١٩٨٦، ص ١٦].

التلوث بالغبار الساقط سمة أساسية من سمات المدن الصحراوية خاصة عندما تكون شوارعها مفتوحة على مسطحات رملية مفككة بسبب ندرة المطر والغطاء النباتي أيضا. وتعاني سائر مدن المنطقة من هذا النوع من التلوث إذ يصعب استثناء المدن الساحلية حيث تنتشر الكثبان الرملية في المنطقة الشاطئية للخليج العربي.

هذا، وبعد إنتاج الزيت في المنطقة من أهم الضوابط التي أسهمت وأثرت بصورة غير مباشرة في تلوث الهواء. إذ يتبعه ارتفاعا مستمرا في كمية النفايات المنزلية بأنواعها العديدة وكذا مياه المجارى ووحدات معالجتها. فضلا عن تأثيره المباشر في تحقيق التنمية الصناعية خاصة البتروكيميائية منها والتي تعتبر أهم الصناعات المؤثرة في الهواء وأكثرها خطورة أيضا.

رابعا: الحركة النقلية

تعد وسائل النقل عملة ذات وجهين، أحدهما يمثل الجانب المشرق الذي يوفر الرفاهية للإنسان، وآخر يعنى تدهور البيئة المحيطة بالإنسان مما يعرضه لكثير من الأضرار الصحية. وقد حددت منظمة الصحة العالمية (١) مساهمتها في التلوث بنسبة ٥٤,٧% من إجمالي ملوثات الهواء عالميا [Ross,1972.p.4]. وترتبط مساهمة وسائل النقل بأنواعها وأحجمها المختلفة بعلاقة طردية بحجم المدن، إذ تتحكم السكان في كمية الملوثات حينما تستخدم وسائل النقل في أثناء رحلة العمل اليومية والحركة المرورية الكثيفة التي تتمثل غالبا في منطقة الأعمال المركزية حيث التجارة والأعمال والخدمات والصناعات الخفيفة أيضا.

(١) ينبعث منها ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات والجسيمات السابحة بكمية تبلغ سنويا ٧١,٢ و ٠,٤ و ٨,٠ و ١٣,٨ و ١,٢ مليون طن لكل منها على التوالي [Ross, 1972, P.5].

ويعد التلوث بوسائل النقل المختلفة بالمملكة العربية السعودية بصفة عامة أكبر من مثيلة في دول أوروبا المتقدمة [أمين، ١٩٨٤، ص ٩١]. حيث تمتلك الأسرة السعودية عدد أكبر من السيارات وتفضلها من نوع السيارات الفارهة ذات المحرك الكبير. وقد بلغ عدد السيارات الخاصة في المملكة العربية السعودية في عام ١٩٨٠م ٨٥٢,٢ ألف سيارة بمعدل زيادة سنوى يبلغ ٤٧,١%. ويعد هذا العدد كبيراً حين مقارنته بمثيلة في دولة الكويت مثلاً، إذ يبلغ ٣٨٩,٣ ألف سيارة بمعدل زيادة سنوى لا يتجاوز ١٥% [الحسن، ١٩٨٨، ص ٢٨].

وتعد هذه معدلات طفيفة ^(١) ترجع إلى الزيادة السكانية الطبيعية والزيادة الناتجة عن العمالة الوافدة، فضلاً عن ارتفاع مستوى الدخل الفردى، وانخفاض جمارك استيراد السيارات، وانخفاض أسعار المحروقات. وقد شجعت هذه العوامل على الاستخدام الكثيف للسيارات الخاصة تحت تأثير عادات وتقاليدهم الشعب السعودى التى لا تحيد استخدام أى من وسائل النقل العامة.

ومما يذكر أنه يوجد بمنطقة الدراسة ^(٢) ٣٨٢٩٧٩ سيارة خاصة تعادل ١٨% من إجمالى عددها بالدولة بنهاية عام ١٩٩١م [وزارة الداخلية، ١٩٩١، ص ١٢٨].

وينخفض عدد أتوبيسات النقل العام لىبلغ ٣٠,٥ ألف أتوبيس فى عام ١٩٨٠ بمعدل زيادة سنوى ٣٩,٨% [الحسن، ١٩٨٨، ص ٢٩] وبلغت أيضاً

^(١) ارتفعت ملكية السيارات الخاصة فى السعودية من سيارة لكل عشرين فرد فى عام ١٩٧٤م إلى سياره لكل ثلاثة أفراد فى عام ١٩٧٩م [اليوك، ١٩٨٢، ص ١١].

^(٢) يوجد فى مدينة الدمام ٢٢% من جملة عدد السيارات الخاصة بالمنطقة، وتحمل بذلك المركز الثالث بعد مدينة جدة ٣٧% ومدينة الرياض ٢٣,٥% [وزارة الداخلية، ١٩٩١، ص ١٢٨].

عدد الشاحنات التي تعمل بالديزل ٥٧٦,٧ ألف شاحنة بمعدل سنوى بلغ ٤٠,١% فى السعودية، يقابلها ١٣٥,٦ ألف شاحنة بمعدل زيادة سنوى ١٥,٩% فى دولة الكويت فى ذات العام [الحسن، ١٩٨٨. ص ٢٩].

وهكذا تتوفر مصادر الانبعاث من مختلف وسائل النقل سواء التي تعمل بالبنزين أو الديزل فينتج عن استخدام أى منها^(١) انبعاث كميات كبيرة من غازات العوادم التي تشمل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات وأكاسيد الكبريت فضلا عن الجسيمات السابحة. وتسهم هذه الوسائل النقلية بما نسبته ٧٥% و ٥١% و ٤٤% و ٣% و ٣,٥% من إجمالى كمية تلوث الهواء (جدول ٣١-أ). ومما يذكر أن كمية الانبعاث من السيارات الصغيرة فى أثناء تشغيلها يبلغ حوالى ٦٠ مترا مكعبا/الساعة من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والرصاص. وترتفع هذه الكمية الى الضعف فى أثناء تشغيل شاحنات الديزل [المعتاز، أكتوبر ١٩٨٦. ص ٩].

وتعتبر الغازات الكربونية أكثر غازات العوادم كمية وأشدّها خطورة، إذ ينتج ٧٥% من كمية أول أكسيد الكربون فى الهواء من محركات السيارات. ويقدر المعدل السنوى لانبعاثه منها بحوالى ٣٥٠ مليون طن فى سائر أنحاء العالم. ولذا ترتفع مساهمة وسائل النقل فى تلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد الكربون (ينتج عن أكسدة أول أكسيد الكربون فى الهواء) إلى ٨% من كميتة فى الغلاف الجوى [الحسن، ١٩٨٨. ص ٣٣]. ويتبع انبعاث الغازات

^(١) تعتمد محركات أى منها فى أدائها على تحويل الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق الوقود (مواد هيدروكربونية) بعد مزجه بالهواء، الى شغل ميكانيكي يؤدى الى حركة السيارات بسرعات متفاوتة [أبو الفتوح، ١٩٨٢. ص ١٩].

الهيدروكربونية من وسائل النقل، انبعاث مجموعة من الالهيدات ^(١) من أهمها الفورمالدهيد التي تمثل ٧٠% من كميتها [المصدر السابق، ص ٣٤].
ويضاف إلى هذه الغازات الكربونية، انبعاث أكاسيد النيتروجين حينما ترتفع درجة حرارة الاحتراق داخل المحرك لتبلغ ١٤٠٠ درجة مئوية ^(٢). كما تنبعث أكاسيد الكبريت نتيجة احتواء الوقود سواء البنزين أو الديزل على نسبة من الكبريت تبلغ في المتوسط ٠,١% [الحسن، ١٩٨٨، ص ٣٥].

وتختلف كمية الملوثات الناتجة عن وسائل النقل باختلاف شكل المحرك وحجمه ودرجة صيانتته ونظافته. إذ يزيد الانبعاث منه كلما زاد حجمه، ولذا يرتفع انبعاث الملوثات الهيدروكربونية من السيارات الأمريكية مقارنة بالأخرى الأوروبية واليابانية (جدول ٣١-ب).

كما يؤثر نوع الوقود المستخدم في تحديد نوعية غازات العوادم وكميتها ^(٣). فحين يستخدم البنزين يرتفع انبعاث الملوثات الكربونية وأكاسيد النيتروجين والرصاص مقارنة بمثيلاتها في حالة استخدام الديزل. بينما يصاحب

(١) تنتج عن الأكسدة الجزئية للهيدروكربونات التي تنبعث من محركات البنزين والديزل على السواء، وتشمل فورمالدهيد - استيلدهيد - بروبالدهيد [Sellers, 1984. p.155].

(٢) قد أثبتت وزارة الصحة الكويتية في دراسة عن تلوث هواء مدينة الكويت العاصمة في عام ١٩٨٣م أن ما نسبته ٩٥,٩% و ٧٦,٢% و ٢٥,٩% من أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين الموجودة بالهواء ترجع إلى الانبعاث من وسائل النقل وقد أثبتت أيضا العلاقة الطردية القوية بين بعض غازات العوادم، على النحو التالي:-

معامل الارتباط بين أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين = ٠,٩٤٣

معامل الارتباط بين أول أكسيد الكربون وأول أكسيد النيتروجين = ٠,٩٢٨

معامل الارتباط بين أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين = ٠,٩٧٤

[وزارة الصحة الكويتية، ١٩٨٨، ص ١٩٦].

(٣) تعتمد ٥٦% من إجمالي عدد وسائل النقل في المنطقة على البنزين، والنسبة الباقية تمثل الشاحنات التي تعمل بالديزل [المزدي، ١٩٨٧، ص ٣١٧].

استخدام الديزل ارتفاع كمية التلوث بثاني أكسيد الكبريت والسخام (الهباب) مقارنة بالأخرى التي تستخدم البنزين [Sellers,1984. p.154]. إذ تبلغ مثلاً كمية أول أكسيد الكربون في حالة استخدام البنزين ٢٤٩ جرام/لتر يقابلها فقط ٢٩,٥٠ جرام/لتر حين يستخدم وقود الديزل (جدول ٣١-ج).

كما تختلف كمية العوادم تبعاً لتباين سرعة وسائل النقل بسبب ارتباطها بكمية الوقود المحروق. فحينما تنخفض السرعة فجأة يزيد انبعاث أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات، بينما يقل انبعاثهما في حالة انتظام السرعة على خطوط السفر الطويل (جدول ٣١-د).

ويزيد انبعاث أول أكسيد النيتروجين والرصاص في أثناء التسارع المرتفعه [أمين، ١٩٨٤، ص ١٠٢]. وهكذا يصاحب ساعات الذروة المرورية ارتفاع التلوث بالغازات الكربونية، بينما يرتفع التلوث بأول أكسيد النيتروجين والرصاص على الطرق السريعة.

ويتحكم عامل تضرر سطح الأرض في تحديد السرعة إذ أن المناطق السهلية المنبسطة تسمح بالسرعات العالية، بينما تفرض التضاريس الموجبة ووعورة المناطق الجبلية ضرورة استخدام السرعة المنخفضة مما يؤثر بطريق غير مباشر في نوعية ملوثات الهواء المنبعثة وكميتها أيضاً. وإذا تمتع منطقة الدراسة بصفة عامة بانخفاض سطح الأرض واستوائه، فإنها تسمح بارتفاع السرعة وما يصاحبها من زيادة في كمية التلوث بأول أكسيد النيتروجين وكذا مركبات الرصاص^(١).

^(١) تضاف مركبات الرصاص مثل رابع أثيل الرصاص لتحسين نوعية الوقود، ولتحسين حركته في أثناء احتراقه. ويضاف أيضاً كميات من كلوريد الأثيلين وثاني بروميد الأثيلين بهدف تنقية المحرك وتنظيفه [الحسن، ١٩٨٨، ص ٣٥]. وتعد هذه المواد في مجملها ضارة بالبيئة، وإن كان أشدها خطورة مركبات الرصاص.

ويمكن القول أيضا بأن الطرق الإقليمية بالمنطقة مثل طريق رأس تنورة - الجبيل وطريق الدمام - أبو حدرية (شكل ٤٨) وطريق الدمام - بقيق^(١) وطريق الجبيل - الدمام والطريق الدولي الجبيل - الكويت (شكل ٥) وغيرها، تعاني من ارتفاع مستوى التلوث بأكاسيد النيتروجين والرصاص مقارنة بالملوثات الكربونية التي ترتفع في الطرق المحلية داخل المراكز الحضرية في أثناء ساعات الذروة المرورية.

وتتغير كثافة الحركة المرورية على مدار ساعات اليوم، فتحدث القمة الصباحية في أثناء الذروة المرورية الأولى ابتداء من الساعة السادسة وحتى الثامنة تقريبا. وترتبط هذه القمة بحركة العمل اليومية وحركة الذهاب للمدارس والجامعات، وكذا الحركة الشرائية الصباحية.

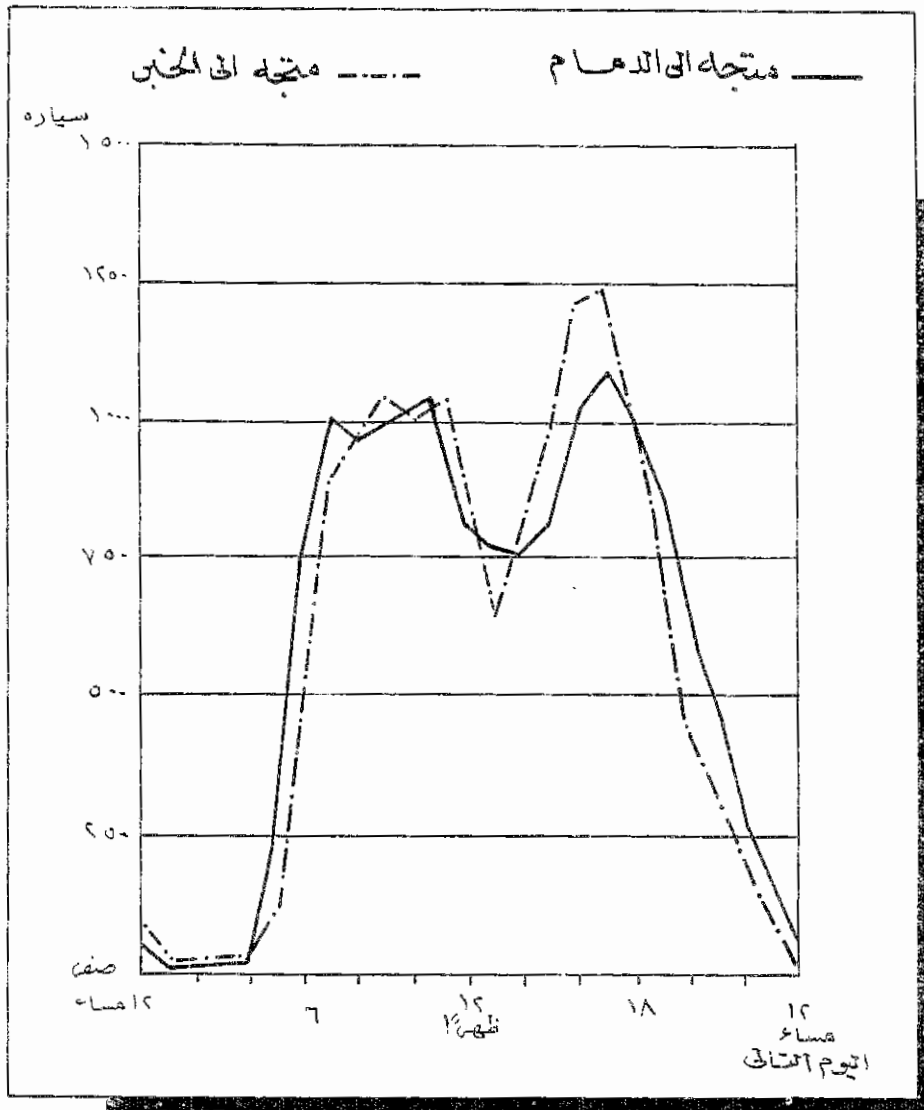
وتمتد هذه القمة بدرجة أقل حتى الساعة الثانية عشرة ظهرا في أثناء الرجوع من الحركة الشرائية وحركة الإياب من العمل في المحلات التجارية (شكل ٥٠).

وهناك قمة مرورية مسائية تمتد بين الساعة الثانية والنصف والساعة السادسة تقريبا، وتتفق مع حركة الذهاب للعمل في القطاع الخاص للفترة المسائية وكذلك الحركة الشرائية.

وتقع بينهما فترتان من الركود المروري، تمتد الصغرى بين الساعة الحادية عشر والساعة الثانية بعد الظهر حين تقتصر الحركة على الإياب من العمل الحكومي والمدارس. وتمتد فترة الركود الكبرى المسائية بين الساعة السابعة مساء تقريبا والساعة السادسة صباحا (شكل ٥٠).

وتتمتع المنطقة بشبكة جيدة من الطرق البرية (جدول ٣٢) تربط بين المدن الكبرى (الطرق الإقليمية) وكذا الطرق الداخلية. وتنتشر في المنطقة الطرق

(١) تمثل الشاحنات، ما نسبته ٣٩% من إجمالي وسائل النقل التي يبلغ عددها ١٣٧٠٠ سيارة/يوميا على هذا الطريق [مصباحي، ١٩٨٤، ٢٥٧].



شكل (٥٠) اتغيرات في عدد السيارات على مدار ساعات اليوم على طريق الدمام - الخبر .

المصدر :- وزارة الشؤون البلدية والقروية بالملكة العربية السعودية سنة ١٩٨٧ م

التي يتراوح عرضها بين ٢٠ و ٤٠ متراً، وبين ١٠ و ٢٠ متراً. مما يشسّر إلى عدم انسياب الحركة النقلية في معظم هذه الطرق تحت تأثير ارتفاع عدد وسائل النقل في أثناء ساعات الذروة المرورية. ولعل ما يخفف من انبعاث الملوثات شيوخ الطرق المرصوفة التي تبلغ نسبتها ١٠٠% و ٩٤% و ٨١% من إجمالي أطوالها في إمارات رأس تنورة والقطيف والدمام (١).

وإذ تؤثر حالة الطرق واتساعها في تحديد وسائل النقل، فسان معدل انبعاث الملوثات الهيدروكربونية ينخفض نسبياً في الطرق المرصوفة التي يزيد اتساعها عن ٤٠ متراً (تبلغ نسبتها ١٧% في إمارة رأس تنورة و ١٦% في إمارة الجبيل على سبيل المثال)، حيث تسمح هذه الطرق بزيادة سرعة يتراوح متوسطها بين ٤٠ و ٥٠ كيلو متر / الساعة.

ويتبع انخفاض سرعة وسائل النقل على الطرق الضيقة والقيصر مرصوفة، زيادة معدل انبعاث أول أكسيد الكربون بمقدار ٦٥ جرام / كيلو متر / ساعة / سيارة. كما يرتفع معدل انبعاث الهيدروكربونات ليتراوح بين ٣ و ٥ جرام / كيلو متر / ساعة / سيارة في أثناء فترات ساعات الذروة المرورية وأبسط الختوم، ١٩٨٢، ص ٢٥.]

وبذا يصبح ارتفاع معدل التلوث مرادفاً لارتفاع كثافة الحركة النقلية على الطرق وما يتبعها من انخفاض السرعة وتكرار الوقوف المفاجئ.

وقد ارتفعت على سبيل المثال - كثافة الحركة النقلية على الطريق الأقليمي الجبيل الدمام في شهر أغسطس ١٩٨٠م إلى ٣٠٠٠ سيارة / ساعة مقابل ٢٤٠٠ سيارة / ساعة في شهر أغسطس ١٩٧٩م، فبلغت النسبة المئوية للتغير ٢٥% خلال عام واحد. ويتوقع أن يتضاعف عدد السيارات على هذا الطريق كل أربع سنوات تقريباً ويتبع ذلك بالضرورة زيادة انبعاث غازات العوادم

(١) تنخفض نسبة الطرق المرصوفة في إمارة الجبيل لـ ٧٢% من إجمالي أطوالها على الرغم من أهميتها الصناعية، ويرجع السبب في ذلك إلى أن نسبة كبيرة منها مازالت تحت الإنشاء.

التي ترصدها المحطات الساحلية (الميناء الصناعي - الميناء التجاري - القاعدة البحرية) مقارنة بمحطة المنتزة الداخلية التي تقع على الطريق الدولي الجبيل - الكويت (شكل ٥).

وتتجه الحكومة السعودية نحو شق مزيد من الطرق باتساعات مختلفة بهدف الحد من ارتفاع كثافة الحركة المرورية، والمحافظة على إنسيابها على الطرق المحلية والإقليمية، ومن ثم تنخفض كمية انبعاث غازات العوادم ومن ثم خطورتها على صحة الإنسان والبيئة.

وتخطط الحكومة أيضاً لأن يصبح إجمالي أطوال الطرق ٥٠٣٤ و ٧٩٩ كيلو متراً في إمارات الدمام والقطيف والإحساء على التوالي بنهاية عام ١٩٩٠م. وتطمح بأن يبلغ إجمالي أطوال الطرق في الإمارات الرئيسية (جدول ٣٢) ٩٥٧٥ كيلو متراً في عام ٢٠٠٥م، مقابل أطوالها التي بلغت ٤٨٥١ كيلو متراً في عام ١٩٨٧، فتتحقق معدل زيادة يصل ٩٧,٤% خلال ثمانية عشر عاماً فقط.

وتهتم الحكومة السعودية بالطرق البرية اهتماماً بالغاً لتعويض النقص في الطرق الحديدية. إذ يوجد بالمملكة العربية السعودية خط حديدي واحد هو خط سكة حديد الدمام - الرياض (شكل ٥٠). وقد أنشأ هذا الخط ليمر بأكبر عدد ممكن من المراكز العمرانية، ولذا لم يتخذ الخط المستقيم بل نصف دائرة للمرور بمدن الظهران وبقيق والهفوف والمبرز في منطقة الدراسة، وكذا مدينتي حرض والخرج في منطقة الرياض. ويعتبر ذلك انحراف إيجابي يهدف زيادة الحركة المرورية وكذا إفادة أكبر عدد ممكن من السكان في أكثر من مستقرة بشرية (شكل ٣). ويحقق هذا الخط الحديدي الخدمة الإقليمية فضلاً عن الخدمة في مدينة الدمام حيث يربط بين ميناء الدمام ومحطة السكة الحديد، ويخدم مستشفى الظهران العام وحى الخالدية ومساكن بترومين ومصنع القحطاني وحى النسيم.

ويبلغ طول هذا الخط الحديدي ٧١٩ كيلومتراً، يقع ٥٦٢ كيلومتراً بين الدمام والرياض، و ١٥٧ كيلو متراً تمثل الخطوط الثانوية في مدينة الدمام [وزارة الشؤون البلدية والقروية، ١٩٧٦]. وتصبح بذلك الخطوط الثانوية التي تخدم النقل المحلي في إمارة الدمام (أغلبها في مدينة الدمام) تمثل ما نسبته ٢٢% من إجمالي هذا الخط الحديدي.

ومما يذكر أن الخصائص الطبيعية للنظام الأرضي في المملكة العربية السعودية من وعورة السطح (سلسلة جبال طويق التي تفصل بين الرف العربي شرقاً والدرع العربي غرباً، وكذا سلسلة جبال البحر الأحمر) وانتشار التكوينات الرملية، فضلاً عن تخلل السكان وتشتتهم في مستقرات بشرية متباعدة في إطار الاتساع المساحي للدولة، تعد هذه العوامل عوائق أمام إنشاء مزيداً من السكك الحديدية، خاصة وأن السكان يفضلون وسائل النقل البري (السيارات الخاصة) الأخرى وكذا النقل الجوي نتيجة لارتفاع مستوى الدخل الفردي.

خلاصة الفصل:-

تؤثر الخصائص الاقتصادية للمنطقة بصورة فعالة - غير مباشرة - في نمو المعمور، وتحديد مورفولوجية المدن ووظائفها، والتوسع الصناعي المتنامي (أهم مصادر تلوث الهواء)، والطفرة العددية في السكان وما يرتبط بها من زيادة مطردة في كمية النفايات، وارتفاع مستوى الدخل الفردي الذي تبعه زيادة طفيفة في عدد السيارات الخاصة، والتوسع في إنشاء الطرق البرية الإقليمية بين مسدن المنطقة والتي تجذب السكان تحت تأثير عاداتهم الاجتماعية. وقد انعكس تأثير كل هذه العوامل مجتمعة في ارتفاع كمية الملوثات الناتجة عن استخدام وسائل النقل البرية.

ومما يذكر أن الحكومة السعودية تسعى إلى الحد من الآثار السلبية الناتجة عن عوادم السيارات في المنطقة، فاتجهت إلى تحسين نوعية البنزين الناتج من مصفاة رأس تنورة عن طريق خفض نسبة الرصاص الى ٠,٨٤ جرام/ لتر. وهناك المزيد من المحاولات لخفضه إلى ٠,٣ جرام/لتر كما هو الحال في مصفاة الرياض، ليقترب من مثيله المستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية الذي قد بلغ ٠,٠١ جرام/لتر منذ عام ١٩٨٨م، وكذا البنزين المستخدم في دول أوروبا الغربية وقد بلغ ٠,١٥ جرام/لتر منذ عام ١٩٩٠م [Al-Mutaz, 1986. pp. 66-68] وتسعى أيضا إلى استبدال رابع مثيل الرصاص الذي يستخدم لرفع كفاءة البنزين، بمادة مثيل بيوتيل أثير التي تنتجها الشركة السعودية الأوروبية للبتروكيمياء بطاقة إنتاجية بلغت ٥٠٠ ألف طن في عام ١٩٨٨م (جدول ٢٥).

كما تتوخى في مخططات الامتدادات العمرانية الجديدة توفير شبكة شوارع تحقق دورة تهوية جيدة تخلص الهواء من نفاياته بعيداً عن المراكز العمرانية. ويؤشر إتباع نظام الردم الصحي على اتجاه جيد في التخطيط للتخلص من النفايات الصلبة المنزلية منها والصناعية.

الفصل السادس

الملوثات الكربونية

واقعها وآثارها البيئية الحالية والمستقبلية

مقدمة :

أولاً : خصائص ومصادر الملوثات.

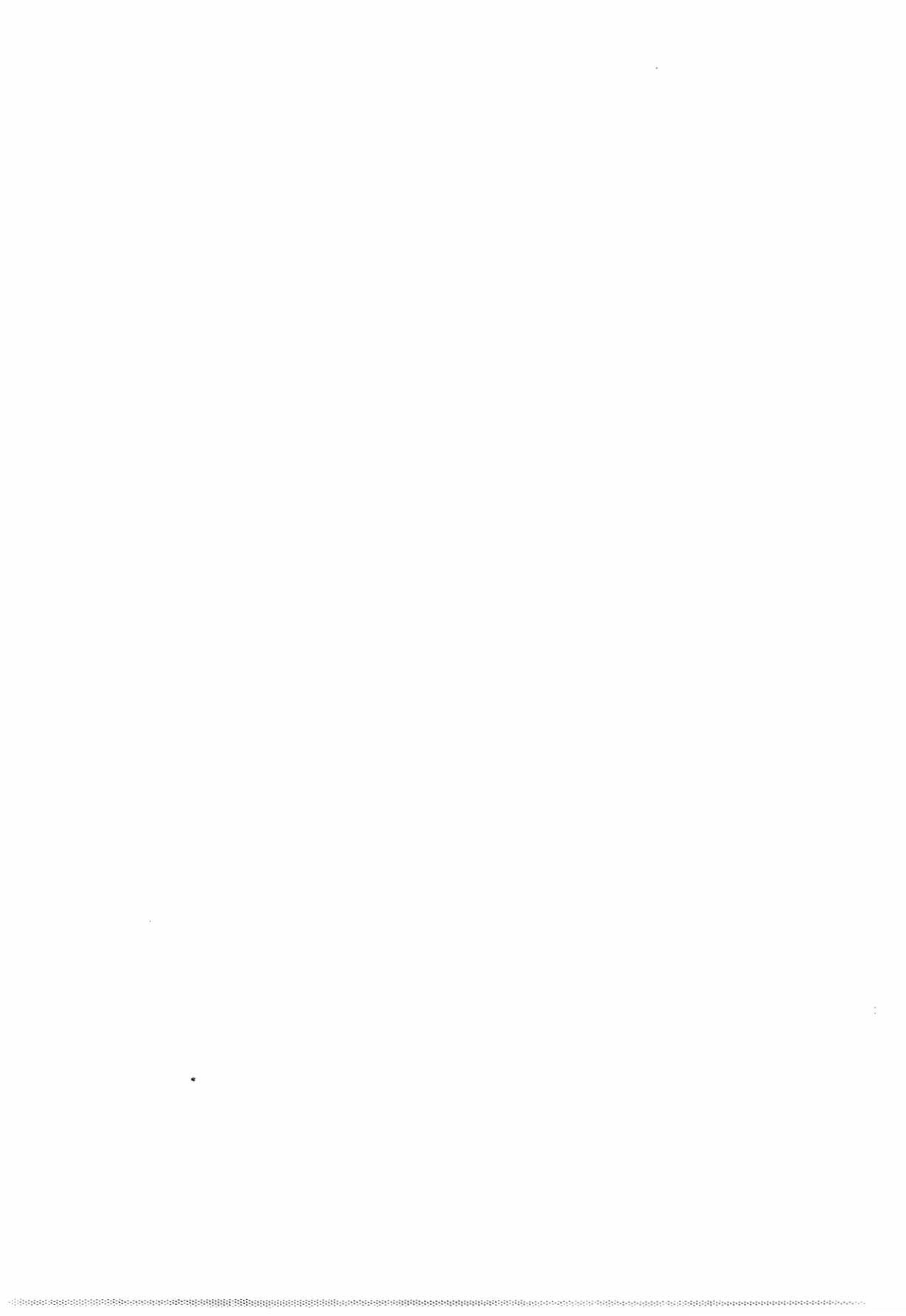
ثانياً : معدلات التلوث .

ثالثاً : مستويات التلوث الطارئة .

١ - الدورة اليومية للملوثات .

٢ - التركيزات القصوى .

خلاصة الفصل.



يتناول هذا الفصل التلوث بالغازات الكربونية كمجموعة من الملوثات تنتج بشكل أساسي من وسائل النقل المختلفة ، وبحث مستوى التلوث بأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات على المدى القصير والبعيد في ضوء تفهم العلاقة المركبة والمتداخلة بين خصائصهما الطبيعية والكيميائية ، ومصادر انبعاثها ، وأحوال الطقس والمناخ بالمنطقة .

ويعرّس الدورة اليومية للتلوث وعلاقتها بالحركة المرورية من ناحية ، واتجاه الرياح الذى يتحكم فى إمكانية نقل الملوثات من مصادرها إلى محطات الرصد البيئى من ناحية أخرى ، ويهدف إلى تقييم درجة خطورتها على أساس المقاييس المحلية والعالمية أيضاً . وكذا تحديد الآثار البيئية المحلية التى يندرج بها مستوى التلوث بالهيدروكربونات .

مقدمة :

تعد الحركة النقلية المصدر الرئيسية لانبعاث أكسيد الكربون والهيدروكربونات بوصفهما أهم الملوثات الكربونية ، إذ تعد وسائل النقل بأنواعها المختلفة مسؤولة عن أكثر من ثلثي التلوث بغاز أول أكسيد الكربون من إجمالي كميته الناتجة عن نشاط الإنسان وحركته ومدنيته أيضاً . وترتفع أيضاً مساهمتها لتتجاوز مثلاً ٧٠% من كميته في مدينة الجبيل .

ولذا يمكن القول بأن مستوى التلوث بالغازات الكربونية يعد مؤشراً - وإن كان بطريق غير مباشر - للنمو السكاني والتوسع العمراني وما يرتبط بهما من استخدام كثيف في وسائل النقل بأشكالها المتعددة ، وقد دعا ذلك إلى دراسة هذا النوع من الملوثات مباشرة بعد فحص أنماط الحركة النقلية وكثافتها وكذا النمو العمراني والسكاني للمنطقة بهدف إستوضح أبعاد العلاقة بينهما وجوانبها تحت تأثير فاعليات عناصر الطقس والمناخ في توزيع هذه الملوثات وتحديد درجة تركيزاتها في المنطقة .

ويمكن دراسة ملامح التلوث بالغازات الكربونية من خلال العناصر

التالية :

- خصائص ومصادر الملوثات الكربونية
- معدلات التلوث
- مستويات التلوث الطارئة .

أولاً : خصائص ومصادر الملوثات الكربونية

يحتوى الغلاف الجوى فى طبقة التروبوسفير على كمية من الكربون تصل إلى ٧٠٠ ألف مليون طن من الكربون فى صورة أول أكسيد الكربون (Co) Carbon Monoxide وثانى أكسيد الكربون (CO2) Carbon Dioxide . وتحتوى التربة أيضاً على كمية تصل إلى ٤٥٠ ألف مليون طن من الكربون الناتج عن تحلل بقايا الكائنات الحية (أمين ، سنة ١٩٨٤ . ص ٤٠) .

ويحدث توازن - فى حالات عدم تلوث الهواء - بين ما يتصاعد إلى الغلاف الجوى من الكربون الناتج عن التنفس والتحلل وبين ما تمتصه النباتات لتقوم بعملية التمثيل الضوئى (١) .

ويوجد غاز أول أكسيد الكربون فى هواء طبقة التروبوسفير فى نصف الكرة الشمالى بتركيز يتراوح بين صفر و ١٥ جزء فى المليون (٢) (جدول ٢٧) . ويختلف تركيزه من مكان لآخر على سطح الكرة الأرضية . حيث يتراوح فى شمال المحيط الأطلنطي بين ٠,٠٨ و ٠,٢٢ جزء فى المليون ، ويبلغ جنوب المحيط الهادى حوالى ٠,٠٦ جزء فى المليون (مكتب التربية العربى لدول

(١) هناك دورة مستمرة بين عمليات الهدم والبناء للمحافظة على توازن الكربون فى الطبيعة ، وتسهم المسطحات المائية فى استكمال حلقة هذه الدورة وفق المعادلة التالية :

كربونات الكالسيوم + ثانى أكسيد الكربون + ماء (١) / (٢) كالسيوم + أيونات هيدروجينوكربونات الكالسيوم ، ويحدث التفاعل الأول حينما تزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فتحلل الصخور الكلية فى مياه البحار والمحيطات ، بينما يحدث التفاعل الثانى عندما تنقص نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى فتسهم المسطحات المائية فى تحقيق التوازن فى نسبته فى الغلاف الجوى عن طريق تثبيت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى حدود ٠,٠٣ بالنسبة لحجم الهواء الجاف ، ويساعد ذلك على توفير ثانى أكسيد الكربون اللازم للكائنات الحية لتكمل وظائفها الإنتاجية (أبو شقرا ، سنة ١٩٧٧ . ص ١٠٣) .

(٢) تستخدم وحدة القياس جزء فى المليون فى تحديد تركيز أول أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى . جزء فى المليون = ١ / ١٠٠٠ جزء فى البليون .

الخليج، سنة ١٩٨٦ . ص ١٩٠) ويتراوح متوسط تركيزه العام فى مدن الولايات المتحدة الأمريكية بين ١٠ و ٥٠ جزءاً فى المليون .

ويتميز غاز أول أكسيد الكربون بأنه غاز عديم اللون Colourless والرائحة Odourless وعديم الطعم Tasteless . وتقل كثافته مقارنة بكثافة الهواء (على النقيض من غاز كبريتيد الهيدروجين) . ومن ثم يسهل حمله ونقله لمسافات بعيدة عن مصدر انبعاثه . ولذا يعتبر غاز ملوث سريع الانتشار (شائع) .
Adundant Gaseous Pollutant .

وينتج غاز أول أكسيد الكربون بصفة أساسية من عمليات الاحتراق غير الكامل للكربون ، وتبلغ الزيادة السنوية فى كميته حوالى ٠,٠٣ جزء فى المليون (العودات ، سنة ١٩٨٥ . ص ٣١) .

ويتلشى غاز أول أكسيد الكربون بسرعة تفقد بحوالى ٠,١ % /الساعة فى أثناء ارتفاع كثافة الإشعاع الشمسى (Dobbins , 1979. P . 161) ويتفاعل مع الأكسجين الجوى (Oxygen (O₂) (لكونه غاز قابل للاشتعال) ، ومن ثم ينتج ثانى أكسيد الكربون الذى يرتفع تركيزه فى الغلاف الجوى ، وهكذا ينخفض تركيز أول أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى على الرغم من تضاعف نسبته كمثل خمس سنوات من الناحية النظرية (الحسن ، سنة ١٩٨٨ . ص ٦) .

ويساعد أيضاً فى انخفاض تركيزه ، سرعة إزالته من الغلاف الجوى بواسطة التفاعلات الكيميوضوئية مع الهيدروكسيدات والكربونات ، فضلاً عن أكسده بواسطة البكتريا الموجودة فى التربة كما تمتصها النباتات وتحوله إلى مركبات الميثان .

ويعتبر أول أكسيد الكربون من أخطر ملوثات الهواء على صحة الإنسان ^(١) إذ أنه غاز سام ، بل وشديد السمية إذ لا يستطيع الإنسان تحمله حينما يبلغ تركيزه ١٠٠٠ جزء في المليون (صالح ، أكتوبر سنة ١٩٧١ . ص ٩٢) .

ويتأكسد أول أكسيد الكربون في الهواء فينتج غاز ثانى أكسيد الكربون ، وهكذا يتبع أى زيادة فى كمية أول أكسيد الكربون بفعل الانبعاث من المصادر البشرية الملوثة خاصة احتراق البنزين المسئول عن انبعاث ٦٥% من

^(١) يمكن تحديد خطورة أول أكسيد الكربون على صحة الإنسان في الجوانب التالية :

- تنص الرئتين أول أكسيد الكربون ليتحد مع هيموجلوبين الدم (Hb) Boold Heamoglobin) إذ يتبادل معد الأكسجين بالكربون . وحينئذ ينخفض الأكسى هيموجلوبين (02 Hb) ويزيد كربوكسى هيموجلوبين (CoHb) Carboxhaemoglobin في الدم . ويتبع هذا التفاعل الكيميائى انخفاض كمية الأكسجين في الدم ، مما يعرض الإنسان لنقص أكسجين الأنسجة (الأنوكسيا Anoxia) (Hodges, 1977. P. 59)

- ترتفع خطورة أول أكسيد الكربون حين العلم بأن سرعة اتحاد مع هيموجلوبين الدم أكبر من سرعة اتحاد الهيموجلوبين مع الأكسجين بما يتراوح بين ٢١٠ و ٢٥٠ مرة ، ومن ثم حينما يتعرض الإنسان لهواء يحتوى على أول أكسيد الكربون بتركيز ٥ جزءاً في البليون ، تنخفض قدرة الجهاز السدى على حمل الأكسجين بمعدل ١٥% (العودات ، سنة ١٩٨٤ . ص ١٧٦) .

- عندما يصل تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء إلى ٢٠ جزءاً في البليون ، ترتفع نسبة كربوكسى هيموجلوبين في الدم إلى ٢,٥% و ٧,٥% بعد التعرض لمدة ساعة وثمانى ساعات بالتوالى (Landsberg , 1956 . p. 242) .

- حينما يصل تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء إلى ٢٥٠ جزءاً في البليون ، يصعب على الإنسان التخلص من تركيز كربوكسى هيموجلوبين في الدم بواسطة أى من العمليات الطبيعية في جسم الإنسان وحينئذ تبقى كميته في جسم الإنسان لعدم ساعات (Sellers , 1984 . p. 21) .

- تتباين الأعراض المرضية للإنسان وفقاً للنسبة لتركيز كربوكسى هيموجلوبين في الدم ، إذ يتبعها زيادة معاناة مريض الذبحة الصدرية ، ويصاب الإنسان بأضرار صحية عارضة في القلب والشرايين والأوردة مع الإحساس بالتعب عند بذل أقل مجهود ، ويفقد الإنسان النوعى جزئياً ، ويتعرض الإنسان للوفاة وذلك حينما تبلغ نسبته المئوية ٢,٥% و ٢٠% و ٤٠% و ٨٠% على التوالى . (stern , 1984. P. 350) .

كمية أول أكسيد الكربون (Greenwood, 1980. P. 202) زيادة فى كمية ثانى أكسيد الكربون . وقد قدر الباحثون الزيادة التى طرأت على نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء بأنها قد بلغت ٩% خلال الفترة سنة ١٩٨٥ - سنة ١٩٨٥ (على ، سنة ١٩٩٣ . ص ٢٤٥) . كما ينتج أيضاً غاز ثانى أكسيد الكربون مباشرة بفعل العمليات الصناعية التى تضيف حوالى ١,٨ جزء فى المليون / سنوياً إلى الهواء . وإذا تستهلك النباتات والمحاصيل والبحار والمحيطات حوالى ١,١ جزء فى المليون سنوياً ^(١) من هذه الكمية فتقتصر الزيادة الفعلية على ٠,٧ جزء فى المليون / سنوياً (صالح سنة ١٩٧١ ، ص ٩٠) .

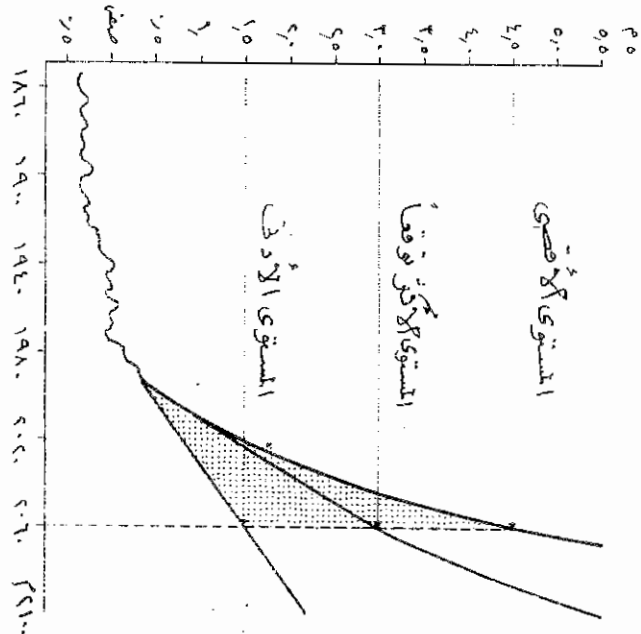
وتشير التوقعات العلمية المعتدلة إلى أن كمية غاز ثانى أكسيد الكربون ستصل فى نهاية القرن العشرين إلى حوالى ٤٠٠ جزءاً فى المليون ، ويتوقع أن تصل إلى ما بين ٥٠٠ و ٥٤٠ جزء فى المليون بحلول عام ٢٠٢٠م (العودات، سنة ١٩٨٥م . ص ٦٤) . ويتبع هذه الزيادة ارتفاع فى درجة حرارة الهواء فى أغلب أجزاء العالم بسبب امتصاص ثانى أكسيد الكربون للأشعة تحت الحمراء (الأشعة الحرارية) Infra-red (Heat) Radiation . ويطلق على هذه الظاهرة - الاحتباس الحرارى ^(٢) . وتنتج عن كون غاز ثانى أكسيد الكربون يسمح بتوغل الطاقة الشمسية إلى الأرض ويمتص فى ذات الوقت الأشعة الحرارية الصادرة من الأرض . ويتبع ذلك حدوث خلل فى التوازن الإشعاعى للأرض إذ يزيد المكتسب عن المفقود من الأشعة الشمسية ، ومن ثم ترتفع درجة حرارة طبقة الأستراتوسفير . ^(٣) (جدول ٣٣) .

^(١) قد أمكن رصد هذه الزيادة فى كمية غاز ثانى أكسيد الكربون فى عدة مراصد منها مرصد (مونالوا) فى جزر هاواى ، وفى مرصد آخر حول القطب الجنوبي بقارة أنتاركتيكا (على سنة ١٩٩٣ . ص ٢٤٥) .

^(٢) كما يطلق عليها ظاهرة الاكتناز الحرارى ، وستدرس هذه الظاهرة بالتفصيل فى الفصل التاسع .

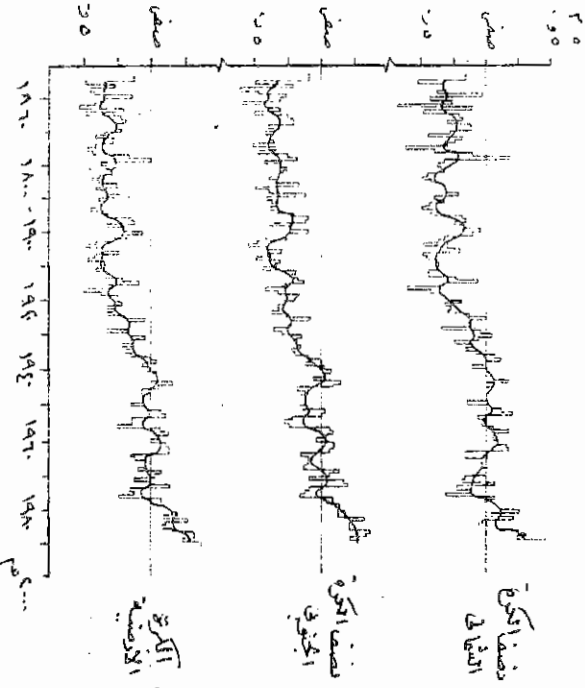
^(٣) قد اتضح من تحليل التسجيلات التاريخية لدرجة حرارة كوكب الأرض أنها قد ارتفعت بالفعل بمعدل يتراوح بين ٠,٥ و ٠,٧ درجة مئوية منذ بداية القرن العشرين حتى سنة ١٩٨٨ (شكل ٥١) .

الموسم العالمي للتغير في درجة حرارة الهواء



ب- مستويات الأدلة العالمية لتوقع

درجة الحرارة بالدرجات المئوية



١- اتجاهات درجة الحرارة *

شكل (٥١) التغيرات المحتملة في درجة حرارة كوكب الأرض * على أساس التسجيلات المناخية
١٩٧٩ - ١٩٥٠ الفترة

المصدر : Gates 1993

وقد توصل فريق من علماء علوم الجو^(١) إلى أن الارتفاع المتوقع لدرجة حرارة الهواء تتراوح بين ١,٥ و ٥,٥ لدرجة مئوية خلال الفترة ١٩٨٩ - ٢٠٣٩م (خيرى ، سنة ١٩٩٣ ، ص ٢٣) . وقد أجمع رأى معظم علماء العلوم الجوية أن السبيل للوصول بدرجة حرارة كوكب الأرض إلى أدنى ارتفاع^(٢)

^(١) من الأدلة على الدفء العالمى Global Warming أنه يرصد درجة حرارة الهواء على المستوى العالمى اتضح أن درجة حرارة الهواء قد ارتفعت فعلاً حوالى ٠,٦ درجة مئوية خلال ١٣٠ سنة الماضية، وقد اتخذ الارتفاع الحرارى اتجاهاً مستمراً ومتصلاً فى نصف الكرة الجنوبي خلال الفترة الزمنية ١٨٦٠ - ١٩٨٠م بينما فى النصف الشمالى ، اتخذ اتجاهاً تدريجياً نحو الارتفاع ١٨٦٠ - ١٩٤٠م ، ثم اتجه نحو الانخفاض ١٩٤٠ - ١٩٧٠م ليعود للارتفاع ثانية حتى الوقت الحاضر . ومن الجدير بالذكر أن درجة الحرارة على المستوى العالمى قد اتجهت نحو الارتفاع على مستوى الكرة الأرضية سواء اليابس للمحيطات (opsit, p. 4) ، وهكذا يقع على الإنسان ونشاطه البشرى المسئولية الأكبر فى الدفء العالمى .

^(٢) يتبع ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوى بسبب الزيادة فى كمية ثانى أكسيد الكربون العديد من الآثار المناخية - التى ستبحث تفصيلاً فى الفصل التاسع - ويمكن إيجازها فى :
- ذوبان جليد المناطق القطبية وشبه القطبية حينما يتراوح متوسط درجة حرارتها صيفاً بين ٧ و ٩ درجة مئوية تحت الصفر ، وشتاء بين ٥ و ١٠ درجة مئوية تحت الصفر (الزوار ، سنة ١٩٨٦ ، ص ٣٥٩) ، ويؤدى ذوبان الجليد إلى ارتفاع منسوب البحار والمحيطات بمعدل أكثر من خمسين متراً ، فتغطي المياه مساحة تقدر بحوالى مليون ونصف المليون كيلو متر مربع من الأرضى الشاطئة حيث السهول الساحلية الزراعية فى العالم ، ويتبع ذلك غمر العديد من المدن الساحلية كما ينقص الإنتاج الزراعى العالمى (Sellers , 1984 . p . 59) .

- يزيد المكتسب من الإشعاع بسبب نقص كمية الأشعة الشمسية المرتدة إلى الغلاف الجوى والفضاء الخارجى بسبب ذوبان الجليد (يتراوح البعد الجليد ما بين ٨٠ و ٨٥% من جملة الأشعة الشمسية الساقطة) ومن ثم تستمر درجة حرارة الهواء فى الارتفاع .

- تزيد كمية المطر فى العروض العليا بينما تنخفض فى العروض الوسطى حيث أراضي الأستبس والسهول .

- يؤدى ارتفاع درجة حرارة الهواء إلى انخفاض معدل ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى الماء ، كما ينطلق فى الوقت ذاته من الماء كمية أكبر من ثانى أكسيد الكربون ، وهكذا يرتفع تركيزه فى الغلاف الجوى وتستمر هذه السلسلة المعقدة ، وجدير بالذكر أن ثانى أكسيد الكربون وأن كان يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الهواء ، إلا أن هذا الارتفاع ليس بدرجة متساوية فى جميع أنحاء العالم بسبب اختلاف مصادر انبعاثه (ينبعث ٩٥% من كميته فى نصف الكرة الشمالى) وبالتالي تختلف تركيزه من مكان لآخر (Greenwood, 1980 . p . 203) .

يمكن يعنى بالضرورة خفض كمية انبعاث ثانى أكسيد الكربون من مصادره
" مختلفة خاصة إحتراق الوقود .

هذا وتعد الغازات الهيدروكربونية Hydrocarbons ثانى أهم
الملوثات الكربونية وتتكون من بعض الغازات المكونة للغلاف الجوى وأهما غاز
الميثان Methane ، فضلاً عن بعض الغازات الهيدروكربونية النشطة ^(١) مثل
الأوليفين Olefin والألدهايدات Aldehydes ، ويمثلان معاً المادة الأساسية
اللازمة للتفاعل الكيميوضوى ^(٢) الذي يتبعه إنتاج الضبخان (Paramena)
(1972 . p . 315)

وتقسم الهيدروكربونات إلى هيدروكربونات غير ميثانية - Non
Methane Hydrocarbons وغاز الميثان Methane ، ويستراوح التركيز
الطبيعى للهيدروكربونات غير الميثانية فى الغلاف الجوى بين صفر و ٠,٠٠٠١
ميكروجرام / انتر المكعب ، ويبلغ بالنسبة لغاز الميثان ١,٥ جزء فى المليون ،
وتتميز الهيدروكربونات غير الميثانية بأن مدة بقائها قصيرة فى الغلاف الجوى ،
إذ لا تتجاوز فى أغلب الأحيان بضعة أيام تمتد فى حالات خاصة إلى عدد قليل
منها ، بينما تزيد بشكل خطير بالنسبة لغاز الميثان لتبلغ ثمانى سنوات (جدول
٢٢) .

^(١) تتكون الهيدروكربونات من العديد من المجموعات التى ينبعث بعضها فى صورة ملوثات أولية مثل :

مجموعة الأوليفينات وتشمل الأثيلين والبروين والبيوتين ٢٠ ، ومجموعة البارفينات Paraffins
تشمل الميثان والايثان والبروبان ، ومجموعة الألكينات Alkynes مثل الأثيلين ، بينما ينتج بعضها
الأخر من جراء التفاعلات الكيميائية فى الغلاف الجوى لتمثل الملوثات الثانوية مثل : مجموعة
الأروماتيات Aromatics تشمل البنزين - تولين - أم اكسبنش (sterm, 1948. P . 167)

^(٢) تنتج بعض المركبات الهيدروكربونية حينما يتكون الضبخان الكيميوضوى Photochemical

Smog وتشمل : مجموعة الألدهايدات وهى عبارة عن هيدروكربونات مؤكسدة Oxygenated

Hydrocarbons مثل فورمالدهيد وأثيلالدهيد وأكرولين ، ومجموعة النترات العضوية Organic

Nitrates وتشمل بيروكسى اسيل نترات peroxyacie (Dobbins 1979 . p . 180)

. Nitrates

وتتم إزاحة الهيدروكربونات غير الميثانية بصورة طبيعية في الغلاف الجوى بواسطة التفاعلات الكيميوضوئية مع أول أكسيد النيتروجين والأوزون في حين يتفاعل غاز الميثان مع الهيدروكسيدات لتكوين أول أكسيد الكربون (Stern , 1984 , p . 30) كما يقوم النبات الطبيعي بامتصاص كثيراً من المركبات الهيدروكربونية غير الميثانية، وتستهلك أيضاً التربة والنبات جزءاً من غاز الميثان بفعل النشاط الميكروبي والتفاعلات الكيميائية (Whelpdale , 1976 , P . 302) .

وتؤثر بعض المركبات الهيدروكربونية سلباً على صحة الإنسان خاصة مادة البنزوبيرين المسرطنة Carcinogenic Benzoperene التي ترفع احتمالات الإصابة بالأمراض السرطانية المختلفة خاصة سرطان الرئة ^(١) . وتلعب بعض المركبات الهيدروكربونية غير الميثانية (مجموعة الأروماتيات) دوراً كبيراً في تشكيل الضبخان الكيميوضوئي ، ومن ثم ترتفع أهميتها كملوثات للهواء مقارنة بغاز الميثان الذي تبدأ خطورته حينما يصل تركيزه إلى ٥٠ % من الهواء ، فيدخل حينئذ في العديد من التفاعلات الكيميائية التي تنتج عنها مركبات أشد خطورة على صحة الإنسان (Hodges, 1977. P . 61) .

ويعتبر الضبخان أسوء مظاهر مظاهر تلوث الهواء ، إذ ينجم عنه تأثيرات بيئية واسعة تكمن في خفض كمية الإشعاع الشمسي الساقط وكذا درجة حرارة الهواء ، فضلاً عن تأثيره الخطير على مرضى الجهاز التنفسي وكبار السن ^(٢) ، وتؤدي المركبات الهيدروكربونية غير الميثانية إلى سرعة التفاعلات الكيميوضوئية اللازمة لإنتاج غاز الأوزون بوصفه ملوثاً ثانوياً شديداً الخطورة على صحة الإنسان ، ولذا فقد وضعت الهيئة الملكية للجبيل ومصلحة الأرصاد

(١) وتؤدي المركبات الهيدروكربونية الأروماتية إلى الإصابة بتهيج العيون حتى في ظل تركيزاتها المنخفضة (٥٠٠ جزءاً في المليون) كما تؤثر مادة الفورمالدهيد تأثيراً فيسيولوجياً خطيراً على الإنسان في ظل تركيز ضئيل لا يتجاوز ٠,٠٦ جزءاً في المليون .

(٢) أدت ظاهرة الضبخان إلى وفاة حوالي أربعة آلاف نسمة في مدينة لندن في شهر ديسمبر سنة ١٩٥٢م، وينتج الضبخان عن سلسلة من التفاعلات الكيميوضوئية بين الغازات النيتروجينية والغازات الهيدروكربونية (جدول ٣٤) .

وحماية البيئة فى المملكة العربية السعودية مقاييس نوعية الهواء الخاصة بها على أساس عدم السماح بارتفاع تركيزها بدرجة تسمح بتكوين غاز الأوزون (جدول ١٥) .

وتنبعث الغازات الكربونية (أول أكسيد الكربون والغازات الهيدروكربونية غير الميثانية وغاز الميثان) من كل من المصادر الطبيعية^(١) والبشرية على السواء ، وتعد السيارات بأنواعها المختلفة المصدر الرئيسى لانبعاث أول أكسيد الكربون إذ أنها مسئولة عن حوالى ٦٣% من إجمالى انبعاثه من المصادر البشرية. (أمين ، سنة ١٩٨٤ . ص ٦٤) ، وترتفع مساهمتها إلى ٧٥% من كميته فى مدينة الجبيل الصناعية ، وتعد أيضاً مسئولة عن انبعاث نصف كمية الهيدروكربونات الناتجة عن الانبعاث من المصادر البشرية (العوادم، سنة ١٩٨٥ . ص ٤٨) .

وتتطلق من وسائل النقل المختلفة كميات كبيرة من غازات العوادم^(٢) وأهمها أول أكسيد الكربون ، ويونوكسيد الكربون (غاز الفحم) ، والهيدروكربونات ، وأكاسيد النيتروجين^(٣) وتتفاعل غازات عوادم السيارات فى أثناء توفر ضوء الشمس فينتج غاز الأوزون ، الذى ما يلبث أن يتحد مع

^(١) ينبعث غاز أول أكسيد الكربون من المصادر الطبيعية مثل الأكسدة الكيمووضوية Photochemical oxidation لغاز الميثان ، ومن الغاز الطبيعى ، ومن النشاط البكتيرى Bacterial Action ، والأكسدة الطبيعية للكربون عندما يتفاعل مع الأكسجين الجوى ، كما ينبعث من تحلل الكائنات الحية والبقايا العضوية ، واحتراق الغابات ، وتحلل الفطريات ، وذوبان الصخور الكلسية ، والبراكين ، والمسطحات المائية ، وتنبعث الهيدروكربونات غير الميثانية من العمليات الحيوية فى التربة والنبات الطبيعى ، وانبعاث الكربون العضوى الطيار من المسطحات المائية ، وينبعث غاز الميثان من العمليات الحيوية فى التربة والماء .

^(٢) قد بلغت كمية غازات العوادم ٤١٦ ألف طن سنة ١٩٨٤م من وسائل النقل بأنواعها المختلفة فى المملكة العربية السعودية (2 . Al - Mutaz , 1988) .

^(٣) قد أثبتت نتائج بعض الدراسات أن السيارة الصغيرة ينطلق منها أثناء تشغيلها كمية تصل إلى حوالى ٦٠ متر مكعب / الساعة من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والرواص وترتفع هذه الكمية إلى الضعف بالنسبة للشاحنات (المعتاز ، أكتوبر سنة ١٩٨٦ . ص ٩) .

الهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين فتننتج مادة بيروكسي أسيل نيسترات وهى مادة أكثر خطورة من سائر غازات العوادم (كمونة ، سنة ١٩٨٨ . ص ٩٦) ، هذا وتنبأين درجة تأثير محطات الرصد البيئى فى مدينة الجبيل بمدى انبعاث الغازات الكربونية من وسائل النقل تبعاً لاختلاف موقعها الجغرافى من الطرق الإقليمية والدولية ، وكذا كثافة الحركة النقلية على كل منهما .

وتنبعث أيضاً الملوثات الكربونية من مصافى الزيت بنسبة تتراوح بين ٥ و ١٠% من إجمالى انبعاثها من المصادر البشرية ، (June , Mutaz - Al) (١٩٨٧ . p . ٤) .

وتتوقف كمية الملوثات الكربونية المنبعثة منها على كمية الزيت المعالج (طاقة المصفاة) ونوع الزيت الخام ، والعمليات الصناعية القائمة بالمصفاة ونوع الأجهزة المستخدمة للحد من انبعاث ملوثات الهواء ومدى صيانتها (المعتاز ، أكتوبر سنة ١٩٨٦ . ص ٩) ، ويسهم أول أكسيد الكربون المنبعث من مصافى الزيت بالمنطقة بنسبة ٦٩% من إجمالى كمية ملوثات الهواء الناتجة عنها (جدول ٢٠) .

وتنبعث كذلك الملوثات الكربونية من العديد من شركات الصناعات البتروكيميائية والمعدنية بمدينة الجبيل الصناعية ومنها مثلاً شركة (ابن البيطار) التي ينبعث منها (١٥٢) طننا/سنوياً من غاز أول أكسيد الكربون (جدول ٢٥) .

كما تنبعث بكميات منخفضة من محطات توليد الطاقة الكهربائية بالمنطقة بسبب اعتمادها على الغاز الطبيعى كوقود ، فيبلغ معدل انبعاث الهيدروكربونات غير الميثانية ٠,٠٠٢ طننا / سنوياً وكذلك ينبعث غاز الميثان بقدر ضئيل لا يتجاوز رطل / مليون قدم مكعب من الغاز الطبيعى المستخدم (الحسن ، سنة ١٩٨٥ . ص ٢١) . وتعتبر حقول الغاز الطبيعى من أهم مصادر غاز الميثان فى المنطقة إذ تبلغ نسبته ٥٦,٣% من مكونات الغاز الطبيعى . ويضاف إلى المصادر البشرية السابقة انبعاث الملوثات الكربونية من مصنعى فرز غاز الزيت ومحطتى التحلية فى مدينة الجبيل الصناعية (جدول ٢٦) .

ثانياً : معدلات التلوث

وتعتمد دراسة الملوثات الكربونية على بيانات محطات الرصد البيئي بمدينة الجبيل الصناعية وتصدر عن الهيئة الملكية للجبيل في تقارير سنوية (١) .

وينخفض معدل التلوث الشهري بغاز أول أكسيد الكربون في المنطقة ليتراوح بين ٠,١٣ جزء في المليون كحد أدنى في شهر إبريل و ٠,٢١ جزء في المليون كحد أقصى في شهر يناير ، ويرجع ذلك لما يتميز به غاز أول أكسيد الكربون من كونه غاز خفيف وسريع الانتشار ويتشتت بسرعة في المنطقة نتيجة لارتفاع كثافة الأشعة الشمسية معظم شهور السنة ، كما ويتأكسد بسرعة إلى ثاني أكسيد الكربون .

(1) Royal Commission for jubail , kingdom of Saudi Arabia :
Jubail Atmosperic Surveys project , Annual Reports for 1979 – 1989 .

- يقتصر رصد الملوثات الكربونية على محطات الرصد البيئي في مدينة الجبيل الصناعية فقط ، ويوضح جدول ٣٥ نتائج تحليل بيانات هذه المحطات .
- ترصد الهيئة الملكية للجبيل الهيدروكربونات غير الميثانية بدلاً من رصد الهيدروكربونات الكلية (تشمل على غاز الميثان) لعدة أسباب هي :
- ينبعث الميثان بكميات كبيرة من العمليات البيولوجية الطبيعية Natural Biological Processes
- يتميز الميثان بنشاط كيميائى محدود Low photochemical Activity
- ترتفع نسبة غاز الميثان في هواء المدن لتتراوح بين ٤٠% - ٨٠% من اجمالى الغازات الهيدروكربونية وهكذا فإذا ما قيس الهيدروكربونات الكلية فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض أهمية الهيدروكربونات التي ترجع إلى المصادر البشرية .

وتعكس قلة الفروق الشهرية في مستوى التلوث بأول أكسيد الكربون ، أنه غاز لا يرتبط في تركيزه بفصيلة واضحة أو شهور بعينها ^(١) ويفسر ذلك بأن أهم مصادر انبعاثه هي وسائل النقل التي لا يرتبط الانبعاث منها بشهر أو فصل معين ، بينما ترتبط مباشرة بكثافة الحركة المرورية على مدار ساعات اليوم ، وسرعة واتجاه الرياح أيضاً ، ولذا ينخفض تركيزه بشكل حاد وسريع بالارتفاع عن مستوى سطح الأرض ، وينعكس ذلك على بيانات الرصد في محطات النخيل والمنتزه حيث يتجاوز ارتفاعهما أربعة عشر متراً (جدول ٣) فضلاً عن ارتفاع برج الرصد في سائر المحطات لحوالي خمسة أمتار ، ويساعد في الوقت ذاته هذا الارتفاع في تحقيق زيادة نسبية في سرعة الرياح حيثما يكاد يختفي تأثير عوامل الاحتكاك في خفض سرعة الرياح .

ويتبع انخفاض معدل معدل التلوث الشهري بأول أكسيد الكربون ، انخفاض في مستوى التلوث السنوي ليتراوح بين ٠,٢٥ جزء في المليون كحد أقصى سنة ١٩٨٤ م ، ٠,١٣ جزء في المليون كحد أدنى سنة ١٩٨٧ ، وتتقارب قيم التلوث السنوي في سائر المحطات (جدول ٣٥) مع ظهور بعض الفروق الطفيفة حيث ترتفع نسبياً في المحطات القريبة من الطرق الرئيسية حيثما ترتفع كثافة الحركة المرورية كما هو الحال في محطات الميناء الصناعي والميناء التجاري والقاعدة البحرية ، ويساعد على ذلك أيضاً موقع هذه المحطات

^(١) تساعد ارتفاع سرعة الرياح في معظم شهور السنة بالمنطقة (جدول ١٠) على سرعة تشتت أول أكسيد الكربون وبالتالي انخفاض تركيزه بصفة عامة . وقد أوضحت الدراسات هذه العلاقة العكسية بين سرعة الرياح وتركيز أول أكسيد الكربون على النحو التالي :

سرعة الرياح (متر / الثانية) تركيز أول أكسيد الكربون (جزء في المليون)

أقل من ١ ٢,٧٨٢

١ - ٢ ١,٣٩٢

٢ - ٣ ٠,٨٨١

٩ ٠,٢٨٥

(وزارة الصحة الكويتية سنة ١٩٨٨ . ص ٢١٥)

فى نطاق السهول الساحلية حيث لا يتجاوز ارتفاع السطح ثلاثة أمتار ونصف المتر (جدول ٣) .

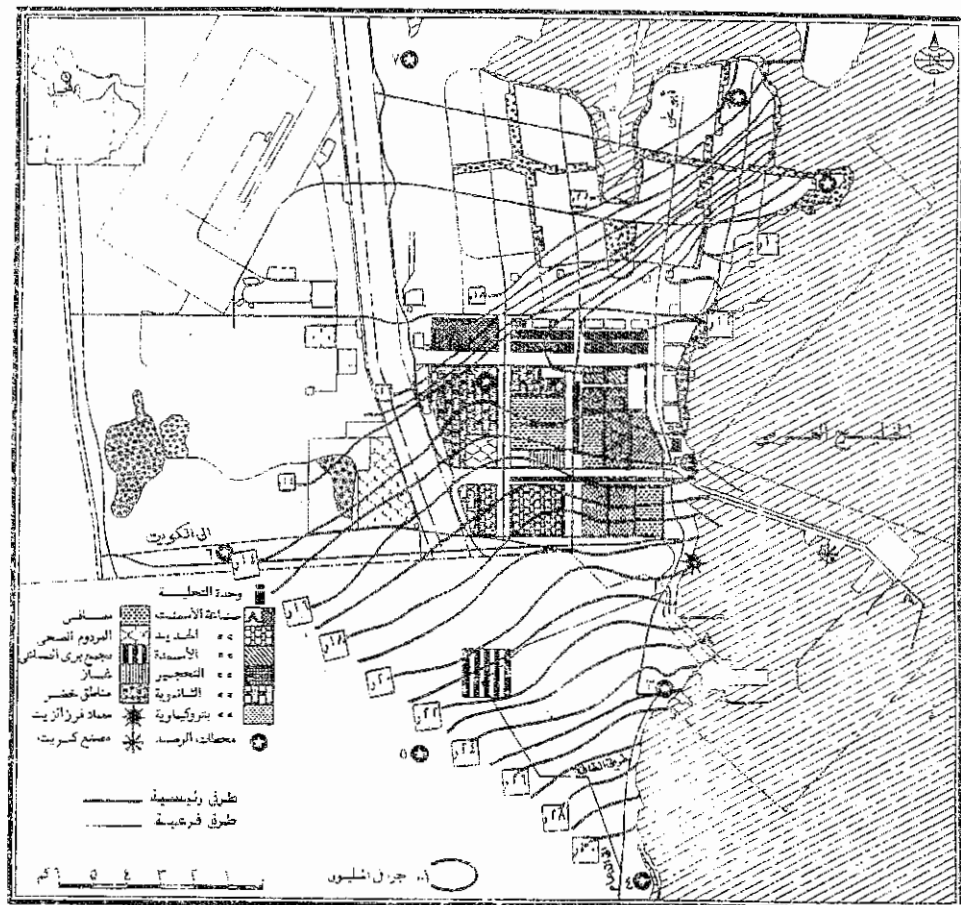
ولذا فقد بلغ معدل التلوث فى هذه المحطات ٠,١٥٠ و ٠,٢٥ و ٠,٣٣ جزء فى المليون على التوالى ، وتعكس خطوط التساوى لمعدلات التلوث (شكل ٥٢) الارتباط بين مستويات التلوث والانبعاث من الحركة النقلية على الطرق الرئيسية ، حيث تظهر قمتان للتلوث ، تقع الأولى فى النطاق الساحلى حيث الطريق الإقليمى الحيوى الجبيل - الدمام وكذا طريق الطاقة المحلى ، ثم تتناقض تدريجياً نحو الداخل حيث الطريق الدولى الجبيل - الكويت الذى تقل عليه كثافة الحركة النقلية ، وتظهر القمة الثانية فى المنطقة السكنية حيث الانبعاث من الطرق الداخلية فى الأحياء السكنية ، وتقع هذه القيم (تعد مرتفعة بالنسبة للمحطات الأخرى) ضمن المعدل المقرر دولياً لتركيز أول أكسيد الكربون على المستوى العالمى والذى يتراوح بين ٠,٠٢٥ و ١,٠ جزء فى المليون .

وتعد هذه القيم منخفضة حين مقارنتها بالتركيز الطبيعى لأول أكسيد الكربون فى هواء نصف الكرة الشمالى الذى يتراوح بين صفر و ١٥ جزء فى المليون (جدول ٢٧) ، وهكذا فإنها تقترب بصفة عامة من الحدود الدنيا للتركيز بفضل سرعة إزاحته فى ظل الخصائص المناخية للمنطقة ، كما يصبح هذا المستوى من التلوث بأول أكسيد الكربون ضئيلاً عند مقارنته بمثيلة فى مدينة القاهرة ^(١) حيث يبلغ ٣٥ جزء فى المليون (سعود ، سنة ١٩٩٣ . ص ٧٥) .

هذا وينخفض أيضاً مستوى التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية ليتراوح بين ٠,٠٢ - ٠,٠٦ جزء فى المليون كربون (جدول ٣٥) وتكاد تنعدم هنا أيضاً الفروق الشهرية للتلوث لذات الأسباب المؤثرة فى أول أكسيد الكربون

^(١) توصف مدينة القاهرة بأنها أكثر مدن العالم تلوثاً بغاز أول أكسيد الكربون (حافظ ، سنة ١٩٩٣ .

- تستخدم وحدة الرصد " جزء فى المليون " عند رصد أول أكسيد الكربون وتستخدم وحدة الرصد " جزء فى المليون كربون " عند قياس الهيدروكربونات الميثانية "



معدلات التلوث بغاز أول أكسيد الكربون في مدينة الخليل

نكس (٢٠٠١)

وقد تبع انخفاض التلوث الشهري بالهيدروكربونات ، انخفاض فى معدل التلوث السنوى أيضاً ليتراوح بين صفر و ٠,١ جزء فى المليون كربون .

ثالثاً : مستويات التلوث الطارئة

تتميز الملوثات الكربونية بذورة يومية واضحة ترتبط فى المقام الأول بكثافة الحركة المرورية على الطرق الحيوية ، ويسهم - فى ذات الوقت - ثبات اتجاه الرياح فى إرتفاع التلوث بصورة فجائية حينما تستمر فى نقل الملوثات الناتجة عن الحركة النقلية وكذا الصناعات البتروكيميائية إلى محطات الرصد البيئى التى تقع فى منصرف هذه الرياح . ويحول أيضاً انخفاض سرعة الرياح دون تشتت هذه الملوثات أفقياً مما يؤدى إلى ارتفاع مستوى التلوث خاصة إذ اقترن بحدوث انقلاب حرارى يمنع تشتتها رأسياً .

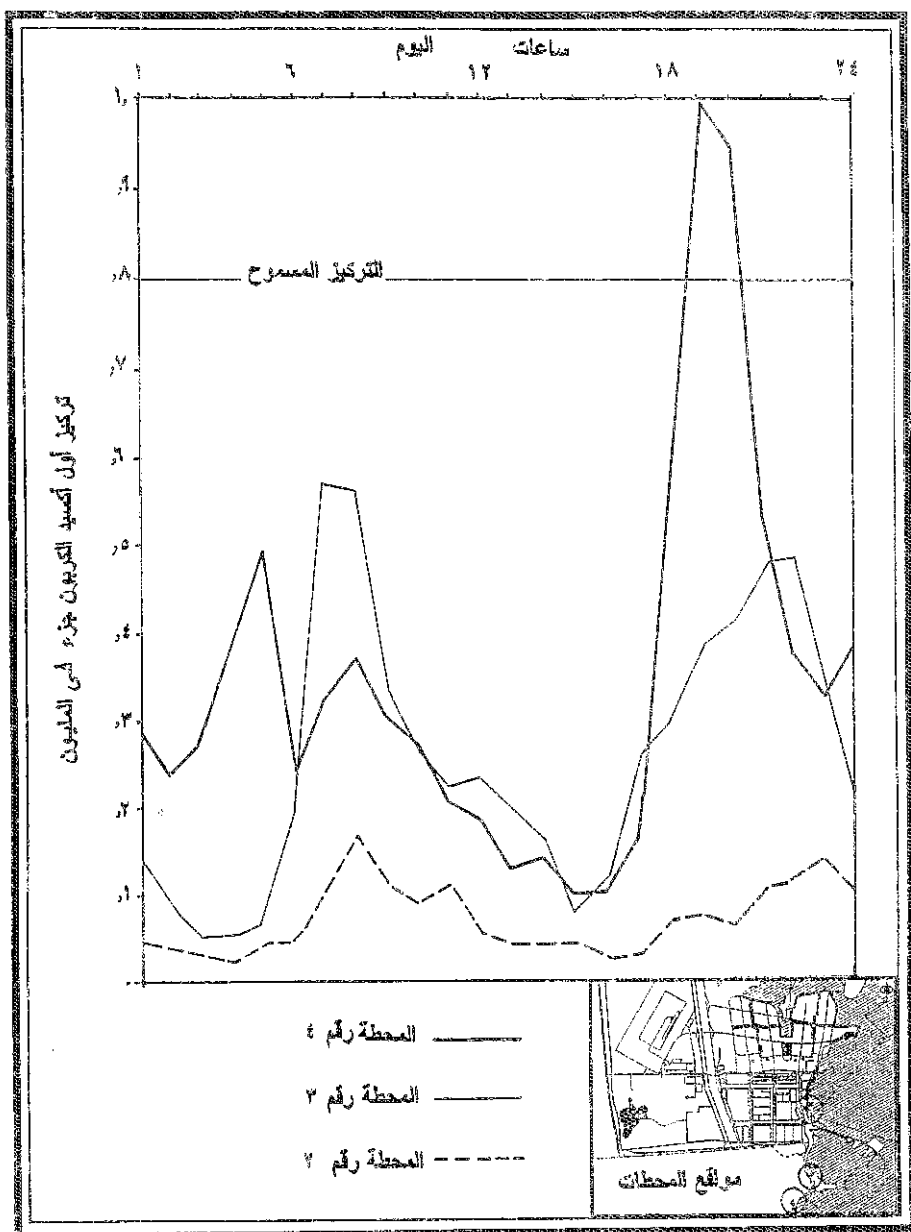
ويمكن دراسة مستويات التلوث الطارئة من خلال عنصرين :

- الدورة اليومية للملوثات - التركيزات القصوى

١- الدورة اليومية للملوثات :

ويتباين مستوى التلوث اليومى بأول أكسيد الكربون على مدار ساعات اليوم وفقاً لتباين كثافة الحركة المرورية ^(١). إذ يرتفع مستوى التلوث ليبلغ أقصاه خلال ساعات الذروة المرورية على الطريق الإقليمى الجبيل - الدمام بين الساعة السادسة والتاسعة للفترتين الصباحية والمسائية فى محطات الميناء الصناعى والميناء التجارى والقاعدة البحرية (شكل ٥٣) فى نطاق السهول الساحلية ، ويرتفع مستوى التلوث بشكل أكثر وضوحاً فى محطة القاعدة البحرية ليصل إلى جزء واحد فى المليون الساعة السابعة مساءً ممثلاً أعلى متوسط للتلوث ، ويرتفع أيضاً إلى ٠,٦ جزء فى المليون الساعة السابعة صباحاً ،

^(١) قد تم اختيار هذا المثال ، لتوفر البيانات اللازمة بشكل كامل ودقيق ، فضلاً عن تميز شهر نوفمبر بانخفاض طبقة الاختلاط (خلط ملوثات الهواء رأسياً) نتيجة لكثرة تكرار الانقلاب الحرارى السطحي ليلًا مما يساعد على ارتفاع تركيز أول أكسيد الكربون بالقرب من مصدر انبعاثه من وسائل النقل ، ويؤكد هذا المثال ارتباط التلوث بأول أكسيد الكربون بالانبعاث من وسائل النقل .



شكل ٥٣

التلوث بأول أكسيد الكربون
على مدار ساعات اليوم في شهر نوفمبر ١٩٨٦ في المحطات الساحلية

وتشترك المحطتان الأخريان مع هذه المحطة فى ارتفاع متوسط التركيز فى ذات التوقيت وإن كان بمستوى أقل . وتتفرد محطة القاعدة البحرية بقمة ثالثة الساعة الرابعة صباحاً بسبب موقعها بالقرب من قاعدة الملك عبد العزيز البحرية حيث تنشط حركة المرور نسبياً فى ذلك الوقت .

ويرتفع كذلك أقصى تلوث يومية بأول أكسيد الكربون ليبلغ ٣,٧ جزءاً فى المليون فى ذات المحطة (محطة القاعدة البحرية) ، ويرتفع كذلك ليبلغ ٢,٩ جزءاً فى المليون فى محطة الميناء الصناعى (شكل ٥٤) ، ويرجع ارتفاع مستوى التلوث فى كليهما إلى تعدد مصادر الانبعاث الرئيسية بالقرب منهما كما اتضح من قبل ، فضلاً عن موقعهما فى منصرف الرياح السائدة .

ويرتفع أيضاً فى النطاق الداخلى حيث محطة المنزلة ليصل إلى ٢,٣ جزءاً فى المليون لتأثرها بالانبعاث من وسائل النقل على الطريق الدولى الجبيل - الكويت وكذلك الطريق الإقليمى الدمام - أبو حدرية .

وهكذا تتشابه خطوط التساوى لمعدلات التلوث (شكل ٥٢) مع نظيرتها لأقصى تلوث يومية (شكل ٥٤) . ولعل أهم ما يلفت النظر فيما يتعلق بأقصى تلوث يومية بغاز أول أكسيد الكربون هو ارتفاع نصيب محطة النخيل إلى الجنوب من المنطقة الصناعية بعيداً عن أهم الطرق بالمنطقة ، إذ يرتفع التلوث فى هذه المحطة لتحل المركز الأول بين سائر المحطات .

ويمكن إرجاع ذلك إلى انحصار سنوات الرصد فيها على الفترة (سنة ١٩٧٩ - سنة ١٩٨٣) التى تقتصر بإنشاء مجمع برى الصناعى (مصنع سوائل الغاز الطبيعى - مصنع إزالة الكبريت - محطة توليد الطاقة الكهربائية) ، ومن ثم قد ارتفعت كثافة الحركة على الطريق المعروف محلياً باسم طريق (الطاقة) ^(١)، ويتبع ذلك زيادة فى الانبعاث وبالتالي ارتفاع مستوى التلوث قريباً منها .

هذا ويرتفع أقصى يومية بالهيدروكربونات غير الميثانية فى محطة القاعدة البحرية ليبلغ ٠,٨ جزءاً فى المليون كربون ، متجاوزاً بذلك الحد الأدنى

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

للتلوث - الذى سجل فى محطة المنتزة الداخلية - الذى يبلغ ٠,٢ جزء فى
المليون كربون بمقدار أربعة أمثاله ٠ ويرجع هذا التفاوت الواضح فى مستوى
التلوث بين المحطات إلى اختلاف موقعها الجغرافى بالنسبة للخليج العربى بوصفه
مصدراً أساسياً للانبعاث الطبيعى، فضلاً عن موقعها بالنسبة للطرق الرئيسية
واختلاف كثافة الحركة عليها .

ولم يظهر أى ارتباط بين تلوث الهواء بالهيدروكربونات غير الميثانية
وبين فصل أو شهر معين تماماً مثل التلوث بأول أكسيد الكربون ، إذ يتراوح
متوسط التركيزات اليومية القصوى بين ٠,١٤ جزء فى المليون كربون كحد
أدنى فى شهر يناير ، و ٠,٢١ جزء فى المليون كربون كحد أقصى فى شهر
ديسمبر .

ويؤثر اتجاه الرياح فى تحديد درجة تركيز الملوثات الكربونية حيث
يرتبط ارتفاع تركيزها بهبوب الرياح القارية التى تنقل التلوث من كل من وسائل
النقل على الطرق البرية والصناعات البتروكيميائية إلى المحطات الساحلية
الشرقية ، ويرتفع مستوى التلوث فى محطة القاعدة البحرية فى أثناء هبوب
الرياح البحرية والقارية ٠ إذ تساعد الرياح البحرية الشرقية على نقل انبعاث
الكربون العضوى الطيار وكذا الانبعاث الناتج عن الحركة الملاحية فى قاعدة
الملك عبد العزيز البحرية ، بينما تسهم الرياح القارية فى نقل التلوث من الطريق
الإقليمى الساحلى الجبيل - الدمام ، وكذا من الصناعات البتروكيميائية ومصفاة
بترومين شل فى المنطقة الصناعية ٠ وتعد محطة الخزانات التى تقع فى نطاق
الصناعات الثانوية أقل المحطات تلوثاً بالغازات الكربونية بسبب بعدها النسبى
عن أهم المصادر البشرية للتلوث (وسائل النقل) ، فضلاً عن بعدها عن الخليج
العربى المصدر الطبيعى لانبعاث الكربون .

هذا ويفوق التلوث اليومى بغاز أول أكسيد الكربون نظيره
للهيدروكربونات غير الميثانية (جدول ٣٥) فى سائر المحطات على الرغم لما
يتميز به من سرعة الأكسدة والتشتت تحت تأثير الظروف المناخية للمنطقة

ويمكن ارجاع ذلك إلى ارتفاع مساهمته إلى ٦٩% من إجمالي الملوثات الناتجة عن مصافي تكرير الزيت مقابل ٢,٨% فقط منها للهيدروكربونات غير الميثانية (جدول ٢٠) ، فضلاً عن ارتفاع مساهمة المصادر البشرية بنصيب يعادل ٢٥% من تركيز أول أكسيد الكربون في الغلاف الجوي مقابل نسبة ضئيلة للهيدروكربونات (Stern , 1984. P . 30) .

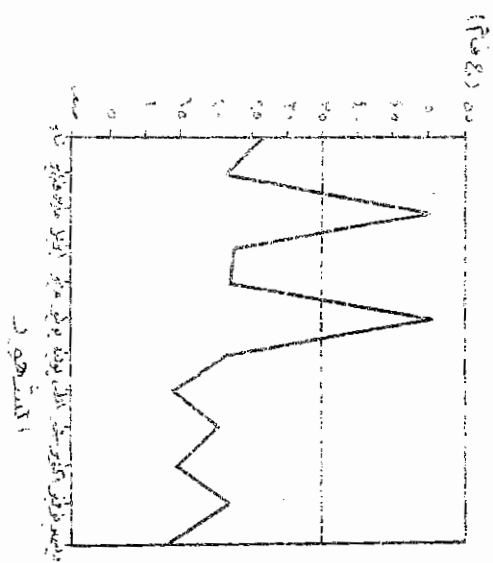
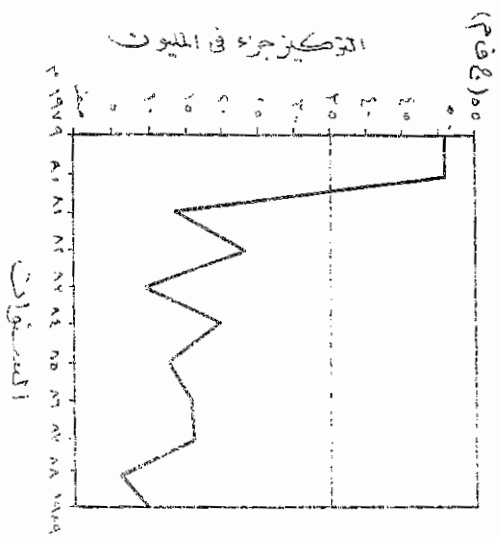
هذا وتحفظ المحطات التي تبعد عن أهم الطرق الرئيسية مثل محطات القناير والخزانات بأقل مستوى للتلوث سواء بأول أكسيد الكربون أو الهيدروكربونات غير الميثانية .

٢ - التركيزات القصوى :

يرتفع مستوى التلوث بغاز أول أكسيد الكربون خلال فترة زمنية قصيرة تحت تأثير أحوال الطقس التي تحول أحياناً دون سرعة تشتته والتشرد . فقد بلغ أقصى تلوث بأول أكسيد الكربون خلال ساعة ٥٠,٤ جزء في المليون في محطة الميناء التجاري في شهر يونية سنة ١٩٧٩م (١) (شكل ٥٥) .

وقد بلغ أيضاً ٥٠,٣ جزء في المليون في محطة الميناء الصناعي في شهر مارس سنة ١٩٨٠م . وتظهر خطوط التساوي لأقصى تلوث خلال ساعة بأول أكسيد الكربون (شكل ٥٦) أيضاً الارتباط الوثيق بالانبعاث من وسائل النقل إذ تبلغ ٥٤ جزء في المليون في المناطق الساحلي حيث طريق الجبيل - الدمام الحيوي ، ثم تتدرج تناقصاً نحو الغرب حيث طريق الجبيل - الكويت ، وكذا نحو الأحياء السكنية شمالاً . وهكذا فإن هذه التركيزات ترتفع عن حدود التلوث

(١) تتميز هذه المحطة بانخفاض سرعة الرياح بصفة عامة لموقعها في المنطقة المركزية بمدينة الجبيل حيث يزيد تأثير عامل الاحتكاك ، فضلاً عن موقعها في منطقة لا يتجاوز ارتفاعها أربعة أمتار . ومن ثم يرتفع بشكل عام تركيز أول أكسيد الكربون لارتباطه عكسياً مع سرعة الرياح ، فعلى سبيل المثال يبلغ تركيزه ١٤ جزء في المليون في ظل رياح تبلغ سرعتها ٣ متر/ثانية ، بينما ينخفض إلى ٩ جزء في المليون عندما ترتفع سرعة الرياح إلى ٣٣ متر/الثانية (Georii , 1969 . p . 628) .



شكل (٥٥) أقصى دناوث بجاز أول أكسيد الكربون خلال ساعة (الجميل)

المسموح في الجبيل والمملكة العربية السعودية وكذلك في القناتون القناتون
الأمريكي التي تبلغ ٣٥ جزء في المليون ^(١) ، وتعتبر هذه التركيزات خطيرة على
صحة الإنسان خاصة وأنها قد حدثت في المنطقة المركزية بمدينة الجبيل ،
وبالقرب من الأحياء السكنية على الساحل الشرقي (شكل ٥) .

ويعد أقصى تلوث بغاز أول أكسيد الكربون شبيهاً بمثلها في مدينة
الرياض السعودية حيث بلغ ٤٠ و ٥٠ و ٣٥ جزء في المليون في شمال ووسط
وجنوب الرياض على التوالي خلال الفترة من الحادي والعشرين والثلاثين
والعشرين من شهر مارس سنة ١٩٧٧ .

(Al - Mutaz , june 1988. P. 1) ، وقد بلغ في دراسة أخرى في
ذات المدينة خلال الفترة بين السادس عشر من شهر مارس والأول من شهر
إبريل سنة ١٩٧٧م ، بلغ ٥٠ جزء في المليون (Bradstreet, 1978. P. ٦)
وهكذا فإن أقصى تلوث خلال ساعة بأول أكسيد الكربون لا يرتفع في المنطقة
فحسب ، بل ويرتفع على مستوى المملكة العربية السعودية ^(٢) أيضاً بسبب
الطفرة العددية في وسائل النقل المستخدمة نتيجة العوامل الاقتصادية
والديموغرافية والاجتماعية - كما اتضح من قبل - وما يصاحبها من زيادة
ملموسة في كمية عوادم السيارات ، ويعد أيضاً أقصى تلوث بغاز أول أكسيد
الكربون مرتفعاً في المنطقة بمقارنته بمثلها في بعض المدن الأمريكية في ولاية
تكساس خلال سنة ١٩٧٩ و سنة ١٩٨٠ . حيث لم يتجاوز ٢٢,٢ جزءاً في
المليون سنة ١٩٧٩ م و ١٦,٤ جزء في المليون سنة ١٩٨٠ م (جدول ٣٦)
لتعامل هذه التركيزات ما نسبته ٤٤% فقط من مثيلاتها بالجبيل .

(١) يسمح بتجاوز هذا التركيز مرة واحدة في الشهر بالجبيل ، ومرتين في الشهر في المملكة العربية
السعودية (جدول ١٥) .

(٢) قد بلغت مثلاً كمية عوادم السيارات في مدينة الرياض (العاصمة السعودية) : ١٥ ألف طن من
الهيدروكربونات و ٩٠ ألف طن من أول أكسيد الكربون و ١٩ ألف طن من أكاسيد النيتروجين .

وتسجل هذه التركيزات القصوى بالجيبيل في أثناء حدوث الانقلاب الحراري السطحي الذي يتكرر خلال فصول السنة (باستثناء فصل الصيف) ، ويحدث ليلاً ويستمر حتى ساعات الصباح الأولى وشروق الشمس حيث يأخذ قسماً التلوث تدريجياً . وهكذا فإنه يحدث أحياناً خلال ساعات السدرة المروية الصباحية حيث يرتفع الارتفاعات العواصم ومنها أول أكسيد الكربون ، وقد تدخل أحوال الطقس لتحول دون اختلاطه رأسياً ، ومن ثم يتركز بالقرب من سطح الأرض مسجلاً هذه التركيزات القصوى خلال فترة زمنية قصيرة لا تتجاوز ساعة على الأكثر (١) .

ولهذا السبب فإن مستوى التلوث بأول أكسيد الكربون خلال ثمانين ساعات لم يتجاوز حد التلوث المسموح به في الجيبيل والمملكة العربية السعودية والذي يبلغ ٨ جزء في المليون (٢) ، سوى مرة واحدة فقط خلال عقد كامل . وقد حدث هذا التجاوز في محطة الميناء الصناعي على الطريق الإقليمي الجيبيل - النمام في يوم العاشر من سبتمبر سنة ١٩٨٧ م . بين الساعة الخامسة مساءً والواحدة بعد منتصف الليل في أثناء حدوث انقلاب حراري سطحي تبعه انخفاض في طبقة الاختلاط ، ومن ثم ارتفاع في تركيز أول أكسيد الكربون .

ويرتفع أيضاً أقصى تلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية خلال ساعة (شكل ٥٧) ليبلغ ٦,٢ جزء في المليون كربون في محطة الميناء التجاري لذات الأسباب التي أدت إلى ارتفاع مثيله بالنسبة الأول أكسيد الكربون . وقد حدث ذلك التركيز خلال شهر إبريل سنة ١٩٨٣ م حينما يتعرض النطاق الساحلي لمدينة الجيبيل الصناعية لتكرار ظاهرة الانقلاب الحراري الجبهي ، والتي بلغت عندها خلال هذا الشهر اثنين وعشرين انقلاباً ، ومن ثم تنخفض طبقة اختلاط ملوثات الهواء ويرتفع تركيزها بالقرب من مصدر التلوث .

(١) بالرغم من أن هذه التركيزات القصوى تحدث خلال فترة زمنية قصيرة وبالتالي تقل مدة العرض لها ، إلا أن ذلك لا يقلل من خطورتها على صحة الإنسان والبيئة أيضاً .

(٢) يسمح بتجاوز هذا التركيز مرتين في الشهر (جدول ١٥) .

ومما يذكر أن أقصى تلوث بأول أكسيد الكربون خلال ساعة قد تفسوق في سائر المحطات ^(١) على أقصى تلوث يومي بالهيدروكربونات غير الميثانية بسبب ارتباط الأول بأحوال طقس معينة طارئة تستمر بضع ساعات ، في حين أن الثاني يحتاج إلى أخرى تستمر لمدة أربع وعشرين ساعة .

هذا وترصد الهيدروكربونات غير الميثانية في المنطقة خلال ثلاث ساعات تمتد بين السادسة والتاسعة صباحاً ، وقد حددت الهيئة الملكية للجبيل ومصلحة الأرصاد وحماية البيئة حد التلوث المسموح ٠,٢٥ جزء في المليون كربون ، ولا يسمح بتجاوزه على الإطلاق .

وقد أخذ في الاعتبار عند تحديد هذا التركيز أنه يمنع إتصاد الهيدروكربونات غير الميثانية مع ملوثات الهواء الأخرى لتشكل غبار الأوزون كملوث ثانوي ، وهكذا يخضع التحديد هنا لاعتبارات بيئية وليس لاعتبارات صحية كما هو الحال في ملوثات الهواء الأخرى .

ويرتفع متوسط التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية خلال ثلاث ساعات (السادسة - التاسعة صباحاً) في محطتي الميناء التجاري والميناء الصناعي في أثناء هبوب الرياح القارية مثلما هو الحال في التلوث اليومي ولذا الأسباب أيضاً .

وقد بلغ متوسط التلوث جزءاً واحداً في المليون كربون ، و ٠,٥٣ جزءاً في المليون كربون في هاتين المحطتين بالتوالي .

وترتفع عدد التجاوزات لحد التلوث المسموح بدرجة خطيرة (جدول ٣٥) إذ لا يسمح بتجاوزه سواء في الجبيل أو المملكة العربية السعودية . وتعتبر محطة الميناء الصناعي أولى المحطات حيث تقع ٣٠% من إجمالي عدد التجاوزات ، وتليها في المركز الثاني محطة الميناء التجاري بتجاوزات تصل نسبتها ٢٧,٩% وتنحصر بذلك ٥٨% تقريباً من التجاوزات في هاتين المحطتين

(١) باستثناء محطتي السروج والفاتير بسبب بعدهما عن مصادر التلوث من وسائل النقل ، وكذا موقعهما شمال المنطقة الصناعية . هذا فضلاً عن قلة سنوات الرصد في كل منهما (جدول ٣) .

المساحليتين لذات الأسباب التي قد أدت إلى ارتفاع مستوى التلوث في كل منهما ،
وتتساوى عدد التجاوزات في محطات القاعدة البحرية وجامسودة بنصيب تبلغ
نسبته ١٧% لكل منهما ، وتقل عدد التجاوزات إلى أدنى مستوى لها في محطة
المنتزة الداخلية ليلبلغ خمسة تجاوزات فقط . ويرجع انخفاض مستوى التلوث في
هذه المحطة وبالتالي في عدد التجاوزات إلى انحصار مصادر التلوث هنا على
وسائل النقل على الطريق الدولي الجبيل - الكويت الذي تقل عليه الحركة مقارنة
بالطريق الإقليمي الحيوي الجبيل - الدمام . هذا فضلاً عن موقعها في الجنوب
الغربي من المنطقة الصناعية ، ومن ثم يتوقف وصول ملوثات الهواء إليها على
هبوب الرياح الشمالية الشرقية .

ويذكر أن سنة ١٩٨٩ م قد استحوذت على أكثر من نصف عدد
التجاوزات في حين كان أقلها سنة ١٩٨٦ م بنصيب لا يتجاوز فقط . وهذا بلغت
النسبة المئوية للزيادة في عدد التجاوزات ٨٦,٨% خلال سنتين فقط ، ويمكن
إرجاع ذلك إلى تشغيل العديد من الشركات البتروكيميائية ومصفاة بترومين شسلي ،
فضلاً عن الزيادة المطردة في عدد السكان وما تبعها من استخدام كثيف في
وسائل النقل .

ويجدر التنويه هنا إلى أن ارتفاع عدد التجاوزات فيما يتعلق بالتلوث
بالهيدروكربونات غير الميثانية خلال ثلاث ساعات - على الرغم من عدم السماح
مطلقاً بأى تجاوز - يعنى خطورتها البيئية الكبيرة ، ويعد انتهاكاً واضحاً
لمقاييس نوعية الهواء محلياً وإقليمياً وعالمياً أيضاً .

وعند مقارنة هذه التجاوزات بتمثيلاتها الخاصة بأول أكسيد الكربون
سواء خلال ساعة واحدة أو خلال ثماني ساعات ، يتضح أنها كانت مقبولة
بالنسبة لأول أكسيد الكربون لأنها تقع في الحدود المسموح بها ، بينما تعد
خطيرة بالنسبة للهيدروكربونات غير الميثانية على الرغم من كونها أقل سمية
من أول أكسيد الكربون .

خلاصة الفصل :

يمكن القول بأن مستوى التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية ينسذر بمشكلة بيئية خطيرة إذ يتبعه فى مستوى التلوث بغاز الأوزون فى المنطقة ، ومما يزيد من خطورتها احتمال ارتفاع تركيزها مستقبلاً مع التركيز السهائل للصناعات البتروكيميائية دون أن يصاحب ذلك اهتماماً شاملاً وجهوداً مكثفة للأخذ بتقنيات مكافحة التلوث من مختلف مصادره .

فصلاً عن الزيادة المتوقعة فى عدد السكان وما يصاحبها من توسع فى استخدام وسائل النقل التى تعد أهم المصادر البشرية للتلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية .

ولذا يعتبر التلوث بالهيدروكربونات غير الميثانية هو الأخطر محلياً مقارنة بأول أكسيد الكربون ، إذ أن الأولى فى اتجاه مستمر نحو الارتفاع ، فى حين اتخذ الثانى اتجاهاً نحو الانخفاض . هذا ويتبع كل منهما آثار بيئية خطيرة ، فإذ يؤدى ارتفاع التلوث بالهيدروكربونات إلى إنتاج غاز الأوزون كملوث خطير فى المنطقة ، نجد أن ارتفاع التلوث بأول أكسيد الكربون يعنى بالضرورة ارتفاع تركيز ثانى أكسيد الكربون على المستوى العالمى ويستتبع ذلك تغيرات واسعة فى مناخ الكرة الأرضية ، ولا شك فى أن منطقة الدراسة سيصيبها بعضاً من هذه التغيرات المناخية التى يبحثها الفصل التاسع .

الفصل السابع
الملوثات النيتروجينية
مصادرها - تفاعلاتها - مستوياتها

مقدمة

أولاً: خصائص ومصادر الملوثات النيتروجينية.

ثانياً: معدلات التلوث.

ثالثاً: مستويات التلوث الطارئة.

١ - التلوث اليومي.

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.

تتميز الملوثات النيتروجينية التي تشتمل على كل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين بتعدد المصادر البشرية لانبعاثها. إذ تسهم وسائل النقل بأكثر من ثلاثة أخماس كميتها في الغلاف الجوي، كما تنبعث من الصناعات البتروكيميائية ومصافي تكرير الزيت وكذا محطات توليد الطاقة الكهربائية.

ولذا يعتبر مستوى تركيز هذه الملوثات حصة الانبعاث من كل من وسائل النقل والأنشطة الصناعية تحت تأثير الخصائص المناخية العامة التي تتحكم في توزيعها وتشتتها، ومن ثم في معدلاتها. وتسهم في ذات الوقت أحوال الطقس في 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 - في ضوء خصائصها الكيميائية - من ناحية أخرى، من خلال دراسة العناصر التالية:-

أولاً: خصائص ومصادر الملوثات النيتروجينية.

ثانياً: معدلات التلوث.

ثالثاً: مستويات التلوث الطارئة.

أولاً: خصائص ومصادر الملوثات النيتروجينية

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

حجم الهواء متمثلاً في أكسيد النيتروز^(١) Nitrous Oxide، وأول أكسيد النيتروجين Nitric Oxide، وثاني أكسيد النيتروجين Nitrogen Dioxide ويطلق عليها جميعاً أكاسيد النيتروجين Nitrogen Oxides ويتشكل غاز أول أكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي نتيجة لعمليات الاحتراق الجوي Atmospheric Combustion (عمليات الأكسدة الجوية). ويتميز بأنه غاز عديم اللون والمذاق والرائحة ويوجد بتركيز منخفض في الغلاف الجوي ومن ثم تقل خطورته على صحة الإنسان والبيئة.^(٢) وتأتي أهميته كملوث للهواء من سرعة أكسدة بواسطة غاز الأوزون الجوي Atmospheric Ozone والتفاعلات الكيميائية فيتشكل غاز ثاني أكسيد النيتروجين^(٣) ويحدث ذلك التفاعل بمجرد أن يبلغ تركيز أول أكسيد النيتروجين جزءاً واحداً في البليون فيتحول في جزء من الثانية إلى غاز بني اللون هو ثاني أكسيد النيتروجين^(٤) ولذا لم تهتم الهيئة الملكية بالجبيل وكذلك مصلحة الأرصاد وحماية البيئة بوضع حد للتلوث المسموح

^(١) يتميز غاز أكسيد النيتروز بأنه غاز حامل ينتج في مجمله من المصادر الطبيعية ولذلك لا يدرس كأحد الغازات الملوثة للهواء. ويوجد في الهواء الجوي بتركيز ٥٠٠ جزءاً في البليون ، ويدخل في العديد من التفاعلات الكيميائية في الهواء [Smit, 1976. p.251].

^(٢) يتراوح التركيز القاعدي لغاز أول أكسيد النيتروجين بين ٠,٢ و ٥,٠ جزءاً في البليون . ويكاد يختفي غاز ثاني أكسيد النيتروجين فوق المسطحات المائية بينما يرتفع إلى ٤ جزءاً في البليون كحد أقصى فوق القارات [Robinson, 1970. p.56]. ويتمتع غاز النيتروجين بأشكاله المختلفة بدوره ثابتة في الطبيعة تؤدي إلى الحفاظ على نسبته في الهواء [أبو شقرا، سنة ١٩٧٧. ص ١١١].

^(٣) غاز ثاني أكسيد النيتروجين هو غاز بني اللون ينتج طبيعياً عن أكسدة النيتروجين في درجات حرارة تبلغ أكثر من ١١٠٠ درجة مئوية. ويعتبر غاز جيد الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية [Sellers, 1984. p.20].

^(٤) تقل سرعة هذا التفاعل عندما ينخفض تركيز أول أكسيد النيتروجين في الهواء فمثلاً: عندما يبلغ تركيزه ٠,٠٠١ جزءاً في البليون، يحتاج إلى مائة ساعة ليتحول نصفه فقط إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين. ويساعد توفر الأوزون في الغلاف الجوي على سرعة هذا التفاعل إذ تتم عملية أكسدة خلال ١,٨ ثانية فقط حينما يبلغ تركيز الأوزون ١٠٠٠ جزءاً في البليون [Smit, 1976 p.251].

ثابت لغاز أول أكسيد النيتروجين. ويعتبر غاز ثاني أكسيد النيتروجين ^(١) أهم الغازات النيتروجينية الملوثة للغلاف الجوى وإن كان يمثل ٠,٥ % من إجمالي أكاسيد النيتروجين [Hodges, 1977, p.62].

وينبعث أول وثاني أكسيد النيتروجين من المصادر الطبيعية بنسبة ٧١ % من إجمالي كميتها في الغلاف الجوى [Sterm, 1984 p.31]. وتعتبر العمليات البيولوجية الطبيعية Natural Biological Processes من أهم هذه المصادر، يضاف إليها العمليات الحيوية في التربة، فضلا عن البرق والبراكين. وتسهم الأنشطة البشرية - المصادر الملوثة للهواء - بنسبة ٢٩ % من كميتها، وتكون مساهمتها أكثر وضوحا وخطورة على صحة البيئة لانحصارها في مساحة محدودة بالقرب من مصادر الانبعاث ^(٢).

ويمكن حصر هذه الأنشطة البشرية المسؤولة عن تلوث الهواء بالغازات النيتروجينية بالمنطقة في:

^(١) تنخفض مدة بقاء غاز ثاني أكسيد النيتروجين نتيجة النشاط الكيميائي ومن أمثلة ذلك:
أول أكسيد النيتروجين + الأوزون → ثاني أكسيد النيتروجين + أكسجين ذرى (ويساعد هذا التفاعل على سرعة إزاحة غاز الأوزون كما سيتضح فيما بعد)
ثاني أكسيد النيتروجين + الأوزون → نترات + أكسجين جوى
ثاني أكسيد النيتروجين + نترات → خامس أكسيد النيتروجين
خامس أكسيد النيتروجين + بخار الماء → حمض النيتريك (أحد مكونات المطر الحامض)، كما يسهم في تكوين الضبخان الكيميوضوى نتيجة لسرعة أكسده في المناطق الدفينة ذات الطقس المشمس [Whelpdale, 1976, p.302].

^(٢) تعد الغازات النيتروجينية من ملوثات الهواء الخطيرة إذ تسهم في تكوين الضبخان الكيميوضوى كنتيجة لتفاعلاتها تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation فيما يعرف بالتفاعل الكيميوضوى 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 لإبعاثها إذ تسهم بحوالى ٧٠% من كمية التلوث على المستوى العالمى كنتيجة للاحتراق الغير كامل للوقود [الحسن، سنة ١٩٨٨، ص ١٢]. وتتباين درجة تأثير محطات الرصد بالتلوث من وسائل النقل تبعاً 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 كيلومتراً فقط. وتعتبر محطة المنزلة 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 تقريباً.

صناعة تكرير الزيت والبتروكيماويات:

ينبعث ثاني أكسيد النيتروجين بوصفه ملوثاً أولياً مباشرة من مصافي تكرير الزيت بالمنطقة بكمية تعادل ١٤,٨% من جملة الملوثات الناتجة عنها (جدول ٢٠)، يضاف إليها انبعاثه من مصنعى فرز غاز الزيت ومصنع بصرى لسوائل الغاز الطبيعى، ومصنع سوائى الغاز الطبيعى فى بلدة العضية وكذا خط أنابيب التالين. وتسهم أيضاً بعض الصناعات البتروكيماوية والمعدنية فى انبعاث 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 الكيميائية (جدول ٣٤)، فضلاً عن تأثيرها الخطير فى صحة الإنسان إذ يعتبر غاز ثانى أكسيد النيتروجين شديد السمية. (٣)

(١) ينبعث مثلاً فى منطقة الشعبة (على بعد ٤٠ كم جنوب شرق الكويت العاصمة) من مصافى تكرير الزيت ومصانع البتروكيماويات والحديد والصلب كمية من أكاسيد النيتروجين يبلغ معدنها ٣٩٧٢٨ طن/سنوياً بالإضافة الى ٧٣,٢٦ طن/ سنوياً من غاز الامونيا [العجمى، سنة ١٩٨٦ ص ٢٦٨].

(٢) تختلف كمية التلوث باختلاف الوقود المستخدم، ففي المحطات التى تعتمد على الغاز الطبيعى بوصفه وقوداً كما هو الحال بالمنطقة، يتراوح معدل انبعاث أكاسيد النيتروجين بين ٠,٣ و ١,٤ جزءاً فى المليون. ويقل عن ذلك كثيراً عند استخدام زيت الوقود ليتراوح بين ٠,٢ و ٠,٧ جزءاً فى المليون [المعتاز، سبتمبر سنة ١٩٨٦ ص ٢١].

(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 ص ٩٤].

ثانياً: معدلات التلوث

تسهم أحياناً بعض العناصر المناخية في الحد أحياناً من الآثار السلبية للتلوث الشديد بالغازات النيتروجينية. وتعتبر سرعة الرياح أهمها على الإطلاق إذ أثبتت الدراسات (١) أن ارتفاع سرعة الرياح يؤدي إلى انخفاض تركيزها لمسا تحفقه السرعة الشديدة من انتشار لمسافات بعيدة عن مصدر التلوث. ويتبع ذلك انخفاض في خطورتها البيئية، وكذا تأثيرها السلبي في صحة الإنسان.

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

هذا وإن كانت بعض الخصائص المناخية للمنطقة مثل طول مدة الشروق وكثافة الاشعاع الشمسي وارتفاع درجة الحرارة تساعد في جعلها على سرعة نشاط التفاعلات الكيميائية والضوئية التي تؤدي إلى إنتاج ثنائي أكسيد النيتروجين.

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

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

م/ث	جزء في البليون	جزء في البليون	جزء في البليون
أقل 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 في الهواء.

[وزارة الصحة الكويتية، سنة ١٩٨٨. ص ٢١٦].

ويتضح من تحليل نتائج بيانات رصد الملوثات النيتروجينية فى محطات الجبيل التسع^(١) بالإضافة إلى محطات الظهران وبيقق والعضيلة^(٢) (جدول ٣٧) انخفاض معدل التلوث الشهري بالغازات النيتروجينية إذ يتراوح بين ١١-١٥ و ٤-٦ و ٥-٧ جزء فى المليون لأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثانى أكسيد النيتروجين على التوالي.

وتقل الفروق بين قيم معدلات التلوث من شهر إلى آخر بسبب عدم ارتباط أى منها بفصلية واضحة، وارتباطها جميعاً بالتلوث من وسائل النقل. وقد بلغ أعلى معدل للتلوث بأكاسيد النيتروجين ٧١ جزء فى المليون 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 انخفاض قيم التلوث بهذه المحطة منذ إستكمال عملية إنشاء محطة التحلية سنة ١٩٨٢.

ويرتفع معدل التلوث الشهري 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 أرامكو 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

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

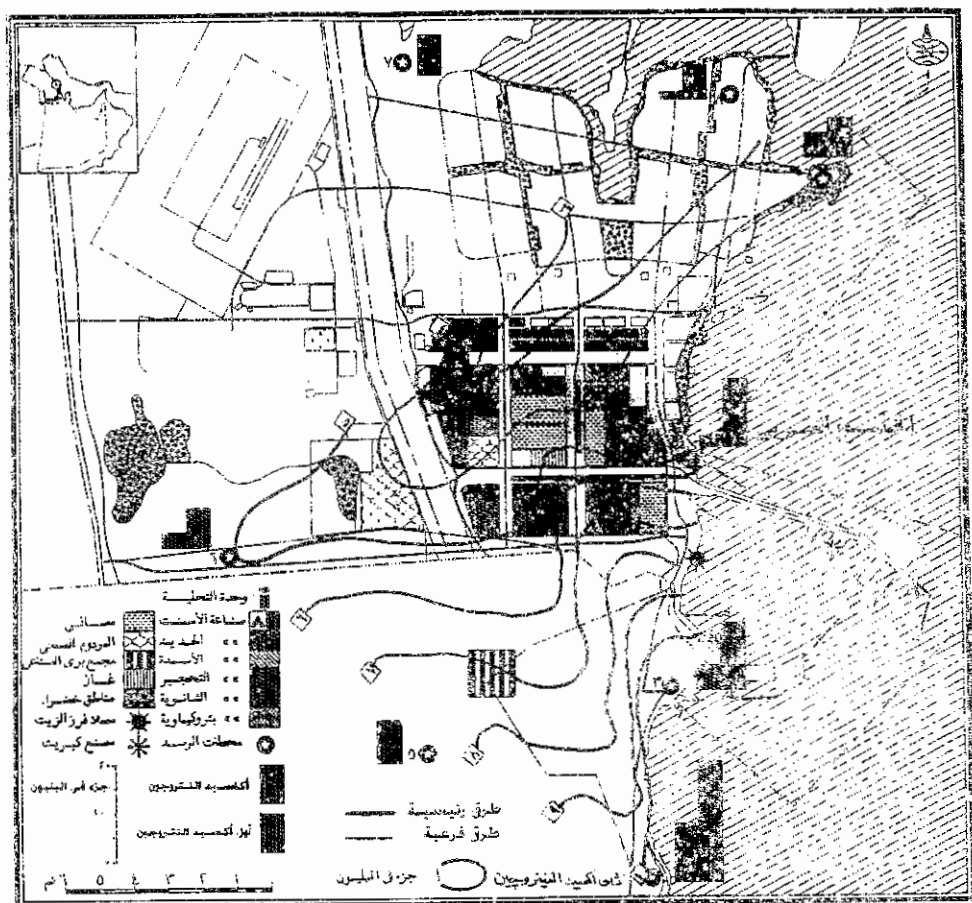
(٢) يرصد ثانى أكسيد النيتروجين فى محطة الظهران (سنة ١٩٨٣ - سنة ١٩٨٧) ومحطة بقيق (سنة ١٩٨٦ - سنة ١٩٨٧) ومحطة العضيلة (سنة ١٩٨٦ - سنة ١٩٨٧) وتصدر بياناتها عن شركة أرامكو.

النشاط الصناعي الذى يتمثل فى محطة توليد الطاقة الكهربائية ومصنع سبائك الغاز الطبيعى إلى الشرق من موقع المحطة، وإذ يتوقف التأثير 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 جزءاً فى البليون على التوالى (جدول ٣٧).

وتعتبر محطة القاعدة البحرية أكثر المحطات معاناة من ارتفاع معدل التلوث السنوى بالغازات النيتروجينية (شكل ٥٨) إذ يبلغ ٢٥ و ١٢ و ١٠ جزءاً فى البليون للغازات الثلاث على التوالى^(١). وتعتبر هذه المعدلات مرتفعة جداً قياساً بمثيلاتها فى محطة الخزانات بنطاق الصناعات الثانوية، إذ تبلغ ١٣ و ١ و ٣ جزءاً 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، فضلاً عن قاعدة الملك عبدالعزيز البحرية. ويتطابق ذلك أيضاً مع ارتفاع معدلات التلوث بكل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين حيث تقع محطة القاعدة البحرية (شكل ٥٨).

(١) يعتبر هذا المعدل للتلوث بأكاسيد النيتروجين مرتفعاً مقارنة بالتركيز الطبيعى فى هواء نصف الكرة الشمالى الذى يتراوح بين ١ و ١٠ جزءاً فى البليون (جدول ٢٧).



معدلات التلوث بالغازات النروجينية في مدينة الجبل

شكل رقم ١

ويعتبر المعدل السنوي للتلوث بأكاسيد النيتروجين بالمنطقة مرتفعاً حين مقارنته بمثيله في مدينة الرياض (السعودية)^(١) حيث بلغ ٢ جزء في البليون، يقابله ٢١ جزء في البليون بالمنطقة، فيرتفع عنه بمقدار عشرة أمثال تقريباً. بينما يعد ذات المستوى من التلوث بالمنطقة منخفضاً حين مقارنته بمثيله في بعض محطات دول الجوار مثل محطات دولة الكويت سنة ١٩٨٧م [وزارة الصحة العامة بالكويت، سنة ١٩٨٧]. حيث قد بلغ ٦٣ و ٣٠ و ٤٩ جزء في البليون في المحطات: المنصورية ورايح وريجة على التوالي، يقابلها ٢٣ جزء في البليون (كحد أقصى في المنطقة في العام ذاته) تعادل فقط ما نسبته ٣٦,٥% و ٧٦,٧% و ٤٦,٩% منها على التوالي.

ومما يذكر أن معدل التلوث السنوي بأكاسيد النيتروجين قد اتجه نسبياً 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 في مصلحة الأرصاد وحماية البيئة على تطبيق وثيقة حماية البيئة (جدول ١٨) التي تهدف إلى استخدام تقنيات مكافحة تلوث الهواء.

وينخفض معدل التلوث السنوي بغاز ثنائي أكسيد النيتروجين في المنطقة لتقع في مجملها ضمن حدود التلوث المسبوح في الجبيل والمملكة العربية السعودية التي تبلغ ٥٣ جزء في البليون) حيث أنها تتراوح بين ٥ و ٧ جزء في البليون (٢).

كما يعد منخفضاً عند مقارنته بمثيله في ذات المحطات بالكويت سنة ١٩٨٧، حيث بلغ ٢٤ و ١٥ و ٢٤ جزء في البليون في المنصورية ورايح وريجة على التوالي [وزارة الصحة العامة بالكويت، سنة ١٩٨٧]. يقابلها

(١) في دراسة قامت بها شركة (UOP) سنة ١٩٨١م (المعاز، أكتوبر سنة ١٩٨٦م ص ١٦).

(٢) وتنخفض أيضاً عند مقارنتها بمثيلاتها في بعض محطات المدن الأمريكية بولاية تكساس خلال عامي سنة ١٩٧٩ و سنة ١٩٨٠. إذ تتراوح بين ٨,٥ و ٢٥ جزء في البليون (الملحق جدول رقم ٣١).

بالمنطقة ١٠ جزء في البليون في ذات العام، تمثل ما نسبته ٤١,٧% و ٦٦,٧%
و ٤١,٧% منها على التوالي.

ثالثاً مستويات التلوث الطارئة

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

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

ويمكن دراسة المستويات الطارئة للملوثات النيتروجينية من جانبين:-

- التلوث اليومي - التركيزات القصوى

١- التلوث اليومي:-

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

الثانوية أقل المحطات تأثراً 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 و ٥٢ جزءاً في المليون لكل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثلاثي أكسيد النيتروجين في أكثر المحطات تأثراً 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 قريباً من مصدر التلوث. وإن يتميز شهر يناير بانخفاض طبقة اختلاط الملوثات نتيجة لتكرار الانقلاب الحراري السطحي ليملاً (يستمر حتى الساعات الأولى من الصباح ثم يبدأ في التلاشي تدريجياً في حوالى الساعة الثامنة صباحاً)، فإن حدوث الانقلاب غالباً 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، فسي حين يحدث العكس في سائر المحطات الأخرى (جدول ٣٧). ويرجع ذلك إلى انبعاث ثاني أكسيد النيتروجين كملوث أولى 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 اليومي بثاني أكسيد النيتروجين أما بسبب انبعاثه كملوث أولى من النشاط الصناعي، وأما نتيجة لأكسدة أول أكسيد النيتروجين بعد انبعاثه من وسائل النقل، وعندئذ يصبح ملوث ثانوي. ومن الطبيعي أن يرتفع مستوى التلوث بهذا الغاز بدرجة ملموسة حينما يتوفر التلوث من المصدرين معا كما هو الحال في محطة الميناء التجاري (شكل ٥٩) حيث تتجمع خطوط التساوي لأقصى تلوث يومي بثاني أكسيد النيتروجين لتكون قمة واحدة تتجاوز ٥٠ جزء في المليون.

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

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

وتجدر هنا الإشارة إلى أن التركيزات القصوى اليومية لثاني أكسيد النيتروجين في المنطقة تعد منخفضة في مجملها إذ لم تتجاوز ٥٢ جزء في

البليون، فتعادل فقط ربع حد التلوث المسموح في الجبيل والذي لا يسمح بتجاوزه على الإطلاق (٢١٤ جزء في 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 جم/م^٣ في البليون في نطاق الصناعات الثانوية حيث تقع محطة الخزانات والتي تمسيزت بانخفاض مستوى التلوث بالغازات النيتروجينية بشكل عام (جدول ٢٧).

وقد وقع ذلك المستوى من التلوث في شهر فبراير سنة ١٩٧٩ تحسنت وطأة إنشاء المنطقة الصناعية الأساسية بمدينة الجبيل الصناعية، وهكذا يغيب التلوث الناتج عن النشاط الصناعي ويقتصر على عوادم وسائل النقل فسي أنشأ عملية الإحشاء للشركات الصناعية بالمدينة وما قد تبعه من زيادة في كثافة الحركة النقلية على الطرق الداخلية، ومن ثم ارتفعت كمية أكاسيد النيتروجين. ويتأكد ذلك من ملاحظة الهبوط الدمار والسريع في مستوى التلوث في هذه المحطة الذي انخفض إلى ٢٧٠ جزء في 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 تسبب بعض أحوال الطقس الخاصة في ارتفاع مستوى التلوث كما حدث في محطة المنتزة الداخلية في اليوم الثامن عشر من شهر أكتوبر سنة ١٩٨٩م حينما بلغ أقصى تلوث بأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين ٢٧٣ و ١٩٩ و ٧٤ جزء في البليون لكل منهم على التوالي (شكل ٦٠).

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 فعلاً إلى تجاوزه ٦٠ جزء في المليون مما يعنى زيادة احتمالات إصابة السكان بأمراض الجهاز التنفسي.

كما ارتفع أقصى مستوى للتلوث بأول أكسيد النيتروجين خلال ساعة ليبلغ ٤٧٧ جزء في المليون 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 جزء في المليون 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 مساءً كما يحدث عادة في مدينة الجبيل (شكل ١٢).

وارتفع كذلك أقصى تلوث خلال ساعة في محطة القاعدة البحرية ليبلغ ٣٨٥ جزء في المليون في يوم الخامس من شهر يونية سنة ١٩٨٦ في الساعة العاشرة مساءً مصحوباً بارتفاع في مستوى أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين ليبلغ ٤٦٢ و ٧٧ جزء في المليون 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 جزء في المليون مما يعرض سكان المدن التي تقع في منصرف الرياح السائدة (شمالية غربية إلى شمالية) من مدينة الجبيل مثل رحيمة وصفوفة والدمام وغيرها لاحتمالات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي.

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

ويقل مستوى هذا التلوث عن الحد المسموح فى الجبيل والمملكة العربية السعودية^(١) بالنسبة لثاني أكسيد النيتروجين (٣٥٣ جزءاً في 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 جزءاً فى البليون كحد أقصى فى محطة الظهران و ٣٥ جزءاً فى البليون فى محطة العضيلة كحد أدنى.

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

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

(٢) يعد حد التلوث المسموح به محليا بثاني أكسيد النيتروجين مرتفعا حين مقارنته ببعض المقاييس العالمية. - إذ يعتبر أقصى تلوث خلال ساعة بثاني أكسيد النيتروجين (٢٨١ جزءاً فى البليون) فى المنطقة مرتفعا عند مقارنته بحد التلوث المسموح به فى القانون الفيدرالى الأمريكى (٢٥٠ جزءاً فى البليون) (جدول ١٦).

- بل أنه يعتبر شديد الخطورة حين العلم بأنه يتجاوز بداية تأثيره السلبى على الجهاز التنفسى للإنسان (يبلغ ٦٠ جزءاً فى البليون) بمقدار خمسة أمثال تقريبا.

يقابلها فقط ٢٨١ جزء 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 جزء في البليون في تلك المحطات بالتوالي، ويقابلها في المنطقة ٤٧٧ جزء في البليون في سنة ١٩٨٧ م. وهكذا فإنه يعادل فقط ما نسبته ٢٠,٩% و ٣٧,٩% و ٥٢,٤% من هذه التركيزات على التوالي.

خلاصة الفصل:-

يمكن القول بأن انخفاض مستوى التلوث بالغازات النيتروجينية بصفة عامة، وبثنائي أكسيد النيتروجين بصفة خاصة (لكونه أخطرهما) يحد من الآثار السلبية الخطيرة على صحة الإنسان. وإن كان ارتفاع تركيز ثنائي أكسيد النيتروجين خلال فترات زمنية قصيرة ليتجاوز ٦٠ جزء في المليون يؤدي إلى ارتفاع احتمالات إصابة السكان بأمراض الجهاز التنفسي سواء في مدينة الجبيل أو المدن الساحلية إلى جنوبها والتي تقع في منصرف الرياح السائدة.

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



الفصل الثامن

التلوث بالأوزون في الإطار المحلي والإقليمي

مقدمة :

أولاً : تفاعلات إنتاج الأوزون وإزاحته .

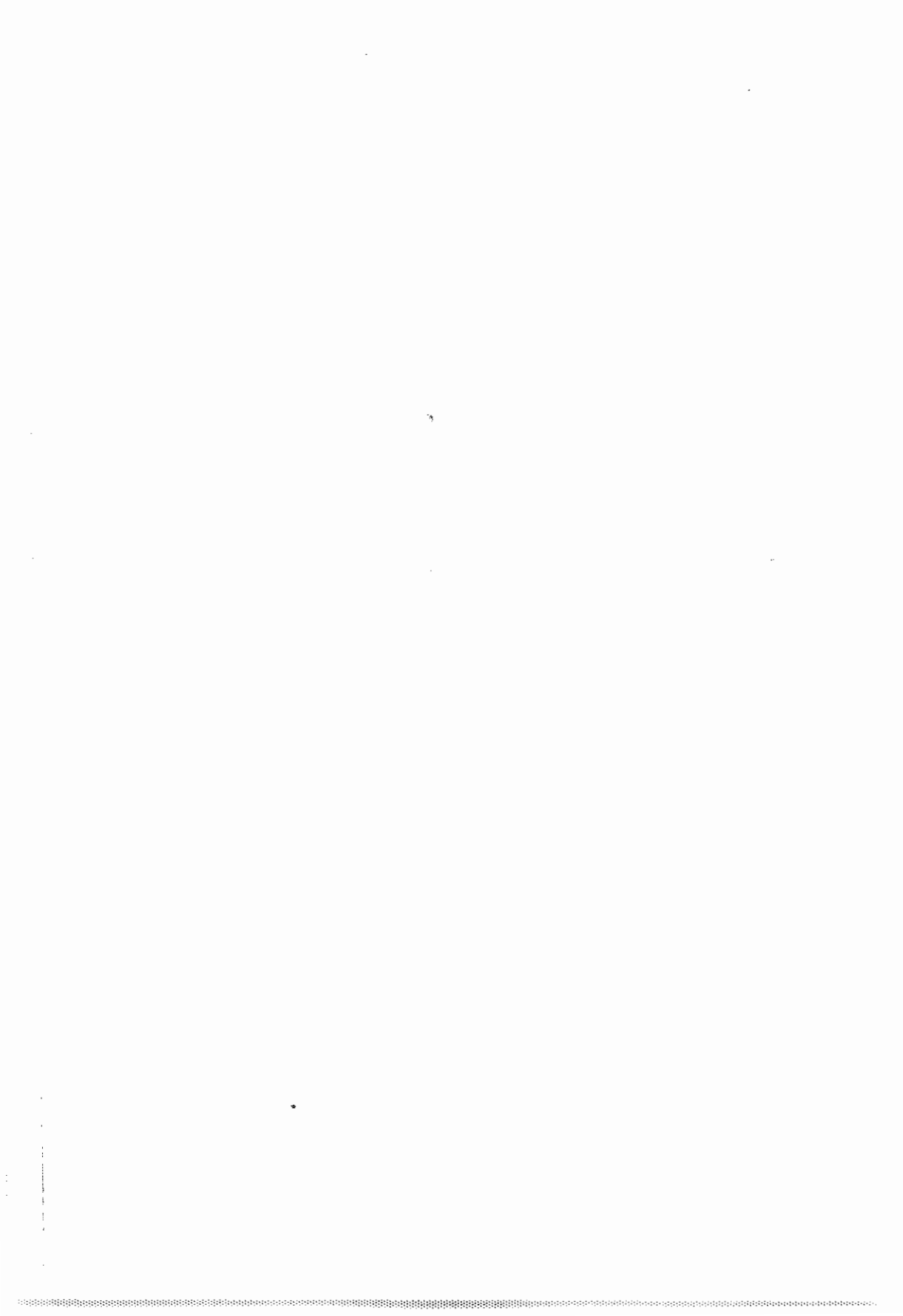
ثانياً : فصل ذروة الأوزون .

ثالثاً : تراكيزات الأوزون الطارئة .

١ - التلوث اليومي .

٢ - التلوث خلال ساعة .

خاصة الفصل.



توطئة :

يبحث هذا الفصل تأثير الموقع الجغرافي للمنطقة من الخليج العربي في تحديد مستوى التلوث بالأوزون التروبوسفيري ، وتفهيم أسباب ظاهرة الأوزون البحري وأبعادها محلياً وإقليمياً .

ويعرّس العلاقة بين التلوث بالأوزون وتركيز كل من الغازات النيتروجينية والكربونية في ضوء الخصائص المناخية للمنطقة التي تحدد فصل ذروة الأوزون .

ويهتم بإبراز أسباب مشكلة استنزاف طبقة الأوزون والتفاعلات الكيميوضوئية المؤثرة فيها وأبعادها المناخية والبيئية التي تمتد خطورتها إلى سائر الكائنات الحية على سطح كوكب الأرض .

مقدمة :

يعتبر الخليج العربي مصدراً أساسياً لتلوث الهواء بغاز الأوزون - علي المستوى المحلي الذي يرتبط بظاهرة الأوزون البحري المنقسل عبر الخليج العربي للمنطقة في أثناء ظاهرة نسيم البحر .

ويعتبر غاز الأوزون التروبوسفيري ملوث ثانوى ، إذ لا ينبعث مباشرة من أى من مصادر التلوث ، ولكنه ينتج عن سلسلة من التفاعلات الكيميوضوئية - علي المستوى الإقليمي - بين الغازات النيتروجينية في أثناء ارتفاع درجة تلوث الهواء بالغازات الكربونية والجسيمات السابحة كعوامل مساعدة لنشاط هذه التفاعلات تحت تأثير الخصائص المناخية للمنطقة .

ويمكن دراسة خصائص غاز الأوزون الأستراتوسفيري والتلوث بالأوزون التروبوسفيري من خلال بحث العناصر التالية :

أولاً : تفاعلات إنتاج وإزاحته .

ثانياً : فصل نرة الأوزون .

ثالثاً : تركيزات الأوزون الطارئة .

أولاً : تفاعلات إنتاج وإزاحة الأوزون

يتكون غاز الأوزون Ozone تحت تأثير الأشعة الشمسية والبرق ، ويساعد توفر غاز ثاني أكسيد النيتروجين حتى في ظل تركيزاته المنخفضة علي سرعة تكوينه ، ويوجد غاز الأوزون بصورة طبيعية في طبقات الجو العليا خاصة طبقة إستراتوسفير Stratospher ⁽¹⁾ نتيجة التفاعلات الكيميوضوئية في ظل الأشعة فوق البنفسجية (UV) . إذ تساعد هذه الأشعة علي تقسيم جزيئ

⁽¹⁾ ترتفع طبقة إستراتوسفير فوق طبقة التروبوسفير وتشمل بينهما طبقة التروبوز التي يبدأ عندها التغير الحقيقي في التوزيع الرأسى لدرجة حرارة الغلاف الجوى ، ويصل ارتفاع طبقة الإستراتوسفير حوالي ٨٠ كيلو متراً فوق سطح البحر .

الأكسجين الجوى (02) وتحوله إلى أكسجين ذرى (O) ليتحد مع الأكسجين
الجزئى (02) مكوناً غاز الأوزون (03) .

ويرتفع تركيز غاز الأوزون فى جزء من طبقة إستراتوسفير والتسى
يطلق عليها طبقة الأوزون أو طبقة الأوزونوسفير Ozoneosphere ^(١) . ويبلغ
سمكها حوالى ثلاثة مليمترات فقط (العودات ، سنة ١٩٨٥ ، ص ٦٧)
وبالرغم من ذلك تعد الدرع الواقى من موجات الأشعة فوق البنفسجية الضارة
بالكائنات الحية (Gates , 1993 . P . 188) ويحدث اختلاط مستمر فى طبقات
الغلاف الجوى فيتنقل الأوزون من طبقة الأوزونوسفير إلى الطبقات السفلى
منه ^(٢) ويتفاوت تركيز الأوزون حسب خطوط الطول حيث يتراوح تركيزه الطبيعى
فى هواء نصف الكرة الشمالى بين ١٥ و ٣٠ جزء فى المليون (جدول ٢٧) .

ويتشكل غاز الأوزون فى كثير من الأحيان بالقرب من سطح الأرض
كنتيجة للتفاعلات الكيموضوئية بين ثانى أكسيد النيتروجين والهيدروكربونات
والأكسجين الجوى تحت تأثير الأشعة الشمسية . ويساعد البرق والعواصف
الرعدية على تكوين غاز الأوزون إذ تتوفر الطاقة الكهربائية خلالهما . ويستتبع
ذلك ارتفاع تركيز غاز الأوزون فى الطبقة السطحية من الهواء على مقربة من
سطح الأرض فى أثناء فترات العواصف الرعدية فى شهور الربيع وموسم المطر
المبكر . كما تساعد طبقة الإستراتوسفير على ارتفاع تركيز غاز الأوزون بالقرب

^(١) يتراوح ارتفاع طبقة الأوزونوسفير بين ١٠ و ٥٠ كيلو متراً فوق سطح البحر . ويصل أقصى تركيز
لغاز الأوزون على ارتفاع يتراوح بين ٢٢ - ٢٥ كيلومتر فوق سطح البحر وترفع درجة حرارة طبقة
الأوزونوسفير نتيجة امتصاص غاز الأوزون للأشعة فوق البنفسجية (أبو العطا ، سنة ١٩٨٧ ص ٧٩ :
٨٩) .

^(٢) ينتقل غاز الأوزون بفعل عمليات الاختلاط الجوى Atmospheric Mixing Processes نحو
الطبقات السفلى من الغلاف الجوى مع احتفاظ تركيزه بالمستويات الصحية العالمية المسموح بها
(Smit , 1976 . p . 237) .

من سطح الأرض إذ يقدر المتوسط السنوي العالمي لمساهمتها في تركيز غاز الأوزون العالمية عند مستوى سطح الأرض بين ٢٢ و ٥٠ جزءاً في المليون (Royal Commission for Jubail, 1986) .

ويعتبر غاز الأوزون ^(١) ملوث ثانوي إذ لا ينبعث مباشرة من المصادر الملوثة ، بينما يتشكل نتيجة تفاعل كيميوضوئي معقد Complex Photochemical Reaction بين العديد من ملوثات الهواء الأولية مثل أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات ^(٢) والجسيمات السابحة كعوامل مساعدة .

ويرتبط ارتفاع تركيز غاز الأوزون في منطقة الدراسة بصفة عامة ومدينة الجبيل الصناعية بصفة خاصة بتوفر الظروف المناخية المناسبة التي تهيئ الفرصة للتفاعلات الكيميائية اللازمة لإنتاجه ، حيث يتحكم في إنتاجه اتجاه الرياح ومدى توغل نسيم البحر (نسيم الخليج العربي) ، وتوفر تيارات هوائية تنقل ملوثات الهواء الأولية نحو خط ساحل الجبيل Jubail Coastline . ومن ثم تتحدد مع دورة نسيم الخليج Gulf Breeze Circulation .

ويحتاج تشكيل غاز الأوزون في مدينة الجبيل الصناعية إلى فترة تمتد بين خمس وثمانى ساعة من بداية حدوث التفاعل الكيميوضوئي بين أكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات حتى يصل تركيزه إلى حدوده القصوى ، ومن ثم يمكن التنبؤ بسرعة ارتفاع أو انخفاض التلوث بغاز الأوزون في مدينة الجبيل الصناعية حيث يرتبط أساساً بمصدر وكمية انبعاث الهيدروكربونات غير الميتانية وأكاسيد النيتروجين سواء من داخل المدينة أو من حقول الزيت الشمالية التي تبعد مسافة لا تتجاوز ستين كيلو متراً ، وكذا من مناسطق الجوار (شكل ٢٦) للصناعات البتروكيميائية .

^(١) غاز الأوزون في طبقة التروبوسفير يطلق عليه الأوزون التروبوسفيري Tropospheric Ozone

وهو المقصود بوصفه أحد ملوثات الهواء (Roberts, 1994 . p. 105) .

^(٢) الملوثات الأولية هي التي تنبعث بصورة مباشرة من مصدر التلوث، أما الملوثات الثانوية فتنتج عن التفاعلات بين الملوثات الأولية ، إذ لا تنبعث بصورة مباشرة من أى من مصادر التلوث .

وتتبعث الهيدروكربونات غير الميثانية من ثلاثة مصادر تعتمد مسئولية عن ارتفاع التلوث بغاز الأوزون في مدينة الجبيل الصناعية^(١) ، ويمكن تلخيصها وفقاً لأهميتها في :

- -معمل تكرير الزيت في رأس تنورة ، وعمليات تحميل الغاز الطبيعي والزيت، وناقلات الشحن على طول الشاطئ .

- عمليات الحفر والتنقيب عن الزيت والغاز الطبيعي ، ومنشآت التحميل في حقل زيت برى ورأس أبو على .

- المنشآت الصناعية خاصة تلك التي تقع جنوب المنطقة الصناعية مثل مجمع برى صناعى الذى يضم محطة توليد للطاقة الكهربائية ، ومصنع سوائل الغاز الطبيعي ومصنع إزالة الكبريت .

ويرتفع التلوث بغاز الأوزون في المنطقة بشكل فجائى في الفصل الحار نتيجة لسرعة التفاعل الكيميوضوى اللازم لإنتاجه حتى وإن انخفض تركيز ثانى أكسيد النيتروجين ليتراوح بين ٦٠ و ٨٠ جزءاً في البليون ، والهيدروكربونات غير الميثانية إلى أقل من ٠,٠٢ جزءاً في المليون كربون .

ويجدر التنويه إلى أن الهيدروكربونات غير الميثانية وأكاسيد النيتروجين تلعب دوراً مزدوجاً في التلوث بالأوزون في المنطقة إذ تعمل هذه الغازات كمكونات أساسية للأوزون Ozone Precursors ، وتؤدي في الوقت ذاته إلى إزاحة الأوزون أو غسل الأوزون Ozone Secubbing حينما يرتفع تركيزها - فى كثير من الأحيان - مما يؤثر على الأوزون الموجود فعلاً .

ويستتبع ذلك ارتفاع التلوث بالأوزون في محطات الجبيل الساحلية الشرقية فى أثناء هبوب الرياح من الخليج العربى ، ثم مما يلبيث أن ينخفض وبسرعة في المحطات الداخلية حيث تقع المنطقة الصناعية نتيجة ارتفاع مستوى

^(١) تدخل الهيدروكربونات غير الميثانية في سلسلة من التفاعلات الكيميائية مع أول أكسيد النيتروجين فتمنع بذلك عملية تحزأ الأوزون (أي تحويله إلى أكسجين جزئى (O2) وأكسجين ذرى (O) مما يؤدي إلى تراكم الأوزون ومن ثم يرتفع تركيزه في الهواء (Gates , 1993 . P. 186) .

التلوث بغاز أول أكسيد النيتروجين ، وحينئذ يتم إزاحة الأوزون ^(١) وينخفض تركيزه في محطات الجبيل الداخلية .

^(١) تتم إزاحة غاز الأوزون التريوسفيري القريب من سطح الأرض وكذلك تستترف طبقة الأوزونوسفير بواسطة التفاعلات الآتية :

- يتفاعل أول أكسيد النيتروجين مع الأوزون فينتج ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين الجسري ويستترف بذلك الأوزون بينما يبقى أول أكسيد النيتروجين علي النحو التالي :
- أول أكسيد النيتروجين (NO) + الأوزون (O₃) -- ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) + أكسجين جوى (O₂)
- ثاني أكسيد النيتروجين (NO₂) + أكسجين ذرى (O) -- أول أكسيد النيتروجين (NO) + أكسجين جوى (O₂) .

- أكسجين ذرى (O) + الأوزون (O₃) -- ذرتين أكسجين جوى (2O₂)

- وتستترف طبقة الأوزونوسفير نتيجة للنشاط البشرى وما يتبعه من انبعاث مركبات الكلورفلور كربون التى ترتفع إلى هذه الطبقة بواسطة التيارات الهوائية الصاعدة وتستخدم هذه المركبات في صناعة التلاجات وأجهزة التكييف والأبخرة والعطور ، ومشتتات الشعر ، ومزيلات العرق وغيرها . وتقدر كميته السنوية المنبعثة بين ٥٠٠ - ٨٠٠ ألف طن (Greenwood . 1980 P.206) . وحينما تصل هذه المركبات إلى طبقة الأوزون فإنها تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية مما يؤدي إلى تفككها وإنتاج مادة الكلور الذى يتفاعل مع الأوزون مكوناً الأكسجين الجوى فيتم إزاحة الأوزون علي النحو التالي :

- أول أكسيد الكلور (ClO) + الأوزون (O₃) -- ثاني أكسيد الكلور (ClO₂) + أكسجين جوى (O₂)

- ثاني أكسيد الكلور (ClO₂) + أكسجين ذرى (O) -- أول أكسيد الكلور (ClO) + أكسجين جوى (O₂) .

... وقد أعلن علماء العلوم الجوية في دائرة المسح البريطانية للقارة القطبية الجنوبية سنة ١٩٨٥م عن اكتشاف انخفاض في سمك طبقة الأوزون في فصل الربيع بنسبة ٤٠% خلال الفترة ١٩٧٧ - ١٩٨٤م وقد شوهد الثقب الأوزونى فوق القطب الجنوبي سنة ١٩٨٧ (خيرة ، سنة ١٩٩٣ . ص ٢٥) .

- ويتسع الثقب الأوزونى الجنوبي مقارنة بمثيلة الشمالى بسبب شدة الدوامات القطبية الجنوبية في طبقة الأستراتوسفير خاصة خلال الفترة ما بين شهرى إبريل وأكتوبر ، ويتبع هذه الدوامات حدوث انخفاض حاد في درجة حرارة طبقة الإستراتوسفير . ويستتبع ذلك ظهور ما يسمى بسحب الإستراتوسفير القطبية التى تساعد على زيادة فاعلية غاز الكلور فيحدث انخفاض حاد وشامل في طبقة الأوزون الجنوبي خلال فصل الربيع (علي سنة ١٩٩٣ . ص ٢٥٣) .

ويرتبط التلوث بغاز الأوزون في المنطقة بظاهرة الأوزون البحري Marine Ozone المنقول من الخليج العربي إلى المناطق الشاطئية والساحلية فيها . وترجع هذه الظاهرة بصورة جزئية إلى نسيم البر ليسلاً فينقل ملوثات الهواء (الهيدروكربونات غير الميثانية وثاني أكسيد النيتروجين) من مصادر التلوث (سواء داخل المنطقة أو خارجها) إلى الخليج العربي .

ثم ما تلبث أن تعود ثانية في أثناء ساعات الصباح والساعات الأولى من وقت الظهيرة بواسطة نسيم الخليج إلى المنطقة في صورة غاز الأوزون نتيجة التفاعل الكيموضوي بين هذه الملوثات .

هذا وإن كان ارتفاع تركيز غاز الأوزون في طبقة الأوزونوسفير أمراً غاية في الأهمية لصحة الإنسان وسائر الكائنات الحية الأخرى ^(١) ، فضلاً عن الآثار المناخية الكبيرة والتي تنتج عن تناقصه ^(٢) فإن ارتفاع تركيزه بالأقرب من

^(١) تشير نتائج بعض الدراسات إلى أن سمك طبقة الأوزون قد انخفض بنسبة ٤% بين دائرتي عرض ٣٠-٦٤ درجة شمالاً خلال فصلى الشتاء والربيع منذ عام ١٩٧٠ بينما تناقص بنسبة ١% فقط خلال فصل الصيف وتظل ثابتة خلال فصل الخريف (المصدر السابق ، ص ٢٥٦) .

- ويعتبر استنزاف الأوزون Ozone Depletion أخطر مظاهر تلوث الهواء إذ يتبعه ارتفاع في تركيز الأشعة فوق البنفسجية الواصلة لسطح الأرض ، وقد يصل الأمر مع استمرار إستنزاف الأوزون إلى حد قد يجعل معه الحياة شبه مستحيلة علي سطح كوكب الأرض (Greenwood, 1980 . p. 209) ، ويصل المعدل بعض الأحيان (Steed , 1982 . p 311) ويساعد ذلك علي الإصابة بسرطان الجلد (العودات ، سنة ١٩٨٥ ص ٧٠) .

^(٢) وينتج عن ثقب الأوزون تغيرات مناخية واسعة منها ضعف الرياح الموسمية (الموسميات) في نصف الكرة الجنوبي ، ويؤدي أيضاً إلى قلة المطر وتكرار فترات الجفاف (علي ، عبد القادر ، سنة ١٩٩٣ ص ٢٥٨) .

- وعندما أدرك العالم خطورة إستنزاف طبقة الأوزون حينما بلغ اتساع ثقب الأوزون ما يعادل مساحة قارة استراليا مرتين ونصف دعا برنامج الأمم المتحدة لشئون البيئة United Nation Environment program (UNEP) الدول إلى بذل مزيداً من الجهود خلال السنوات القليلة الماضية لخفض إنتاج غاز كلورفلوروكربون ومحاولة إيجاد بديل لهذا الغاز المدمر لطبقة الأوزون قبل عام ١٩٩٦م (El-Raey, 1993. P.8) وقد تم عقد اتفاقية دولية في فيينا سنة ١٩٨٧ من أجل هذا الهدف وقد وقع عليها ثمانون دولة (من بينها مصر والأردن) حتى شهر ابريل سنة ١٩٨٩ (خيري ، محمد ، سنة ١٩٩٣ ص ٢٦) .

سطح الأرض في صورة الأوزون التروبوسفيري يؤثر سلباً على صحة الإنسان
(جدول ٣٨) .

ثانياً : فصل ذرة الأوزون

وتعتمد دراسة التلوث بغاز الأوزون التروبوسفيري ^(١) على بيانات تسج
محطات بمدينة الجبيل الصناعية تصدر عن الهيئة الملكية للجبيل في تقارير
سنوية ^(٢) ^(٣) ، ويتراوح المعدل الشهري للتلوث بغاز الأوزون بين ٤٠ جزء في
البليون كحد أقصى في شهر يونية ، و ٢٧ جزء في البليون كحد أدنى في شهر
ديسمبر .

وينحصر أعلى تلوث شهري بالأوزون بين شهري مارس ونوفمبر فيما
يطلق عليه (فصل أو موسم الأوزون) Ozone Season ^(٤) .

ويرتفع معدل التلوث بالأوزون في المحطات الساحلية (باستثناء محطة
الميناء التجاري) عن الأخرى الداخلية مؤكداً حقيقة ارتباط في المنطقة بظاهرة
الأوزون البحري المنقول من الخليج العربي حيث تشير خطوط التساوي (شكل
٦١) إلى وجود قمة واضحة في المنطقة السكنية الشاطئية شمالاً ، ويرتبط ذلك

^(١) Royal Commission for Jubail, kingdom of Saudi Arabia. Jubail Atmospheric
Surveys Project, Annual Reports: 1978 – 1989.

^(٢) لم يرصد غاز الأوزون في أي من المحطات الأخرى خارج مدينة الجبيل الصناعية .

^(٣) يمتد فصل أو موسم الأوزون في المنطقة لمدة تسعة أشهر ، فيزد عن مثله في حوض لسوس أنجلوس
وكذلك مدينة لاس فيجاس بالولايات المتحدة الأمريكية . حيث يمتد في الأولى في بين شهري أبريل
وسبتمبر ، وبين شهري مايو وسبتمبر في الثانية ، ويرجع ذلك الامتداد الطويل لفصل الأوزون في المنطقة
إلى امتداد الفصل الحار بين شهري أبريل وأكتوبر حينما ترتفع كثافة الأشعة الشمسية ودرجة حرارة
الهواء ، وتساعد هذه الظروف المناخية على سرعة التفاعلات الكيميائية اللازمة لتكوين الأوزون ،
ومن ثم ارتفاع تركيزه خلال هذه الشهور التسعة .

^(٤) الظروف المناخية على سرعة التفاعلات الكيميائية اللازمة لتكوين الأوزون ، ومن ثم ارتفاع تركيزه
خلال هذه الشهور التسعة .

بانخفاض معدل التلوث بغاز أول أكسيد النيتروجين الذي ينخفض إلى جزء واحد فقط في البليون في محطة جلمودة (شكل ٥٨) .

ويفسر انخفاض التلوث في محطة الميناء الجوي بإرجاعه إلى ارتفاع مستوى التلوث بأول أكسيد النيتروجين والهيدروكربونات غير الميثانية ، وإذ يتفاعل أول أكسيد النيتروجين مع الأوزون لينتج ثاني أكسيد النيتروجين وتتم إزاحة الأوزون الذي يتجزأ إلى أكسجين ذرى يدخل في سلسلة من التفاعلات الكيميائية والكيميائية مع الهيدروكربونات غير الميثانية (جدول ٣٤) .

ويتراوح المعدل السنوي للتلوث بالأوزون بين ٣٠ و ٤٠ جزء في البليون (جدول ٣٩) فيرتفع عن التركيز الطبيعي في هواء نصف الكرة الشمالي والذي يتراوح بين ١٥ - ٣٠ جزء في البليون (جدول ٢٧) . وقد بلغت النسبة السنوية للسنوات التي يرتفع خلالها معدل التلوث بالأوزون عن ذلك التركيز الطبيعي ٦٦,٧% من إجمالي عددها .

ويعد المتوسط السنوي للتلوث بالأوزون بالمنطقة مرتفعاً حين مقارنته بمثيله في بعض محطات دولة الكويت سنة ١٩٨٧ حيث بلغ ٧ و ٢ و ٧ جزء في البليون في محطات المنصورية ورايح وريجة على التوالي (وزارة الصحة العامة بالكويت ، سنة ١٩٨٧) ، يقابلها ٤٠ جزء في البليون بالمنطقة في العام ذاته .

ثالثاً : تركيزات الأوزون الطارئة

تسهم أحوال طقسية خاصة في حدوث ارتفاع فجائي في درجة التلوث بالأوزون التروبوسفيري المنقول عبر الخليج العربي ، ولعل أهمها حدوث انقلاب حراري - من نوع انقلاب نسيم البحر - مصحوباً بارتفاع في الرطوبة النسبية وكثافة في الإشعاع الشمسي .

يُضاف إليها مساهمة الغازات النيتروجينية والملوثات الأخرى المساعدة التي تحدد إمكانية التفاعلات الكيميوضوئية اللازمة لإنتاج الأوزون ، ومن ثم ارتفاع تركيزه .

ويمكن تفسير التركيزات الطائفة للتلوث بالأوزون التروبوسفيري من خلال فحص خصائص كل من :

- التلوث اليومي - التلوث خلال ساعة

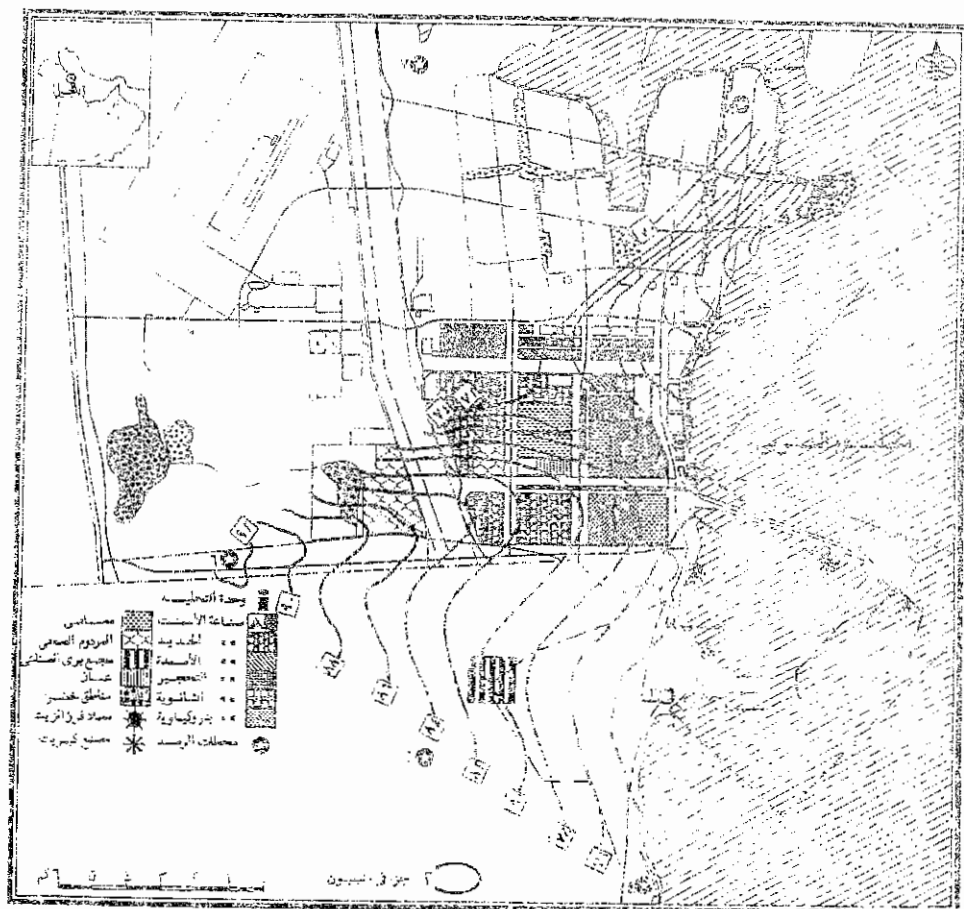
١- التلوث اليومي :

يرتفع التلوث اليومي بغاز الأوزون ليصل حدوده القصوى في محطة المنتزة الداخلية (شكل ٦٢) حيث بلغ ٩٣ جزء في المليون ، وقد حدث ذلك يوم التاسع والعشرين من شهر يولية سنة ١٩٨٤ في أثناء حدوث انقلاب نسيم البحر (الخليج العربي) الذي يصل إلى أقصى توغل له داخل المنطقة خلال شهور فصل الصيف .

وتبع هذا الانقلاب ارتفاع في الرطوبة النسبية والتي إقترنت بتوفر الأشعة فوق البنفسجية ، مما ساعد على سرعة التفاعلات الكيميوضوئية بين ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين الجوي في أثناء ارتفاع التلوث بالهيدروكربونات فنتج عن ذلك ارتفاع في تركيز الأوزون في ذلك اليوم .

وقد صاحب ذلك الانقلاب هبوب رياح شديدة من شمال الشمال الشرقي بسرعة بلغ متوسطها ٧,٨ متر في الثانية ، فساعدت على نقل الأوزون البحري إلى هذه المحطة الداخلية . وقد حال انخفاض مستوى التلوث بأول أكسيد النيتروجين دون إزاحة الأوزون في اليوم ذاته .

وهكذا تضافرت أحوال الطقس المناسبة مع انخفاض أول أكسيد النيتروجين في ارتفاع التلوث اليومي في هذه المحطة الداخلية ليحدث سابقة من نوعها لم تتكرر ثانية في هذه المحطة التي قلما يصل إليها الأوزون البحري ، فضلاً عن تجمع خطوط التساوي لتظهر قمة ثانية في الساحل الشمالي الشرقي حيث تقع محطة الفنتاير (شكل ٦٢) .



أراضي اليهود في شمال الأوزون في مدينة الجليل.

١٩٤٤

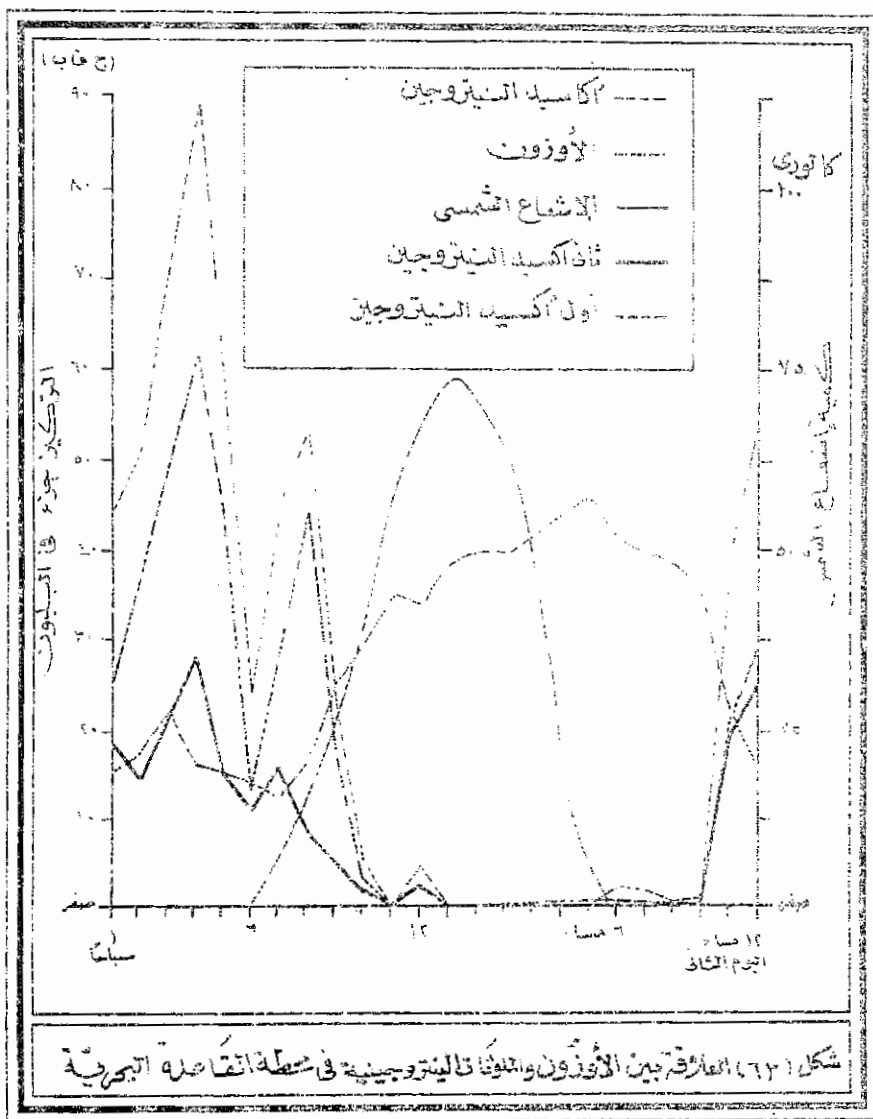
هذا ويتميز التلوث بالأوزون بدورة يومية واضحة ترتبط بشكل مباشر بالتلوث بالغازات النيتروجينية ، إذ يصل التلوث بالأوزون إلى مستوياته القصوى في أثناء هبوط التلوث بهذه الغازات إلى حدودها الدنيا خلال الفترة بين الواحدة ظهراً والخامسة مساءً ، وتتأثر كذلك هذه الدورة اليومية بكثافة الإشعاع الشمسي الذي يعد ضرورياً لسرعة التفاعلات الكيميائية لتكوين الأوزون ، فضلاً عن دوره في ارتفاع درجة حرارة الهواء مما يهيئ الفرصة لسرعة إنتاجه ، وهكذا تحدث الذروة اليومية للتلوث بالأوزون بين الساعة الرابعة بعد الظهر والسادسة مساءً بعد بضع ساعات فقط من بلوغ الإشعاع الشمسي حدوده القصوى وبلوغ أيضاً درجة حرارة الهواء نهايتها العظمى (شكل ٦٣) .

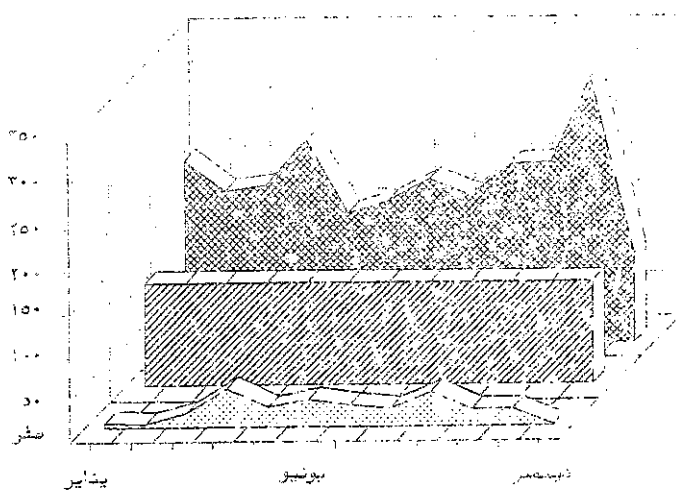
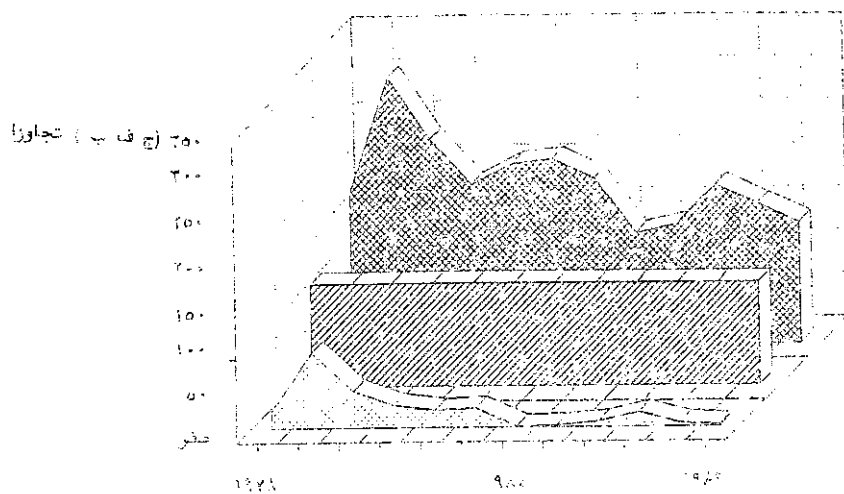
وينعكس اتجاه الرياح أيضاً دوراً أساسياً في التلوث بغاز الأوزون حيث يرتبط ارتفاع متوسط التلوث بهبوب الرياح البحرية مع نسيم الخليج العربي على العكس من الملوثات النيتروجينية ، ولذا يفوق متوسط التلوث اليومي بغاز الأوزون في المحطات الساحلية نظيره في تلك الداخلية ، ويرتفع بشكل ملحوظ في محطتي الفناخير والميناء الصناعي مقارنة بمحطتي الميناء التجاري والقاعدة البحرية بسبب انخفاض تركيز أول أكسيد النيتروجين في الحالة الأولى وارتفاعه في الثانية (شكل ٥٩) .

وينخفض مستوى التلوث بالأوزون في أثناء شهور الفصل البارد ، لتبلغ تركيزاته القصوى خلال ساعة ١٤٠ و ٢١٤ و ١٧٩ جزء في البليون لشهور ديسمبر ويناير وفبراير بالتوالي ، بينما يحدث العكس خلال الشهور التسعة لفصل ذروة الأوزون (شكل ٦٤) .

٢ - التلوث خلال ساعة :

قد سجل أقصى تلوث بالأوزون خلال ساعة في شهر نوفمبر سنة ١٩٧٩ في محطة الميناء الصناعي (جدول ٣٩) . وتتميز هذه المحطة بارتفاع في مستوى التلوث بالأوزون بصورة عامة بسبب تأثرها بظاهرة الأوزون البحري من ناحية ، وانخفاض مستوى التلوث بأول أكسيد النيتروجين من ناحية أخرى





عدد التجاوزات حد الطول المسموح قسمة تركيز

شكل (٦٤) أقصى تلوث بالأوزون خلال ساعة وعدد التجاوزات

(جدول ٣٧) مما يحول دون إراحة الأوزون ، ومن ثم يتراكم ويرتفع تركيزه ، وقد بلغ هذا التلوث ٣٠٩ جزء في البليون ليرتفع عن حد التلوث المسموح فسي الجبيل ، وفي المملكة العربية السعودية ، وكذلك فسي القسانون الفيدرالي الأمريكي^(١) بمقدار ٢.٥ و ٢.١ و ٣.٩ مثلاً على التوالي ، وقد صاحب ارتفاع مستوى التلوث في هذه المحطة ، ارتفاع في عدد التجاوزات لتبلغ نسبتها ٢٦,٣% من مجملتها .

ويعد ذلك خطيراً على صحة السكان لحدوثه في هذه المحطة التي تقع بين المنطقة السكنية الساحلية شمالاً ومدينة الجبيل جنوباً ، ومن ثم يصل تأثيره الخطير إلى السكان فيعرضهم لأضرار صحية بالغة في الجهاز التنفسي والصدر والعيون وغيرها (جدول ٣٨) .

وتظهر القمة الثانية لأقصى تلوث بالأوزون خلال ساعة في محطة القاعدة البحرية (شكل ٦٥) في شهر أبريل سنة ١٩٨٠ م . حيث بلغ ٢٣٧ جزءاً في البليون في أثناء حدوث انقلاب حراري جبهي في النطاق الساحلي ، تبعه انخفاض في طبقة اختلاط ملوثات الهواء .

ومن ثم ارتفع تركيزها ونشأت التفاعلات الكيميائية في ظل ارتفاع كثافة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة خلال شهر إبريل ، ويرتفع هذا المستوى من التلوث عن الحدود المسموح بها في كسل من الجبيل والمملكة العربية السعودية وكذلك في القانون الفيدرالي الأمريكي بمقدار يتراوح بين مئتين وثلاثة أمثال تقريباً .

وقد ارتفع أيضاً في ذات المحطة ليلبلغ ١٨٥ جزءاً في البليون تحت تأثير أحوال معينة من الطقس في اليوم الثاني والعشرين من شهر إبريل سنة

^(١) يبلغ حد التلوث المسموح به في الجبيل ١٢٠ جزءاً في البليون ولا يسمح بتجاوزه على الإطلاق ، بينما يرتفع في المملكة العربية السعودية ليلبلغ ١٥٥ جزءاً في البليون ويسمح بتجاوزه مرتين في الشهر (جدول ١٥) ويبلغ وفق القانون الفيدرالي الأمريكي ٨٠ جزءاً في البليون (جدول ١٦) .

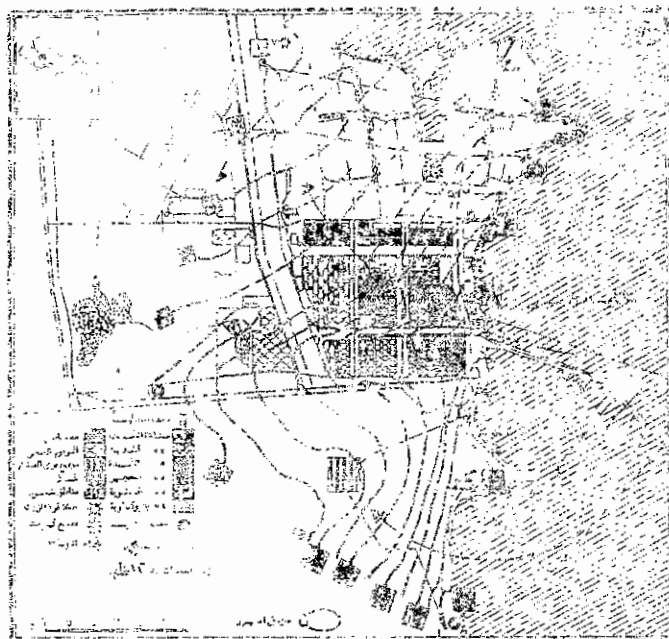
(١) ١٩٨١ . إذ ارتبط بتوغل تسميم الخليج ليعطى مدينة الجبيل الصناعية الساعة الثانية عشرة ظهراً مصحوباً برياح شرقية إلى شمالية شرقية ، وحينئذ بلغ تركيز الأوزون ٨٨ جزء في البليون في هذه المحطة ، وقد ارتفع أيضاً في سائر المحطات الساحلية بينما يظل منخفضاً في الأخرى الداخلية (شكل ٦٦ - ١) وقد ساعد ثبات هبوب هذه الرياح البحرية على استمرار نقل الهواء الملوث بالأوزون من الخليج العربي نحو المحطات الساحلية ، ومن ثم ارتفع التلوث ليصل إلى ١٨٥ جزء في البليون الساعة الرابعة من بعد ظهر اليوم في محطة القاعدة البحرية (شكل ٦٦ - ب) وقد صاحب هذا الارتفاع في التلوث بالأوزون انخفاضاً في تركيز أول أكسيد النيتروجين ليصل في هذه المحطة في ذات التوقيت إلى ١٩ جزء في البليون .

ومن ثم قد اختفى أهم عنصر لإزالة الأوزون البحرى المنقول . وهكذا قد تشابهت أحوال الطقس المناسبة وانخفاض التلوث بأول أكسيد النيتروجين في حدوث ارتفاع مفاجئ في التلوث بالأوزون بمقدار ٩٧ جزء في البليون خلال أربع ساعات تقريباً .

هذا ويرتبط أيضاً ارتفاع التلوث بالأوزون في المحطات الداخلية بظروف طقس خاصة تساعد على توغل الأوزون البحرى . فقد ارتفع التلوث بالأوزون في محطة المنطرة في اليوم العاشر من شهر سبتمبر سنة ١٩٨١ من ١٠ جزء في البليون الساعة الخامسة صباحاً إلى ١٥٥ جزء في البليون الساعة الرابعة من بعد ظهر هذا اليوم (٢) ، وقد ارتبط ذلك بسيادة رياح جنوبية على سائر المحطات الساعة الخامسة صباحاً ، مما أدى إلى ارتفاع في درجة حرارة الهواء

(١) تم اختيار هذا المثال لإبراز تأثير أحوال الطقس في ارتفاع التلوث بالأوزون بشكل حاد خلال فترة زمنية قصيرة بالمحطات الساحلية كنتيجة لظاهرة الأوزون البحرى .

(٢) تم اختيار هذا المثال لكون محطة المنطرة أكثر المحطات توغلاً بعيداً عن الخليج العربي وبالرغم من ذلك قد ارتفع فيها التلوث تحت سيادة أحوال طقس خاصة .



مسألة القلعة وفتح الأورين خلال اليوم الثاني والثلاثين من شهر إبريل

في مدينة الموصل ١٩٨١

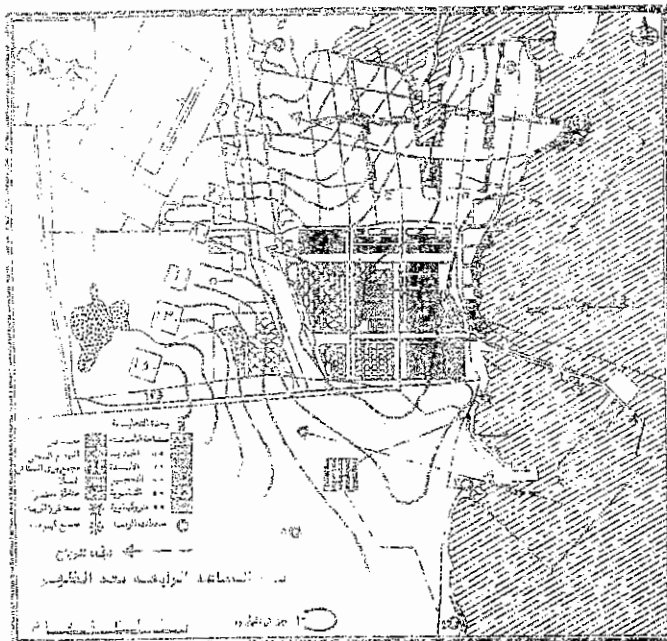
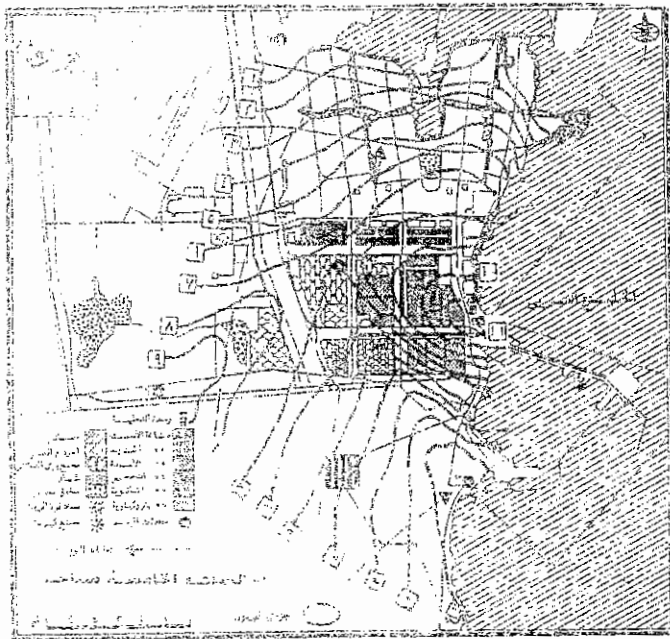
وانخفاض في تركيز الأوزون (شكل ٦٧) ثم ما لبث أن تطور نسيم الخليج العربي ابتداءً من الساعة الواحدة بعد الظهر تصاحبه رياح شمالية شرقية على المحطات الساحلية ، فارتفع تركيز الأوزون فيها ، وقد سادت هذه الرياح على سائر المحطات في الساعة الرابعة من بعد الظهر ، وتبع ذلك ارتفاع مفاجئ في تركيز الأوزون في هذه المحطة الداخلية من ١٠ جزء في البليون فقط إلى ١٥٥ جزء في البليون ، وهكذا يتجاوز مستوى التلوث في هذه المحطة سائر المحطات الأخرى حتى الساحلية منها (شكل ٦٧) .

ويرجع ذلك إلى حدوث انقلاب حراري سجل في هذه المحطة الساعة التاسعة من صباح ذلك اليوم مصحوباً بدرجة استقرار الهواء السطحي تتأرجح بين حالة حيادية (درجة D) وتقلب خفيفة (درجة C) حتى الساعة الرابعة من بعد ظهر ذلك اليوم ، وقد استتبع هذا الانعكاس الحراري واستقرار الهواء السطحي ، إحصاء الأوزون البحري المنقول عبر نسيم الخليج قريباً من سطح الأرض فكان من الطبيعي ارتفاع تركيزه بشكل حاد وفجائي .

ويذكر هنا أن مستوى تلوث الهواء في المحطات الساحلية أعلى منه في الأخرى الداخلية ، وقد انعكس ذلك على استحوذ الأولى على ما نسبته ٧١,٤% من جملة التجاوزات لحد التلوث المسموح به في الجبيل خلال ساعة ، وتحتصر معظم هذه التجاوزات في شهور فصل ذروة الأوزون التي تستحوذ على ٩٦% من إجمالي عددها .

ويجدر التنويه إلى أن حد التلوث المسموح هذا في الجبيل يعد مرتفعاً حين مقارنته بنظيره في القانون الفيدرالية الأمريكي ، إذ يزيد عنه بنسبة ١٥٠% وهكذا فإذا ما حسب عدد التجاوزات على أساس القانون الفيدرالي الأمريكي لارتفع عددها بدرجة شديدة .

ومما يزيد من خطورة هذه التجاوزات أنها قد حسبت على أساس ١٢٠ جزء في البليون ، وهذا التركيز في حد ذاته ودونما أدنى ارتفاع عنه ، يؤثر سلبياً على صحة الإنسان ، إذ يصيب الأطفال بضيق في التنفس ، وتزيد الأمراض



الخريطة العامة لقس، مصر، ١٩٨١
 قس، مدينة الجليل

التنفسية عند كبار السن ، وترتفع حالات التهاب العيون وغيرها (Stern, 1984.

P. 351)

هذا ويرتفع مستوى تلوث الهواء بالأوزون في منطقة الدراسة
بعمومها، إذ أوضحت دراسة قامت بها مصلحة الأرصاد وحماية البيئة عن تلوث
الهواء في بعض المدن السعودية (جده - الرياض - الظهران - الجبيل - ينبع)
خلال الفترة من السادس عشر من شهر مارس والأول من شهر إبريل سنة
١٩٧٧ م (Bradstreet, 1978) أن أقصى تلوث بالأوزون قد بلغ مثلاً ٥٥٠
جزء في البليون في مدينة الجبيل و ٣٥٠ جزء في البليون في مدينة صفوة^(١).

وقد حدثت هذه التركيزات الخطيرة الساعة الثانية والنصف من بعد
الظهر حينما وصل الإشعاع الشمسي إلى حدوده القصوى أثناء هبوب رياح
بحرية من الخليج العربي ، ويذكر أن مستوى التلوث بالأوزون في ذات الدراسة
قد أنخفض في مدينتي الرياض وجدة ليتراوح متوسطة بين ٢٠ و ٣٠ جزء في
البليون يقابله ٥٠ و ١٠٠ جزء في البليون في مدينتي الجبيل والظهران ، وهكذا
يرتفع التلوث بالأوزون في المنطقة بمقدار يزيد عن ثلاثة أمثال مستواه في
المدن السعودية الأخرى .

ويرتفع أيضاً التلوث بالأوزون خلال ساعة في مدينة الجبيل الصناعية
قياساً بمثيله في بعض المدن الأمريكية ، حيث بلغ مثلاً ٣٠٩ جزء في البليون
سنة ١٩٧٩ في حين لم يتجاوز في المدن الأمريكية في العام ذاته ٢٢٠ جزء في
البليون (جدول ٣٦) .

^(١) تقع مدينة صفوة في منطقة الدراسة على بعد ثلاثة كيلو مترات في منصرف الرياح السطحية من حقوق
إنتاج الزيت وعلى بعد ستة كيلو مترات تقريباً من معمل تكرير رأس تنورة .

خاتمة الفصل :

يمكن القول أن مشكلة تلوث الهواء بغاز الأوزون في المنطقة شديدة الخطر على الإطلاق ، فحين مقارنة بالملوثات النيتروجينية نجد أنها تقع في مجملها ضمن الحدود المسموح بها سواء في الجبيل أو المنطقة الحربية السعودية ، كما نقل التجاوزات بالنسبة للملوثات الكربونية والملوثات الكبريتية⁽¹⁾ قياساً بالأوزون ، وينذر أيضاً مستوى التلوث بالهيدروكربونات حمض الميتانيسية بتفاقم مشكلة تلوث الهواء بغاز الأوزون بالمنطقة إذ تسببهم بوصفها عوامل مساعدة في سرعة التفاعل الكيميوضوئي اللازم لإنتاج الأوزون ، هذا ولا يمكن إغفال تأثير فاعلية الموقع الجغرافي في نقل التلوث بالأوزون ، وهذا ولا يمكن إغفال تأثير فاعلية الموقع الجغرافي في نقل التلوث بالأوزون التروبوسفيري من مناطق الجوار - على المستوى الإقليمي - إلى المنطقة عبر الخليج العربي - كما تسهم الخصائص المناخية العامة للمنطقة من امتداد الفصل الحار لمدة تسعة شهور تقريباً يفتقر خلالها ارتفاع كثافة الإشعاع الشمسي بشدة ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية ، مما يساعد على زيادة نشاط التفاعلات الكيميائية المسؤولة على إنتاج الأوزون كملوث للهواء .

وهكذا يصبح الأوزون أخطر الملوثات الغازية في المنطقة كما أن الجسيمات السابحة أخطر الملوثات الصلبة .

(1) تأتي خطورة تلوث الهواء بغاز كبريتيد الهيدروجين في المرتبة الثانية بعد غاز الأوزون في المنطقة .

الفصل التاسع

التغيرات المناخية العالمية المرتبطة ونصيب منطقة الدراسة منها

مقدمة :

أولاً : نظرية دفاء الصوبات الخضراء .

ثانياً : النماذج العددية للتنبؤ بتغير مناخ كوكب الأرض .

١ - التغير في درجة حرارة طبقة التروبوسفير .

٢ - التغير في كمية التساقط ورطوبة التربة

خلاصة الفصل .



توطئة :

يبحث هذا الفصل في التعريف بنظرية دماء الصويبات الخضراء والغازات الاشعاعية النشطة المسئولة عنها ، وإبراز الأهمية الخاصة لغاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتوب عنها جميعاً . فضلاً عن فحص أحدث النماذج العددية للمناخ التي تستخدم في التنبؤ بمستقبل التغير في مناخ كوكب الأرض .

ويعرض التوزيع الجغرافي للتغير المحتمل في درجة الحرارة وكمية التساقط ورطوبة التربة على المستوى العالمي ، فضلاً عن توجيهه مزيد من الاهتمام بالإبعاد الإقليمية لهذه التفسيرات على مستوى شبعة الجزيرة العربية والمحيط الهندي والمملكة العربية السعودية ومن ضمنها منطقة الدراسة.

مقدمة :

يعتبر تلوث الهواء أخطر مجالات التلوث البيئي ، ولذا يصبح أهم المشاكل العصرية التي تواجه العالم في القرن الحالي ، كما يتوقع لها أن تتفاقم مستقبلاً في ضوء ارتفاع معدلات التلوث لتعادل عشرة أمثالها في الوقت الحالي . وتلعب العناصر المناخية دوراً بالغ الفاعلية في تحديد نطاق انتشار الملوثات الغازية أفقياً ورأسياً ، فضلاً عن مساهمتها في توليد ونشر الملوثات الصلبة .

وتسهم بعض الملوثات - في ذات الوقت - في تغير خصائص المناخ على المستوى العالمي .

ويعرض هذا الفصل احتمالات تغير مناخ كوكب الأرض في إطار العلاقة المتبادلة المتداخلة بين خصائص المناخ وملوثات الهواء . ويهدف الفصل إلى محاولة تحديد الأبعاد المحلية والإقليمية للتغيرات المناخية في ضوء الآراء والنماذج التي تعرض التغيرات المناخية المرتقبة على المستوى العالمي .

ويبحث هذا الفصل العناصر التالية :

أولاً : نظرية دفء الصوبات الخضراء .

ثانياً : النماذج العددية للتنبؤ بتغير مناخ كوكب الأرض .

١ - التغير في درجة حرارة التروبوسفير .

٢ - التغير في كمية النساقط ورطوبة التربة .

أولاً : نظرية دفء الصوبات الخضراء

تعد نظرية دفء الصوبات الخضراء Greenhouse Warming Effect

(ظاهرة الاكتناز الحراري) من النظريات المعروفة جيداً لدى علماء الطبيعة الجوية والمناخ ، وتتوقع هذه النظرية حدوث ارتفاع في درجة حرارة الغلاف الجوي لكوكب الأرض ، وتعتمد على حقيقة (ظهرت فعلاً بالتجربة) أن غازات الغلاف الجوي تمتص جزءاً من أشعة الشمس ، كما يمتص بعض منها جزءاً من

الإشعاع الأرضي المرتد نحو الغلاف الجوي ^(١) ويؤدي هذا التفاعل الإشعاعي Radiative Interaction بين الغازات المتسببة في هذه الظاهرة ^(٢) وبين الإشعاع الأرضي (الحراري) المرتد نحو الغلاف الجوي ^(٣) إلى دفع هذه الغازات التي ما تلبث أن تشع ذاتها الحرارة في جميع الاتجاهات في الغلاف الجوي ومنسبه إلى سطح الأرض فترتفع درجة حرارته ، وفي ذات الوقت يمتص سطح الأرض ٣٥% من جملة الإشعاع الشمسي نحو كوكب الأرض Insolation ، مما يؤدي إلى استمرار الإشعاع الحراري المرتد نحو الغلاف الجوي لتمتصه ثانية هذه الغازات ، وتستمر الحلقة التي تكون محصلتها ظاهرة الاحتباس الحراري .

ويعد بخار الماء أكثر الغازات فاعلية ، فنجدده يمتص قطاعاً كبيراً من الأشعة الحرارية ^(٤) ولسوء الحظ فإن كمية بخار الماء في الغلاف الجوي خارج سيطرة الإنسان كلية حيث أن مصدرها التبخر من المسطحات المائية وإن كان

^(١) قد أمكن التحقق من هذه الظاهرة منذ حوالي ١٥٠ سنة مضت (Roberts, 1994. p. 105) .

^(٢) هذه الغازات هي : بخار الماء (H2O) وثنائي أكسيد الكربون (CO2) والميثان (CH4) وأكسيد النيتروز (N2O) والأوزون التروبوسفيري (O3) والكلورفلوروكربون (CHCS) ، بالإضافة إلى بعض الغازات التي تسهم بدرجة أقل مثل أول أكسيد الكربون (CO) وثنائي أكسيد الكبريت (S2O) وتبلغ مساهمتها في ظاهرة الاحتباس الحراري : ٤٩% لثنائي أكسيد الكربون و ١٨% للميثان و ١٤% للكلورفلوروكربون و ٦% لأكسيد النيتروز و ١٣% للغازات الأخرى ، ويطلق عليها الغازات الإشعاعية النشطة Radiatively Active Gases ويعبر عنها بتضاعف كمية ثاني أكسيد الكربون (Kellogg , 1978 , p . 40) .

^(٣) يصل إلى سطح الأرض ٢٠٠٠ مليون من إجمالي الإشعاع الشمسي يعكس منه الغلاف الجوي ٤٠% إلى الفضاء الخارجي ، ويعكس سطح الأرض (الأليبدو) ١٠% وتمتص غازات الغلاف الجوي ١٥% ثم تعيد بعض هذه الكمية مرة ثانية إلى سطح الأرض .

^(٤) تختلف غازات الاحتباس الحراري فيما تمتص من الأشعة الحرارية على النحو التالي :

(Sellers , 1984 . p . 331)

الغاز	طول الموجات (ميكرومتر)	الغاز	طول الموجات (ميكرومتر)
بخار الماء	٦,٣ - أقل من ٣٠	ثنائي أكسيد الكربون	١٥ - ٤,٣
الأوزون	١٥ - ٤,٧	الميثان	٧,٧
أكسيد النيتروز	٨ - ٤	أول أكسيد الكربون	٤,٧

النشاط البشرى مسئولاً عن زيادة كميتها نتيجة الدفء العالمى الناتج عن غازات الاحتناز الحرارى الأخرى . وهكذا تزيد كميتها لتصبح مسؤولة عن ارتفاع درجة الحرارة ، وتستمر هذه الدورة فى حلقة متصلة ومعقدة ، وينتج عن هذا الازدواج الموجب للتغذية الإسترجاعية Positive Feed back Coupling تغيرات حرارية أكبر من تلك التى تنتج عن غاز ثانى أكسيد الكربون وغازات الاحتناز الحرارى الأخرى مجتمعة (Roberts, 1994. P. 104) . ومما يذكر أيضاً ، أن غاز الميثان يمتص الأشعة الحرارية أكثر من ثانى أكسيد الكربون بمقدار يتراوح بين ٢٠ - ٣٠ مثلاً ، وكذلك غاز الكلورفلوركربون يمتصها أكثر من ثانى أكسيد الكربون بمقدار ٢٠ ألف مثلاً^(١) (Cunningham, 1992. P. 331) .

وبالرغم من هذا ، فإن درجة حرارة كوكب الأرض قد ارتبطت فعلاً بتركيز ثانى أكسيد الكربون عبر التاريخ . وقد ثبت ذلك بقياس محتوى ثانى أكسيد الكربون فى الفقاعات الدقيقة للهواء القديم فى ثلجات المناطق القطبية منذ ١٦٠ ألف سنة ، إذ تبين أن تركيباته ترتبط طردياً بدرجات الحرارة ، وقد كان مستوى كل منهما منخفضاً خلال أى حقبة تاريخية منذ ١٣٠ ألف سنة مضت قياساً بمستوياتهما الحالية . كما أثبت العالم هانز Hans أن تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو فى أثناء عصر الجليد الأخير بلغ نحو ثلثى مستواه فى الفترة بين الجليدية التى سبقتها (مصيلحى ١٩٩٤ ص ٣٠) .

وقد دعا ذلك إلى تحديد كميته فى الغلاف الجوى بدقة ، وقد نجح العالم كالندر Callendar فى تحديدها خلال الفترة ١٨٩٠ - ١٩٣٨ ، إذ ذكر أنها تبلغ ١٥٠ مليون طن وأن ٧٥% من هذه الكمية بقيت ثابتة فى الغلاف الجوى

(١) تمثل المصادر البشرية لإنتاج غاز الميثان فى مخلفات المواشى والدراجن وحقول الأرز ومخطوط أنابيب الزيت وتحلل المخلفات الصلبة فى أراضي الردم الصحى وحرق الفحم ، وتبلغ مساهمة كل منها بالتوالى ٣٠% و ٢٩% و ٢١% و ١٤% و ٦% من إجمالى كميته فى الغلاف الجوى ، أما المصادر البشرية لإنتاج ثانى أكسيد الكربون فتشمل احتراق الغابات والفحم والزيت والغاز الطبيعى وصناعة الأسمتت واحتراق الكربون ، وتبلغ مساهمتها بالتوالى ٣٣% و ٢٧% و ٢٧% و ١٠% و ٢% و ١% من كميته فى الغلاف الجوى (Cunningham . 1992. P. 330) .

(Roberts , 1994 . p 106) ، ومما يذكر أنه منذ الثورة الصناعية Industrial Revolution وما تبعها من استغلال كثيف للوقود المتفجرى وتطور صناعة الأسمنت والتوسع فى قطع الأشجار لاستخدامها فى الصناعات الخشبية المختلفة - وقد بلغ ما ينتج سنوياً من ثانى أكسيد الكربون ٨,٥ بليون طن متري. ومن ثم قد ارتفع تركيزه فى الغلاف الجوى بنسبة ٤% سنوياً^(١) ، وإذا ما استمرت هذه المصادر فى إطلاق ذات الكميات من ثانى أكسيد الكربون فإن كميته ستتضاعف فى الغلاف الجوى بحلول عام ٢٠٧٥ م. (Cunningham, 1992. p. 331)

ثانياً : النماذج العددية للتنبؤ بتغير مناخ كوكب الأرض

١-التغير فى درجة حرارة التريوسفير : -

قد ظهرت العديد من النماذج العددية للنمساذج Numerical Climate Models التى تبحث فى أبعاد تأثير زيادة تركيز غازات الاحتناز الحرارى فى درجة حرارة كوكب الأرض ولعل من أهمها ما أستخدامه العالم هانس Hansen سنة ١٩٨٨م^(٢) . وقد وضع ثلاثة تصورات لمستقبل هذه الغازات ليحدد على أساسها اتجاهات درجة حرارة كوكب الأرض وهذه التصورات هى : (Roberts. 1994. p. 109) التصور الأول يعبر عن الوضع الحالى وقدر فيه معدل التغير

^(١) كما يزيد تركيز غاز الميثان وغاز الكلورفلور كربين فى الغلاف الجوى سنوياً بنسبة ١% و ٥% على التوالى (Cunningham 1992 . P. 331) .

^(٢) أستخدم هذا العالم نموذجين هما : GCM وهو نموذج الدورة العامة General Circulation Model ويعد من أكثر النماذج العددية تعقيداً إذ يهدف إلى تمثيل أغلب العمليات الفيزيائية التى تؤثر فى المناخ مثل الحركة الأفقية والرأسية للرياح وظاهرة عكس السطوح المختلفة للإشعاع الشمسى والأرضى (الأليدو) . وأستخدم أيضاً نموذج GISS وهو نموذج معهد جودارد لدراسات الفضاء Goddard Institute of Space Studies ويهدف إلى فحص التأثيرات المختلفة لآليات التغذية الإسترجاعية للمناخ Climatic Feedback Mechanisms مع الاهتمام بالأبعاد التأثيرية لبخار الماء فى الغلاف الجوى . (Roberts, 1994. PP 102 – 108) .

السنوى فى نسب هذه الغازات بأنها ستبقى فى إطار نسبتها الحالية حيث تبلغ ١,٥% لغاز ثانى أكسيد الكربون و ٣% لغاز كلورفلور كربون و ١,٥% لغاز الميثان وتتراوح بين ٠,٤ - ٠,٩% لغاز أكسيد النيتروجين .

ويرى فى تصوره الثانى أن نسبة زيادتها السنوية ستتناقص إلى الصفر فى عام ٢٠١٠م بالنسبة لثانى أكسيد الكربون والكلورفلو كربون ، وسينخفض غاز الميثان بنسبة ٠,٥% فى عام ٢٠٠٠م وسينخفض تركيز أكسيد النيتروز بنسبة ٠,٥% سنوياً ابتداءً من عام ٢٠١٠م .

ويقدر هذا العالم فى تصوره الثالث انعدام إضافة أى كمية من هذه الغازات إلى الغلاف الجوى بدايةً من عام ٢٠٠٠ م .

وتجدر الإشارة إلى أن اختيار أى من هذه التصورات أو الاحتمالات يتوقف على خصائص التغيرات العالمية على كل من المحاور الاجتماعية والاقتصادية والديموقراطية والصناعية والتكنولوجية خلال الفترة بين منتصف القرن الحادى والعشرين ونهايته .

وقد توصل هذا العالم (Hansen) سنة ١٩٨٨ إلى نتائج تعد أكثر الاحتمالات المستقبلية قبولاً بالنسبة لدرجة حرارة كوكب الأرض بسبب اعتماده على الكمية الفعلية لهذه الغازات خلال الفترة ١٩٥٨ - ١٩٨٢ م . وقد حدد معدل الدفء العالمى فى ١,٣ درجة مئوية خلال الفترة ١٩٨٩ - ٢٠٢٥م ^(١) . وفقاً لهذا يتوقع ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض بمقدار ٠,٨ درجة مئوية

^(١) قد يظهر هذا التغير الحرارى ضئيلاً ، ولكن إذا عرفنا أن الفارق بين درجة الحرارة الحالية وبين درجة الحرارة فى أثناء آخر عصر جليدى حينما غطت الثلجات معظم أمريكا الشمالية ، وقد بلغ فقط خمس درجات مئوية ، فحينئذ تظهر خطورة هذا الدفء العالمى.

أكثر من الارتفاع الذى تم رصده فعلاً خلال الفترة ١٨٨٠ - ١٩٨٩ م والذى قد بلغ ٠,٥ درجة مئوية ^(١) و ^(٢) (Roberts , 1994 . p . 122) .

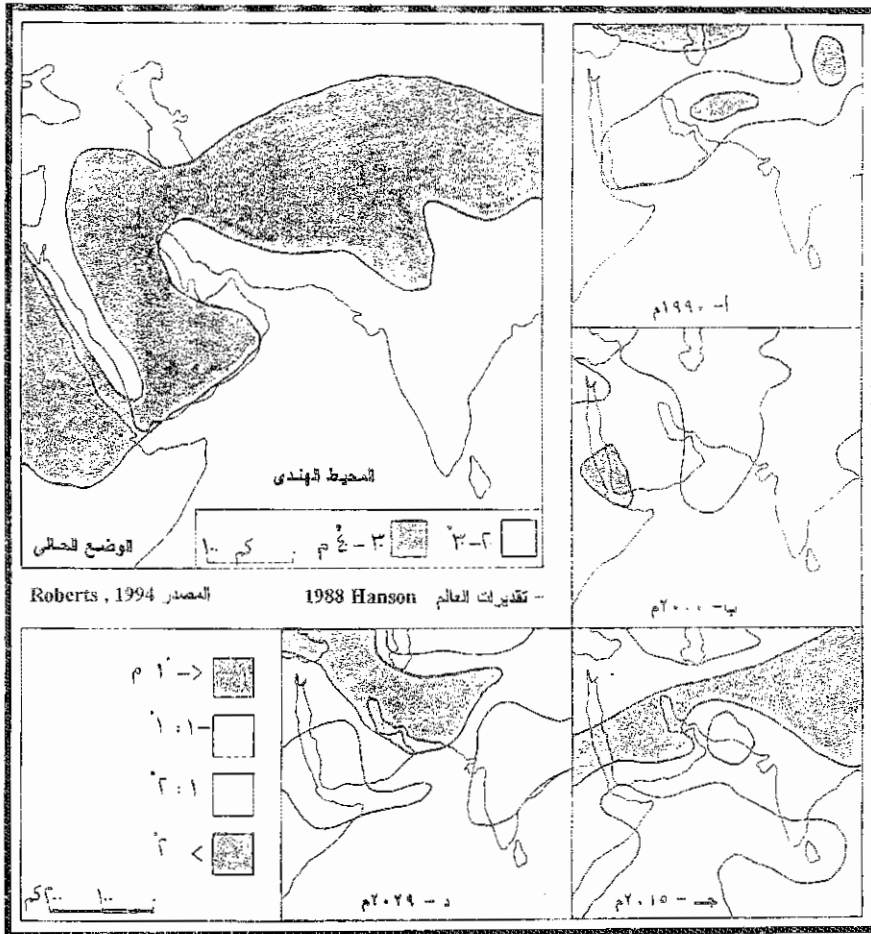
وقد وضع أيضاً ثلاثة تصورات لاتجاهات التغير فى متوسط درجة حرارة الطبقة السطحية للغلاف الجوى (على أساس التصورات التى حددها بالنسبة لمستقبل غازات الاحتناز الحرارى وأخذ فى الاعتبار الزيادة المقاسة فعلاً فى كمية هذه الغازات) متخذاً سنة ١٩٥٨ أساساً للمقارنة . ويتوقع فى هذه التصورات أن الدفء العالمى قد يبلغ ٠,٦ أو ١,٣ أو ١,٨ درجة مئوية حتى عام ٢٠٢٥ م . ويرى أن أكثرها قبولاً هو ارتفاع درجة حرارة الطبقة السطحية للهواء بمقدار ١,٣ درجة مئوية مقارنة بالمتوسط العالمى للحرارة ١٩٥٨ م ^(٣) .

وقد اختلف نصيب شبه الجزيرة العربية من هذا الدفء العالمى المتوقع من سنة إلى أخرى خلال شهر يولييه ، فقد يتراوح بين درجة ودرجتين مئويتين فى يوليو سنة ١٩٩٠ م على منطقة الخليج العربى ووسط وجنوب شبه الجزيرة العربية ، وينخفض إلى أقل من درجة واحدة على شمالها ، وقد ارتفع فى ايسران وأفغانستان وسواحل بحر قزوين إلى أكثر من درجتين مئويتين ، ويقل فوق المحيط الهندى ليتراوح بين جزء من الدرجة ودرجة واحدة مئوية (شكل ٦٨ - أ)

^(١) وقد أثبت أيضاً صحة هذه النتائج سنة ١٩٨٩ عدد من العلماء الذين يؤكدوا أن الدفء العالمى قد بدأ فعلاً منذ صيق ١٩٨٨ م . وأن الارتفاع المحتمل فى درجة حرارة الغلاف الجوى يتراوح بين ١,٥ - ٤,٥ درجة مئوية حتى عام ٢٠٧٥ م (Cunningham . 1992 . P . 331) .

^(٢) ويؤكد ذلك صحة ظاهرة الاحتناز الحرارى التى تسهم فيها الولايات المتحدة الأمريكية ودول أوروبا والاتحاد السوفيتى والصين والهند والبرازيل بنسبة ٢١% و ١٤% و ٧% و ٤% و ٤% لكل منها على التوالى ، وتسهم باقى دول العالم بنسبة ٣٦% الباقية (Sellers , 1948 . P . 57)

^(٣) وقد وضع التوزيع الجغرافى لهذا التغير العالمى فى الحرارة أثناء شهر يوليو خلال عدد من السنوات هى ١٩٨٦ و ١٩٨٧ و ١٩٩٠ و ٢٠٠٠ و ٢٠١٥ و ٢٠٢٩ م ، وحدد المعدل العالمى لارتفاع الحرارة لكل سنة منها فى ٠,٢ و ٠,٣ و ٠,٥ و ٠,٦ و ١,٠ و ١,٥ درجة مئوية على التوالى .



شكل ٦٨ التوزيع الجغرافي للتغير المحتمل في درجة الطبقة السطحية للغوام

في شهر يوليو ١٩٨٨ مقارنة بشهر يوليو سنة ١٩٥٨ م

ويتراوح ارتفاع درجة الحرارة بين درجة ودرجتين مئوية سننة ٢٠٠٠ م فى نطاق واسع يشمل الخليج العربى وجنوب شمسرق شبه الجزيرة العربية وبحر العرب ويمتد نحو الشمال حتى الدائرة القطبية الشمالية ، ويتراوح بين جزء من الدرجة ودرجة مئوية واحدة فى باقى أجزاء شبه الجزيرة العربية وشرق البحر المتوسط (شكل ٦٨ ب) .

وترتفع درجة الحرارة فى جهات واسعة من العالم خلال سنة ٢٠١٥ م لأكثر من درجتين مئويتين كما هو الحال فى معظم أجزاء شبه الجزيرة العربية وشرق أفريقيا ونطاق عرضى متسع فى وسط آسيا (شكل ٦٨ - جـ) وترتفع درجة الحرارة لأكثر من درجتين فى شرق شبه الجزيرة العربية وإيران وشرق البحر والمتوسط وشرق أوروبا حتى بولندة خلال سنة ٢٠٢٩ م بينما ترتفع فى وسط شبه الجزيرة العربية والمحيط الهندى بمقدار يتراوح بين درجة واحدة ودرجتين ، ويقتصر ارتفاعها على درجة واحدة فى جنوب غرب شبه الجزيرة العربية وسواحل البحر الأحمر (شكل ٦٨ - د) .

هذا وإن كان تضاعف كمية ثانى أكسيد الكربون (بوصفه نائباً عن مختلف غازات الاحتباس الحرارى) فى الغلاف الجوى قد لا يؤدى حتماً إلى تغير النظام العالمى للحرارة فى مختلف طبقات الجو ، إلا أنه بالضرورة سيؤدى إلى تدفئة طبقاته السفلى ^(١) فى حين تصبح طبقاته العليا أبرد ، ويعنى ذلك وجود

^(١) يرى البعض أن ارتفاع تركيز ثانى أكسيد الكربون قد يكون أدى فعلاً إلى ارتفاع درجة حرارة طبقة التروبوسفير ، ولكن زيادة محتوى الهواء من الغبار (الذى يعكس جزءاً كبيراً من الاشعاع الشمسى) قد أدى فى ذات الوقت إلى برودة هذه الطبقة ، بمعنى أن الدفاء الناتج عن ثانى أكسيد الكربون قد عادلته جزئياً البرودة الناتجة عن الغبار (Mccornick , 1967 . p . 1358) ويربط أصحاب ذلك الرأى بين ارتفاع درجة التعكير الأتوسفيرى Atmospheric Turbidity وبين ارتفاع درجة الغيوم والسحب ، ومن ثم الأليدو الجوى ، فتتخفص درجة حرارة النظام الجوى/ الأرضى Earth - Atmospheric System ويستدل هؤلاء على صحة ذلك من العلاقة الطردية (الغير كمية) بين الأتربة الأتوسفيرية وتكون الجليد . (مصيلحى ، سنة ١٩٩٤ . ص ٣٢) .

اختلافات حرارية بين طبقات السفلية (طبقة التروبوسفير) وتلك العلوية (طبقة الاستراتوسفير خاصة تحت تأثير استنزاف الأوزون الاستراتوسفيري المسبب عن ارتفاع حرارتها) ، ويتبع ذلك حدوث اضطرابات جوية شديدة وزيادة في فترات حالات عدم الاستقرار (Bryson , 1977 . p. 144) . كما يؤثر ذلك في الدورة الهوائية العامة وتكوين السحب والتساقط^(١) والغطاءات الجليدية ، إذ أن التوزيع العام للحرارة على كوكب الأرض هو مفتاح طقس ومناخ هذا الكوكب (Kellogg, 1978. P. 39)^(٢) .

ويربط بعض العلماء بين التغيرات الحرارية المرتبطة بسواء إن كانت بالارتفاع أو بالانخفاض^(٣) يتغير في الطاقة الشمسية Solar Energy الذي يحدث بصفة دورية كل إحدى عشرة سنة ، أو بدورات الشمس المغناطيسية Solar Magnetic Cycle التي تحدث كل اثنين وعشرين عاماً . كما يربطها البعض بتغيرات مدار الأرض حول الشمس فيما يطلق عليه دورات

^(١) يؤدي الدفء العالمي إلى زيادة معدلات التبخر من المسطحات المائية وبالتالي زيادة غطاء السحب خاصة في الأجزاء الساحلية من المناطق المدارية فتسهم في احتفاظها إلى حد كبير بدرجات حرارة الحالية في المستقبل ، بينما تحدث التغيرات الحرارية الواسعة في العروض العليا وكذلك المناطق الداخلية من القارات (Roberts, 1994. P. 330) .

^(٢) يرى بعض علماء الأحياء الجغرافيا (علم دراسة البحار والمحيطات) أن الدفء العالمي سيؤدي إلى ارتفاع مستوى البحر بمقدار متراً واحداً وربما أكثر خلال القرن القادم نتيجة التمدد الحراري وحده ، ويسرى البعض أن ذوبان ثلوج قارة أنتاركتيكا ربما يتبعه ارتفاع منسوب بمقدار ٣٠ متراً في حالة ذوبان جليدها بأكمله . وحينئذ ستغرق أغلب المدن الساحلية ، وسيؤثر ذلك في مساكن وأعمال ومصالح نصف سكان العالم (Cunningham , 1992. pp 331) .

^(٣) قد أظهر التوزيع الجغرافي لمتوسط تغير حرارة طبقة التروبوسفير وفق توقعات العالم هانسن Hansen سنة ١٩٨٨ أن هناك بعض مناطق ستخضع درجة حرارتها مستقبلاً مقارنة بوضعها الحالي كنتيجة للتغيرات الطبيعية في المناخ (Roberts, 1994. P. 111) .

ميلانكوفيتش^(١) Milankovitch Cycles نسبة إلى العالم الصلدى أكتشفها سنة ١٩٢٠ م . ويرجعها البعض أيضاً إلى اختلاف زاوية دوران القمر حول الأرض كل ثمانى عشرة سنة وستة شهور تقريباً (Cunningham, 1992. P. 339) . كما يربطها البعض الآخر بالدورة الطبيعية لدرجة حرارة الهواء وتغيرهما من الارتفاع إلى الانخفاض كل ١٨٠ سنة ، وقد اعتمد هؤلاء على أن درجة حرارة الغلاف الجوى قد أخذت فى الارتفاع منذ عام ١٨٨٠ م ، ثم انخفضت بداية من عام ١٩٤٠ م ، لترتفع ثانية حتى الوقت الحاضر . (المعتساز ، سبتمبر سنة ١٩٨٧ . ص ٨٣) .

٢ - التغير فى كمية التساقط ورطوبة التربة :

هذا ولا يتوقف تأثير ظاهرة الاكتمال الحرارى المصاحب لارتفاع تركيز الغازات الإشعاعية النشطة على التغير فى درجة حرارة طبقة التروبوسفير ، بل يمتد إلى التأثير فى كمية التساقط وفصيلتها وتوزيعها الجغرافى . وبعد التغير فى كمية التساقط أحد أخطر الآثار الناتجة عن هذه الظاهرة لما لها من تأثير متعدد الجوانب فى التوزيع الجغرافى للمحاصيل كميًا ونوعيًا ، وينعكس ذلك بالضرورة على مدى إمكانية توفير الغذاء لمجابهة الزيادة المطردة فى سكان العالم .

^(١) وهذه الدورات تمثل التغيرات التى تحدث فى محور الأرض وقد حددتها فى : ميل محور الأرض : ويبلغ فى الوقت الحالى ٢٣,٥ درجة عن الاتجاه الرأسى ، وتتردد درجة ميل المحور بين ٢١,٥ و ٢٤,٥ درجة ثم العكس كل ٤١ ألف سنة ، ويتبع ذلك تباين فى درجة حرارة نصفى الكرة وكلما زادت زاوية هذا الميل تشد حرارة الصيف وبرودة الشتاء . شكل مدار الأرض : يعتمد مدار الأرض ليصير أهليجا أقل تركيز ثم يعود إلى شكله الدائرى تقريباً على مدى ١٠٠ ألف سنة . ويتبع ذلك أيضاً تباين فى درجة حرارة نصفى الكرة الأرضية نتيجة التغير فى كمية الإشعاع الشمسى المساقط على دوائر العرض المختلفة (مصيلحى ، سنة ١٩٩٤ ، ص ١٩) .

وقد استخدمت ثلاث هيئات حكومية ^(١) أحد النماذج العددية للمناخ وهو

نموذج AGCM الذى يعبر عن الدورة العامة للغلاف الجوى Atmospheric General Circulation Model بهدف، إظهار المتغيرات العالمية المرتقبة فى كمية التساقط ^(٢) . وقد أظهرت النماذج الثلاث CCC , GFDL , UKMO أن أضخم التغيرات فى كمية التساقط تحدث بصفة عامة فى العروض المدارية وشبه المدارية بين دائرتى عرض ٣٠ شمالاً وجنوباً .

ويتوقع نموذج CCC انخفاض فى كمية التساقط خلال شهور فصل الشتاء فى شبه الجزيرة العربية (باستثناء الربع الخالى) وسواحل البحر الأحمر وشرق البحر المتوسط وحتى حدود بحر قزوين ^(٣) (شكل ٦٩ أ) .

ويضيق نطاق انخفاض كمية التساقط بصفة عامة فى نموذج GFDL مقارنة بنموذج CCC إذ يقتصر فى هذا النموذج على الحدود الغربية لشبه الجزيرة العربية وسواحل البحر الأحمر ومصر العليا وشمال السودان وكذلك بلاد الشام وشبه القارة الهندية (شكل ٦٩ ب -)

ويتوقع نموذج UKMO أن تنخفض كمية التساقط فى شبه الجزيرة العربية ووسط آسيا والبحر المتوسط وجنوب أوروبا وكذلك بحر العرب والبحر الأحمر (شكل ٦٩ ج) . أما بالنسبة لمعدل التغير فى كمية التساقط خلال شهور فصل الصيف ^(٤) فيتوقع نموذج CCC أن يتراوح بين (١ - ٢ ملميمتر/يومياً)

^(١) أعدت الهيئات الحكومية نماذج للمناخ سميت بذات أسمائها وهي : (Roberts , 1994 . pp)

(115 المركز الكندى لدراسة المناخ (CCC) Canadian Climate Center معمل فلوريد

للمتغيرات الجيوفيزيائية (GFDL) Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

المركز البريطاني للأرصاد الجوية (UKMO) UK Meteorological Office .

^(٢) تحسب هذه النماذج معدل التغير فى كمية التساقط بالملميمترات يومياً ، وتبنى على أساس الفرق بين كمية ثانى أكسيد الكربون حالياً وتضاعف كمياته مستقبلاً .

^(٣) يتوقع هذا النموذج معدل زيادة عالمى منخفض فى تغير كمية التساقط مقارنة بالنموذجين الآخرين .

^(٤) يقصد بها شهور فصل الصيف فى نصف الكرة الشمالى (يونية - يولية - أغسطس) ويتقابلها شهور

فصل الشتاء الشمالى أيضاً (ديسمبر - يناير - فبراير) .

وإيران وأفغانستان وشرق البحر المتوسط وسواحل البحر الأحمر ومصر والسودان (شكل ٦٩ - أ) .

ويتوقع نموذج GFDL انخفاض في كمية التساقط في نطاقات واسعة من العالم من بينها شرق شبه الجزيرة العربية وإيران وسواحل البحر المتوسط والصحراء الكبرى الإفريقية وكذلك جنوب ووسط أوروبا ، ولعل أهم ما يميز هذا النموذج توقعاته بزيادة كمية التساقط فوق شبه القارة الهندية (بتأثير الرياح الموسمية صيفاً) بمعدل ملليمترين يومياً ، في حين أنه لم يتجاوز في أي منطقة أخرى من العالم ملليمتر واحد/يومياً في أي من النماذج الثلاث (شكل ٦٩ ب) . ويتسع النطاق المعرض للجفاف في النموذج UKMO ليشمل معظم المناطق الداخلية من القارات والمحيطات والبحار المدارية (شكل ٦٩ - ج) .

ويذكر هنا ، أن التوزيع الإقليمي للتغيرات المتوقعة في كثافة الدورة الهيدرولوجية العالمية يعتمد على تأثير التغذية الإسترجاعية المركبة للعديد من المدخلات البيئية Environmental Inputs التي لم تبحث تفصيلياً حتى الوقت الحاضر ، ولذا لم تتفق نماذج المناخ في تحديد توزيعها الإقليمي^(١) وكذا إمكانية التنبؤ بحدودها القصوى . (Roberts , 1994 , p . 124)

ويرتبط بالتغيرات العالمية المرتقبة في كمية التساقط تغير في رطوبة التربة Soil Moisture عند استخدام نماذج المناخ ، ويتوقع كل مسن نموذج UKMO , GFDL أن يزيد جفاف التربة في معظم أجزاء العالم باستثناء الهند وبنجلال وبنورما خلال فصل الصيف الشمالي للصين ، بينما يتوقع النموذج CCC أن تزيد رطوبة التربة في شبه القارة الهندية والسواحل الشرقية للصين وشمال استراليا ، ويتسع نطاق زيادة رطوبة التربة خلال شهور فصل الشتاء في أمريكا الشمالية ، وكينيا وتنزانيا بقارة أفريقيا ، وذلك وفق تقديرات نموذج

^(١) تتوقع مثلاً بعض نماذج المناخ بأن نطاق الذرة في أمريكا الشمالية سيصبح أكثر جفافاً قياساً بوضعها الحالي ، بينما تتوقع أخرى أن ذات النطاق سيصبح أكثر رطوبة مستقبلاً (Cunningham. 1992. p. 331)

CCC ويتوقع نموذج GFDL أن تزيد رطوبة التربة في نطاق واسع من أمريكا الشمالية وشمال أوروبا ، بينما يتسع هذا النطاق في قارة آسيا والسواحل الغربية لأمريكا الشمالية ووسط استراليا في النموذج UKMO . هذا ولم يتغير الوضع في شبه الجزيرة العربية شتاء ، إذ تتوقع النماذج استمرار جفاف التربة كما الحال صيفاً .

خلاصة الفصل :

يمكن القول بأنه على الرغم من الاختلاف بين النماذج العديدة للمناخ في درجة الدفء العالمي المرتقب على المستوى الإقليمي ، إلا أنه سيصيب منطقة الدراسة خلال شهور فصل الصيف ، كما قد اختلفت النماذج العديدة حول تقدير التغير في كثافة الدورة الهيدرولوجية ، إلا أنها تتفق في انخفاض كمية التساقط شتاء على المستوى المحلي ، ومن ثم ينعكس ذلك في زيادة جفاف التربة خلال شهور الشتاء كما هو الحال خلال شهور الصيف أيضاً .

هذا ومهما اختلفت نتائج نماذج المناخ وتعددت آراء علماء المناخ والطبيعة الجوية حول تحديد مساهمة غازات الاحتجاز الحراري في إحداث الدفء العالمي المرتقب ، فإن أوجه النشاط البشري يتبعها بدرجة أو بأخرى خلل في النظام الحيوي نتيجة التدخلات الناجمة عن سوء استغلاله لمعطيات البيئة الطبيعية التي ينتج عنها مخرجات (وحدات الإخراج) تؤثر سلبياً في صحته وقدرته على الاستمتاع بمعطيات الحياة ، فضلاً عن تهديدها لموارده الحيوانية والعمر الافتراضي لمنشأته الحضارية ، وعلى أية حال ، فإنه يجب الإسراع في محاولة خفض تركيزات غازات الاحتجاز الحراري التي تلوث الغلاف الجوي سواء ثبت دورها في إحداث تغيرات مناخية علمية من عدمه .

الخاتمة

قد تناول هذا البحث دراسة أبعاد العلاقة بين الظواهرات الجوية للطقس والمناخ وتلوث الهواء فى منطقة تضم أهم المناطق الصناعية فى المملكة العربية السعودية ، ألا وهى المنطقة الشرقية ، ويعد المناخ أهم العوامل الطبيعية المؤثرة فى تلوث الهواء ، إذ أن لعناصره فاعلية واضحة فى التأثير على ملوثات الهواء من حيث انتشارها وتوزيعها وتركيزها وتفاعلاتها الكيميائية والكيميوضوئية ، فضلاً عن كون بعض عناصره تعد من المصادر الطبيعية لتلوث الهواء مثل العواصف الرملية والدوامات الترابية .

وتتمتع المنطقة بنقل صناعى ضخم يسهم بدرجة فعالة فى مشكلة تلوث الهواء ، فضلاً عن وجود تجمعات حضرية عديدة ترتفع فيها كثافة وسائل النقل التى تعد ثانى أهم مسببات المشكلة ، وقد انتهت الدراسة إلى بعض النتائج التى تحدد حجم مشكلة تلوث الهواء ومسبباتها ومستقبلها فى ضوء الخصائص المناخية للمنطقة ، كما انتهت إلى عدد من التوصيات التى قد تسهم فى تبصير الجهات المعنية بالبيئة إلى ضرورة توجيه مزيد من العناية والاهتمام بمشكلة تلوث الهواء .

وفيما يلي عرض لأهم النتائج والتوصيات :

أولاً : النتائج : -

١ - تعد التكوينات الرملية التى تنتشر بالمنطقة وتحيط بتجمعاتها العمرانية والصناعية أهم المصادر الطبيعية لتلوث الهواء سواء بالغبار أو الجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق . كما تلعب دوراً مساعداً فى العديد من التفاعلات الكيميائية والكيميوضوئية لإنتاج مزيد من ملوثات الهواء .

٢ - تعد عملية سقى الرمال أشد خطورة من عملية زحف الكثبان الرملية بالمنطقة ، وتبلغ كل منهما سرعتها القصوى خلال الفترة بين شهري مايو وسبتمبر .

٣ - تتسم المنطقة بارتفاع فى درجة حرارة الهواء ورطوبته النسبية معظم شهور السنة مما يساعد على نشاط التفاعلات الكيميائية والكيميووضوئية بين ملوثات الهواء لإنتاج ملوثات أخرى جديدة وأكثر خطورة من بينها غاز الأوزون .

٤ - تعد ظاهرة الانقلاب الحرارى أكثر الظواهر المتروولوجية تأثيراً فى تلوث الهواء بالمنطقة ، لما يصاحبها من انخفاض فى طبقة اختلاط ملوثات الهواء. ومن ثم يرتفع تركيزها بالقرب من سطح الأرض ليصبح تأثيرها خطيراً على صحة الإنسان والبيئة .

٥ - تفتقد المنطقة الجانب الإيجابي الفعال لعنصر المطر كأداة طبيعية للتخلص من ملوثات الهواء الصلبة بسبب شح كميتها وتذبذبها وانعدامها صيفاً حينما يكثر تكرار ظواهر الجو الترابية والعواصف الرملية .

٦ - يعد عنصر الرياح أهم العناصر المناخية المؤثرة فى تلوث الهواء بالمنطقة . إذ يصاحب الرياح السائدة الشمالية والشمالية الغربية نقل ملوثات الهواء من مناطق الجوار الصناعية إلى مدينة الجبيل الصناعية ، ومنها إلى سائر المدن الساحلية بالمنطقة .

٧ - تتمتع غالباً المنطقة برياح ذات سرعة مرتفعة وتندر فترات السكون ويتبع ارتفاع فى سرعة انتشار ملوثات الهواء وتشتتها فيخفض تركيزها وتقل درجة خطورتها على صحة الإنسان .

٨ - يتبع شدة سرعة الرياح ارتفاع فى درجة التلوث بالغبار والجسيمات السابحة تحت سيادة ظروف المناخ الصحراوى واتساع التكوينات الرملية الجافة بالمنطقة .

٩ - يمتد فصل ذروة التلوث بالمواد الصلبة (الغبار - الجسيمات السابحة) ليشمل فصلى الصيف والربيع مع ظهور قمتين فى شهرى يونية ومارس لارتباطه بشدة سرعة الرياح فى المقام الأول .

١٠ - تسهم صناعة الأسمنت والمحاجر بالنصيب الأكبر فى ارتفاع التلوث بالغبار والجسيمات السابحة بالمنطقة .

١١ - يعد مستوى التلوث بالجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق خطيراً بمقارنته بالمستويات الصحية المقبولة محلياً وعالمياً .

١٢ - تعتبر صناعة تكرير الزيت المسئول الأساسى عن انبعاث كميات خطيرة من الملوثات الغازية التى تتضمن ثانى أكسيد الكبريت الأكثر خطورة .

١٣ - تعد محطات توليد الطاقة الكهربائية أقل الصناعات تأثيراً فى نوعية الهواء بسبب اعتمادها على الغاز الطبيعى كوقود .

١٤ - تعاني المنطقة من ارتفاع خطير فى مستوى التلوث بغاز كبريتيد الهيدروجين ليصبح ثانى أخطر الملوثات الغازية على صحة السكان .

١٥ - يرتبط التلوث بالغازات بالغازات النيتروجينية بالانبعاث من الصناعة ووسائل النقل معاً .

١٦ - تؤثر الإمكانات النفطية للمنطقة بصورة غير مباشرة فى مشكلة تلوث الهواء لما يرتبط بها من تحقيق زيادة مطردة فى عدد السكان يتبعها كثافة فى استخدام وسائل النقل ، فضلاً عن تضخم كمية النفايات بأنواعها المختلفة .

١٧ - يؤدى اعتماد أكثر من نصف وسائل النقل بالمنطقة على البنزين كوقود إلى زيادة خطورتها كمصدر لتلوث الهواء بأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات .

١٨ - تسعى الحكومة السعودية إلى حماية البيئة من الآثار السلبية للطفرة الكبيرة فى استخدام وسائل النقل المختلفة عن طريق الاهتمام بحالة الطرق ، وإنشاء مزيد من الطرق المتسعة والمرصوفة والسعى نحو تعديل نوعية الوقود المستخدم وتحسينه ، ومراقبة صيانة السيارات بصفة دورية .

١٩ - يعتبر الانبعاث من وسائل النقل المصدر الأساسى للتلوث بالغازات الكربونية .

٢٠ - ينذر ارتفاع درجة التلوث بالهيدروكربونات بمشكلة بيئية خطيرة بالمنطقة لما يرتبط بها من سرعة إنتاج غاز الأوزون التروبوسفيرى . ومما يزيد من

خطورتها احتمال ارتفاع تركيزها مستقبلاً كنتيجة للزيادة المتوقعة في عدد السكان وما يتبعها من زيادة في استخدام وسائل النقل ، فضلاً عن التوسع المرتقب للصناعات البتروكيميائية في المنطقة .

٢١ - يعد التلوث بغاز الأوزون هو الأخطر على الإطلاق في المنطقة في ضوء مستوى التلوث بالغازات النيتروجينية والكربونية ، وتحت تأثير الخصائص المناخية للمنطقة وموقعها الجغرافي من الخليج العربي .

ثانياً : التوصيات :

١ - يمكن حصر التوصيات المتعلقة بالانبعاث من النشاط الصناعي في توجيه الدعوة إلى :

أ - استخدام أحدث التقنيات وأدقها لمكافحة التلوث الناتج عن مصافي تكرير الزيت في مختلف مراحل الإنتاج عن طريق حرق أول أكسيد الكربون ، وحرق مركبات الكبريت ، والكشف المستمر على المضخات ، والاهتمام المستمر بعمليات الصيانة الدورية .

ب - الاتجاه إلى استخدام نظام التصنيع المغلق (قدر الإمكان) في الصناعات البتروكيميائية ، واستخدام شرف التحكم الإلكتروني لتشغيل شبكة الاتصالات في حالة الطوارئ ، وتطبيق نظام أمان آلي لمراقبة الغازات المتسربة إلى الهواء .

ج - تطبيق النظام الرطب لسحق الحجارة في صناعة الأسمنت لخفض كمية الغبار الأسمنتي والأثرية التي تنطلق إلى الهواء .

د - إنشاء مداخن على ارتفاع كاف يسمح بتشتت وانتشار الملوثات الغازية بعيداً عن سطح الأرض .

هـ - وضع قوانين تجبر المصانع على تحويل جزء من أرباحها إلى عمليات الإصلاح والتخطيط البيئي .

و - التخطيط لاستغلال مصادر الطاقة غير الملوثة للهواء مثل الطاقة الشمسية والرياح بمناطق التجمعات العمرانية الكثيفة السكان لتوفرهما بقوة كبيرة بالمنطقة .

٢ - ضرورة إنشاء مرمم صحي ثالث في مدينة الجبيل الصناعية خلال العقود القادمة أن :

أ - تمتد المنطقة السكنية إلى الغرب بمحاذاة الساحل الشمالى للخليج العربية والحد من توسعها جنوباً فى اتجاه المنطقة الصناعية .

ب - ضرورة إنشاء حزام أخضر عريض يحد المنطقة السكنية من جهة الجنوب ليعمل كمرشح للملوثات الصلبة ، فضلاً عن امتصاصه لغاز أول أكسيد الكربون .

ج - الاهتمام بتحقيق التهوية العالية عند تخطيط الأحياء السكنية لضمان سرعة انتشار ملوثات الهواء ، وأن تكون محاور الشوارع شمالية جنوبية لتسمح بتوغل رياح الشمال .

د - نشر الوعى البيئى بين السكان والمؤسسات وتبصيرهم بالاحتياجات اللازمة الواجب اتباعها حينما يرتفع مستوى تلوث الهواء بغاز الأوزون وغاز كبريتيد الهيدروجين .

٥ - توصيات تتعلق برصد ملوثات الهواء :

أ - زيادة عدد محطات رصد ملوثات الهواء وعناصر المناخ فى منطقة الدراسة بصفة عامة ، ومدينة الجبيل الصناعية بصفة خاصة .

ب - إنشاء محطات رصد بيئى دائمة إلى الجنوب مباشرة من مصفاة بسترومين شل ومصنع كبريت آرامكو ، والشركة السعودية للحديد والصلب ، وشركة الجبيل للأسمدة لتحديد درجة مساهمة كل منها فى مشكلة التلوث .

ج - إعادة تشغيل محطتى السروج والنخيل حيث تعكس بيانات الأولى مستوى التلوث فى أحد الأحياء السكنية القريبة من المطار ، وتعكس الثانية مستوى

التلوث إلى الجنوب مباشرة من مجمع برى الصناعى أحد أهم مصادر التلوث
بالغازات الكبريتية .

د - إنشاء محطة لرصد الغازات الكربونية والنيتروجينية على طريق الجبيل -
الدمام وأخرى على طريق الجبيل - الكويت لتوفير بيانات دقيقة عن مساهمة
وسائل النقل فى مشكلة تلوث الهواء بالمنطقة .

٦ - الاتجاه إلى خفض نسبة الرصاص فى البنزين الناتج من مصافى التكرير
بالمنطقة واستبدال الرصاص بمادة مثيل ثالثى بيوتل أثير الأقل مساهمة فى
تلوث الهواء خاصة وأنه ينتج فعلاً بكميات كبيرة بالمنطقة .

٧ - يفضل إجراء بعض التعديلات على مقاييس نوعية الهواء المطلوبة لمدينة
الجبيل الصناعية والمقترحة للمملكة العربية السعودية على النحو التالى :

أ - خفض حد التلوث المسموح لغاز الأوزون خلال ساعة من ١٢٠ و ١٤٥
جزءاً فى البليون إلى ١٠٠ جزءاً فى البليون فقط حين يبدأ التأثير الخطير
للأوزون على صحة الإنسان ، مع مراعاة عدم السماح بتجاوزه على
الإطلاق .

ب - خفض حد التلوث المسموح لغاز كبريتيد الهيدروجين خلال ساعة من ١٤٢
جزءاً فى البليون إلى ٩٨ جزءاً فى البليون كحد أقصى حيث يصبح هذا الغاز
أكثر سمية من أول أكسيد الكربون عند هذا التركيز .
ويفضل عدم السماح بتجاوزه سواء فى الجبيل أو على مستوى المملكة
العربية السعودية ككل .

٨ - محاولة نقل أو الحد من نمو كل من المنطقة الصناعية التى تقع فى غرب
الشمال الغربى من المنطقة الحضرية بمدينة الظهران ، وكذا التى تقع فى
شمال الشمال الغربى من المنطقة الحضرية بالخبر . حيث أن كل منهما يقع
فى مهب الرياح السائدة التى تنقل الملوثات الناتجة عن الصناعة إلى المنطقة
الحضرية إذ التحصت تقريباً بالكتل العمرانية فى كل منهما .

٩ - السعى الدؤب لتحقيق التنمية الحضرية الصناعية المرتقبة فى المنطقة دون الإخلال قدر الإمكان بالتوازن البيئى .

١٠ - ينبغى أن تتوحد جهود دول العالم حول هدف واحد ألا وهو محاولة الحد من تلوث الهواء حفاظاً على رفاهية الإنسان وصحته ، وحماية للتوازن البيئى، وسعياً للحيلولة قدر المستطاع دون حدوث تغيرات عالمية فى المناخ قد تعرض الإنسان لأخطار المجاعات وترجع بحضارته ومدينة آلاف السنين إلى الوراء .

جدول (١) : العلاقة بين سرعة الرياح وحركة الرمال في التكوينات الرملية بمنطقة الدراسة.

١- سرعة الرياح الدنيا اللازمة لبدء الانسياب الرملى "سفى الرمال" وفق حجم حبيبات الرمال في نفوذ الدهناء

تصنيف حبيبات الرمال	قطر الحبيبات (مليمتر)	سرعة الرياح الدنيا (متر/الثانية)
حبيبات دقيقة	٠,١٠ - ٠,٢٥	٤,٠٥ - ٦,٧٠
حبيبات متوسطة	٠,٢٥ - ٠,٥٠	٦,٧٠ - ٨,٤٠
حبيبات خشنة	٠,٥٠ - ١,٠٠	٩,٨٠ - ١١,٤٠
حبيبات خشنة جدا	١,٠٠ - ٢,٠٠	١١,٤٠ - ١٣,٤٠

المصدر: آل سعود، مشاعل محمد بن سعود: الانسياب الرملى والخصائص الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض - الدمام الكويت، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت - الجمعية الجغرافية الكويتية، الطبعة الأولى سنة ١٩٨٦. ص ٩٣.

ب- العلاقة بين سرعة الرياح وكمية الرمال المحمولة في نفوذ الجافورا

قوة الرياح (متر/الثانية)	كمية الرمال المحمولة (كجم/متر/الساعة)
٥,٨	٦,٣
٨,٦	٢٣,١
١٢,٨	٦٤,٢
١٤,٦	٥٤,٦
١٦,٠	١٥٧,٥

المصدر:
Abolkhair, Y.M.S.,: Sand Encroachment by wind in Al-Hasa of Saudi Arabia, Unpublished Dissertation, Geography Department Indian University, U.S.A. 1981, p.119.

جدول (٢) محطات رصد المناخ بمنطقة الدراسة

الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بالمتر	مدة الدراسة**	نوع المحطة	الموقع الفلكي				الجهة التابعة لها	اسم المحطة
			خطوط الطول شرقا		دوائر العرض شمالا			
			درجة	دقيقة	درجة	دقيقة		
١٦	١٩٨٧-١٩٧٦م	مطر	٤٨	٣٠	٢٨	٢٥	الشركة العربية اليابانية للزيت	رأس الخنضحي
٣٥٧	١٩٨٨-١٩٧٦م	مناخ	٤٧	٧	٢٨	٢٠	وزارة الدفاع والطيران	القيصومة
٥	١٩٨٨-١٩٧٦م	مطر	٤٨	٤٨	٢٨	-	شركة أرامكو	رأس السفاحية
١٥ صفر	١٩٨٩-١٩٧٨م	مناخ	٤٩	٢٤	٢٧	٢	الهيئة الملكية للجبيل	* محطات الجبيل
١٠	١٩٨٨-١٩٧٦م	مطر	٥٠	٥	٢٦	٤٢	شركة أرامكو	رأس تنورة
٥	١٩٨٨-١٩٧٦م	مناخ	٥٠	-	٢٦	٣٠	وزارة الزراعة والمياه	القطيف
٢١	١٩٨٨-١٩٧٦م	مناخ	٥٠	٩	٢٦	١٦	وزارة الدفاع والطيران	* الظهران
صفر	١٩٨٨-١٩٧٦م	مطر	٥٠	١١	٢٥	٣٧	وزارة الزراعة والمياه	المقير
١٦٠	١٩٨٨-١٩٧٦م	مناخ	٤٦	٣٤	٢٥	٣٠	وزارة الزراعة والمياه	الهفوف
٥	١٩٨٨-١٩٧٦م	مطر	٥٠	٥٢	٢٤	٤٥	وزارة الزراعة والمياه	سلوة

المصدر:

- ١- وزارة الزراعة والمياه، المملكة العربية السعودية، إدارة تنمية موارد المياه، قسم الهيدرولوجيا: "بيانات شهرية للمحطات خلال المدة المذكورة.
- ٢- وزارة الدفاع والطيران، المملكة العربية السعودية، مصلحة الارصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للارصاد الجوية: بيانات شهرية للمحطات خلال المدة المذكورة.
- ٣- وزارة المالية والاقتصاد الوطني، المملكة العربية السعودية، مصلحة الاحصاءات العامة، الكتاب الاحصائي السنوي للفترة ما بين ١٩٧٦-١٩٨٨م

4- Royal Commission for Jubail & Yunbu - S.A., Annual Reports for 1978-1989

* تعبر عن السنوات المتاحة للرصد الذي تقوم به الجهات الحكومية السابقة الذكر ويعتمد عليها البحث في الحصول على البيانات المناخية اللازمة.

* محطات للرصد البيئي ايضا.

جدول (٣) محطات الرصد البيئي والمناخ في مدينة الجبيل الصناعية

المحطة	البعد عن الخليج العربي	الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بالامتار	العناصر المناخية		ملاحظات
			العنصر	مدة الدراسة	
١ الخزانات	٦ كيلو متر من الساحل الشمالي الغربي	٥٨	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨٤-١٩٨٩م	
٢ الميناء الصناعي	٣٠ مترا	٣٢	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨٤-١٩٨٩م	
٣ الميناء التجاري	١٥ كيلومترا	٣٥	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨٤-١٩٨٩م	
٤ القاعة البحرية	٢٥ كيلومترا	١٦	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨٤-١٩٨٩م	
٥ التخيل	١٢,٥ كيلو متر من الساحل الشرقي للخليج	١٤٤	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٤م ١٩٨١-١٩٨٣م ١٩٨١-١٩٨٣م لم ترصد	توقفت المحطة نهائيا عن الرصد منذ شهر سبتمبر سنة ١٩٨٣م ولم يعاد تشغيلها حتى نهاية سنة ١٩٨٩م ورجع ذلك الى التحرك المستمر للكثبان الرملية التي تؤدي الى صعوبة الوصول للمحطة والقيام بعمليات الرصد
٦ المنتزة	٢٧ كم من الساحل الشرقي وتقع على بعد ٢٢ كم من نطاق المصادر الساحل الشمالي	٢٣٥	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨١-١٩٨٩م ١٩٨٤-١٩٨٩م	

تابع جدول (٣)

المحطة	البعد عن الخليج العربي	الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بالامتار	العناصر المناخية		ملاحظات
			العنصر	مدة الدراسة	
٧ السروج	تقع على مقربة من نطاق المد في الساحل الشمالي الغربي للخليج العربي	(٢٤)	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المتلر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٢ م ١٩٨١-١٩٨٢ م ١٩٨١-١٩٨٣ م لم ترصد	- تحطمت المحطة وحرق في يوم الثالث من نوفمبر سنة ١٩٨٢ م - أثناء حدوث عاصفة وعديّة شديدة. - توقفت جميع أعمال الرصد في المحطة منذ اليوم الرابع عشر من نوفمبر سنة ١٩٨٢ م. - أمكن جمع بيانات الرصد حتى أول يناير سنة ١٩٨٢ م. - توقفت الرصد نهائياً في هذه المحطة منذ مارس سنة ١٩٨٣ م.
٨ جامودة	على مقربة من الساحل الشرقي والشمالي الغربي من الخليج العربي	(٤٦)	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المطر الرياح	١٩٧٨-١٩٨٩ م ١٩٨١-١٩٨٩ م ١٩٨١-١٩٨٩ م ١٩٨٨-١٩٨٩ م	- توقف الرصد في المحطة منذ شهر أكتوبر سنة ١٩٨٣ م بسبب عمليات البناء بالقرب من موقع المحطة. - بدأ الرصد مرة ثانية منذ سنة ١٩٨٨ م.
٩ الفناثير	(٢٠) مترا	صفر	درجة حرارة الهواء الرطوبة النسبية المتلر الرياح	١٩٨٤-١٩٨٩ م ١٩٨٤-١٩٨٩ م ١٩٨٤-١٩٨٩ م ١٩٨٨-١٩٨٩ م	- هذه المحطة عبارة عن سيارة رصد ييثر متحركة وكانت تقع في المنطقة السكنية شمالاً.

المصدر:

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

* مدة الدراسة تعبر عن سنوات الرصد الذي تقوم به الهيئة الملكية بالجبيل في هذه المحطات، ويعتمد البحث بصورة أساسية على بياناتها المناخية خلال المدة المذكورة أعلاه.

جدول (٤) خصائص درجة حرارة الهواء (درجة مئوية) في محطات المنطقة

المحطة	العنبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السوى
القيسومة القطيف الظهران اليفوف محطات الجبيل	(أ)	٤١- ٣٦ ١٨ ٢٥ ١	٣٥- ٣٢ ٤٥ ٣ ١	٢٩- ٥٢ ٦٤ ٣٢ ٢	٧٨ ١١ ١٠ ٤ ١١	١٢٢ ١٤٦ ١٤ ١٤ ١٣	١٣ ١٩٥ ٢٠٤ ١٥٥ ١٢	٢٠ ١٩٥ ٢٣٥ ١٥٥ ٢٢	٢١ ٢٠٥ ٢٣٨ ١٩ ١٤	١٦٧ ١٧٥ ١٨٥ ١٩ ١٦	١٦٧ ١١٥ ١٤٦ ١٣ ١٠	١٦ ٩ ٨ ٤ ٥	٢٠- ٥ ٥ ٢ ١	٤١- ٣٢ ١٨ ٢٥ ١
المنطقة		٤١- ٣٦ ١٨ ٢٥ ١	٣٥- ٣٢ ٤٥ ٣ ١	٢٩- ٥٢ ٦٤ ٣ ٢	٧٨ ١١ ١٠ ٤ ١١	١٢٢ ١٤٦ ١٤ ١٤ ١٣	١٣ ١٩٥ ٢٠٤ ١٥٥ ١٢	٢٠ ١٩٥ ٢٣٥ ١٥٥ ٢٢	٢١ ٢٠٥ ٢٣٨ ١٩ ١٤	١٦٧ ١٧٥ ١٨٥ ١٩ ١٦	١٦٧ ١١٥ ١٤٦ ١٣ ١٠	١٦ ٩ ٨ ٤ ٥	٢٠- ٥ ٥ ٢ ١	٤١- ٣٢ ١٨ ٢٥ ١
القيسومة القطيف الظهران اليفوف	(ب)	٦ ١٠٦ ١٠٢ ٧٧	٨٤ ١١٨ ١١٢ ٩٤	١٢٩ ١٥٤ ١٤٩ ١٣	١٨١ ١٩٧ ١٩٢ ١٧٧	٢٣٣ ٢٤ ٢٤ ٢١٩	٢٥٥ ٢٦٢ ٢٧ ٢٤٥	٢٧٣ ٢٧٤ ٢٨٤ ٢٥٨	٢٦٥ ٢٦٩ ٢٧٨ ٢٥١	٢٤٤ ٢٤٤ ٢٥٦ ٢٢٤	١٨٩ ٢١٢ ٢١٧ ١٨٢	١١٨ ٢١٢ ٢١٧ ١٣٨	٧٤ ١٢٣ ١٢ ٩٤	١٧٥ ١٩٨ ١٤٩ ١٧٤
المنطقة		٦ ١٠٦ ١٠٢ ٧٧	٨٤ ١١٨ ١١٢ ٩٤	١٢٩ ١٥٤ ١٤٩ ١٣	١٨١ ١٩٧ ١٩٢ ١٧٧	٢٣٣ ٢٤ ٢٤ ٢١٩	٢٥٥ ٢٦٢ ٢٧ ٢٤٥	٢٧٣ ٢٧٤ ٢٨٤ ٢٥٨	٢٦٥ ٢٦٩ ٢٧٨ ٢٥١	٢٤٤ ٢٤٤ ٢٥٦ ٢٢٤	١٨٩ ٢١٢ ٢١٧ ١٨٢	١١٨ ٢١٢ ٢١٧ ١٣٨	٧٤ ١٢٣ ١٢ ٩٤	١٧٥ ١٩٨ ١٤٩ ١٧٤
القيسومة القطيف الظهران اليفوف محطات الجبيل	(ج)	١٢٤ ١٥٧ ١٥٢ ١٤٥ ١٥	١٥٢ ١٧ ١٦٥ ١٦٣ ١٦	١٨٩ ٢٠٦ ٢٠ ٢٠٢ ٢٠	٢٥٢ ٢٥٧ ٢٥٣ ٢٥٦ ٢٥	٣١٣ ٣٠٧ ٣٠٨ ٣٠٥ ٣١	٣٤٤ ٣٣٦ ٣٤١ ٣٣٥ ٣٣	٣٦١ ٣٤٧ ٣٤١ ٣٥٥ ٣٥	٣٥٥ ٣٣٩ ٣٤٢ ٣٣٨ ٣٤	٣٣٥ ٣٢١ ٣١٨ ٣١٧ ٣٢	٢٦٧ ٢٦٢ ٢٧٨ ٢٦٧ ٢٨	٢٢٧ ٢٢٨ ٢٢٢ ٢١٢ ٢٢	١٤٢ ١٧٦ ١٧١ ١٦٢ ١٧	٢٥٢ ٢٦١ ٢٥٩ ٢٥٤ ٢٦
المنطقة		١١٧ ١٥٩ ١٥٩ ١٦٧	١٥٩ ١٧ ١٦٥ ١٦٣	١٩٩ ٢٠٦ ٢٠ ٢٠٢ ٢٠	٢٥٤ ٢٥٧ ٢٥٣ ٢٥٦ ٢٥	٣٠٩ ٣٠٧ ٣٠٨ ٣٠٥ ٣١	٣٣٧ ٣٣٦ ٣٤١ ٣٣٥ ٣٣	٣٥١ ٣٤٧ ٣٤١ ٣٥٥ ٣٥	٣٤٣ ٣٣٩ ٣٤٢ ٣٣٨ ٣٤	٣٤٣ ٣٢١ ٣١٨ ٣١٧ ٣٢	٢٦٧ ٢٦٢ ٢٧٨ ٢٦٧ ٢٨	٢٢٧ ٢٢٨ ٢٢٢ ٢١٢ ٢٢	١٤٢ ١٧٦ ١٧١ ١٦٢ ١٧	٢٥٢ ٢٦١ ٢٥٩ ٢٥٤ ٢٦
القيسومة القطيف الظهران اليفوف	(د)	١٧٨ ٢٠٧ ٢٠٧ ٢١٣	٢١١ ٢٢٢ ٢٢٢ ٢٣١	٢٥١ ٢٥٧ ٢٥٨ ٢٧٤	٣١٩ ٣١٧ ٣١٦ ٣٣٥	٣٨٣ ٣٧٤ ٣٨١ ٣٩٢	٤٢٤ ٤٠٥ ٤١٥ ٣٩٢	٤٣٩ ٤٠٥ ٤١٥ ٤١٩	٤٣٦ ٤١ ٤١٩ ٤٣٥	٤١٢ ٣٩٧ ٣٩٦ ٤١	٣٤٧ ٣٥٤ ٣٥٦ ٤١	٢٤٨ ٢٨٨ ٢٨٢ ٢٨٦	٢٤٨ ٢٣٨ ٢٣ ٢٢٩	٣٢١ ٣٢٣ ٣٢٥ ٣٢٣
المنطقة	(د)	٢٠١ ٢٢١ ٢٢١ ٢٢١	٢٢١ ٢٢٢ ٢٢٢ ٢٣١	٢٦ ٢٥٨ ٢٥٨ ٢٧٤	٣٢٢ ٣١٧ ٣١٦ ٣٣٥	٣٨٣ ٣٧٤ ٣٨١ ٣٩٢	٤٢٤ ٤٠٥ ٤١٥ ٣٩٢	٤٣٩ ٤٠٥ ٤١٥ ٤١٩	٤٣٦ ٤١ ٤١٩ ٤٣٥	٤١٢ ٣٩٧ ٣٩٦ ٤١	٣٤٧ ٣٥٤ ٣٥٦ ٤١	٢٤٨ ٢٨٨ ٢٨٢ ٢٨٦	٢٤٨ ٢٣٨ ٢٣ ٢٢٩	٣٢١ ٣٢٣ ٣٢٥ ٣٢٣
القيسومة القطيف الظهران اليفوف محطات الجبيل	(هـ)	٢٧٨ ٢٩ ٣٠ ٣٢٥ ٣٢	٢٧٨ ٢٩ ٣٠ ٣٢٥ ٣٢	٣٠٧ ٣٣٣ ٣٠٧ ٣٣٨ ٣٣	٣٩ ٤٠٨ ٣٧٥ ٣٨٨ ٤٦	٤٣٨ ٤٠٨ ٣٧٥ ٣٨٨ ٤٦	٤٥ ٤٤٢ ٤١٥ ٤٢٩ ٤٥	٤٧٣ ٤٨٣ ٤٩ ٤٨ ٤٩	٤٨٨ ٤٠٦ ٤٩ ٤٨٩ ٥٠	٤٧ ٤٨١ ٤٨ ٤٧٥ ٥٠	٤٥٧ ٤٦ ٤٦ ٤٧٥ ٤٧	٤٧٧ ٤٦ ٤٦ ٤٧٥ ٤٧	٣٧٥ ٤٣٤ ٣٧٥ ٣٦٧ ٣٩	٤٩ ٥١ ٤٩٥ ٤٨٩ ٥٠
المنطقة		٢٧٨ ٢٩ ٣٠ ٣٢٥ ٣٢	٢٧٨ ٢٩ ٣٠ ٣٢٥ ٣٢	٣٠٧ ٣٣٣ ٣٠٧ ٣٣٨ ٣٣	٣٩ ٤٠٨ ٣٧٥ ٣٨٨ ٤٦	٤٣٨ ٤٠٨ ٣٧٥ ٣٨٨ ٤٦	٤٥ ٤٤٢ ٤١٥ ٤٢٩ ٤٥	٤٧٣ ٤٨٣ ٤٩ ٤٨ ٤٩	٤٨٨ ٤٠٦ ٤٩ ٤٨٩ ٥٠	٤٧ ٤٨١ ٤٨ ٤٧٥ ٥٠	٤٥٧ ٤٦ ٤٦ ٤٧٥ ٤٧	٤٧٧ ٤٦ ٤٦ ٤٧٥ ٤٧	٣٧٥ ٤٣٤ ٣٧٥ ٣٦٧ ٣٩	٤٩ ٥١ ٤٩٥ ٤٨٩ ٥٠

المصدر:

نتائج التحليل الكمي (قامت به الطالبة باستخدام الحاسب الآلي) لبيانات درجة حرارة الهواء في محطات رصد المناخ (القيسومة - القطيف - الظهران - اليفوف) خلال المدة (١٩٧٦ - ١٩٨٨ م)، والمحطات التسع لرصد نوعية الهواء والمناخ بالجبيل خلال المدة (١٩٧٨ - ١٩٨٩ م).

جدول (٥)

الفروق المناخية في المدن مقارنة بالريف

المقارنة بالبيئة الريفية	العنصر المناخي
أكثر بـ (١٠) مرات	الغيبار
أكثر بنسبة تتراوح بين (٥-١٠%)	الغيوم
أقل بنسبة تتراوح بين (٥-١٥%)	مدة شروق الشمس
أقل بنسبة تتراوح بين (١٥-٢٠%)	كمية الإشعاع على السطح الأفقى
أقل بنسبة (٣٠%)	الأشعة فوق البنفسجية شتاء
أقل بنسبة (١٥%)	الأشعة فوق البنفسجية صيفا
أكثر فيما يتراوح بين (٥-١٠) درجة مئوية	المتوسط السنوى لدرجة حرارة الهواء
أكثر فيما يتراوح بين (١-٢) درجة مئوية	درجة الحرارة الصغرى السنوية
أقل بنسبة (١٠%)	أيام درجة الحرارة المرتفعة
أكثر بنسبة (١٠٠%)	الضباب شتاء
أكثر بنسبة (٣٠%)	الضباب صيفا
أكثر بنسبة تتراوح بين (٥-١٠%)	كمية المطر السنوية
	المصدر
1.Griffith, John F., & Others: Climate and the Environment, Westview Press, Colorado,1982. p. 124.	
2. Oliver, John,: Climatology- Selected Application, V.H. Winstons and Sons, New York, 1981. p.233.	
3- Ross, R.D.,: Air Pollution and Industry, Van Nostrand Reinhold Company, NewYork, 1972. p.14.	

جدول (٦)

العلاقة بين الرطوبة النسبية والتلوث بكل من السخام وثاني أكسيد الكبريت

التركيز (ملليجرام/ متر مكعب)		الرطوبة النسبية (%)
ثاني أكسيد الكبريت	السخام*	
٠,٠٦٩	٠,٠٧٦	٤٠-٣٠
٠,١٤٨	٠,٠٩٠	٥٠-٤٠
٠,١١٤	٠,٠٩٥	٦٠-٥٠
٠,١٠٤	٠,١١٣	٧٠-٦٠
٠,١٣٨	٠,١٢١	٨٠-٧٠
٠,٢٣٨	٠,١٣٤	٩٠-٨٠
٠,٢٦٦	٠,١٤٢	١٠٠-٩٠

ملاحظة: قد أثبتت هذه العلاقة العالم (أرزانوف) في مدينة موسكو.

المصدر: كمونة، حيدر: التخطيط ومشكلة تلوث البيئة في المدن العربية، منظمة المدن العربية، إصدار المعهد العربي لإنماء المدن: البيئة الصحية في المدن العربية، بيروت، سنة ١٩٨٨م. ص ٩١.

* السخام: Soot ويطلق عليه أيضا الهباب. وهو عبارة عن جزيئات كربونية متناهية في الدقة وتتجمع مع بعضها البعض في صورة سلاسل متصلة وطويلة. وترجع جزيئاته إلى أصل عضوي مثل الفحم والزيت والمبيدات الكيميائية. كما وقد يرجع أصلها إلى مواد غير عضوية مثل الأتربة الأسمنتية والرمال الدقيقة والمفتتات الحجرية والزجاج وغيرها (العودات، سنة ١٩٨٨. ص ٦٤).

جدول (٧) خصائص الرطوبة النسبية (%) في محطات المنطقة

المحطة	العنصر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط
القيسومة القطيف الظهران الهفوف محطات الجبيل	(أ) الدنيا	٥	٤	٣	٤	٣	٢	١	٢	٢	٤	٧	٩	١
		١٢	٨	٨	٧	٨	٩	٦	٨	٨	٩	١٠	١٢	٦
		٢٠	١٦	٤	٧	٥	٥	٥	٥	٦	٧	١٣	١٧	٤
		١٤	٩	٥	٤	٤	٥	٥	٥	١٠	٦	٧	١٢	٤
		١٥	١٥	١١	١٠	٩	٤	٨	٧	٩	٩	١٠	١٨	٤
المنطقة		٥	٤	٣	٤	٣	٢	١	٢	٢	٤	٧	٩	١
القيسومة القطيف الظهران الهفوف	(ب) متوسط الدنيا	٣٧,٥	٢٧,٥	٢٢	١٦,٨	١٢,٤	٧,٣	٦,٧	٧,٥	٨	١٣,٨	٢٣,٢	٣٣,٧	١٨,١
		٤٦,٩	٤٤,٥	٤٣,٣	٣٦,٩	٣١,٤	٣٠	٣٠,٦	٢٨,٨	٢٩,١	٣٥	٤٤,٨	٤٧,٤	٣٧,٤
		٤٧,٧	٤٥,٣	٤٠,٤	٢٣,٩	١٧,١	١٨,٣	١٧,١	١٩,٣	٢٣,٧	٣٠	٤٠,٩	٤٣,٣	٣١,٦
		٣٧,٦	٣٢,٣	٣٢,١	٢٦,٦	٢٢,٨	٢٠,١	٢١,١	٢٠,٧	٢٢,١	٢٤,٩	٣٢,٣	٣٧,٢	٢٧,٥
	المنطقة	٤٢,٤	٣٧,٤	٣٤,٢	٢٧,٤	٢٢,٦	١٨,٦	١٩,٢	١٩,١	٢٠,٧	٢٥,٩	٣٥,٣	٤٠,٤	٢٨,٧
القيسومة القطيف الظهران الهفوف محطات الجبيل	(ج) المتوسط الشهري	٥٦,٨	٤٦,٣	٤١,١	٣٠,٦	٢١	١٢,٥	١١,٢	١٢,٧	١٤,٦	١٣,٨	٢٣,٢	٤٣,٩	٣١
		٦٩,٧	٦٨,٩	٦٧,٤	٦١,٨	٥٥	٤٨,٧	٥٣,٩	٥٥,١	٥٩	٥٩	٦٣,٢	٦٩,٣	٦١,٢
		٧٠,٥	٦٨,٥	٦٣,٤	٥٠,١	٤١,٢	٣١,٧	٣١,٥	٤٣,٥	٥٣,٥	٦٠	٦٤,٥	٦٨	٥٤,٣
		٥٩	٥٥	٥٤,٦	٤٦,٩	٣٨,٨	٣١,٦	٣٥,٣	٣٧,٢	٤٦,١	٤٧,٨	٥٣,٤	٥٧,٨	٤٦,٨
		٦٠	٦٠	٥٦	٤٨	٤١	٣٤	٣٤	٤٦	٤٧	٤٩	٥٥	٥٩	٤٧
المنطقة		٦٣,٢	٥٩,٧	٥٦,٥	٤٧,٥	٣٩,٤	٣١,٧	٣٤,٢	٣٧,٩	٤٣,٦	٤٩,٤	٥٩,٩	٦١,٨	٤٨,١
القيسومة القطيف الظهران الهفوف	(د) متوسط العظمى	٨١,٧	٧١	٦٥	٥٠,٨	٤٢,٨	٢٦,٨	١٩,٧	٢١,٧	٢٥,٧	٤١	٥٩,٨	٧٧,٨	٤٧,٩
		٩٢,٣	٩٣,٤	٩٢,٥	٨٦,٨	٧٩,٤	٧١,٥	٧٧,١	٨١,٣	٨٨,٩	٩١,٥	٩٠,٩	٩١,٢	٨٦,٣
		٨٨,٧	٨٩,١	٨٧,٥	٧٨,٨	٧٠,٤	٥٩,٨	٦٦,٢	٦١,٥	٦٣,٢	٨٧,٥	٨٥,٧	٨٧,٤	٧٩,٤
		٨٠,٤	٧٧,٦	٧٧,١	٦٧,٢	٥٤,٨	٤٣,٢	٤٩,٤	٥٣,٧	٦٣,١	٧٠,٧	٧٤,٥	٧٨,٤	٦٦,١
	المنطقة	٨٥,٨	٨٢,٨	٨٠,٥	٧٠,٩	٦١,٩	٤٩,١	٥٣,١	٥٦,٦	٦٥,٧	٧٢,٨	٧٧,٧	٨٣,٧	٦٩,٩
القيسومة القطيف الظهران الهفوف محطات الجبيل	(هـ) العظمى	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٩	٩٦	٨٠	٨٢	٩٦	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٨	٩٨	٩٨	٩٨	٩٩	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٩	٩٩	٩٩	٩٩	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
المنطقة		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

المصدر:

نتائج التحليل الكمي (قامت به الطالبة باستخدام الحاسب الآلي) لبيانات درجة حرارة الهواء في محطات رصد المناخ (القيسومة - القطيف - الظهران - الهفوف) خلال المدة (١٩٧٦ - ١٩٨٨م)، والمحطات التسع لرصد نوعية الهواء والمناخ الجبيل خلال المدة (١٩٧٨ - ١٩٨٩م).

جدول (٨)
كمية المطر (ملليميتر) في محطات المنطقة

المحطة	المتوسط	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنوات
القيصومة	متوسط	٢٠٦	١٢٦	٢٤٣	١٥٣	٨٠٨	صفر				١٠١	١٨٤	٩٢	١٨٨
رأس الخفجي		٢٥٩	٩٩	١٣٩	٦٩	٢٠١	صفر				٩٨	١٠٥	١٩٤	٩٨٤
رأس السفانية		٢١٤	١٧٧	١٥٧	٨٠٤	١٠٢	صفر				١١	١١٢	١٣٧	١٠٠
رأس تنورة	كمية	٢٠٣	٢٤٩	٢٦١	١٣٢	١٠٥	صفر				٢٨	٦٥	١٢٤	١٠٦
القطيف		١٥٢	٢٤١	٢٤	٩٥	٠٨	صفر				١٣	٨١	١٣٤	٩٦٥
الظفران		١٥٩	١٩١	٣٧٢	٨	٠٦	صفر				٠٣	٦٤	٩٨	٩٦٩
العتير	المطر	٩١	٢٨٧	٤٩٥	٣	٠٦	صفر				٤٨	٠٣	١٢	١٠١
اليفوف		١٠٢	١٧٣	٢٧٣	١٢٤	١٠٢	صفر				١٠	٢٦	٨٤	٨٠٥
سلوة		٣٨	١٨	١٦٧	٢٥	٠٥	صفر				صفر	٢٤	٤٥	٥٠٣
محطات الجبيل	الشهيرة													
الخزانات		٨٣	١٠٣	١٩٣	٧	٠٥	صفر				٣	١٥	١٠٩	٦٣
الميناء الصناعي		٨٥	٩٥	٢٠٧	٥٨	٠٣	صفر				٢٢	١٣٨	١٣٦	٦٣
الميناء التجاري		١١٤	١١٧	٢٢٦	٦	٠٢	صفر				١٩	١٨	١٢٧	٦٩
القاعدة البحرية		٨٩	١٢٣	١٦٤	١٢٢	١	صفر				٠٩	١٢٤	١٢٢	٦٥
النخيل		٥٧	١٥٥	٢٣٤	٦٥	٠٢	صفر				٥٩	٤٩٦	٨١	٩٤
المسترة		٩١	١٢٣	١٥٤	٧٥	٠٦	صفر				١٢	١٣٥	١٣٢	٦٢
السويح		٢٣	١٢٣	٢١٦	٣٩	٠٤	صفر				٥٥	٦١	١٤	٤٠
جلمودة		٢٩	١٠٤	٢٠٤	٤	٠٢	صفر				٢٧	٣٣٥	١٣١	٦٩
الفتاير		٩٦	٨٣	٩٩	٧١	٠٤	صفر				صفر	٠٥	٢٠١	٥٦

المصدر:

نتائج التحليل الكمي (قاست به الطلبة باستخدام الحاسب الآلي) لبيانات المطر في محطات رصد المناخ (القيصومة - القطيف - الظفران - اليفوف)، ومحطات قياس المطر (رأس الخفجي - رأس السفانية - رأس تنورة - العتير - سلوة)، والمحطات التسع لرصد نوعية الهواء والمناخ في الجبيل خلال المدة (١٩٧٦-١٩٨٩م).

جدول (٩): تأثير سرعة الرياح على تركيز السخام وثاني أكسيد الكبريت

١- العلاقة بين سرعة الرياح وتركيز السخام

تركيز السخام (ملليجرام/ المتر المكعب)	سرعة الرياح (متر/الثانية)
٠,٢٣٧	٠,٢
٠,١٤٧	٠,٥
٠,١٢٨	١,٠
٠,١٢٩	١,٥
٠,١٢١	٢,٥
٠,١١٩	٣,٥
٠,١٠٩	٤,٥
٠,١٠٨	٥,٥

٢- العلاقة بين سرعة الرياح وتركيز ثاني أكسيد الكبريت

تركيز ثاني أكسيد الكبريت (ملليجرام/ المتر المكعب)	سرعة الرياح (متر/الثانية)
٠,٣٢٧	٠,٥
٠,١٤٧	١,٥
٠,١٣٧	٢,٥
٠,١٤٦	٣,٥
٠,١٣٠	٥,٠
٠,١٢٢	٨,٠

ملاحظة: قد أثبت هاتين العلاقتين العالم أرزاسوف في مدينة مو
المصدر: كمونة، حيدر: التخطيط ومشكلة تلوث البيئة في المدن العربية،
منظمة المدن العربية، أصدار: المعهد العربي لاتمساع المدن: البيئة
الصحية في المدن العربية، بيروت، سنة ١٩٨٨م ص ٨٩

جدول (١٠) خصائص سرعة الرياح (متر/ الثانية) في محطات المنطقة

المحطة	المنصر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنة
القيصومة	(أ)	٣٠٨	٤٠٨	٤٠٨	٤٠٨	٤٠٨	٥٠٣	٥٠٢	٤٠٤	٣٠٦	٣٠٩	٣٠٨	٤	٤٠٣
القطيف	متوسط	١٠٧	١٠٦	١٠٦	١٠٥	١٠٥	٢٠١	١٠٨	١٠٩	١٠٤	١٠٤	١٠٦	١٠٦	١٠٦
الظهران	سرعة	٣٠٩	٤٠١	٤٠٣	٤٠٣	٤٠٥	٥٠٦	٤٠٦	٤٠٤	٣٠٥	٣٠٦	٣٠٧	٣٠٨	٤٠٢
الهفوف	الرياح	١٠٥	١٠٧	١٠٧	١٠٧	١٠٧	٢	١٠٥	١٠٤	١٠٢	١٠١	١٠١	١٠٢	١٠٥
محطات الجبيل		٤٠٧	٥٠١	٥٠١	٤٠٦	٤٠٩	٥٠٥	٤٠٥	٤٠٣	٣٠٧	٤٠١	٤٠٦	٤٠١	٤٠٦
المنطقة		٣٠١	٣٠٥	٣٠٥	٣٠٤	٣٠٥	٤٠١	٣٠٥	٣٠٣	٣٠٧	٣٠٨	٣	٣٠٩	٣٠٢
القيصومة	(ب)	١٩٠٢	٢٥٠٥	٢٧٠٧	٢٤٠٥	٢٦٠٦	٢٤٠٥	٢٢٠٣	٢١٠٣	١٨٠٦	١٨٠٦	٣٦٠١	٢٣٠٩	١٠١
القطيف	السرعة	٦٠٤	٨٠٤	٧٠٩	٧٠٤	٧٠٩	٨٠٥	٧٠٦	٧٠٨	٧٠٣	٦٠٩	٦٠٤	٧٠٣	١٠٥
الظهران	القصوى	١٨٠١	٢١٠٣	٢٠٠٧	٢١٠٣	٢٠٠٢	٢١٠٨	٢٣٠٩	٢١٠٣	١٣٠٧	١٧٠٦	١٦٠٥	١٧٠٦	٣٠٩
الهفوف		٧٠١	٧٠١	٧٠٧	٩٠١	١٠٠١	١٠٠١	٨٠١	٦٠٦	٩٠١	٩٠١	٧٠١	٧٠١	١٠١
محطات الجبيل		١١	١٣٠٣	١٢٠١	١١٠٧	١٢٠٣	١٢٠٢	١٢٠٢	٩٠٧	٨٠٩	١١٠٥	١١	١٢٠٧	٣٠٣
المنطقة		١٩٠٢	٢٥٠٥	٢٧٠٧	٢٤٠٥	٢٦٠٦	٢٤٠٥	٢٣٠٩	٢١٠٣	١٨٠٦	١٨٠٦	٣٦٠١	٢٣٠٩	١٠١

المصدر:

نتائج التحليل الكمي (قامت به الطالبة باستخدام الحاسب الالى) لبيانات الرياح في محطات رصد المناخ (القيصومة - القطيف - الظهران - الهفوف) خلال المدة (١٩٧٦ - ١٩٨٩م)، والمحطات التسع لرصد نوعية الهواء والمناخ بالجبيل خلال المدة (١٩٨٤-١٩٨٩م)

جدول (١١) ايام العواصف الرملية / الترابية في مدينة الجبيل الصناعية

الشهر السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية	يوليو	اغسطس	سبتمبر	اكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الاجمالي السوى
١٩٨١	صفر	صفر	١	٤	٤	١	١	٣	١	صفر	٢	صفر	١٧
١٩٨٢	صفر	صفر	٢	٢	٢	١	صفر	١	صفر	٢	صفر	١	١١
١٩٨٣	١	١	١	صفر	٣	٣	٢	١	٢	صفر	صفر	صفر	١٤
١٩٨٤	صفر	١	٣	١	٢	٤	٢	١	١	١	صفر	صفر	١٦
١٩٨٥	١	٥	٢	١	٥	٣	٧	صفر	صفر	صفر	صفر	١	٣٥
١٩٨٦	٢	٤	٦	١	٤	٩	١	صفر	صفر	صفر	٤	١	٣٢
١٩٨٧	٢	١	٢	٢	٣	٩	٢	٢	صفر	صفر	صفر	١	٢٤
١٩٨٨	صفر	صفر	٦	صفر	صفر	٤	صفر	صفر	صفر	صفر	٢	٢	١٤
١٩٨٩	٢	٢	٤	٢	٣	٣	صفر	صفر	صفر	صفر	١	١	١٨
لاجمالى	٨	١٤	٢٧	١٣	٢٦	٣٧	١٥	٨	٤	٣	٩	٧	١٧١
النسبة لمئوية	٤٦٨	٨٠٢	١٥٧	٧٦	١٥٢	٢١٦	٨٧٧	٤٦٨	٢٣٤	١٧٥	٥٢٦	٤١	%١٠٠

المصدر:

Royal Commission for Jubail, Kingdom of Saudi Arabia: Jubail Atmospheric Surveys Project Annual Reports; 1981-1989.

جدول (١٣) مصادر ملوثات الهواء والمخاطر المحتملة

مصادر الانبعاث	الملوثات الغازية	حدود الانبعاثات ووسائل التحكم المستخدمة
١- مرافق الزيت والبتروكيميائيات ١- صهاريج سواحل الزيت التي تزود طاقنها عن (١٠٠٠) برميل	الهيدروكربونات العضوية الطيارة	- تزود خزانات المركبات العضوية ذات الضغط البخاري الذي يتراوح بين (٥٧-٧٨) ملليمتر زئبق، بنظام استرجاع للابخرة والغازات. - تزود خزانات المركبات العضوية ذات الضغط البخاري أكثر من (٧٨) ملليمتر زئبق والأقل من (٥٧) ملليمتر زئبق بأسقف عائمة مزدوجة السداد. - تعتبر الخزانات ذات الأسقف العائمة مناسبة لتخزين الزيت الخام مع ضرورة توفير برنامج دائم للمراقبة.
ب- وحدات تجديد العوامل المساعدة في وحدات (إف سي سي)	أول أكسيد الكربون والجسيمات الساحبة	- استخدام غلايات أول أكسيد الكربون بهدف خفض كمية الخارجة إلى (٥٠٠) جزء في المليون. - استخدام منطقات هواء مناسبة للحد من كمية إلى كيلوجرام واحد لكل طن متري من فحم الكوك المحروق.
ج- عمليات حرق الوقود	ثاني أكسيد الكبريت	- لا بد من استخدام الصالات المناسبة لتخفيض كمية كبريتيد الهيدروجين المنبعث مع الغازات الأخرى إلى (٢٣٠) ملليمتر لكل متر مكعب قياس جاف.
د- منشآت كلوز لاسترجاع الكبريت	ثاني أكسيد الكبريت	- يجب استخدام عملية كلوز لاسترجاع كمية تصل إلى (٩٥) على الأقل من اجمالي كمية الكبريت.
و- الابخرة المتسربة من المركبات العضوية	هيدروكربونات عضوية طيارة	- يجب الحد من كمية يتوفر الصيانة ومراقبة منفاذ خروجها.
٢- المرافق العاملة بالاحتراق	ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والجسيمات الساحبة	- يجب استخدام أجهزة مناسبة للتخلص من الغازات الموجودة في غلايات الوقود العضوية وجميع الأفران التي تستخدم طاقة حرارية فصل إلى (٣٠) ميجاولات لخفض الملوثات من ثاني أكسيد الكبريت إلى ميكروجرام واحد/ جول أكاسيد النيتروجين إلى (١٣٠) نانوجرام/ جول في المرافق الحارقة بالزيت وإلى (٨٦) نانوجرام/ جول في المرافق الحارقة بالغاز.
٣- مصانع الاسمنت	ميدروكربونات عضوية طيارة	- السيطرة على منفاذ انبعاثها بواسطة الحرق أو غيره للتأكد من إزالة (٩٩) من المواد العضوية المتحررة أو الطيارة.
٤- مصانع الحديد والصلب (أفران الشرارة الكهربائية)	جسيمات ساحبة	- لا بد من السيطرة على المواد العالقة المتسربة من الأفران الكهربائية بحيث لا تزيد عن (١٢) ملليمتر/ متر مكعب قياس جاف.
٥- مصانع الاسمنت	جسيمات ساحبة	- لا بد من السيطرة على المواد المتسربة عن طريق استخدام مرشحات الكترولستاتيك كهربائية ومضاد فيسجية بحيث لا تزيد كمية الجسيمات الساحبة المتسربة عن (١٥) كيلوجرام/ الطن متري.
٦- مصانع انتاج الجير (الأفران الشرارة)	جسيمات ساحبة	- السيطرة على المواد المتسربة بحيث لا تزيد عن (٠.٢) كيلوجرام/ طن متري من حجر الكلس الخام المستعمل.

المصدر:

Royal Commission for Jubail : Jubail program Procedure - Environmental Guidelines, 1985, pp.

جدول (١٤) تلوث الهواء بالنسبة لثلاثة (ميكروجرام/المتر المكعب)

النسبة المئوية لعدد التجارب	إجمالي عدد التجارب	أقصى سرعة للرياح (أمت) (أمت)	سرعة الرياح الوقعية (أمت)	اتجاه الرياح	الزمن	التاريخ	أقصى تركيز بـ (ميكروجرام/المتر المكعب)	النتيجة المتوقعة	الاحتمال المعتمد	النتيجة المتوقعة	مدة الدراسة بالساعات	الملاحظات
١٩٩٩	٢٣٣	١٠٠٩	١٩	جنوب الجنوب الغربي	١١ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٤٣٠	٤٥٦	١٩٧	٢٧٨	١٦	التجارب
١٤	١٦٥	٩٧	١٧٩	جنوبية	١١ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٤٠٤٨	٢٥٣	١١٦	١٠٠	١١	الرياح الشمالية
١٥	١٧٩	٧٩١	١٥١	جنوب الجنوبي الغربي	١٢-١١ ظهراً	١٠ مارس ١٩٨٩	٤٥١٨	٣١٩	١٢٠	٢٢٣	١١	الرياح الشمالية
١٦	١٩٦	١٧٥	١٧	غربية	١١ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٤٥١٢	٣٣٩	١٤٥	٢٢٦	١١	الرياح الشمالية
٣٥	٤٢		قوة		١١-١٠ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٢٤٣٨	٣٧٢	١٤٢	١٩٤	٩	الرياح الشمالية
١٩	١٩٠	١٤	٢٠	شمالية غربية	١١-١٠ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٤٧٣٦	٢١٥	١٣٩	٢٢٥	١١	الرياح الشمالية
٣	٢٥		قوة		١١-١٠ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	١٣٣٧	٥٥	٩٣	١٢١	٦	الرياح الشمالية
٧	٨٣	١٠٠٢	١٦٨	غربية الشمال الغربي	٥ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٣٤٧١	٢١٠	٩١	١٤٠	٧	الرياح الشمالية
٩	٧٠	١٦٩	١٦٩	جنوب الجنوبي الغربي	١١-١٠ صباحاً	١٠ مارس ١٩٨٩	٤٥١٧	١٧٤	٩٩	١٤١	٥	الرياح الشمالية

المصدر: نتائج التحليل الكمي (قامت به المطالبة باستخدام الحاسب الآلي) لبيانات نوعية الهواء في محطات التحليل. خلال الفترة ١٩٧٨ - ١٩٨٩ م

جدول (١٥)

مقاييس نوعية الهواء المحيط المطلوبة لمدينة الجبيل الصناعية
والمقترحة للمملكة العربية السعودية (جزء في البليون)

الملوث	مدة التعرض	الجبيل JAAQC		المملكة العربية السعودية MEPA	
		التركيز	عدد التجاوزات	التركيز	عدد التجاوزات
ثاني أكسيد الكبريت (SO ₂)	ساعة ٣ ساعات ٢٤ ساعة ٣٦٥ يوما	٤٩٠ ٣١٠ ١٥٤ ٣٣	٢ / الشهر ٢ / السنة ١ / السنة صفر	٣١٠ - ١٥٤ ٣٣	٢ / الشهر - ١ / السنة صفر
كبريتيد الهيدروجين (H ₂ S)	ساعة ٢٤ ساعة	٢٨ ١٤	٢ / السنة ٢ / السنة	١٤٢ ٢٨	١ / السنة ١ / السنة
أول أكسيد الكربون (CO)	ساعة ٨ ساعات	٣٥ ٨	١ / الشهر ٢ / الشهر	٣٥ ٨	٢ / الشهر ٢ / الشهر
ميدروكربونات غير ميثانية** (NMOC)	٣ ساعات (٩-٦) صباحا	٢٥٠	صفر	٢٥٠	صفر
ثاني أكسيد النيتروجين (NO ₂)	ساعة ٢٤ ساعة ٣٦٥ يوما	٣٥٣ ٢١٤ ٥٣	٢ / الشهر صفر صفر	٣٥٣ - ٥٣	٢ / الشهر - صفر
الأوزون (O ₃)	ساعة	١٢٠	صفر	١٤٥	٢ / الشهر
الهسبيمات السابحة القابلة للاستنشاق (ISP)	٢٤ ساعة ٣٦٥ ساعة (المتوسط الهندسي) السنتوي	٣٤٠ ٨٠ ٣م/ميكروجرام	١ / السنة -	٣٤٠ ٨٠ ٣م/ميكروجرام	١ / السنة -

JAAQC : مقاييس نوعية الهواء بالجبيل Jubail Ambient Air Quality Criteria

MEPA : مقاييس نوعية الهواء كما حددتها مصلحة الارصاد وحماية البيئة في المملكة العربية السعودية (وثيقة

سنة ١٩٨٢). Meteorology and Environmental Protection Administration.

* جزء في البليون (ج ف م) ** جزء في المليون كربون (ج ف م ك)

جدول (١٦) مستويات نوعية الهواء وفق القانون الفيدرالى الأمريكى (جزء فى البليون)

الملوث	أقصى تركيز مسموح به					مستوى يحدّر الرضول اليه خلال فترة زمنية محددة
	ساعة واحدة	٣ ساعات	٨ ساعات	٢٤ ساعة	المتوسط السنوى	
ثانى اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٥٠٠ ٢٣٠	— —	— —	١٤٠ —	٣٦ —	١٠٠٠ خلال ٢٤ ساعة —
اول اكسيد الكربون الهيدروكربونات	٣٥ —	— ٢٤	٩ —	— —	— —	(١٢٥) ج ف م خلال ساعة (٥٠) ج ف م خلال ٨ ساعات
ثانى اكسيد النيتروجين الاوزون	٢٥٠ ٨٠	— —	— —	— —	٥٠ —	٢٠٠٠ خلال ساعة ٥٠٠٠ خلال ٢٤ ساعة ٧٠٠ خلال ساعة
الجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق	—	—	—	٢٦٠ ميكروجرام ٣م	٧٥ ميكروجرام ٣م	١٠٠٠ ميكروجرام/م ^٣ خلال (٢٤) ساعة

المصادر:

Dobbins, Richard A.,: Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley And Sons, New York, 1979. pp.172-173.

Hodges, laurent,: Environmental Pollution , Rinehart and Winston, Holt, U.S.A., Second Edition, 1977. p. 68.

Sellers, B. Henderson,: Pollution of Our Atmosphere, Adam Hilge Ltd, Techno House, Bristol, 1984. p. 181.

California Standards Concentrations

مستويات تركيزات كاليفورنيا

مع ملاحظة أن ١٠٠٠ ميكروجرام/م^٣ يعتبر خطيرا ويجب وقف العمل فى المصنع فوراً
مع ملاحظة التقيس جزء فى المليون

انواع النفايات الحالية والمستقبلية من الصناعات المختلفة
في مدينة الجبيل الصناعية (طن مشرق)

نوع النفايات	الصناعات البتروكيميائية			مصانع تكرير الزيت			صناعات أخرى	
	عام ١٩٨٦م	عام ١٩٩٦م	% للتغيير * x	عام ١٩٨٦م	عام ١٩٩٦م	% للتغيير * x	عام ١٩٩٦م	% للتغيير المتوقع
عضوية	٣٢٥٠	٨١٢٠	١٥٠	١٤٣٠	٢٩٠٠	١٠٣	١٣٥٠	٤٢٠٠
طينية عضوية	١٨٣٤٠	١٠٨٥٣٠	٤٩٢	١٩٢٠	٣٨٩٠	١٠٣	٣٨٠	١٣١٠
غير عضوية	٨١٤٠	١٦١٥٠	٩٨	٢٥٠	٢٥٠	صفر	٨٠	١٦٠
طينية غير عضوية	٧٠٦٠	١٤٩٢٠	١١١	٤٠	٩٠	١٢٥	٧٠	١٥٠
صلبة	٤٤٠٠	٢٠٣٦٠	٣٦٣	٢٣٠	٥٨٠	١٥٢	٩٠	٢٥٠
إجمالي	٤١١٩٠	١٦٨٠٨٠	٣٠٨	٣٨٧٠	٧٧١٠	٩٩	١٩٧٠	٦٠٧٠
								٢٠٨

النسب المئوية من اعداد الطلبة

مدين

Royal Commission for Jubail and Yanbu,; Madinat Al-Jubail Al-Sinaiyah, 1987. p.19

جدول (١٨)

طرق وأهداف قياس ملوثات الهواء في المملكة العربية السعودية

الغرض من القياس	البيانات المستخدمة في القياس		طريقة القياس	الملوث
	حدود الجهاز	رقم موديل الجهاز		
حماية صحة الإنسان والحيوان ، ومنع الأذى الناتج عن التلوث.	(صفر-٥٠٠) جزء في المليون	٨٤١٠	تستخدم طريقة الغاز بيلر - ميثيلين بلو (أفا ١٩٧٢)	كبريتيد الهيدروجين
منع التأثيرات الضارة بصحة الإنسان والنبات	(صفر-١٠٠٠) جزء في المليون	٤٨٥٠	طريقة بارارونانيلين من منظمة الصحة العالمية سنة ١٩٧٦م	ثاني أكسيد الكبريت
حماية السكان الحساسين تجاه التركيزات العالية والضارة بالصحة	(٥٠) جزء في المليون	٣٦٦	طريقة الأشعة فوق الحمراء غير القابلة للتعتير من منظمة الصحة العالمية سنة ١٩٧٢م	أول أكسيد الكربون
منع زيادة التركيزات إلى الحد الذي يؤدي إلى أضرار بالغة أو التي تؤدي إلى إنتاج مواد وتركيزات لمؤكيدات كيميائية خطيرة	(صفر-٥٠٠) جزء في المليون	٨٤٣٠	طريقة كيلومينيسنس (أي الضوء الكيميائي)	ثاني أكسيد النيتروجين
منع الأضرار بصحة الإنسان والأضرار المؤثرة على النبات والمواد	-	-	طريقة كيلومينيسنس (أي الضوء الكيميائي) من منظمة الصحة العالمية سنة ١٩٧٦م	الأوزون
حماية السكان من أضرارها الصحية مع مراعاة تأثيرها المتضاعف الناجم عن وجود ملوثات هواء أخرى.	-	-	يتم تحديدها بواسطة جهاز نرذ الاحجام عالي السعة بمواصفات وضعتها مصلحة الأرصاد بالمملكة العربية السعودية	الجسيمات السابحة القابلة للاستنشاق

المصدر: وزارة الدفاع والطيران ، المملكة العربية السعودية، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، وثيقة مقاييس حماية البيئة، جدة، سنة ١٩٨٢م ص ١٠٦.

جدول (١٩) محطات أرامكو للرصد البيئي

المحطة	الموقع الجغرافي	التعويض	مصادر الانبعاث	العواقل بين المحطة ومصادر الانبعاث	المعلقات الهوائية	مدة الدراسة
نجم	تقع على بعد (٧) كيلومترا جنوب الجنوب الشرقي من محطة توليد الطاقة الكهربائية من غزلان وإلى الشمال الغربي من معمل تكرير رأس تنورة	تحتل بها منطقة منخفضة السطح	١- محطة توليد الطاقة الكهربائية في غزلان من جهة شمال الشمال الغربي. ٢- معمل تكرير رأس تنورة من الجنوب الشرقي	لا توجد	ثاني أكسيد الكبريت	١٩٨٧-١٩٨٢ م
رجمة	تقع على الحافة الشمالية الشرقية من مدينة واحة على بعد نصف كم من محطة -١- في المدينة وعلى بعد يتراوح بين ٢-٤ كم شمال شرق معمل تكرير رأس تنورة	تقع في منطقة السهول الساحلية المنخفضة والمتوسطة	١- معمل تكرير رأس تنورة	توجد بعض المساكن الخاصة بمدينة رجمة إلى الجنوب والغرب من المحطة ولكنها لا تؤثر على رؤية مصادر الانبعاث	ثاني أكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	١٩٨٧-١٩٨٢ م ١٩٨٧-١٩٨٣ م
دارون	تقع على بعد يتراوح بين (٦-٥) كم جنوب الجنوب الغربي من ميناء رأس تنورة ومفتوحة من جهة الدرب على منطقة الغطف	مخبر رسوبية ولبقات من الحجر الجيري وأراضي سبخية واسعة وتضاريس الجزيرة منخفضة بشكل عام	١- معمل تكرير رأس تنورة	لا توجد	ثاني أكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	١٩٨٧-١٩٨٥ م ١٩٨٧-١٩٨٥ م ١٩٨٧-١٩٨٥ م
الظفران	تقع فوق احد المباني في مدينة الظفران		١- معمل تكرير رأس تنورة	تتمثل في تلة حقن زيت الخام، مائحة، المصافي المرفوعة	ثاني أكسيد الكبريت ثاني أكسيد الكبريت المتفجرات	١٩٨٧-١٩٨٣ م ١٩٨٧-١٩٨٣ م ١٩٨٧-١٩٨٣ م
مقيق	تقع على بعد (٥) كم في مهب الرياح من مصانع مدينة مقيق	تقع في منطقة كثبان رملية مشحونة وصخرية	١- مصانع مدينة مقيق	لا توجد	ثاني أكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	١٩٨٧-١٩٨٣ م ١٩٨٧-١٩٨٦ م
شدقم	تقع على بعد يتراوح بين (٢-٣) كم في جنوب غرب محطة توليد الطاقة الكهربائية في بلدة شدقم	تقع المحطة فوق هضبة شدقم وهي هضبة من الحجر الرملي الصلب على ارتفاع (٢٩٥) مترا فوق مستوى سطح البحر	١- محطة توليد الطاقة الكهربائية في بلدة شدقم ٢- مصنع الكبريت في بلدة شدقم ٣- خط انابيب التابلاين	لا توجد سواكن لأن الأراضي المحيطة بالمنطقة منخفضة ومستحقة على بعد عدة كيلومترات من المحطة	ثاني أكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	١٩٨٧-١٩٨٤ م ١٩٨٧-١٩٨٥ م
العضيلة	تقع متاخمة لمكتب الترانزات على بعد يتراوح بين (٢-٣) كم شرق بلدة العضيلة	الأراضي المجاورة منخفضة وترتفع تدريجيا في اتجاه الغرب والشمال على بعد (٢) كم من موقع المحطة	١- محطة توليد الطاقة الكهربائية في بلدة العضيلة ٢- مصنع سواكل الغاز الطبيعي في بلدة العضيلة ٣- خط انابيب التابلاين	لا توجد	ثاني أكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين ثاني أكسيد الكبريت	١٩٨٧-١٩٨٦ م ١٩٨٧ فقط ١٩٨٧-١٩٨٦ م

المصدر:

Amree - Environmental Unit Process Division - Process and Control Systems Department - Kingdom of Saudi Arabia; Amree Air Quality Monitoring Network Reports for Period 1983-1987.

مملوئات الهواء المنبعثة من مصافي الزيت وفق طاقاتها التخزينية بنهاية سنة ١٩٨٧م (كيلوجرام/يوم/متر)

100-1

تابع جدول (۲۰)

[illegible]

تم تسجيل الحالات العنكبوتية للحصاة بالرجوع إلى قائمة عنكبوتية بالبريد على أساس أن البريد لم يسأل (19٧٠) لذلك : تمضي محتوى العنكبوت (300) ١٠٠٠ رسائل إلى عدد العنكبوتات في مختلف من العنكبوتات بين (2٨٧٢) من ١9٦٨ العنكبوت في الوقت الحاضر ومنه العلم بأن متوسط الأهمية العنكبوتية العنكبوت في الوقت الحاضر بالمقارنة مع ١٠ (197٠) في المتوسط فإن ذلك يعني خروج كميات قليلة من العنكبوتات أثناء عمليات التنظيف (Al-Mutairi, 1987, p.2)

ملوثات الهواء المنبعثة من مصافي الزيت (جرام/لتر)

ملوثات الهواء					العملية التكريرية
الجسيمات الساوية	الهيدروكربونات	اول اكسيد الكربون	ثاني اكسيد النيتروجين	ثاني اكسيد الكبريت	
٢ر٤	٠ر٤	ضئيل	٨	١٦ر١ك	١- الفلايات وعمليات التسخين
					٢- عمليات التكسير المحفز
٠ر٧	٦ر	٣٩ر٢	٠ر٢	١ر٤	١- بدون تحكم
٠ر١٣	٦ر	ضئيل	٠ر٢	١ر٤	٢- مع التحكم
					٣- التكسير المباشر
١ر٥	ضئيل	ضئيل	ضئيل	ضئيل	١- بدون تحكم
٠ر٠٢	ضئيل	ضئيل	ضئيل	ضئيل	٢- مع التحكم

ملاحظات: بدون تحكم: تعني عدم استخدام تقنيات مكافحة التلوث

مع التحكم: تعني استخدام أي من تقنيات مكافحة التلوث

ك: تعني محتوى الكبريت (% وزن)

المصدر:

Al-Mutaz, I.S.;; Air Pollution Problems at Riyadh Refinery, 80th Annual Meeting of APCA, New York, June 21-26, 1987. p.5

جندوف (٧٢) المصادر البشرية لخازنات الخلاف الجوي

[illegible]

Stjern, Arthur, & Others: *Fundamentals of Air Pollution*, Academic Press INC., Second Edition, Florida, U.S.A. 1984, pp.30-31.

جدول (٢٢)
تأثير ملوثات الهواء على صحة الانسان

ملوثات الهواء	الاضرار البشرية	ملاحظات
كبريتيد الهيدروجين	اضطراب التنفس - ضعف سريرات القلب - الشعور بالغثاسان - تشنج العضلات - سرطان الرئة - التسمم الحاد - تأثير حاد على الجهاز العصبي	عند تركيز (١٠٠) جزء في المليون يؤثر على حساسية الشم خلال دقائق معدودة. وعند استمرار هذا التركيز يؤدي الى اسرار خطيرة في الجهاز التنفسي.
ثاني اكسيد الكبريت	سرطان الرئة - التهابات الشعبوية - سعال ثلاثي - الكحة - التهاب الحلق - الاصابة - تشنج - التهاب الشعبوية - التسمم الرئوي	يؤثر على حساسية التنفس عند تركيز (٢٦) جزء في المليون ويشعر الانسان برائحة السيئة عند تركيز (٢) جزء في المليون والتعرض الطويل له ولو بتركيز منخفض يؤدي الى فقدان حساسية الشم والالتواء المزمن.
اول اكسيد الكربون	سعال - غثاسان - تساقط التنفس - قلة الاكسجين في الدم	يؤدي الى الوفاة مع زيادة التمرس خاصة عند تركيز (٢٠٠٠) جزء في المليون.
الهيدروكربونات	ايذاء الجلد والعين - التعرض للتسمم - السرطان	
ثاني اكسيد النيتروجين	يؤثر على القصبة الهوائية عندما يتحول الى حمض النيتريك - يؤدي الى انفلان الاسحة والشعيرات الدموية - يسبب فقرحات وتورم دموي حاد	يموت الانسان بعد نصف ساعة اذا بلغت سبته في الهواء (٠.١٧%) يؤثر على الجهاز التنفسي عندما يتراوح تركيز بين (٦-١٢) جزء في المليون
الاوزون	احتقان العين - حرق في القصبة الهوائية والرئتين احاقة الادراك العقلي - خطير على الانطفان المحاسن بالترين	يؤدي التعرض له عند تركيز (١) جزء في المليون لمدة ساعة الى تشنج الجهاز التنفسي
الجسيمات الصلبة	تهيج العين - تخدش الغشاء المخاطي للرئة - سرطان الرئة والامعاء	

المصادر:

- أمين، فهمي حسن: تلوث الهواء - مصادر - أخطاره - علاجه: دار العلوم للطباعة والنشر، الرياض، عام ١٩٨٤م من ص ١٢٣-١٢٩.
- الحسن، محمد إبراهيم وإبراهيم صبيح المنصور: ملوثات البيئة - أضرارها - مصادر - وطرق مكافحتها، مكتبة الخريجي، الرياض، عام ١٩٨٨م.
- الحمد، رشيد ومحمد رشيد صباريني: البيئة ومشكلاتها، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، القاهرة، أكتوبر عام ١٩٧٩م، ص ١٥٨.
- رشيد، أحمد وفاء الحسن رشيد: علم البيئة - مدخل عام، معهد الانماء العربي، لبنان، عام ١٩٨١م، ص ٣١-٤٠.
- المولدات، محمد عبدو وعبد الله يحيى باصمعي: التلوث وحماية البيئة، عمادة شؤون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض عام ١٩٨٥م، ص ٣٥ نص ٤٠.

جدول (٣٤)

إستبيان خاص بالمشروعات الصناعية في مدينة الجبيل الصناعية
وملوثات الهواء المنبعثة

أولاً: معلومات عامة عن المنشأة الصناعية:-

اسم المنشأة الصناعية:-

موقع المنشأة الصناعية:-

أ- بالنسبة للمنطقة الصناعية: ب- بالنسبة للمنطقة السكنية:

ج- أهم المنشآت الصناعية المجاورة

- الجهة التابعة لها:

خاص (فردى)

شركة

مشترك

حكومي

عدد العاملين:

- عمال خدمات:

- عمال إنتاج:

- الاجمالي:

- موظفون:

- تاريخ الانتاج:

- تاريخ التشغيل:

ثانياً: العمليات الانتاجية:

المتوسط السنوي العام	حجم الانتاج السنوي				السعة طن/يوم	نوع الانتاج	اسم الوحدة	التسلسل
	١٩٨٩	١٩٨٨	١٩٨٧	١٩٨٦				

ثالثاً: أنواع الطاقة المستخدمة:

المتوسط السنوي العام	الكمية المستخدمة سنوياً				نوع الطاقة
	١٩٨٩	١٩٨٨	١٩٨٧	١٩٨٦	
					غاز طبيعي
					زيت الوقود
					الكهرباء
					الفحم

تابع جدول (٢٤)

أهمية المواد الخام

المادة	وحدة الكمية	النسبة المئوية للتكرير	النسبة المئوية للمعالجة	العامل المساعد	درجة الحرارة	الضغط	الكمية السنوية المستخدمة				المتوسط السنوي العام	ملاحظات
							١٩٨٦	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩		
١												
٢												
٣												
٤												
٥												

المواد الخام الأولية الثانوية والمواد المساعدة والمواد الناتجة من العملية الصناعية

المادة	وحدة الإنتاج	عدد الوحدات	إنتاج الوحدة	طرق الإنتاج	إجمالي التكلفة المباشرة وأقل المصنع				المتوسط السنوي العام	إجمالي التكلفة السعة خارج المصنع				المتوسط السنوي العام	ملاحظات
					١٩٨٦	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩		١٩٨٦	١٩٨٧	١٩٨٨	١٩٨٩		
١															
٢															
٣															
٤															
٥															
٦															
٧															
٨															
٩															
١٠															

مادة وسائل التحكم في انبعاث ملوثات الهواء

ملاحظات	عدد الانبعاث	المخلفات	الجهاز المستخدم	درجة كفاءة	تاريخ استخدام	نتائج استخدام	الأجهزة المتوقعة استخدامها مستقبلا				المتوقعة النتائج	ملاحظات
							اسم الجهاز	الهدف منه	التاريخ المتوقع	تكاليف		
١												
٢												
٣												
٤												
٥												
٦												
٧												
٨												
٩												
١٠												

سأبدا : العمل في المنشأة الصناعية :

المنشأة الاسبوعية :

لا يتوقف أبدا

توقف جزئي

الإجازات الرسمية : توقف كلي

شكرا لتعاونكم معنا

الطالبة/ ايملى محمد حلمى حمادة

جدول (٢٥)
ملوثات الهواء المنبعثة من الصناعات البتروكيميائية والمعدنية

[illegible]

تاریخ جاریہ (۲۰)

[illegible]

جدول (٢٧)

التركيز الطبيعي للغازات الرئيسية في هواء نصف الكرة الشمالي

التركيز		الملوثات الهوائية
جزء في المليون	جزء في البليون	
صفر - ٠,٠٠٢	صفر - ٢	ثاني أكسيد الكبريت
صفر - ٠,٠٠٧	صفر - ٧	كبريتيد الهيدروجين
صفر - ١٥	صفر - ١٥,٠٠٠	أول أكسيد الكربون
١,٤	١٤٠٠	الهيدروكربونات
٠,٠١ - ٠,٠٠١	١٠ - ١	أكاسيد النيتروجين
٠,٠٣ - ٠,٠١٥	٣٠ - ١٥	الأوزون
المصادر:		
١- وزارة الدفاع والطيران، المملكة العربية السعودية، مصلحة الأرصاد، إدارة المناخ: التقرير البيئي السنوي ١٩٧٩ ص ٨٠.		
2- Royal Commission for Jubail and Yanbu - Kingdom of Saudi Arabia, Directorate General For Jubail Project: Jubail Atmospheric Surveys Project Annual Report, 1980.		

جدول (٧٨) : التوليد بالغازات الكبريتية (جزء في البليون)

١- محطات مدينة الجبيل الصناعية

المنطقة	مدة الدراسة بالسنين	المغاز	المعدل السنوي	الارتفاع المصنعي	القياس	تركيز	التاريخ	متوسط الترخيص خلال سنة	الارتفاع المصنعي	الارتفاعات القصوى	خلال سنة	التاريخ	عدد التجهيزات
الخرنات	١٢	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٢	١٨	١٢٢	٦٤	اكتوبر سنة ١٩٧٨	١٤	٢٨	٢٩	خلال سنة ١٩٧١	فبراير سنة ١٩٧١	صفر ١٩
السياف	١٢	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٣	٥١	٢٨	٧١	نوفمبر سنة ١٩٧٩	١٢	٢٣	٢٥	خلال سنة ١٩٧٩	يناير سنة ١٩٧٩	صفر ١٠
السياف	١٢	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٣	٥٧	٦٣	٥٧	يونيو سنة ١٩٧٩	١٥	١٣	١٢	خلال سنة ١٩٧٩	يونيو سنة ١٩٧٩	صفر ٥٢
الزمامة	١٢	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٣	٢٨	٢٨	٧٠	نوفمبر سنة ١٩٧٩	٦	١٦	١٢	خلال سنة ١٩٧٩	نوفمبر سنة ١٩٧٩	صفر ٢٢
البحرية	١٢	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٣	١٠	١٠	٤٧	نوفمبر سنة ١٩٧٩	٦	١٥	١٥	خلال سنة ١٩٧٩	يونيو سنة ١٩٧٩	صفر ١٢
النفط	٦	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٧	٣٩	٥٢	٩٢	يناير سنة ١٩٨٠	٣٤	١٥	١٥	خلال سنة ١٩٧٨	اكتوبر سنة ١٩٧٨	صفر ٧٢
المنيرة	١٢	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٣	١٨	٢١	٦٦	اكتوبر سنة ١٩٧٨	١٢	٢	٢	خلال سنة ١٩٧٨	اكتوبر سنة ١٩٧٨	صفر ٤١
السيح	٥	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٥	٢٣	٣٨	٤٢	يونيو سنة ١٩٨٠	١٩	١٩	١٩	خلال سنة ١٩٧٨	يناير سنة ١٩٧٨	صفر ٧٥
جديدة	٨	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٣	٢١	٢٥	٢٩	اكتوبر سنة ١٩٧٩	١٢	١٢	١٢	خلال سنة ١٩٧٩	يونيو سنة ١٩٧٩	صفر ٢٥
الغضائر	٦	ثاني اكسيد الكبريت كبريتيد الهيدروجين	٢	١٣	١٥	٨٩	يونيو سنة ١٩٨٩	١٠	١٠	١٠	خلال سنة ١٩٨٩	يونيو سنة ١٩٨٩	صفر ٢

المصدر: شائع الجبيل والقياسات مع الاطراف باستخدام الحاسب الآلي (البيانات ودراسة التوليد في محطات الجبيل والتي تعد عن الهيئة الملكية للجبيل خلال مدة الدراسة ١٩٧٨-١٩٨٩ م)

نتائج جدول (٢٨) : ب- محطات الامتص

المحطة	مدة الدراسة بالسنوات	الامتاز	المعدل السنوي	القي تركيز خلال ساعة	التاريخ	اقصى تركيز يومي	التاريخ	ملاحظات
دحمه	٦	٦	٥.٥	٢٤٢	سنة ١٩٨٦	٦٤	سنة ١٩٨٣	بدا الرصد من شهر ابريل سنة ١٩٨٢م
دحمه	٥	٥	٥.٢	٢١٧	سنة ١٩٨٣	٦٨	سنة ١٩٨٣	بدا الرصد من شهر ابريل سنة ١٩٨٢م
دحمه	٥	٥	٢.٨	٢٥	ابريل ١٩٨٧	١٣	١٩٨٣ و ابريل ١٩٨٧	بدا الرصد من شهر يناير سنة ١٩٨٣م
ثابت	٣	٣	٤.٧	٣٤٤	سنة ١٩٨٦	٤٨	سنة ١٩٨٦	بدا الرصد من شهر يناير سنة ١٩٨٥م
الظفران	٥	٥	٩	٤٨	نوفمبر ١٩٨٧	٢٨	نوفمبر ١٩٨٧	الرصد من شهر أكتوبر حتى شهر ديسمبر ١٩٨٧
بشق	٥	٥	٦.٨	١٨٧	سنة ١٩٨٤	٤٠	سنة ١٩٨٤	بدا الرصد من شهر ابريل سنة ١٩٨٣م
بشق	٥	٥	١.٦	١٨٨	سنة ١٩٨٣	٢٣	سنة ١٩٨٣	بدا الرصد من شهر يناير سنة ١٩٨٣م
بشق	٤	٤	١٠.٥	٣٦٧	سنة ١٩٨٦	٧٠	سنة ١٩٨٦	بدا الرصد من شهر نوفمبر سنة ١٩٨٤م
بشق	٣	٣	٥.١	١٠٤	سنة ١٩٨٥	١٦	ديسمبر ١٩٨٧	بدا الرصد من شهر يناير سنة ١٩٨٥م
المنيرة	٢	٢	٩	٤٥٤	أغسطس ١٩٨٧	١١٥	يونيو ١٩٨٧	بدا الرصد من شهر يناير سنة ١٩٨٦م
المنيرة	١	١	٥	٣٠٤	ابريل ١٩٨٧	٦٦	ابريل ١٩٨٧	الرصد سنة ١٩٨٧

المصدر : نتائج التحليل الكمي (قامت به المطالبة باستخدام النماذج الأولى) لبيانات نوعية الهواء في محطات الامتص وتصدير عن شركة الامتص خلال مدة الدراسة ١٩٨٢-١٩٨٧م بالنسبة لثلاث اقسام الكبريت، ومدة الدراسة بالنسبة لكبريتيد الهيدروجين ١٩٨٣-١٩٨٧م

جدول (٢٩): تطور عدد سكان منطقة الدمام*

المدينة	عدد السكان	
	سنة ١٩٧٥ م	سنة ١٩٨٠ م
الدمام - الخبر - الظهران	١٦٦٥٠٠	٢٢٧٠٠٠
الجبيل	٦٤٠٠	٩٥٠٠٠
الخفجي	٢٠٠٠٠	٣٩٠٠٠
رأس مشعاب	-	٢٠٠٠٠
منيفة	٥٠	٢٠٠٠
المقمية	٢٠٠٠	٣٠٠٠٠
القطيف	٢٧٠٠٠	٣٢٠٠٠
سلوة	٢٠٠	١٤٠٠٠
الحسا	١١٤٥٠٠	١١٦٠٠٠
عقير	١٤٠	١٠٠٠
قطيفان	٥٠٠	٥٠٠
الميناء الجديد	-	-
مناطق أخرى	٣٠٠١١٠	٢٧٠٥٠٠
المجموع	٦٣٨٠٠٠	٨١٢٠٠٠

* وفق تقدير كاندليس متر.

المصدر: وزارة الشؤون البلدية والقروية، وكالة تخطيط المدن، المملكة العربية السعودية: المخططات التنفيذية الرئيسية لمنطقة الدمام - تقرير فني مشسروع رقم (٢٠٤)، سنة ١٩٧٩ م. ص ١١.

جدول (٢١)

انبعاث ملوثات الهواء من أنواع السيارات المختلفة

١- مساهمة السيارات في تلوث الهواء

نسبة التلوث من المصادر الأخرى (%)	نسبة التلوث من السيارات (%)	الملوثات الهوائية
٥٦	٤٤	هيدروكربونات
٢٥	٧٥	أول أكسيد الكربون
٤٩	٥١	أكاسيد النيتروجين
٩٧	٣	أكاسيد الكبريت
٩٦,٣	٣,٥	الجسيمات العالقة
المصدر: أبو الفتوح، فؤاد: حماية البيئة من أثر استخدام السيارات في المدن، الرياض، المركز العربي للدراسات الأمنية والتدريب، سنة ١٩٨٢م، ص ١٢.		

ب- معدل انبعاث الملوثات من السيارات وفقا لمكان الصنع

مكان الصنع				ملوثات الهواء
يابانية	أمريكية	أوروبية	ظروف التشغيل	
٣١٣,٥	٤٣١,١٧	٣٠٣,٠١	وقوف	الهيدروكربونات (جزء في المليون)
٤٥,١٩	٣٢,٦٨	١٦,٦٢	سرعة عالية	أكاسيد النيتروجين (جزء في البليون)
٢٠,٣٩	٧,٣٥	١٦,٥	سرعة منخفضة	أكاسيد النيتروجين (جزء في البليون)
٤,٩	٣,٢٨	٣,١٩	وقوف	أكاسيد النيتروجين (جزء في البليون)
٣,٧٤	٢,٩٧	٢,٩٥	وقوف	أول أكسيد الكربون (%)
المصدر: العجمي، ضاري، وفكري غبريال: استعراض تطورات البحوث البيئية في مجال تلوث هواء الكويت، مكتب التربية العربي لشرق الخليج - إدارة العلوم: وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث في أقطار الخليج العربي، ٢٥-٢٨ فبراير سنة ١٩٨٦م، ص ٢٧٢.				

تأثير جدول (٣١)

ج- معدل الملوثات الناتجة عن السيارات وفقاً للوقود المستخدم

سيارات الديزل جرام/لتر	سيارات البنزين جرام/لتر	ملوثات الهواء
٢٩,٥٠	٢٤٩,٠٠	أول أكسيد الكربون
١,٨٠	٩,٦٢	الهيدروكربونات
٧,٢٠	٩,٨٥	أكاسيد النيتروجين
٤,١٥	٠,٣٧	ثاني أكسيد الكبريت
-	٠,٣٧	رصاص
١,٩٠	-	السخام
المصدر: غرايبي، سامح ويحيى الفرخان: المدخل إلى العلوم البيئية، دار الشمسوق للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، سنة ١٩٨٧م، ص ٢١٦.		

د- تأثير سرعة السيارة على كمية الملوثات

الحالة	كمية الدخان العادم قدم ٣/الدقيقة	الهيدروكربونات جزء في المليون	النسبة المئوية لأول أكسيد الكربون	أكاسيد النيتروجين جزء في المليون	النسبة المئوية لكمية البنزين المحترق
المأثور داخل السيارة واقفة	٨-٦	١٠٠٠-٥٠٠	٦-٤	٥٠-١٠	٦-٤
تتحرك السيارة بسرعات مختلفة	٣٥-٣٠	٥٠٠-٥٠	٦-٥	٤٠٠٠-١٠٠٠	٤-٢
تتحرك السيارة بسرعة منتظمة ٦٠ كم/الساعة	٣٥-١٥	٣٠٠٠-٢٠٠٠	٤-١	٣٠٠٠-١٠٠٠	٤-٢
عند الضغط على الفرامل نفاثة للتوقف	٨-٦	١٢٠٠٠٠-٤٠٠٠	-	-	٦٠-٣٠

ملحوظة:

يحدث التخطيط ومشكلة تلوث البيئة في المدن العربية، منظمة المدن العربية، اصدار المعهد العربي لانماء المدن: البيئة الصحية في المدن العربية، بيروت سنة ١٩٨٨م ص ٩٦.

جدول (٢٣): الأثار المناخية لتلوث الهواء بغاز ثنائي أكسيد الكربون

أ- العلاقة بين تركيز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ودرجة حرارة الهواء

السنة	محتوى الهواء من ثنائي أكسيد الكربون (ج ف م)	مقدار ارتفاع درجة الحرارة العالمية (درجة مئوية)
١٩٠٠	٢٩٥	٠,٠٢
١٩١٠	٢٩٧	٠,٠٤
١٩٢٠	٢٩٩	٠,٠٧
١٩٣٠	٣٠٢	٠,٠٩
١٩٤٠	٣٠٥	٠,١١
١٩٥٠	٣٠٩	٠,١٥
١٩٦٠	٣١٤	٠,٢١
١٩٧٠	٣٢٢	٠,٢٩
١٩٨٠	٣٣٥	٠,٤٢
١٩٩٠	٣٥١	٠,٥٨
٢٠٠٠	٣٧٣	٠,٨٠
٢٠١٠	٤٠٣	١,١٠

ب- تأثير ثنائي أكسيد الكربون على أنسياب الأشعة الأرضية والأشعة الجوية

النسبة المتغيرة	انسياب اشعة طبقات الجو العليا	النسبة المتغيرة	انسياب الأشعة الأرضية
٠,٩	صافي الموجات الاشعاعية القصيرة	٠,٥	صافي الموجات الاشعاعية القصيرة
٠,٩	صافي الموجات الاشعاعية الطويلة	٦٦-٦٣	صافي الموجات الاشعاعية الطويلة
		٣٣	صافي جميع الموجات الاشعاعية
		٦٦	الحرارة الكامنة
		٧٧-٧٧	الحرارة المحسوسة

المصدر:

Hobbs, John E.,: Applied Climatology - A-study of Atmospheric Resources W & Macky limited, Chatham, 1980. p44.

جدول (٢٤): أهم التفاعلات الكيميائية لتكوين الضبخان

م	عناصر التفاعل	نواتج التفاعل
١	يمتص ثاني أكسيد النيتروجين الأشعة فوق البنفسجية	أول أكسيد النيتروجين وأكسجين ذري
٢	يتفاعل الأكسجين الذري مع الأكسجين الجزيئي	الأوزون
٣	يتفاعل الأوزون مع أول أكسيد النيتروجين	ثاني أكسيد النيتروجين
٤	يتفاعل الأكسجين الذري مع الهيدروكربونات	الجذور Radicals مثل الألدهايد
٥	يتفاعل الألدهايد مع الأكسجين الجزيئي	البكربونات هيدروكربونات مؤكسدة
٦	يتفاعل البكربونات مع الهيدروكربونات	مثل الدهانات وكيتونات
٧	يتفاعل البكربونات مع أول أكسيد النيتروجين	أيون كربون وثاني أكسيد النيتروجين
٨	يتفاعل هاليد الفلورميك مع ثاني أكسيد النيتروجين	بيروكسي أسيل نترات

المصدر:

Sellers, B. Henderson,: Pollution of Our Atmosphere, Adam Hilger Ltd, Techno House, Bristol, 1984. p.20

ملاحظة:

- يتفاعل ثاني أكسيد النيتروجين مع بخار الماء في الهواء فينتج حمض النيتروز، ثم سرعان ما يتفاعل حمض النيتروز مع بخار الماء أيضا فينتج حمض النيتريك كملوث ثانوي. ثم يتفاعل حمض النيتريك مع الأمونيا والمبيدات السابحة في الهواء فتنتج أملاح النترات مثل نترات الأمونيوم.
- وتتحول الكمية الباقية من ثاني أكسيد النيتروجين (التي لم تتفاعل مع بخار الماء) الى ضباب ملح النترات ذات قطر يبلغ حوالي ميكرون واحد. وتظل عالقة بالهواء. فتزيد من درجة تعكير الهواء الى أن تترسب مع سقوط المطر (أمين، سنة ١٩٨٤، ص ٦٩).

جدول (٣٥): التلوث بالغازات الكربونية (جزء في المليون)

عدد التذاكر ذات خلوص ساعات (٩-٦) (١٠-١٢) (٢٥X٢٥)	التاريخ	القياس تركيز خلوص ساعة	الانحراف السماعي	متوسط القياس تركيز خلوص ساعة	التاريخ	القياس تركيز يومي	الانحراف السماعي	الاستوى	المكان	مدة الدراسة بالساعات	الملاحظة
-	١٩٨٠ أبريل	٢٢٤٤	١٢٤١	١٢٢	ديسمبر ١٩٨٧	١٢١	٠٠٣	١٢	أول أكسيد الكربون	١٢	الحرائق
١١	١٩٨٣ يناير	٥٩١	١٠٦	١١٥	أبريل ١٩٨٦ مارس ١٩٨٧	٥٥	صفر	صفر	الهيدروكربونات	٨	
-	١٩٨٠ مارس	٥٠٣	١٧٦	١٤٠	سبتمبر ١٩٨٤	٢٥١	٠٠٤	١٥	أول أكسيد الكربون	١٢	الغشاء
١٠٦	سبتمبر ١٩٨٤	٥٦٠	١١١	١٢٢	سبتمبر ١٩٨٤	٥٥	٠٠١	٦	الهيدروكربونات	٨	الغشاء
-	١٩٧٦ يونيو	٥٠٤	٢٧٠	١٩٩	١٩٨٥ يناير	١٨	٠٠٦	٢٥	أول أكسيد الكربون	١٢	الغشاء
٩٩	١٩٨٣ مارس	٢٢٢	١٥	٢٣٣	يناير ١٩٨٥، ومايو ١٩٨٦	٥٥	صفر	٠٠٦	الهيدروكربونات	٨	الغشاء
-	١٩٨٠ يوليو	٧١٠	٢٢٢	١٧١	يونيو ١٩٨٧	٢٢٧	١١٣	٢٣	أول أكسيد الكربون	١٢	الغشاء
٦٠	يوليو ١٩٨٤	٥٦١	٥٠٧	١١٨	نوفمبر ١٩٨٨، ديسمبر ١٩٨٩	٨٨	٠٠٥	٥٥	الهيدروكربونات	٨	الغشاء
-	١٩٨٠ مايو	١٨٢	١٦١	٢٣٦	-	-	-	-	أول أكسيد الكربون	٥	الغشاء
-	نوفمبر ١٩٨٣	٢٥٦	٥٠٢	١١	-	-	-	-	الهيدروكربونات	٢	
-	١٩٨٠ يونيو	٣٠٩	١٥٣	١١٠	أغسطس ١٩٨٤	٢٥٣	صفر	١٢	أول أكسيد الكربون	١٢	الغشاء
٥	سبتمبر ١٩٨٧	٢٥٩	٥٠٢	١١	جميع السنوات باستثناء ٨٤	١١	صفر	صفر	الهيدروكربونات	٨	
-	١٩٧٦ يونيو	٢٢٣	١٢٥	١٨٧	-	-	-	-	أول أكسيد الكربون	٤	الغشاء
-	أبريل ١٩٨٢	١٢٤	٥٠٣	١١	-	-	-	-	الهيدروكربونات	١	
-	يوليو ١٩٨٠	١٢٥	١٧٧	١٢٠	يناير ١٩٨٦ *	١١	٠٠٩	٢٢	أول أكسيد الكربون	٧	الغشاء
٦٠	نوفمبر ١٩٨٣	١	١١٥	١٢	أكتوبر ١٩٨٦	٥٥	٠٠١	٥٥	الهيدروكربونات	٤	الغشاء
-	ديسمبر ١٩٨٨	٢٥٣	١٠٢	١١٧	يونيو ١٩٨٩	١٠٦	٠٠٥	٠٠٩	أول أكسيد الكربون	٦	الغشاء
١٣	يونيو ١٩٨٤	١١٥	٥٠٢	١١	ديسمبر ١٩٨٨	١١	صفر	٠٠١	الهيدروكربونات	٦	الغشاء

∴ $2\sqrt{2} \leq \sqrt{2} \leq 2$

(أ) بيانات موجبة الحياة في سجلات التسجيل وقصود عن الوفاة المسجلة الجليل خلال الفترة ١٩٧٩-١٩٨٤ م بالنسبة لأولئك الذين تتابع تسجيلهم الكمي (والمدة الثانية باستخدام الحساب (أ)) بين عامي ١٩٨٣-٢٠٠٠ م بالنسبة للمدة كساعات.

جدول (٣١) ملوثات الهواء في بعض المدن بولاية تكساس الأمريكية (جزء من الملوثات)

١٩٨٠ م										١٩٧٩ م										المدينة
الأوزون	ثاني أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكربون	أول أكسيد الكبريت	ثاني أكسيد الكبريت	الأوزون	ثاني أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكربون	أول أكسيد الكبريت	ثاني أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكربون	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	أول أكسيد الكبريت	
المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	المتوسط السنوي	
١٨٠	٨٥	١٤	٣١	٥٤	صفر	صفر	١٧٠	١٦٥	٢٠١٤	٢٧	٤٥	صفر	٣٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	
١٢٠	١٦٥	٢٠٠٢	٦٤	١٦٨	١٠	٤٠	٢٢٠	٢٥	٢٥	٢٠٠٤	٢٠٠٤	٢٧	٤٥	صفر	٣٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	
١٦٠	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	
الباسو El Paso										هيوستن Houston										

ملحوظة:

* وحدة التلوث جزياني الملوثات (ج ف ٢)

المصدر:

Royal Commission for Jubail: Atmospheric Surveys for August 1980 Through September 1983, January 1984.

الجدول (٣٧) الطلوث بالغازات النيتروجينية (جزء في المليون)

المنطقة	مدة الدراسة بالسنوات	الغاز	المعدل السنوي	النقص	تاريخ القس	القس	تاريخ القس	مدة التماثلات
				ثلوث يومي	ثلوث يومي	ثلوث خلال ساعة	ثلوث خلال ساعة	للمحدد المسموح خلال ساعة
(١) الخزانات	١٢	أكاسيد النيتروجين	١٣	٥٧	يناير ١٩٨٥	٨٧٧	يناير ١٩٧٩	-
	٦	اول اكسيد النيتروجين	١	٢٥	ديسمبر ١٩٨٨	١٨٥	يناير ١٩٨٥	-
	٦	ثاني اكسيد النيتروجين	٣	٣٤	يناير ١٩٨٥	٨٥	يناير ١٩٨٥	صفر
(٢) المباني الصناعية	١٢	أكاسيد النيتروجين	١٤	٥٤	يناير ١٩٨٥	٥٦٤	أكتوبر ١٩٨٩	-
	٦	اول اكسيد النيتروجين	٢	٤١	مارس ١٩٨٧	١٧٩	سبتمبر ١٩٨٦	-
	٦	ثاني اكسيد النيتروجين	٥	٣٠	يناير ١٩٨٥	٨٠	أكتوبر ١٩٨٧	صفر
(٣) المباني التجارية	١٢	أكاسيد النيتروجين	١٧	١١٢	يناير ١٩٨٥	٥٤٩	ديسمبر ١٩٨٧	-
	٦	اول اكسيد النيتروجين	٥	٦٠	يناير ١٩٨٥	٤٧٧	ديسمبر ١٩٨٧	-
	٦	ثاني اكسيد النيتروجين	١١	٥٢	يناير ١٩٨٥	٢٨٩	ديسمبر ١٩٨٧	صفر
(٤) القاعدة البحرية	١٢	أكاسيد النيتروجين	٢٥	١١١	يونيو ١٩٨٦	٥٦٥	يناير ١٩٨٥	-
	٦	اول اكسيد النيتروجين	١٢	٩١	يونيو ١٩٨٦	٣٨٥	يونيو ١٩٨٦	-
	٦	ثاني اكسيد النيتروجين	١٠	٣٥	يونيو ١٩٨٦	١٢٩	مايو ١٩٨٧	صفر
(٥) المخبيل	٦	أكاسيد النيتروجين	٨	-	-	٣٤٥	ديسمبر ١٩٧٨	-
	لم يرصد	اول اكسيد النيتروجين	-	-	-	-	-	-
	لم يرصد	ثاني اكسيد النيتروجين	-	-	-	-	-	-
(٦) المنشآت	١٢	أكاسيد النيتروجين	٨	٤٢	يونيو ١٩٨٧	٢٧٣	أكتوبر ١٩٨٩	-
	٦	اول اكسيد النيتروجين	٣	٧	" "	١٩٩	أكتوبر ١٩٨٩	-
	٦	ثاني اكسيد النيتروجين	٥	٢٣	يناير ١٩٨٥	١١٩	نوفمبر ١٩٨٧	صفر
(٧) المصنع	٥	أكاسيد النيتروجين	٨	-	-	٣٥٢	يناير ١٩٧٩	-
	لم يرصد	اول اكسيد النيتروجين	-	-	-	-	-	-
	لم يرصد	ثاني اكسيد النيتروجين	-	-	-	-	-	-
(٨) جلمودة	٨	أكاسيد النيتروجين	٧	٨١	أكتوبر ١٩٨٨	٤٠٣	أكتوبر ١٩٨٨	-
	٢	اول اكسيد النيتروجين	١	٦٢	أكتوبر ١٩٨٨	٣٧٥	أكتوبر ١٩٨٨	-
	٢	ثاني اكسيد النيتروجين	٢	١٩	أكتوبر ١٩٨٨	٧٨	أكتوبر ١٩٨٨	صفر
(٩) المناشير	٦	أكاسيد النيتروجين	٨	٧٦	نوفمبر ١٩٨٨	٤٠٦	نوفمبر ١٩٨٩	-
	٦	اول اكسيد النيتروجين	٥	٥١	نوفمبر ١٩٨٨	٣٠٥	يونيو ١٩٨٩	-
	٦	ثاني اكسيد النيتروجين	٤	٢٦	ديسمبر ١٩٨٨	١١٤	أكتوبر ١٩٨٩	صفر

ملاحظات: ١- مدة الرصد لأكاسيد النيتروجين (١٩٨٧-١٩٨٩) وأول أكسيد النيتروجين (١٩٨٤-١٩٨٩) وثاني أكسيد النيتروجين (١٩٨٤-١٩٨٩)

٢- لم تحدد الهيئة الملكية للتجديد ومصلحة الأرصاد عدد الطلوث المسموح خلال ساعة وخلال ٢٤ ساعة لكل من أكاسيد النيتروجين وأول أكسيد النيتروجين

المصدر:

نتائج التحليل الكمي (قامت به الطالبة باستخدام الحاسب الآلي) لبيانات نوعية الهواء في محطات الدوازة بمدينة الجبيل الصناعية وتصدر عن الهيئة الملكية للتجديد.

جدول (٢٨): الآثار الصحية الناتجة عن التلوث بغاز الازون

التأثير على صحة الانسان	مدة التعرض (ساعة)	التركيز (ج ف ب) (جزء في المليون)
تشنج في الطرق التنفسية.	١	١٠٠
ضيق التنفس عند الاطفال، زيادة الازمات التنفسية		٢٥٠-١٠٠
وزيادة التهاب العين.	١	
يزيد تأثير الازون عند مرضى الربو الرئوى وحالات		٢٥٠
حساسية العين.		
شعور طبيعى بعدم الراحة والام في الصدر.		٢٩٠
تهيج الحلق، تشنج الصدر وصداخ.	فترات غير منتظمة	
ضيق التنفس .	ساعتين	٣٠٠
انخفاض عمل الرئتين، تناقص الحالة الصحية للصدر،		٤٠٠-٣٥٠
حساسية القنوات الهوائية والسعال.		٥٠٠
السعال، الشعور بالارهاق، وانخفاض الزفير،	٢/١	
سعال شديد.		١٠٠٠
تضعف الذاكرة وتضيق الصدور.	٤/٣	٢٠٠٠
فقدان الوعي.	١	

المصادر:

- ١- صالح، عبدالمحسن، المدنية الحديثة ومشكلة التلوث، مجلة عالم الفكر، المجلد الثاني، العدد الثالث، أكتوبر سنة ١٩٧١م. ص ٧٩:١٣٢
- ٢- العودات، محمد عبده، عبدالله يحيى باصهي: التلوث وحماية البيئة، الرياض، عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض، سنة ١٩٨٥م. ص ٤٧.
- ٣- وزارة الدفاع والطيران، مصلحة الارصاد وحماية البيئة، المملكة العربية السعودية: مرجع موجز عن الملوثات الطبيعية وتأثيراتها، جدة، سنة ١٩٨٥.

4- Stern & others; Fundamentals of Air Pollution, Florida, U.S.A., Academic Press, INC., Second Edition, 1984. p.351.

المجدول (٣٩)
التلوث بغاز الاوزون (جزء فى البليون).

المحطة	مدة الدراسة بالسنوات	المعدل السوى	اقصى تلوث يوى	تاريخ اقصى تلوث يوى	اقصى تلوث خلال ساعة	تاريخ اقصى تلوث خلال ساعة	عدد التجاوزات للتراكيز المسموح خلال ساعة
الفزانات	١٢	٣٠	٧١	سبتمبر ١٩٨٨	١٥٣	مارس ١٩٧٩	١٢
الميناء الصناعى	١٢	٣٧	٧٧	سبتمبر ١٩٨٧	٣٠٩	نوفمبر ١٩٧٩	٦٧
الصيناء التجارى	١٢	٢٩	٧٢	مارس ١٩٨٨	١٧٦	نوفمبر ١٩٧٩	٢٣
القاعدة البحرية	١٢	٣٠	٧٥	يولية ١٩٨٨	٢٣٧	ابريل ١٩٨٠	٣٣
النخيل	٦	٣٦	-	-	١٨٣	ابريل ١٩٧٩	٢٩
المنتزه	١٢	٣٥	٩٣	يولية ١٩٨٤	٢١٤	يناير ١٩٨٣	٣٢
السروج	لم يرصد	-	-	-	-	-	-
جلمودة	٨	٣٩	٦٩	يولية ١٩٨٩	١٨٩	سبتمبر ١٩٧٩	٥٤
الفناتير	٦	٣٥	٩٢	ابريل ١٩٨٧	١٨٣	ابريل ١٩٨٧	٥

المصدر:

نتائج التحليل الكمى (قامت به الطالبة باستخدام الحاسب الالى) لبيانات نوعية الهواء فى محطات الدراسة بمدينة
لجبل الصناعية وتصدر عن الهيئة الملكية للجبيل خلال الفترة ١٩٧٨ - ١٩٨٩ م.

المصادر والمراجع

أولاً: المصادر:

١- المصادر العربية:

- ١- أرامكو، المملكة العربية السعودية: خريطة طرق منطقة الظهران - الدمام - الخبر بالمنطقة الشرقية، مقياس رسم ١: ٢٥٠٠٠، فبراير سنة ١٩٨٦م.
- ٢- بندقي، حسين حمزة: أطلس السكان للمملكة العربية السعودية، دار جامعة اكسفورد، إنجلترا، ١٩٧٨.
- ٣- جامعة الملك سعود - كلية الآداب - قسم الجغرافيا، المملكة العربية السعودية - لجنة الأطلس الوطني: أطلس السكان للمملكة العربية السعودية، مطابع جامعة الملك سعود، الرياض، سنة ١٩٨١م.
- ٤- صادق، دولت: أطلس العالم الاسلامي، دار النيسان العربي، جدة، سنة ١٩٨٣م.
- ٥- فارس محمد علي زكي: الدليل الشامل للمملكة العربية السعودية - خرائط - معلومات - احصاءات، مطابع شركة المدينة للطباعة والنشر، جدة، سنة ١٩٨٩م.
- ٦- فارس محمد علي زكي: خرائط المنطقة الشرقية، مطابع شركة المدينة للطباعة والنشر، جدة، سنة ١٩٩١م.
- ٧- مصلحة المساحة الجيولوجية الأمريكية وشركة أرامكو: الخريطة الجيولوجية لشبه الجزيرة العربية، مقياس رسم ١: ٢٠٠٠٠٠٠، سنة ١٩٦٣م.
- ٨- الهيئة الملكية للجبيل وينبع، المملكة العربية السعودية: التقرير السنوي لعام ١٤٠٧/١٤٠٨هـ، سنة ١٩٨٩م.

٩- وزارة البترول والثروة المعدنية، المملكة العربية السعودية: خريطة جزيرة العرب، مقياس رسم ١:٢٠٠٠٠٠٠٠، الطبعة الثانية، الرياض، سنة ١٩٨١م.

١٠-وزارة التخطيط، المملكة العربية السعودية: خطة التنمية الرابعة ١٤٠٥/١٤١٠هـ، سنة ١٩٩١م.

١١-وزارة التخطيط، المملكة العربية السعودية: خطة التنمية الخامسة ١٤١٠/١٤١٥هـ، سنة ١٩٩٢م.

١٢-وزارة الداخلية، الإدارة العامة للتنظيم والإدارة، المملكة العربية السعودية : الكتاب الإحصائي السابع عشر لوزارة الداخلية، سنة ١٩٩١م.

١٣-وزارة الدفاع والطيران، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد الجوية، المملكة العربية السعودية: تقارير شهرية وسنوية لمحطات انقيصومة والظهران خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٨٨م.

١٤-وزارة الدفاع والطيران، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد الجوية، المملكة العربية السعودية : التقرير السنوي سنة ١٩٧٩م.

١٥-وزارة الدفاع والطيران، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد الجوية، المملكة العربية السعودية: وثيقة مقاييس حماية البيئة، جدة، سنة ١٩٨٢م.

١٦-وزارة الدفاع والطيران، مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، المركز الوطني للأرصاد الجوية، المملكة العربية السعودية: مرجع موجز عن الملوثات البيئية وتأثيراتها، جدة، سنة ١٩٨٥م.

١٧-وزارة الزراعة والمياه، إدارة تنمية موارد المياه، قسم الهيدرولوجيا المملكة العربية السعودية: تقارير شهرية وسنوية لمحطات رصد المناخ وقياس المطر خلال الفترة ١٩٧١-١٩٨٨م.

١٨-وزارة الزراعة والمياه، إدارة تنمية موارد المياه، قسم الهيدرولوجيا المملكة العربية السعودية: أطلس المياه، مطابع سفير، الرياض، الطبعة الأولى سنة ١٩٨٤م.

١٩-وزارة الزراعة والمياه، إدارة تنمية موارد المياه، قسم الهيدرولوجيا المملكة العربية السعودية: أطلس المناخ في المملكة العربية السعودية، مطابع سفير، الرياض الطبعة الأولى، سنة ١٩٨٨م.

٢٠-وزارة الشؤون البلدية والقروية، وكالة تخطيط المدن، المملكة العربية السعودية: المخططات التنفيذية الرئيسية لمنطقة الدمام، تقرير فنى مشروع رقم (٢٠٤)، سنة ١٩٧٩م.

٢١-وزارة الشؤون البلدية والقروية، وكالة تخطيط المدن، المملكة العربية السعودية: أطلس المدن السعودية الوضع الراهن ١٤٠٧هـ، ١٩٨٧م.

٢٢-وزارة الشؤون البلدية والقروية، وكالة تخطيط المدن، المملكة العربية السعودية: أطلس المدن السعودية - النطاق العمرانى ١٩٩٥/٢٠٠٥ م ، الرياض ١٩٩٣.

٢٣-وزارة المالية والاقتصاد الوطنى، المديرية العامة لشئون الزيت والمعادن، المملكة العربية السعودية: خريطة جغرافية للوحة تطوير الشمالى بالمملكة العربية السعودية، خريطة رقم (٢٠٧ ب)، مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠، الرياض، الطبعة الأولى، سنة ١٩٥٧م.

٢٤-وزارة المالية والاقتصاد الوطنى، المديرية العامة لشئون الزيت والمعادن، المملكة العربية السعودية: خريطة جغرافية للوحة الخليج العربى الفارسمى العربى بالمملكة العربية السعودية، خريطة رقم (٢٠٨ ب)، مقياس رسم ١:٥٠٠٠٠٠، الرياض، الطبعة الأولى، سنة ١٩٥٨م.

٢٥-وزارة المالية والاقتصاد الوطنى، مصلحة الإحصاءات العامة، المملكة العربية السعودية: الكتاب الإحصائى السنوى للفترة ١٩٧٦م - ١٩٨٨م.

- 26- Aramco, Environmental Unit Process Division, Process and Control Systems Department, Kingdom of Saudi Arabia: Aramco. Air Quality Monitoring/ Meteorology Network Reports for Period 1983-1987.
- 27- General Directorate of Meteorology, Kingdom of Saudi Arabia: Recommended Sites for Air Pollution Monitoring Stations in Jubail and Yanbu, Jeddah, July, 1977.
- 28- Ministry of Defense and Aviation, Meteorology and Environmental Protection Administration, Kingdom of Saudi Arabia: Air Quality Study of the Hajj, Jeddah, July, 1984.
- 29- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Jubail Industrial City - Community Plan, 1978.
- 30- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Jubail Program Procedure - Environmental Guidelines, 1985.
- 31- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Environmental Program - Madinat Al-Jubail Al-Sinaiyah, 1987.
- 32- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Directorate General for Jubail Region: Annual Report for Marine and Atmospheric Surveys In Jubail Industrial Complex, August 1979.
- 33- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia:, October, 1980.
- 34- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric Surveys for August 1980 Through September 1981, February 1982.
- 35- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric Surveys for August 1981 through September 1982, May 1983.
- 36- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric Surveys for August 1982 through September 1983, January 1984.

- 37- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric surveys Annual Report 1984, February 1985.
- 38- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric surveys Annual Report 1985, March 1986.
- 39- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric Surveys Annual Report 1986, March 1987.
- 40- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric Survey Annual Report 1987, March 1988.
- 41- Royal Commission for Jubail and Yanbu, Kingdom of Saudi Arabia: Atmospheric Survey Annual Report 1988, March 1989.

ثانيا المراجع :

أ- المراجع العربية:

- ٤٣- أبو راضى، فتحى عبد العزيز: الأساليب الكمية فى الجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، سنة ١٩٨٣م.
- ٤٤- أبو راضى، فتحى عبد العزيز: المناخ والبيئة، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، سنة ١٩٩١م.
- ٤٥- أبو شقرا، غازى: العلوم المتكاملة - طبيعتها ونماذج تطبيقية فى تعلمها، معهد الإتماء العربى، بيروت الطبعة الأولى، سنة ١٩٧٧م.
- ٤٦- أبو العطا، فهمى هلالى: الطقس والمناخ - دراسة فى طبيعة الجو وجغرافية المناخ، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، الطبعة الثالثة، سنة ١٩٧٠م.
- ٤٧- أبو العلا، محمود طه: جغرافية شبه جزيرة العرب، الجزء الثانى: جغرافية المملكة العربية السعودية، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، الطبعة الثالثة، سنة ١٩٧٥م.
- ٤٨- أبو العلا، محمد توفيق محمود إبراهيم حسن: تلوث البيئة كنتيجة للنمو العمرانى فى المدينة العربية وأثر ذلك على التراث الإنسانى العربى، منظمة المدن العربية، المعهد العربى لإتماء المدن، المؤتمر العام الثامن لمنظمة المدن العربية: النمو العمرانى الحضرى فى المدينة العربية - المشاكل والحلول، الرياض، ٢٢ - ٢٦ مارس سنة ١٩٨٦م. ص ص ١ - ٧.
- ٤٩- أبو العينين، حسن سيد أحمد: أصول الجغرافية المناخية، الدار الجامعية، بيروت، سنة ١٩٨١م.
- ٥٠- أبو عياش، عبد الله: الإحصاء والكمبيوتر فى معالجة البيانات مع تطبيقات جغرافية، وكالة المطبوعات العربية، الكويت، سنة ١٩٧٨م.

- ٥١- أبو الفتوح، فؤاد: حماية البيئة من أثر استخدام السيارات فسى المدن، المركز العربى للدراسات الأمنية والتدريب، الرياض، سنة ١٩٨٢م.
- ٥٢- آرامكو، إدارة العلاقات العامة، المملكة العربية السعودية: كتيب بقيق، سنة ١٩٨٤م.
- ٥٣- آرامكو، إدارة العلاقات العامة، المملكة العربية السعودية: مجلة القافلة، العدد الثامن، المجلد الثانى والثلاثون، مايو سنة ١٩٨٤م.
- ٥٤- آرامكو، إدارة العلاقات العامة، المملكة العربية السعودية: كتيب آرامكو، سنة ١٩٨٧م. (أ)
- ٥٥- آرامكو، إدارة العلاقات العامة، المملكة العربية السعودية: حقائق وأرقام، سنة ١٩٨٧م. (ب)
- ٥٦- آرامكو، إدارة العلاقات العامة، المملكة العربية السعودية: مجلة القافلة، العدد العاشر، المجلد الخامس والثلاثون، يونيو سنة ١٩٨٧م.
- ٥٧- إسماعيل، أحمد على: مناخ مدينة أسيوط، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، السنة الثانية، العدد الثانى، سنة ١٩٦٩م. ص ص ١٠٩ - ١٣٥.
- ٥٨- آل سعود، مشاعل محمد بن سعود: الانسياق الرملى وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض - الدمام الجمعية الجغرافية الكويتية، تصدر عن قسم الجغرافيا بجامعة الكويت، سنة ١٩٨٦م.
- ٥٩- أمين، فهمى حسن: تلوث الهواء - مصادرة - أخطاره - علاجة، دار العلوم للطباعة والنشر، الرياض، سنة ١٩٨٤م.
- ٦٠- أهلى، لوى: علم المناخ والأرصاد الجوية، المطبعة الجديدة، دمشق، سنة ١٩٧٤م.
- ٦١- بحيرى، صلاح الدين: جغرافية الصحارى العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، معهد البحوث والدراسات العربية، دار غريب للطباعة، القاهرة، الطبعة الثانية، سنة ١٩٧٩م.

٦٢- برهام، مصطفى أحمد: مكافحة التلوث وعلاقته بتطوير صناعة تكرير البترول، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، وقائع ندوة حماية البيئة من ملوثات الصناعة النفطية، تونس ١٢-١٥ سبتمبر سنة ١٩٨٢م. ص ٢٥ - ١٠٠.

٦٣- البزاز، فخرى: التغيرات البيئية الناتجة عن زيادة تركيز ثنائي أكسيد الكربون في الغلاف الجوى والناتج عن استهلاك وقود المتحجرات، مكتب التربية العربى لدول الخليج - إدارة العلوم: وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث فى أقطار الخليج العربى، ٢٥ - ٢٨ فبراير سنة ١٩٨٦م.

٦٤- البنا، على: أسس الجغرافية المناخية والنباتية، دار النهضة العربية، بيروت، الطبعة الثانية، سنة ١٩٧٠م.

٦٥- بندقى، حسن حمزة: جغرافية المملكة العربية السعودية، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، سنة ١٩٧٧م.

٦٦- البيوك، فاطمة أحمد محمد: جغرافية الأمراض البشيرية فى المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، أجازتها كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة الملك سعود، سنة ١٩٨٢م.

٦٧- التكريتى، سعدون: الجوانب الصحية فى المدن العربية، منظمة المدن العربية، المعهد العربى لإنماء المدن: البيئية الصحية فى المدن العربية، بيروت سنة ١٩٨٨م.

٦٨- الجاسر، لميعة عبد العزيز: الثروة السمكية فى المياه الإقليمية للملكة العربية السعودية - دراسة فى الجغرافية الاقتصادية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب - قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود، الرياض، سنة ١٩٨٩م.

- ٦٩- جامعة الدول العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للشئون البيئية: مرجع فى التعليم البيئى لمراحل التعليم العام، القاهرة، سنة ١٩٧٦م.
- ٧٠- الجمعية الكيموية الأمريكية: مكافحة تلوث البيئة، ترجمة: أنور محمود عبد الواحد، مكتبة النهضة العربية، القاهرة، سنة ١٩٧٢م.
- ٧١- الجندان، بديرة عبد الرحيم: سكان المنطقة الشرقية - دراسة جغرافية ديموجرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا - كلية التربية للبنات، الرياض، سنة ١٩٨٤م.
- ٧٢- جودة، حسنين جودة: العالم العربى - دراسة فى الجغرافية الإقليمية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، سنة ١٩٨٦م.
- ٧٣- جودة، حسنين جودة و فتحي محمد أبو عيانه: قواعد الجغرافيا العامة الطبيعية والبشرية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، سنة ١٩٨٩م.
- ٧٤- جودة، حسنين جودة: شبه الجزيرة العربية - دراسة الجغرافيا الإقليمية، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، الطبعة الثانية، سنة ١٩٨٩م.
- ٧٥- حافظ محمود: تلوث الهواء والماء وأثاره على الإنتاج والصحة العامة، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية: ندوة الجغرافيا ومشكلات تلوث البيئة فى يومى ٢٨-٢٩ أبريل سنة ١٩٩٢م، القاهرة، ١٩٩٣م. ص ص ٥٥ : ٥٩.
- ٧٦- حسن، أحمد فرغلى: قياس تكلفة البيئة بصناعة تكرير الزيت بالملكة بالتطبيق على مصفاة الرياض للبترول، مركز البحوث، كلية العلوم الإدارية، جامعة الملك سعود، الرياض، سنة ١٩٨٣م.
- ٧٧- الحسن محمد إبراهيم: الصناعات الكيمائية ومستقبلها فى المملكة، مطابع الفرزدق التجارية، الرياض، سنة ١٩٨٥م.

- ٧٨- الحسن، محمد إبراهيم وإبراهيم صالح المعقسان: ملوثات البيئة - أضرارها - مصادرها - وطرق مكافحتها، مكتبة الخريجي، الرياض، سنة ١٩٨٨م.
- ٧٩- الحفار، سعيد محمد: الإنسان ومشكلات البيئة، مؤسسة دار العلوم، الدوحة، قطر، سنة ١٩٨١م.
- ٨٠- الحمد رشيد ومحمد سعيد صباريني: البيئة ومشكلاتها، المجلس الوطني للثقافة والفنون، والآداب، سنة ١٩٧٩م.
- ٨١- الحناوي عصام الدين: التشريعات الخاصة بحماية البيئة، كتاب الإنسان والبيئة، إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة العلوم، القاهرة، سنة ١٩٨٧م. ص ص: ٥١٢: ٤٩٥.
- ٨٢- خولي، محمد رضوان: التصحر في الوطن العربي، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، لبنان، سنة ١٩٨٥م.
- ٨٣- خيرى، محمد عزت: تلوث الهواء والماء وأثاره على الإنتاج والصحة العامة، المجلة الجغرافية العربية، تصدر، عن الجمعية الجغرافية المصرية: ندوة الجغرافيا مشكلات تلوث البيئة فى يومى ٢٨-٢٩ أبريل سنة ١٩٩٢م، القاهرة، سنة ١٩٩٣. ص ص ١٣: ٥٤.
- ٨٤- الداخستى، على: ربط المدن العربية بشبكة من السكك الحديدية، منظمة المدن العربية، المعهد العربى لإتعاء المدن: البيئة الصحية فى المدن العربية، سنة ١٩٨٨م.
- ٨٥- دشايش، أحمد ديب: البيئة والصحة العامة، كتاب الإنسان والبيئة، إصدار المنظمة العربية للتربية والثقافة العلوم، القاهرة، سنة ١٩٧٨م. ص ص ٤٥١: ٤٩١.
- ٨٦- رجب، زين العابدين عبد الرحمن: واحة الإحساء - دراسة فى مواردها المائية وتأثيرها فى الاستخدام الريفي، الندوة الثالثة لأقسام الجغرافيا

بجامعات المملكة العربية السعودية، الرياض، ١٧-١٩ مارس سنة ١٩٨٧م.

٨٧- رجب، عمر الفاروق السيد: دراسات في جغرافية المملكة العربية السعودية، دار الشرق، جدة، سنة ١٩٨٧م.

٨٨- الرويش، محمد أحمد: سكان المملكة العربية السعودية - دراسة جغرافية ديموغرافية، دار اللواء للنشر والتوزيع، الرياض، الطبعة الثانية، ١٩٧٩م.

٨٩- السحرة، جمال الحسن: تلوث الهواء، جامعة الدول العربية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة للشئون البيئية، القاهرة، سنة ١٩٧٦م. ص ٣٧٨ : ٣٨٦.

٩٠- رشيد، أحمد وفضاء الحسين رشيد: علم البيئة - مدخل عام، معهد الإنماء العربي، بيروت، لبنان، سنة ١٩٨١م.

٩١- الزوكا، محمد حميد: دراسة استغلال الأراضي، المكتبة الجغرافية الإسكندرية، سنة ١٩٨٢م.

٩٢- سعود، عمر محمد الصادق: الصناعة وتلوث البيئة في مدينة القاهرة - دراسة تطبيقية على منطقتي شبرا الخيمة وحلوان، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، ندوة الجغرافيا ومشكلات تلوث البيئة، في يومي ٢٨-٢٩ أبريل سنة ١٩٩٢، القاهرة، سنة ١٩٩٣م. ص ٦١ : ١٢٨.

٩٣- صفاء، أدهم: المناخ والأرصاد الجوية، جامعة حلب، حلب، سوريا، الطبعة الثالثة، سنة ١٩٨١م.

٩٤- شاهين، علي عبد الوهاب: محاضرات في جغرافيا المناخ والنبات، مركز معالجة الوثائق بالكمبيوتر والطباعة، شبين الكوم، مصر، سنة ١٩٩٣م.

٩٥- شاور، أمال إسماعيل: تلوث الهواء بمدينة حلوان كرد فعل لتدسي الإنسان لبيئته، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية

المصرية، العدد التاسع عشر، السنة الثامنة عشر، سنة ١٩٨٧م. ص
ص ٦٧ : ٩٠.

٩٦- شهادة، نعمان: علم المناخ، مطبعة النور النموذجية، الأردن، سنة
١٩٨٣م.

٩٧- شهادة، نعمان: المناخ العملى، مطبعة النور، النموذجية، الأردن، سنة
١٩٨٣م.

٩٨- شرف، عبد العزيز طريح: مناخ الكويت، مؤسسة الثقافى الجامعية،
الإسكندرية، سنة ١٩٨٠م.

٩٩- شرف، عبد العزيز طريح: الجغرافية الطبيعية - أشكال سطح الأرض،
مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية، الطبعة الرابعة، سنة ١٩٨٤م.

١٠٠- شرف، عبد العزيز طريح: الجغرافيا المناخية والنباتية مع التطبيق علمى
مناخ أفريقيا ومناخ العالم العربى، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية،
سنة ١٩٨٥م.

١٠١- الشريف، عبد الرحمن صادق: جغرافية المملكة العربية السعودية، دار
المريخ، الرياض، الجزء الأول، الطبعة الثانية، سنة ١٩٨٤م.

١٠٢- الشريف، عبد الرحمن صادق: تلوث سموات القاهرة، منظمة المدن
العربية، المعهد العربى لإنماء المدن: البيئة والصحة فى المدن العربية،
سنة ١٩٨٨م.

١٠٣- شلش، على وآخرون: جغرافية الأقاليم المناخية، جامعة بغداد، بغداد،
العراق، سنة ١٩٨٧م.

١٠٤- صالح، عبد المحسن: المدينة الحديثة ومشكلات التلوث، عالم الفكر،
المجلد الثانى، لعدد، الثالث، أكتوبر سنة ١٩٧١م. ص ٧٩ : ١٣٢.

١٠٥- الصالح، ناصر عبد الله محمود السريانى: الجغرافية الكمية والإحصائية،
مطابع دار الفنون، جدة، سنة ١٩٧٩م.

- ١٠٦- عبد الحكيم، محمد صبحى ومهر عبد الحميد الليثى: علم الخرائط، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، سنة ١٩٧٩م.
- ١٠٧- عبد الحكيم، محمد صبحى وآخرون: الوطن العربى - أرضه وسكانه وموارده، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، الطبعة الثالثة، سنة ١٩٨٠م.
- ١٠٨- عبد الحكيم، محمد صبحى: مدينة الاسكندرية، مكتبة مصر، القاهرة، لم يذكر سنة النشر.
- ١٠٩- عبدالمقصود، زين الدين: أسس الجغرافيا الحيوية - دراسة أيكولوجية، مطبعة حسان، القاهرة، سنة ١٩٨٠م.
- ١١٠- العجسى، ضارى وفكرى غبريال: استعراض تطور البحوث البيئية فى مجال تلوث الهواء فى الكويت، منظمة المدن العربية، المعهد العربى لإتماء المدن: البيئة الصحية فى المدن العربية، سنة ١٩٨٨م.
- ١١١- عصفور، محمود عبد اللطيف، محمد عبد الرحمن الشرنوبى: الخرائط ومبادئ المساحة، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، سنة ١٩٧٠م.
- ١١٢- عمر، محمود محسن: الجزر الحرارية فوق المناطق المدارية ومقارنتها بجزر المناطق المعتدلة مع استنتاج طريقة لتقدير النهاية العظمى لشدة الجزر الحرارية فوق مدن جمهورية مصر العربية، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، مشروع المعايير التخطيطية والمعمارية لمرعاه المناخ والحفاظ على البيئة من التلوث فى مصر، القاهرة، سنة ١٩٨٨م (١).
- ١١٣- عمر، محمود حسن: المناخ الحضرى وتخطيط المدن، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، مشروع المعايير التخطيطية والمعمارية لمراعاة المناخ والحفاظ على البيئة من التلوث فى مصر، القاهرة، سنة ١٩٨٨م (ب).

١١٤- عمر، محمود حسن: العلاقة بين المناخ الكلى والمناخ الجزئى، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، مشروع المعايير التخطيطية والمعمارية لمراعاة المناخ والحفاظ على البيئة من التلوث فى مصر، القاهرة، سنة ١٩٨٨ م (ج).

١١٥- عمر، محمود حسن: دراسات تأثير المدينة على حركة الهواء كعنصر أساسى من عناصر المناخ الحضرى فى المناطق المعتدلة والمناطق المدارية، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، مشروع المعايير التخطيطية والمعمارية لمراعاة المناخ والحفاظ على البيئة من التلوث فى مصر، القاهرة، سنة ١٩٨٨ م (د).

١١٦- على، عبد القادر عبد العزيز: التغيرات المناخية وأثرها على البيئة الطبيعية، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، ندوة الجغرافيا مشكلات تلوث البيئة، فى يومى ٢٨- ٢٩ أبريل ١٩٩٢م، القاهرة، ١٩٩٣م. ص ص ٢٤١ : ٢٧٤ .

١١٧- العودات، محمد: تلوث الهواء، مجلة كلية الملك خالد العسكرية، العدد السادس، المجلد الثانى، الرياض، سنة ١٩٨٤م. ص ص ١٧٥ : ١٧٩ .

١١٨- العودات، محمد وعبد الله يحيى باصهى: التلوث وحماية البيئة، عمادة شئون المكتبات بجامعة الملك سعود، الرياض، سنة ١٩٨٥م.

١١٩- العودات، محمد: التلوث وحماية البيئة، الأهالى للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق، سوريا، سنة ١٩٨٨م.

١٢٠- العيسوى، فايز محمد: خرائط التوزيعات البشرية - أسس وتطبيقات، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، سنة ١٩٨٧م.

١٢١- غرابية، سامح ويحيى الفرهان: المدخل الى العلوم البيئة، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، سنة ١٩٨٧م.

- ١٢٢- غرفة تجارة وصناعة المنطقة الشرقية: واقع ومستقبل الصناعة الوطنية - دراسة ميدانية تحليلية، الإدارة الاقتصادية والبحوث، الدمام، السعودية، سنة ١٩٨٦م.
- ١٢٣- غرفة تجارة وصناعة المنطقة الشرقية: مجالات الاستثمار الصناعي وسياساته في المرحلة الجديدة، الإدارة الاقتصادية والبحوث، الدمام، السعودية، سنة ١٩٨٧م.
- ١٢٤- الغنيم، عبد الله يوسف: أشكال سطح الأرض المتأثرة بالرياح في شبة الجزيرة العربية، الجمعية الجغرافية الكويتية، قسم الجغرافية بجامعة الكويت، الكويت، سنة ١٩٨١م.
- ١٢٥- غنيمي، زين الدين عبد المقصود: البترول وأبعاد التلوث البيئي في منطقة الخليج العربي، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد الحادي عشر، السنة الثالثة، سنة ١٩٧٧، ص ص ١١-٤٩.
- ١٢٦- غلاب، محمد السيد: مبادئ الجغرافيا الطبيعية، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، سنة ١٩٦٩م.
- ١٢٧- فايد، يوسف عبد المجيد: جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، بيروت لبنان، سنة ١٩٧١م.
- ١٢٨- فايد، يوسف عبد المجيد: مناخ مدينة جدة، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، المجلد الثاني، جدة، سنة ١٩٨٢م. ص ص ٢٠١: ٢٢٧.
- ١٢٩- فرج، محمد على: مشاكل التلوث البيئي في المدينة، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة، سنة ١٩٨٧م. ص ص ٣٩٥: ٤٢٣.
- ١٣٠- القندي، محمد جمال الدين: طبيعات الجو وظواهره، مكتبة نهضة مصر، القاهرة، الطبعة الثانية، سنة ١٩٦٠م.
- ١٣١- كربل، عبد الله رزوقي وماجد السيدولي: الطقس والمناخ، جامعة البصرة، البصرة، العراق، سنة ١٩٧٨م.

- ١٣٢- الكرمى، زهير: العالم ومشكلات الإنسان المعاصر، مجلة عالم المعرفة، القاهرة، سنة ١٩٧٨م. ص ص ١٩٩-٢٣٥.
- ١٣٣- كمونة، حيدر: التخطيط ومشكلة تلوث البيئة فى المدن العربية، منظمة المدن العربية، المعهد العربى لإتماء المدن: البيئة الصحية فى المدن العربية، سنة ١٩٨٨م.
- ١٣٤- المبارك، محمد عبيد: تكامل مكونات البيئة، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة، سنة ١٩٧٨م. ص ص ٢١: ٣٩.
- ١٣٥- مجلس التعاون لدول الخليج العربية، والأمانة العامة: السياسات والمبادئ العامة لحماية البيئة والعمل البيئى المشترك فى دول مجلس التعاون، الرياض سنة ١٩٨٧م.
- ١٣٦- محسوب، محمد صبرى: جيومورفولوجية السواحل، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، سنة ١٩٩١م.
- ١٣٧- محمد، محمد محمود وحسن عبد العزيز: الأقاليم الجافة - دراسة جغرافية فى السمات والانماط، دار العلوم، الرياض، سنة ١٩٨١م.
- ١٣٨- المزيدي، صلاح والسيد يوسف مصطفى عبد الله: ملوثات عوادم المركبات العاملة بوقود البنزين فى دولة الكويت، مكتب التربية العربى لدول الخليج، إدارة العلوم، وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث فى أقطار الخليج العربى، ٢٥-٢٨ فبراير، سنة ١٩٨٦م.
- ١٣٩- مصيلحى، فتحى محمد: شخصية المدينة السعودية - بحوث جغرافية، دار الإصلاح، الدمام، السعودية، سنة ١٩٨٤م.
- ١٤٠- مصيلحى، فتحى محمد: تلوث الهواء بالمدينة السعودية، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد السادس والأربعون، السنة الثانية عشرة، أبريل سنة ١٩٨٦م. ص ص ٩٧: ١٤٩.

- ١٤١- مصيلحي، فتحي محمد: توطن النشاط الصناعي وتلوث البيئة فسي مدن المملكة العربية السعودية، منظمة المدن العربية، المعهد العربي للمساء المدن، بيروت، لبنان، سنة ١٩٨٨م.
- ١٤٢- مصيلحي، فتحي محمد: الجغرافيا البشرية بين نظرية المعرفة وعلم المنهج الجغرافي، مطابع الطوبجي التجارية، القاهرة، سنة ١٩٩٠م.
- ١٤٣- المعتاز، إبراهيم صالح: أثر التلوث العامة في الحد من تلوث البيئة، منظمة العواصم والمدن الإسلامية، القاهرة، سبتمبر سنة ١٩٨٦م. ص ٣١: ١.
- ١٤٤- المعتاز، إبراهيم صالح: التلوث الناشئ في مصافي تكرير البترول وطوق التحكم فيه، الندوة السادسة للأمن الصناعي، ٢٧-٢٩ أكتوبر سنة ١٩٨٦م. يتبع، السعودية، سنة ١٩٨٩ ص ١: ٢٧.
- ١٤٥- المعتاز، إبراهيم صالح: أثر زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون فسي رفع درجة حرارة الغلاف الجوي، مجلة العواصم والمدن الإسلامية، القاهرة، العدد التاسع، سبتمبر سنة ١٩٨٧م. ص ٧٣: ٨٤.
- ١٤٦- المعتاز، إبراهيم صالح: محطات القوى الكهربائية والبيئية، جمعية حماية البيئة، الكويت، ديسمبر سنة ١٩٨٧م.
- ١٤٧- ملر، أوسن: علم المناخ، تعريب: محمد متولى، مكتبة الانجلو المصرية، القاهرة، سنة ١٩٧٢م.
- ١٤٨- منظمة الخليج للاستشارات الصناعية، سلسلة ملامح الاقتصاد الصناعي لدول الخليج العربية: ملامح النمو الصناعي فسي المملكة العربية السعودية، التقرير الخامس، مطابع الدوحة الحديثة، الدوحة، قطر، سنة ١٩٨٦م.
- ١٤٩- المهنا، محمد إبراهيم: مدينة الجبيل الصناعية- تخطيط وبناء، المؤتمر العام الثامن لمنظمة المدن العربية: النمو العمراني في المدينة العربية -

- المشاكل والحلول، منظمة المدن العربية، المعهد العربي لإتماء المدن، الرياض ٢٢-٢٦ مارس سنة ١٩٨٦م. ص ص ١ : ١٢.
- ١٥٠- المهندس، أحمد عبد القادر: ملامح من تلوث الهواء فى المملكة العربية السعودية، مكتب التربية العربى لدول الخليج - إدارة العلوم: وقائع ندوة البيئة وحمايتها من التلوث فى أقطار الخليج العربى ٢٥-٢٨ فبراير، سنة ١٩٨٦م.
- ١٥١- موسى، على: الوجيز فى المناخ التطبيقي، دمشق، سوريا سنة ١٩٨٢م.
- ١٥٢- نجم، حسين طه، وآخرون: البيئة والإنسان - دراسات فى الايكولوجيا البشرية، وكالة المطبوعات، الكويت، الطبعة الثالثة، سنة ١٩٨٤م.
- ١٥٣- نحال، إبراهيم: الأجهزة البيئية وعلاقتها بالإنسان، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة، سنة ١٩٨٧م. ص ص ٥٧ : ٩٨.
- ١٥٤- الهذلول، صالح: نمو وتطور المحيط العمرانى المعاصر فى المملكة العربية السعودية، منظمة المدن العربية، المعهد العربي لإتماء المدن: النمو العمرانى الحضرى فى المدينة العربية، المشاكل والحلول، الرياض، ٢٢-٢٦ مارس سنة ١٩٨٦م. ص ص ١ : ٣٠.
- ١٥٥- الطون، كنيث: الأراضي الجافة، ترجمة: على عبد الوهاب شاهين، دار النهضة العربية، بيروت، لبنان، سنة ١٩٧٨م.
- ١٥٦- الوتارى، عبدالعزيز: مستقبل الصناعات البتروكيميائية فى بلدان منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول - الأهداف والآثار المحتملة لهذه الصناعات، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول: النفط والتعاون العربى، الرياض، سنة ١٩٨٦م. ص ص ٣٥ : ٥٢.
- ١٥٧- وزارة الصحة العامة، حكومة الكويت، إدارة حماية البيئة: التقرير السنوى ١٩٨٧م.
- ١٥٨- وزارة الصحة الكويتية، إدارة حماية البيئة: مستوى تلوث الهواء بالمناطق السكنية بالغازات الناتجة عن عادم السيارات نتيجة حركة

المرور في الكويت، منظمة المدن العربية، المعهد العربي لاتماء المسكن:

البيئة الصحية في المدن العربية، سنة ١٩٨٨م.

١٥٩- لافون، روبرت: التلوث، ترجمة: نادية القباني، شركة ترانسكسم، جنيف،

سويسرا، سنة ١٩٧٧م.

١٦٠- يوسف عبد العزيز عبد اللطيف: أهم ملامح المناخ في مدينة القاهرة،

مركز بحوث الشرق الأوسط، جامعة القاهرة، سنة ١٩٨٨م.

ب - ائراجع غير العربية:

161- Abolkhair, Y.: Sand Encroachment by Wind in Al-Hasa of Saudi Arabia, Geography Department, Indiana University, Unpublished Dissertation., U.S.A., 1981.

162- Bailey, D. and Clayton, P.: The measurment of Suspended Particle and Total Carbon Concentrations in Atmosphere Using Standard Smoke Shade Methods, Atmospheric Envrionment, Vol. 16, No. 11, 1982. pp 2683-2690.

163- Badr, T., : Scientific Means and Studies Used to stablize Dunes in the Easternf Region, Riyadh, Novermber, 1989.

164- Barry, R., and Chorley, P.: Atmosphere, Weather and Climate, Rinehart and Winston, Holt, USA, Second Edition, 1970.

165- Benarie, Michel,: Urban Air Pollution Modelling, the MIT Press, London, 1980.

166- Bohlen, T.: the Influence of Aerosal Particles on the Warming of Urban and Rural Atmosphere, Meteorol. Rundsch, Vol. 31, 1978. pp.87-91.

167- Bradstreet, J. and Others: Preliminary Air Pollution Assessments of the Air Pollution Potential in Saudi Arabia, for Presentation at the 7th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Houston, Texas, U.S.A., June 25-30, 1978.

168- Bryant, Margi: The Gulf: Pollution and Development, International Institute for Enviornment and Development, No.24, Earthscan, London, 1980.

169- Callendar, C.: on the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere, Tellus, Vol. 10, 1958, London, pp. 243-248.

170- Casagrand, John, and Others,: Industrial Air Pollution- Possible Effect on Lung Cancer, Science, Vol. 183, U.S.A. 1974.

- 171- Chandler, T.,: Urban Climate: Inventory and Prospect, World Meteorological Organization Symposium on Urban Climates and Building Climatology, Brussel, October, 1968.
- 172- Cunningham, William & Barbara Woodworth,: Environmental Science, Wm.C. Brown Publishers, U.S.A., 1992.
- 173- Dobbins, Richard,: Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley and Sons, New York, 1979.
- 174- ERT, International, INC: Air Pollution Monitoring Program for Kingdom of Saudi Arabia, Prepared for General Directorate of Meteorology, Massachusetts, April, 1976.
- 175- Al-Gain, A. and Others.: Development of National Air Pollution Monitoring Program in Saudi Arabia, Fourth International Clean Air Conference, Japanese Union of Air Pollution Prevention Association, Tokyo, May, 1977.
- 176- Gates, David M: Climate Change and Its Biological Consequences, Sinauer Associates, Inc, Publishers Sunderland, Massachusetts, U.S.A., 1993.
- 177- Geiger, R.,: The Climate Near the Ground, Cambridge, Massachusetts, Second Edition, 1966.
- 178- Georij, H.,: the Effects of Air Pollution on Urban Climates, Bull of W.H.O., vol.40, 1969. pp.624-535.
- 179- Grandjean, E. and Gilgen A.: Environmental Factors in Urban Planning, Taylor and Francis Ltd, London, 1976.
- 180- Griffiths, John, and Others: Climate and the Environment, Westview Press, Colorado, 1982.
- 181- Hobbs, John,: Applied Climatology - A Study of Atmospheric Resources, W. and Macky Limited, Chatham, 1980.
- 182- Hodges, Laurent: Environmental Pollution, Rinehart and Winston, Holt, U.S.A., Second Edition, 1977.
- 183- Husain, T. and Other: Urban Air Pollution Modelling and Optimum Network Design for Saudi Arabia, Proceeding of 7th International Clean Air Conference, Am Arbor Science. U.S.A., 1981. pp. 715-728.
- 184- Kellogg, W., and Schware Robert , Climate change and Society - Consequence of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide, Westview Press, Boulder, Colorado, 1978.
- 185- Lal, D.S.; Climatology, Chaitanya Publishing House, Allahabad, Second Printing, London, 1988.

- 186- Landsberg, H.: The Climate of Towns-in Man's Role in Changing the Face of the Earth, University of Chicago Press, Chicago, U.S.A., 1956.
- 187- Landsberg, H.: The Urban Climate, Academic Press, London, 1981.
- 188- Lee, S. and Mudd, J.: Assessing Toxic Effects of Environmental Pollutants, Ann Arbor Science Publishers, Michigan, 1979.
- 189- Mather, John.: Climatology - Fundamentals and Applications, Mc-Graw Hill, U.S.A., 1974.
- 190- Matthews, W., and Others.: Man's Impact on the Climate, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, U.S.A., Second Edition, 1974.
- 191- Maunder, W.: the Value of Weather, Methuen and Company, London, 1970.
- 192- Mcboyle, Geoffrey.: Climate in Review, Houghton Mifflin Company, U.S.A. Third Edition, 1973.
- 193- Mccornick R., and Ludwing, J. H.: Climate Modification by Atmospheric Aerosols, Science, vol. 156, 1967. pp. 1358-1359.
- 194- Mills, Edwin.: the Economics of Environmental Quality, W.W. Norton and Company, New York, 1978.
- 195- Al-Mutaz, I and T.F. Al-Fariss: Impact of Leed Phasedown on Saudi Refineries, Hydrocarbon Processing, No.65, May, 1986. pp.66-69.
- 196- Al-Mutaz, I.: Air Pollution Problems at Riyadh Refinery, 80th Annual Meeting of APCA, New York, June 21-26, 1987. pp 1-19.
- 197- Al-Mutaz, I.: Chemistry of Sulphur Production from Oil Refineries, Asian Chemical Congress 87 Seoul, July, 1987.
- 198- Al-Mutaz, I.: Major Sources of Air Pollution in Riyadh, 8th Annual Meeting of Air Pollution Control Association, Dallas, Texas, U.S.A., June 20-24, 1988, pp. 1-24.
- 199- Nasrall, M.: Air Pollution in the Semitropical Saudi Urban Area, Environment International, vol.9, U.S.A., 1983. pp 255-264.
- 200- Neiburger, M., and Others: Understanding Our Atmospheric Environment, W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A., Third Edition, 1982.

- 201- Oke: Boundary Layer Climate, Methuen and Company, London, 1970.
- 202- Oliver, John,: Climate and Man's Environment, John Wiley and Sons, New York, 1973.
- 203- Oliver, John,: Climatology-Selected Applications, V.H., Winston and Sons, New York, 1981.
- 204- Organisation for Economic Co-operation and Development: the State of the Environment, 1985.
- 205- Paramena, J.: Means for Disposal of Industrial by Product and Waste Materials, Arab League Educational Cultural and Scientific Organization, Kartoum 5-12 February, 1972, El-Takadom Press. Cairo, 1973. pp 214-321.
- 206- Rau, John, and Wooten, David: Environmental Impact Analysis Handbook, Mc-Graw Hill, New York, 1980.
- 207- Riehl, Herbert: Climate and Weather in the Tropics, Academic Press, London, 1979.
- 208- Roberts, Neil: the Changing Global Environment, Basil Blackwell, Cambridge, U.S.A., 1994.
- 209- Rodger, L.: the Problem of Dust in the Environment with Particular Reference to the Sudan, Arab League Educational Cultural and Scientific Organization, Kartoum 5-12 February, 1972, El-Takadom Press, Cairo, 1973. pp 326-334.
- 210- Ross, R.: Air Pollution and Industry, Nostrand Reinhold Company, New York, 1972.
- 211- Samuelson, Gary.: Air Quality Impact Analysis, Mc-Graw Hill, New York, 1980.
- 212- Sellers, B.: Pollution for our Atmosphere, Adam Hilger Ltd, Bristol, 1984.
- 213- Simmons, I.: the Ecology of Natural Resources, John Wiley and Sons, New York, Second Edition, 1981.
- 214- Singer, Fred.: Global Effects of Environmental Pollution, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 1979.
- 215- Smit, A., and Lowell, G.: Atmospheric Reactions and Scavenging Processes, Academic Press, New York, Third Edition, 1976.
- 216- Steed, J. and Others: Two-dimensional Modeling of Potential Ozone Perturbation by Chlorofluorocarbons, Nature, vol. 295, 1982. pp 308-311.
- 217- Stern, Arthur, and Others: Fundamentals of Air Pollution, Academic Press, Florida, Second Edition, 1984.

- 218- Stringer, E.,: Foundations of Climatology, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1972.
- 219- Stringer, E.: Techniques of Climatology, W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A., 1973.
- 220- Trewartha, T., and Lyle, H.: An Introduction to Climate, Mc-Graw Hill, New York, Fifth Edition, 1980.
- 221- Wanta, P. and William, P.: the Meteorological Setting for Dispersal of Air Pollutants, Academic Press, New York, Third Edition, 1976.
- 222- Werr, P.,: Kingdom Attacks Air Pollution, Journal Article, vol.8 Saudi Research and Marketing Company, Jeddah, October, 1984.
- 223- Whelpdale, D., and R. Munn,: Global Sources-Sinks and Transport of Air Pollution, Academic Press, New York, Third Edition, 1976.

GLOSSARY

A

Abundant Gaseous Pollutant	غاز ملوث شائع
Acaci	أشجار السنط
Acid Rain	المطر الحامضى
Acid Taste	طعم حامضى
Active volcano	البركان النشط
Actual lapse Rate	التناقص الحرارى الفعلى
Adiabatically	آليا (ادياباتيكي)
Advection Fog	الضباب المنقل
Air Drainage	انزلاق الهواء
Air Pollutants	ملوثات الهواء
Air Pollutants Background Concentration	خلفية تركيز ملوثات الهواء
Air Pollution	تلوث الهواء
Air Quality	نوعية الهواء
Air Quality Network	رصد نوعية الهواء (الرصد البيئي)
Air Quality Standards	مقاييس نوعية الهواء
Albedo	الاشعاع المرتد (الالبيدو)
Aldehyde	الالدهايد (غازات هيدروكربونية)
Alkynes	الالكينات (غازات هيدروكربونية)
Anual Range	المدى السنوى
Anoxia	الانوكسيا (نقص اكسجين الدم)
Anthropogenic Activities	الانشطة الانثروبولوجية
Anti-Cyclones	المرتفعات الجوية (اضداد الاعاصير)
Anticyclonic Fog	ضباب المرتفعات الجوية
Applied Climatology	علم المناخ التطبيقي
Aridity Index	قربة (معامل) الجفاف
Aromatics	الاروماتات (غازات هيدروكربونية)
Atmospheric Combustion	الاحتراق الجوى
Atmospheric Depressions	المنخفضات الجوية
Atmospheric Dispersion	التشتت الهوائى
Atmospheric Mixing Processes	عمليات الاختلاط الجوى

Atmospheric Ozone	الاوزون الجوى
Atmospheric Surface Stability	استقرار الهواء السطحي
Atmospheric Turbidity	التعتير الاثوسفي
B	
Background Concentration	التركيز القاعدي
Bacterial Action	النشاط البكتيري
Barchan Dunes	الكثبان الهلالية (البرخان)
Biosphere	الغلاف الحيوي
Blood Haemoglobin	هيموجلوبين الدم
Blowing Dust	الأتربة المثاره
C	
Carbon Dioxide	ثاني اكسيد الكربون
Carbon Monoxide	اول اكسيد الكربون
Carboxhaemoglobin	كربوكسي هيموجلوبين
Carcinogenic Benzoperene	مادة البزيرين المسرطنة
Chemical Oxidation	الأكسدة الكيميائية
Chemical Reactions	التفاعلات الكيميائية
Clean Air Act	تشريع حماية الهواء النقي
Climographs	المناخيات المناخية
Condensation	التكاثف
Colourless	عديم اللون
Complex Photochemical Reaction	تفاعل كيميوي ضوئي معقد
Conduction	عملية التوصيل الحراري
Continental Degree	درجة القارية
Continental Polar	القطبية القارية
Continental Tropical	المدارية القارية
Country Breeze	نسيم الضواحي
Cyclonic Rain	المطر الاعصاري
D	
Dew point	نقطة الندى
Desulphurization	ازالة الكبريت

Direct Reduction Plant	معمل التحويل المباشر
Decomposable wastes	نفايات قابلة للتحلل
Dome Dunes	الكثبان القبابية
Dry Adiabatic Lapse Rate	التناقص الحرارى الادياباتي الجاف
Dust Dome	قبة غبارية
Dust Fall	غبار ساقط
Dust Stroms	عواصف ترابية
Dust Whirls	دوامات ترابية
Dynamic Inversion	انقلاب حرارى متحرك
E	
Earth's Heat Energy	الطاقة الحرارية الارضية
Ecosystem	النظام الحيوى
Elevated Inversion	الانقلاب المرتفع
Environmental Inputs	المدخلات البيئية
Environmental Lapse Rate	التناقص الحرارى البيئى
Environmental Pollution	التلوث البيئى
Environmental Protection	حماية البيئة
Environmental Temperature	الحرارة البيئية
Ephemerals	النباتات الحولية
Essential Inputs	المدخلات الاساسية
Evaporites	المتبخرات (السوائل المتبخرة)
F	
Feedback System	نظام التغذية الاسترجاعية
Fine Cement Dust	الغبار الاسمنتي الدقيق
Floating Roof Tanks	خزانات ذات أسطح عائمة
Fresh Breeze	نسيم عليل
Friction	عملية الاحتكاك
Frontal Fog	ضباب الجبهات
Frontal Inversion	إنقلاب الجبهات
Frontiers	الحدود (سياحية أو طبيعية)
G	
Gas Oil Separating Plants	معامل فرز غاز الزيت

Gentle Breeze	نسيم لطيف
Global Climate Models	نماذج مناخ العالم
Global Warming	الدفء العالمى
Green House Effect	تأثير الصوباء الخضراء (ظاهرة الاكتناز الحرارى)
Gulf Breez Circulation	دورة نسيم الخليج
H	
Hadly Circulation	دورة هادلى
Hazardous Wastes	النفايات الخطرة
Haze	السديم
Heat Capacity	السعة الحرارية
Heat Conduction	التوصيل الحرارى
Heat Pollution	التلوث الحرارى
Hills	القلل
Human Sources	المصادر البشرية
Hydrocarbons	الغازات الهيدروكربونية
Hydrogen Sulphide	غاز كبريتيد الهيدروجين
Hydrostatic Stability	الاستقرار المائى
I	
Industrialized Civilization	التحضر الصناعى
Industrial Cooling Water Intakes	قوات مياه التبريد الصناعى
Industrial Development	التممية الصناعية
Inert Wastes	النفايات الخاملة
Infalmmable Gas	غاز قابل للاشتعال
Infrared (Head) Radiation	الاشعة تحت الحمراء (الاشعة الحرارية)
Inhalable Suspended Particulates	الجسيمات السائجة القابلة للاستنشاق
Insolation	الاشعاع الشمسى نحو كوكب الارض
Interdependent Relationship	علاقة متبادلة متداخنة
Iorn Oxides Dust	غبار أكاسيد الحديد
Irritating Odour	رائحة نفاذة
J	
Jubail Coastline	الخط الساحلى للجبيل

L

Land Breeze

نسيم البر

Latent Heat

الحرارة الكامنة (في بخار الماء)

Land Pollution

تلوث اليابس

Photochemical Activity

نشاط كيميائي

M

Marine Ozone

غاز الأوزون البحري

Martime Polar

القطبية البحرية

Maximum Altitude

أقصى ارتفاع

Methane

غاز الميثان

Microclimate

المناخ التفصيلي

Mineral Dust

الغبار المعدني

Mist

ضبابية

Mixing Layer Height

ارتفاع طبقة الاختلاط

N

Natural Biological Processes

العمليات البيولوجية الطبيعية

Natural Decay Processes

عمليات التحلل الطبيعي

Natural Events

الاحداث الطبيعية

Natural Gas

الغاز الطبيعي

Natural Gas Liquids

سوائل الغاز الطبيعي

Natural Processes

العمليات الطبيعية

Natural Sink Mechanisms

آليات الازاحة الطبيعية

Natural Sources

المصادر الطبيعية

Natural Air

هواء في حالة حيادية

Network Pattern

النمط الشبكي

Nitric Oxide

غاز أول النيتروحين

Nitrogen Oxides

غازات أكاسيد النيتروجين

Nitrous oxide

غاز أكسيد النيتروز

Non-Methane Hydrocarbons

المبيدز كربونات غير الميثانية

Numerical Climate Models

النماذج العددية للمناخ

O

Odourless

عديم الرائحة

Olefin	الاوليفين (غازات هيدروكربونية)
Organic Nitrates	النترات العضوية
Outputs	وحدات الاخراج
Oxygenated Hydrocarbons	هيدروكربونات مؤكسدة
Ozone Depletion	إستنزاف الأوزون
Ozone Precursors	منتجات (مسببات-محددات) الأوزون
Ozone Scrabbing	إزاحة الأوزون
Ozone Season	فصل ذروة الأوزن
Ozonosphere	طبقة الأوزونوسفير
P	
Paraffins	البارافينات (غازات هيدروكربونية)
Particulates	الجسيمات (الدقائق)
Perennial Plants	نباتات مستديمة (دائمة)
Peroxyacyle Nitrates	بيروكسي أسيل نترات
Photochemical Oxidation	الأكسدة الكيموضوية
Photochemical Pollutants	الملوثات الكيموضوية
Photochemical Reactions	التفاعلات الكيموضوية
Photochemical Smog	الضباب الكيموضوي
Point Pattern	النمط النقطي
Polluting Sources	مصادر التلوث
Positive Feedback coupling	الازدواج الموجب للتغذية الاسترجاعية
Positivist Approach	المنهج الوضعي
Pressure Gradient	شدة إتحدار الضغط
Primary Industrial	الصناعات الاساسية
Primary Pollutants	الملوثات الأولية
Primary Source	مصدر أولى
Pungent Gas	غاز لاذع
R	
Radiation balance	التوازن الاشعاعي
Radiational Fog	ضباب الاشعاع
Radiation Inversion	إنقلاب الاشعاع
Active Radiative Gases	الغازات الاشعاعية النشطة

Radiative Interaction	التفاعل الإشعاعي
Rain Drops	حبات (قطرات) المطر
Rainfall Effectiveness.	فاعلية المطر
Rainfall Frequency Patterns	تكرارية نمط المطر
Rainfall Intensity	تركز (كثافة) المطر
Receptor Areas	المناطق المستقبلة (المتأثرة)
Relative Humidity	الرطوبة النسبية
Removal Processes	عمليات الإزاحة
Return Periods	فترات الرجوع
Rising Dust	الغبار المتصاعد
The Rush-hours	ساعات الذروة
S	
Sabkhats	السيخات
Salt Flats	المسطحات الملحية
Sand Drift	سقى الرمال (تذرية الرمال)
Sand Dunes Movement	زحف الكثبان الرملية
Sand Sheets	الفرشات الرملية
Sand Storms	العواصف الرملية
Saintary Land Fills	المرادم الصحية
Saturated Lapse Rate	التناقص الحرارى المشبع (بخار الماء)
Sea Breeze	نسيم البحر
Sea Breeze Inversion	إنقلاب نسيم البحر
Secondary Pollutants	الملوثات الثانوية
Secondary & Support Industries	الصناعات الثانوية والمساعدة
Severe Storm	عاصفة عاتية
Smog	الضباب الدخاني (الضبخان)
Solar Magnetic Cycle	دورة الشمس المغناطيسية
Solar Radiation	الإشعاع الشمسى العام
Spatial Analysis Approach	منهج التحليل المكاني
Stable Atmospheric Condition	حالة استقرار الهواء
Stragnant Surface Water	المياه السطحية الراكدة
Stagnation Conditions	فترات الركود

Static Inversion	إنقلاب مستقر
Non-Stationary Sources	مصادر يتغير موقعها
Stratosphere	طبقة الاستراتوسفير
Strong Stable	شديد الاستقرار
Subtropic High Pressure	الضغط المرتفع دون المدارى
Sulphur Dioxide	ثنائي أكسيد الكبريت
Sulphur Oxides	أكاسيد الكبريت
Suspended Particles	الذقائق العالقة
Swamps	مستنقعات
T	
Tamariscp	أشجار الطرفاء
Tasteless	عديم الطعم
Temperature Gradient	الانحدار الحرارى
Terrestrial Radiation	الاشعاع الأرضى
Tidal Mud Flats	المسطحات الطينية المرتبطة بالمد
Tidal Plains	سهول المد
Thermal Inversion	الانقلاب الحرارى
Toxic Gas	غاز سام
Trade Wind Deserts	صحارى الرياح التجارية
Travel Time	الرحلة الزمنية
Troposphere	طبقة التروبوسفير
Tropospheric Ozone	ازوزن طبقة التروبوسفير
U	
Ultraviolet Radiation	الاشعة فوق البنفسجية
Unstable Atmospheric Condition	حالة عدم استقرار الهواء
Urban Climate	مناخ المدن
Urban Heat Island	الجزيرة المدنية الحارة
V	
Vegetated Sand Sheets	الفرشات الرملية المغطاة النبات الطبيعي
Ventilation	التهوية
Vehiculr Emission.	الانبعاث من وسائل النقل
Vertical & Horizontal Distribution	التوزيع الرأسى والافقى
Visibility	مدى الرؤية

W

Wash Out

المغسل (الإزاحة)

Water Pollution

تلوث الماء

Wind Energy

قوة الرياح (الطاقة الريحية)

X

Xerophytes

الجفافيات

ملخص البحث

المناخ والتلوث الهوائى فى المنطقة الشرقية

بالمملكة العربية السعودية

دراسة فى المناخ التطبيقى

قد تناول البحث دراسة العلاقة بين المناخ وتلوث الهواء الذى يعد أخطر مجالات التلوث البيئى وأكثرها شيوعاً. ويعتبر تلوث الهواء أحد مجالات علم المناخ التطبيقى إذ تفيد الدراسات والتحليلات المناخية فى تفسير أسباب مستوى التركيزات المختلفة لملوثات الهواء.

ويدرس هذا البحث أبعاد العلاقة المتبادلة المتداخلة بين أحوال الطقس والمناخ وبين تلوث الهواء فى المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية. وتمتد منطقة الدراسة بين دائرتى عرض ١٦ و ٢٩ درجة شمالاً تقريباً. وتعادل مساحتها ٣٣% من مساحة الأراضى السعودية. وقد بلغ عدد سكانها عام ١٩٧٤م حوالى ٧٦٢,٠٣٧ نسمة، ويتوقع أن يبلغ ١٧٠٠,٠٠٠ نسمة فى عام ١٩٩٥م.

وقد كان اختيار المنطقة الشرقية لتكون منطقة الدراسة عدة أسباب نل من أهمها:-

- تستأثر المنطقة بحقول الزيت والغاز الطبيعى -بالسعودية- والتي تعد أهم مصادر التلوث بالغازات الكبريتية.
- تقع فيها ثلاث مصاف لتكرير الزيت تعادل طاقتها التكريرية حوالى ٥٧% من إجمالى الطاقة التكريرية للزيت بالمملكة العربية السعودية . وهى تعد أحد أهم مصادر انبعاث العديد من الملوثات الغازية والصلبة على السواء.

- تتركز بالمنطقة الصناعات البتروكيميائية التى تمثل المصدر الأساسى للتلوث بأكاسيد الكبريت. فضلاً عن صناعة الأسمنت والخرسانة وهى المسئول الأول عن انبعاث الملوثات الصلبة.
- تضم المنطقة أكبر مساحة من المدن الصناعية تعادل ٨٣,٦% من جملتها بالسعودية . وتعد مدينة الجبيل الصناعية أهمها على الإطلاق.
- يتوزع بالمنطقة عدد لا بأس به محطات رصد المناخ ورصد ملوثات الهواء. حيث تضم أربع محطات لرصد المناخ وخمس محطات لرصد المطر، يضاف إليها ستة عشرة محطة للرصد البيئى، يقع تسع منها فى مدينة الجبيل الصناعية، وتتوزع المحطات السبع الأخرى فى المنطقة.
- وقد سعى هذا البحث لتحقيق عدد من الأهداف لعل أهمها:-
- إبراز دور العناصر المناخية كضوابط توزيعية لملوثات الهواء المختلفة، والتحقق من مساهمة بعض منها بوصفها مصادراً طبيعية للتلوث.
- تكشف تأثير ملوثات الهواء فى المناخ الحضرى والإقليمى والعالمى لتقهم أبعاد العلاقة التبادلية بين المناخ والتلوث.
- تحديد مساهمة كل من النشاط الصناعى ووسائل النقل فى تلوث الهواء، والوقوف على درجة خطورتها ومجالات تأثيرهما.
- التعرف على أكثر ملوثات الهواء خطورة على المستوى الإقليمى واستشعار أبعاد تلوث الهواء ومستقبله إقليمياً.
- بحث احتمالات تغير درجة حرارة كوكب الأرض نتيجة لتلوث الهواء بالغازات الإشعاعية النشطة.

وقد اتبع البحث منهج التحليل المكاني لإبراز ملامح مشكلة تلوث الهواء بالمنطقة وخصائصها ومدى اختلافها عن جهات متفرقة من العالم. وقد أفاد من المنهج السببى التأثيرى فى الوقوف على الأسباب المباشرة وغير

المباشرة التي تسهم في تطور المشكلة. وقد استعان البحث بنمطين للتحليل هما التحليل الكمي والتحليل الكارنوجرافي. وقد اعتمد البحث على مجموعة من المصادر الأصولية تتمثل في البيانات المناخية، وبيانات ملوثات الهواء. فضلاً عن الخرائط التفصيلية للمنطقة وبعض الأطالس الإقليمية. وقد استخدم الاستبيان في الحصول على البيانات الخاصة بحجم النشاط الصناعي بالمنطقة وكمية الملوثات الناتجة عن أنواع الصناعات المختلفة.

ويضاف إلى ذلك الاستعانة بالدراسات السابقة التي تبحث في تلوث الهواء في المملكة العربية السعودية وبعض الدول العربية وفي العالم أيضاً. وكذلك أفاد من الدراسات المناخية والجيومورفولوجية والديموجرافية سواء الخاصة بالمنطقة والمملكة العربية السعودية أو تلك العالمية.

وقد واجه البحث عدة صعوبات تكمن في عدة جوانب منها:

توزيع محطات رصد المناخ والرصد البيئي: - إذ انحصرت في مجملها بين دائرتي عرض ٢٤ و ٢٨ درجة شمالاً تقريباً وبذلك قد أغفلت باقي المنطقة ما بين دائرتي عرض ١٦ و ٢٤ درجة شمالاً تقريباً.

حدثة المحطات: لم تتجاوز سنوات الرصد في سائر المحطات عشر سنوات ، إذ إنها تقل عن ذلك في بعض منها بالنسبة لبعض عناصر المناخ وملوثات الهواء.

عناصر الرصد: لا ترصد سائر المحطات عناصر المناخ كافة وكذا ملوثات الهواء، بل فبعض محطات الرصد البيئي تقتصر على رصد عنصرين فقط.

هذا ولا يرصد الغبار الساقط في أي من محطات الرصد البيئي مما دعا إلى الاكتفاء بالبيانات المتوفرة عن العواصف الرملية/ الترابية وظواهر الجو الترابية.

الاستبيان : وقد رفضت بعض الشركات الصناعية الإجابة على الاستبيان الذى طرحته الطالبة للحصول على بيانات تفصيلية عن حجم النشاط الصناعى، وكمية الوقود والطاقة المستخدمة، وكمية الملوثات الناتجة، ومدى استخدام تقنيات مكافحة التلوث فى كل منشأة صناعية.

وقد حال ذلك دون الإلمام بكثير من التفاصيل عن النشاط الصناعى بالمنطقة لتحديد درجة خطورة أنواع الصناعات المختلفة وفقاً لطاقتها الإنتاجية وأنواع الملوثات الناتجة عن كل منهما وكميتها.

ويضاف إلى ما سبق صعوبة الحصول على بيانات المناخ وملوثات الهواء فيما بعد أحداث حرب الخليج عام ١٩٩٠م، فانتهت سنوات الدراسة عند بيانات عام ١٩٨٩م.

ويتضمن البحث تسعة فصول ومقدمة وخاتمة على النحو التالى:-

تناول الفصل الأول : الخصائص الطبيعية والإطارات المكانية للنظم الفعالة

قد أهتم هذا الفصل بإبراز تأثير كل من الموقع الجغرافى والموقع الفلكى، والسماوات المورفولوجية فى مشكلة تلوث الهواء ، وإلى أى مدى يمكن عدها مصدراً طبيعياً للتلوث فى الوقت ذاته.

وتناول الفصل الثانى : فعاليات العناصر الجوية للغقس والمناخ وملوثات الهواء الصلبة فقد حدد هذا الفصل الخصائص التفصيلية لعناصر المناخ المختلفة لإبراز فاعليتها فى توزيع ملوثات الهواء وانتشارها أفقياً ورأسياً، وما يتبع ذلك من تحديد لمستوى التلوث وخطورته.

وقد بحث تأثير بعض الظواهر الميترولوجية فى تحديد النطاق الرأسى لتوزيع ملوثات الهواء وبالتالي درجة تركيزها بالقرب من سطح الأرض. أهتم بدراسة عنصر الرياح بوصفه أحد ضوابط التلوث، ومصدراً أساسياً للملوثات الصلبة.

وتناول الفصل الثالث : النشاط الصناعي أهم مصادر تلوث الهواء

فقد درس الخريطة الصناعية للمنطقة وحدد مدينة الجبيل الصناعية كأهم المناطق الصناعية . وبحث أهم أنواع الصناعات في المنطقة وأخطرها على نوعية الهواء وحصرها في مصافى تكرير الزيت والصناعات البتروكيميائية وصناعة الأسمنت. وقد أرسى دعائم دراسة مشكلة تلوث الهواء محدداً أهم مصادر الملوثات، وطرق قياسها، ومحطات رصدها، فضلاً عن تحديد مقاييس نوعية الهواء محلياً وإقليمياً وعالمياً للاعتماد عليها في تقييم أبعاد المشكلة.

وتناول الفصل الرابع : الملوثات الكبريتية نتاج النشاط الصناعي:

وقد حدد معدلات التلوث بكل من ثنائي أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين على المدى الطويل مقيماً لدرجة خطورتها واتجاهها، ومتنبئاً بمستقبلها أيضاً. وقد بحث مصادرها وتركيزاتها الحرجة وأحوال الطقس المصاحبة لها إبرازاً للدور الذي تلعبه العناصر المناخية سواء على المدى الطويل أو خلال فترات زمنية قصيرة في مستوى التلوث.

وتناول الفصل الخامس : تطور العمور والحركة النقلية وتلوث الهواء:

وقد أبرز أهمية وسائل النقل المختلفة بوصفها مصدراً مظهراً وخطيراً لتلوث الهواء في ضوء الخصائص الاقتصادية والاجتماعية لسكان المنطقة. وقد حدد أهم الملوثات الناتجة عن استخدام وسائل النقل حينما يتغير نوع الوقود المستخدم. كما درس حالة شبكة الطرق لما لها من تأثير غير مباشر في كمية الملوثات الناتجة عن وسائل النقل. وقد تعرض للنمو السكاني للمنطقة لكونه مصدراً غير مباشر للتلوث بالانفجيات المنزلية وعوادم وسائل النقل.

وتناول الفصل السادس : الملوثات الكربونية نتاج الحركة النقلية

وقد قيم هذا الفصل درجة خطورة كل من ثنائي أكسيد الكربون والهيدروكربونات على أساس المقاييس المحلية والعالمية أيضاً. وأتضح أن

الهيدروكربونات أكثر خطورة على المستوى المحلى إذ أنها تهدد المنطقة بمشكلة بيئية متوقعة، بينما يعد أول أكسيد الكربون الأخطر على المستوى العالمى إذ يتبعه تغيرات مناخية عالمية يترقبها سكان العالم أجمع.

وتناول الفصل السابع : الملوثات النيتروجينية الناتج المشترك للصناعة والنقل

وقد حصر المصادر البشرية للتلوث بالغازات النيتروجينية فى الصناعات البتركيمايائية وتكرير الزيت، فضلاً عن وسائل النقل، وقيم درجة خطورتها فى ضوء خصائصها الكيميائية والطبيعية وتفاعلاتها تحت تأثير أحوال الطقس والمناخ بالمنطقة مستعيناً بمقاييس نوعية الهواء المحلية والعالمية أيضاً.

وتناول الفصل الثامن : التلوث بالأوزون فى الإطار المحلى والاقليمى

وقد حدد أسباب التلوث بالأوزون البحرى بالمنطقة وأبعادها كنتيجة لموقعها الجغرافى على الخليج العربى. وقد أهتم بدراسة أبعاد مشكلة التلوث بالأوزون مبيناً كونه أخطر ملوثات الهواء بالمنطقة. وقد ناقش أبعاد مشكلة استنزاف طبقة الأوزون، وما سيتبعها من آثار بيئية ومناخية تمتد خطورتها لتشمل سائر الكائنات الحية على سطح كوكب الأرض.

أما الفصل التاسع: التغيرات المناخية العالمية المرتقبة ونصيب منطقة الدراسة منها:

وقد بحث نظرية دفء الصوبيات الخضراء الناتجة عن الغازات الإشعاعية النشطة ومن أهمها ثانى أكسيد الكربون. وعرض أحدث النماذج العددية للمناخ التى تبحث فى التنبؤات بتغير درجة حرارة طبقة التروبوسفير، وكذا كمية التساقط وما يرتبط بها من تغير عالمى فى رطوبة التربة. وقد أهتم بأبراز نصيب منطقة الدراسة من هذه التغيرات المناخية الناجمة عن تلوث الهواء بغازات الاحتجاز الحرارى.

SUMMARY

Climate and Air Pollution within the Eastern Province in the

Kingdom of Saudi Arabia, An Applied Climatology Study

This thesis is deals with the relationship between the climate and air pollution which is considered to be the most serious causes of environmental pollution and also the commnest one. Air pollution is considered to be one of the applied climatology science, the studies and the analysis of climatology explain the causes of concentration levels of air pollutants.

This research studies the inter-relationship between the weather condition and climate as well as the air pollution within the eastern province in the Kingdom of Saudi Arabia. The area of the study approximately extends between 16 and 29 degrees North the equator, which equals about 33% of the total Saudi area. The population in year 1974 was approximately 672037 person and the expected number in year 1995 will be 1700.000 person.

The important causes for selection of this Eastern province are:

- This area contains selectively the oil and natural gas fields in Saudis. This is the most important source of pollution with sulphur gases.
- This area contains three oil refineries that produce about 57% of the total oil refining in the Kingdom of Saudi Arabia. This is considered to be equally important cause of liberation of plenty of gases and solid pollutants.
- The petrochemical industries are concentrated in this part and is the main origin of pollution with sulphur oxides. Moreover, the cement industry is responsible primarily for evolution of solid pollutants.

- The area contains the largest industrial cities that equal 83.6% of whole Kingdom and the city of Jubail is the most important.
- The area contains a fair number of climatic monitoring stations as well as to detect air pollutants. It contains four stations for climate monitoring, five stations for rain monitoring and sixteen stations for environmental monitoring of which nine are present in the industrial Jubail city and the other seven are distributed in the region.

This work was conducted to achieve the following objectives:

- To indicate the role of climatic elements as distribution regulators to the different air pollutants.
- To clarify the effect of air pollutants on the urban, regional and global climate in order to understand the relation between the climate and pollution.
- To conform the introduction of industrial activity and transportation agents to air pollution in order to understand the degree of their danger and different effects.
- To know the most dangerous air pollutants at the regional level and the future of air pollution.
- To evaluate the potential possibilities on temperature changes on earth due to air pollution by active gases.

The research study proceeds to demonstrate the regional analysis and clarify the air pollution problem, its properties and differences on other different regions in the world. This causal effect study has a beneficial effect to clarify the direct and indirect causes that produce changes of this problem.

The study got benefit by two analytical methods:

The quantitative analysis and cartographic analysis.

The research depended on the original references e.g. climatic and air pollutants data as well as the regional detailed maps and some regional atlases. Also the use of personal communication to get records about the regional industrial activity and the amount of pollutants that result from the different industrial types.

In addition, the pervious studies had great help that dealt with air palliation in the Kingdom of Saudi Arabia and some Arabic Countries as well as whole world. Also the different climatic, geomorphological and demographic studies either regional, kingdom of Saudi Arabia and global were used.

The research faced some difficulties from its different aspects:

- The distribution of the climate monitoring and environmental monitoring stations: are only localized and limited in the area between 24 and 28 degrees North and neglected the are between 16 and 24 degrees North.
- These stations are recent of not more than ten years and so some possessed less experience than the other about climatic elements and air pollutants.
- Some stations did not record all the climatic elements and air pollutants. Some environmental monitoring stations are only concerned with only two elements. They did not record the dust fall in any environmental monitoring stations. Therefore, the results depended on the available dust/ sand storms and the dust air phenomena.
- Some industrial companies refused to answer on questionnaires that offered by the researcher to get some detailed information's about the degree of industrial activity, the energy used, fuel quantity, the amount of the resulted pollutants and the methods used to overcome pollution in every industrial locality. This resulted to

collect sufficient information and details about the industrial activity in the region in order to specify the degree of danger for the different industrial types. According to their products capacity and pollutants types that resulted from each and their quantities.

In addition to this there was difficulty to get climatic records and air pollutants after the Gulf, crisis in year, 1990 and the study ended at the records till 1989.

The thesis consists of 9 chapters, introduction and a conclusion:

The 1st chapter: Natural properties and effective site disciplines. This chapter demonstrates the effect of the geographical situation and location as well as the morphological features in the air pollution problem and to what extent to censored them as natural origin for pollution at the same time.

The 2nd chapter deals with the effects of weather and climate and solid air pollutants. This chapter determines the detailed properties of the different climatic elements to elucidate their effect on air pollutants and their vertical and horizontal diffusion as well as the sequences to determine the level and danger of pollution. It also deals with the effect of some meteorological findings in locating the vertical distribution of air pollutants and then the degree of their concentration near the ground surface. Also the climatic elements as one of pollution regulator and its original source for solid air pollutants.

The 3rd chapter deals with the industrial activity as well as the origin of air pollution. It deals with the industrial area and specified the industrial Jubail city as an important industrial region. Also the important industries in the region and their danger an air properties and mainly concerned with oil refineries, petrochemical industries and cement industry. The problem of air pollution put the basic of the

study of the important sources of pollution, methods of measurement & recording stations. In addition to determine the exact ambient air quality standards locally, regionally and global to depend on them to evaluate the scope of the problem.

The 4th chapter deals with the sulphur pollutants due to industrial activities. Sulphur dioxide and hydrogen sulphide pollution determination an long-term period to evaluate their danger, direction and future. In addition, their critical concentrations and climatic conditions accompany them to demonstrate the role of climate factors either for short-term or long-term periods on pollution level.

The 5th chapter deals with regional ecumine evaluation and transportation mobility and air pollution. The importance of the different transportation methods as a progressive and dangerous cause of air pollution based on the local social and economic state of the population. The change of the type and character of fuel used gave an idea about the nature and type of pollutants. Also the condition of transportation network had an indirect effect on the amount of pollutants produced by the transportation type.

The population growth in the region as a source of indirect pollution with house wastes and transportation exhausts.

The 6th chapter deals with the transportation mobility as a source of carbonic pollution as carbon dioxide and hydrocarbons on local and global rules. It was demonstrated that hydrocarbons are more dangerous at a local level to give a serious environmental problem. On the other hand, carbon monoxide is more dangerous at a global level because it is followed by weather changes expected by the whole global population.

The 7th chapter deals with nitrogenous pollutants due to industrial activity and transportation mobility. The

human sources of pollution by nitrogenous product on petrochemical industries and oil refineries as well as transportation methods were studied. The danger of their chemical features, physical properties and reactions under the effect of weather and climate state in the area is evaluated depending on the air quality critical both locally and global.

The 8th chapter deals with the ozone pollution both locally and global. The cause of the marine ozone pollution in the region and its extent due to its local position on the Arabian Gulf.

The study emphasizes the ozone pollution problem as the most dangerous air pollution in the region.

On the other hand, the problem of the depletion of ozone layer and the sequences of environmental and climatic effect that extend its danger to include the whole living creatures on the globe.

The 9th chapter deals with the predicted global climatic changes as well as the region of study. The greenhouse warming effect due to the active gases of which carbon dioxide was given. The most recent numerical climatic models to predict the temperature changes in the Troposphere and also the precipitation amount and its relation with the global soil moisture. The study emphasizes the offered given to this region from these changes of climate due to air pollution with heat capture gases.

رقم الإيداع : ٤٨٤٨ / ٢٠٠٢

الهيئة العامة المصرية للكتاب

مطابع الولاء الحديثة

شبين الكوم ت: فاكس ٢٣٥٩٠١

