ظاهـــرة تلوث الهـــواء وأثـــرها الصحـــيّ علـــى الإنســـان

د. يوسف مســـعود عليّ*
y.haseen@uot.edu.ly
هنية عليّ مفتـــاح
H.aldarhoubi@Uot.edu.ly
كلية التربية ، جامعة طرابلس ، ليبيا
تاريخ الاستلام 27 / 11/ 2025م تاريخ القبول19 / 2 / 2026م

The phenomenon of air air pollution And health effects on man

Prepared by: YOUSUF MASOUD ALI. Prepared by: HANEEYAH ALI MEFTAH
University of Tripoli, Faculty of Education, Qasr Bin Ghashir

Abstract
The healthy fresh air which is not Tkhalth contaminants (foreign bodies) air and solid, chemical and vital air which is appropriate to human health and comfort. In the current era became fresh air elusive in the world regions to humans and under the direct sovereignty to mix with the air of those areas of exotic materials variety of different sources of quality (natural Kalmsadr, volcanoes, forests and human and laboratories, factories, fires, cars, transport, and resulting in fuel combustion in homes).

The most dangerous air pollutants on human health are contaminants of human chemical nature, some of which turn out to be other pollutants secondary the most dangerous of the major and growing dangerous chemical pollutants and increase its focus on its source areas and nearby of the major cities and regions of laboratories and factories and crowded in the population and the situation topographic cities an important role in the severity of the concentration of pollutants as a result of which the most important in the situation is the situation that the pelvic. The air situation plays a big role, too. When calm air and heat increases the concentration of pollutants coup and whenever the weather is more moisture was more dangerous air pollutants on human health.

And operates six gases about 99.97% of the volume of air which is (nitrogen, ozone, oxygen, water vapor.Irgun and carbon dioxide), and some of the gases increase very little, but it is of special importance as a gas

حقوق النشر © للمؤلف/للمؤلفين 2025. ينشر هذا البحث بموجب رخصة المشاع الإبداعي Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

ozone, which absorbs the bulk of solar ultraviolet radiation either water vapor vary rate from one place to another and range rate between 0.5-4% in the atmosphere of the size and the rate is low in the polar regions and desert about 0.2% and high in the tropical sunshine between 3.4% and most of the water vapor is concentrated in the bottom layer of the atmosphere and be virtually non-existent over 10-15km. height .otakhtlv components of the atmosphere and its properties and attributes of public vertically and centered about 99.9% of the mass of air in the lower fifty km, and about 0.997% of the mass between high 50-lOOkm.

And the rest of the block specific prevalence in the rest of the atmosphere is alsoless air Scouts whenever Artfna to the top consists of 1.2 kg / m 3, at sea and 0.7 kg/ m 3 at the height of 5 km .

I have been given to the issue of air pollution considerable attention by the rest of the world of the importance of the air in the continuity of life, especially if we know that lung every human body receives daily about (15 kg) from the atmosphere while the body absorbs only (2.5 kg) of water and less than (1.5 kg) of food .

That air pollution is evidence it contains exotic materials, or materials of the same but at rates greater than the greatest reduction of its presence, and that this increase in the negative influences associated with the geographical environment . It can be air pollution locally for its association with specific areas caused by the cities and major industrial areas, or be universally deployed on the territory of many countries of the world such as pollution caused by radiation or atomic projectiles caused by volcanic.

Keywords: Pollution and Its Health Impact on Humans

الملخـــص:

إنّ الهـواء النّقي الصحي هو الذي لا تخالطه ملوثات (أجسام غريبة) جوية وصلبة وكيميائية وحيوية وهو الهواء المناسب لصحة الانسان وراحته ٠ وفي العصر الحالي أصـــبح الهـــواء النقـــي صـــعب المنـــال فـــي المنـــاطق المعمـــورة بالإنســـان والواقعة تحت سيادته المباشرة لما يخالط الهواء في تلك المناطق من مواد غريبة منوعة لمصادر مختلفة النوعية (كالمصادر الطبيعية، البراكين، حرائق الغابات والبشرية والمعامل والمصانع، السيارات، وسائط النقل، وما ينتج في احتراق الوقود في المنازل) .

إن أخطر الملوثـات الجويـة علـى صـحة الإنسـان هـي الملوثـات البشـرية لطبيعتهـا الكيميائية التي تتحوّل بعضها إلى ملوثات أخرى ثانوية أخطـر مـن الرئيسـة وتتعـاظم الملوثات الكيميائية الخطيرة ويزداد تركيزهـا فـي مناطقهـا المصـدرية والقريبـة منهـا المتمثلـة فـي المـدن الكبـرى ومنـاطق المعامـل والمصـانع والمزدحمـة فـي السـكان، والوضع الطبوغرافي للمدن أثراً مهماً في شـدة تركيـز الملوثـات الناتجـة منهـا وأكثـر الأوضـاع أهمية في ذلك هو الوضع الحوضي. كما يلعب الوضع الجوي دوراً كبيـراً - أيضاً- . فعند الهدوء الجوي والانقـلاب الحـراري يزيـد تركيـز الملوثـات، وكلّمـا كـان الجو أكثر رطوبةً كانت الملوثات الجوية أشد خطورة على صحة الإنسان.

وتشغل ستة غازات نحـو 99.97% مـن حجـم الهـواء وهـي (النتـروجين والأوزون والأوكسـجين وبخـار المـاء والأرغـون وثـاني أوكسـيد الكـاربون)، وبعـض الغـازات نسبتها قليلة جدا إلا إنها ذات أهمية خاصة كغاز الأوزون الذي يمتص الجـزء الأعظـم من الأشعة الشمسية فوق البنفسجية ، وأما بخار الماء فتختلف نسـبته مـن مكـان لآخـر وتتراوح نسبته ما بين 0.5 – 4% في الجـو مـن الحجـم وتكـون نسـبته منخفضـة فـي المناطق القطبية والصحراوية نحو .02% ومرتفعة في الأجواء الاستوائية بين 3-4% ومعظم بخار الماء يتركز في الطبقة السفلية مـن الغـلاف الجـوي ويكـون شـبه معـدوم فوق الارتفاع 10-15كم. وتختلف مكونات الجو وخصائصه وصـفاته العامـة شـاقوليا وتتركز نحو 99.9% من كتلة الجو في الخمسـين كـم السـفلى، ونحـو 0.997% مـن الكتلة بين ارتفاع 50-100 كم ، وبقية الكتلة محددة الانتشار في بقيـة الغـلاف الجـوي كما أن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا إلى الأعلى فتكون 1.2كغم/3، عند سـطح البحـر و0.7 كغم/ م3 عند ارتفاع 5كم.

الكلمات المفتاحية : تلوث وأثـــرها الصحـــيّ علـــى الإنســـان

المقدمـــــة :

لقد أعطي موضوع التلوث الهوائي اهتماما كبيرًا من قبـل سـائر دول العـالم لأهميـة الهواء في استمرارية الحياة لاسيما إذا علمنـا أن رئـة كـل جسـم بشـري تسـتقبل يوميًـا حوالي (15كغم) من الهواء الجوي في حـين لا يمـتص الجسـم سـوى (2.5 كغـم) مـن الماء وأقل من (1.5كغ) من الطعام

إنّ تلوث الهواء دليل على احتوائه على مـواد غريبـة، أو مـن مـواده نفسـها؛ ولكـن بنسب تزيد عن الحد الأعظم لتواجدها، وأن زيادتها هذه تصاحب بمؤثرات سـلبية فـي

البيئة الجغرافية. ويمكن أن يكون التلوث الجوي محليا لارتباطه بمناطق محددة تسببه نحو المدن الكبرى والمناطق الصناعية، أو يكون عالميا منتشرًا فوق أراضي الكثير من دول العالم كالتلوث الناجم عن الاشعاعات الذرية أو الذي تسببه المقذوفات البركانية.

مشكلة البحث:

أصبح تلوث الهواء خطرا يهدد الجنس البشري بالزوال ؛ بل ويهدد كل الكائنات الحية والنباتات، وقد برزت هذه المشكلة نتيجة للتقدم العلمي والتكنولوجي والصناعي والحضاري للإنسان باتت مشكلة الهواء في مقدمة الموضوعات التي تثار في المحافل الدولية ويثار حولها النقاش المستمر والجدل الجاد في اوساط المختصين فحسب بل وفي اوساط المؤسسات كافة وحتى بين المواطنين لما له من صلة وثيقة بصحة الإنسان وسلامة البيئة.

إن الآثار الضارة لتلوث الهواء لا تعود إلى كمية المواد المنبعثة بقدر ما تعود إلى تركيزها ونوعها، فقد تنتشر كميات قليلة وبتراكيز عالية ضمن مساحة محدودة فتحدث تلوثا كبيرا تفوق اضراره على الحالة التي ينتشر فيها لمساحات اوسع. فالغلاف الجوي هو الغطاء الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ويمتد مسافة تقدر بمئات الكيلومترات الا انه متخلخل جدا بعد ارتفاع 100000 كم ويتركز نحو نصف الوزن الاجمالي لغازات الغلاف الجوي حتى ارتفاع ستة كيلو مترات فوق سطح البحر وهذا يعني اختفاء معظم الغازات قبل الوصول الى ارتفاع 300 كم (1). والهواء العادي غير الملون عديم اللون والطعم والرائحة ويحس به الانسان عندما يتنفسه أو يتحرك على شكل رياح، ويتركب الغلاف الجوي من مجموعة من الغازات بعضها تكون في نسب شبه ثابتة كالأوكسجين، النتروجين (2) والارغون والهليوم والهيدروجين وبعض الغازات الاخرى تتغير نسبتها من مكان الى اخر ومن زمان إلى آخر كما هو الحال بالنسبة لغاز ثاني اوكسيد الكربون وغاز الاوزون وبخار الماء.

أما فرضيات البحث:

يؤدي زيادة تركيز ملوثات الغلاف الجوي إلى تغير في شفافية الهواء واختلاف قيمة الإشعاع الشمسي الكلي. وتعمل هذه الملوثات على رفع المعدلات الشهرية لسقوط الأمطار فضلا عن تكرار حدوث الضباب. ويؤدى تلوث الهواء إلى خلق مناخ ؛ من أبرز خصائصه تكوّن (الجزيرة الحرارية)

وهي كالتالي:

1- يؤدي زيادة تركيز ملوثات الغلاف الجوي إلى تغير في شفافية الهواء واختلاف قيمة الإشعاع الشمسي الكلي.

2- تعمل هذه الملوثات على رفع المعدلات الشهرية لسقوط الامطار فضلا عن تكرار حدوث الضباب.

2- أدّى تلوث الهواء إلى خلق مناخ من أبرز خصائصه (تكون الجزيرة الحرارية)

هدف البحث:

إلى تشخيص وتحليل تلوث الهواء والمتغيرات البيئية لملوثات الهواء ويهدف - أيضا - إلى بناء قاعدة معلومات متكاملة لملوثات الهواء للحفاظ على البيئة وحمايتها. وتحديد ظواهر تلوث الهواء مثل: (الاحتباس الحراري، وثقب الأوزون، والأمطار الحامضية، والجزيرة الحرارية). ودراسة العلاقة بين العوامل الجوية وتركيز الملوثات.

يمكن إجمال هدف البحث بالنقاط الآتية:

1- يهدف البحث إلى تشخيص وتحليل تلوث الهواء والمتغيرات البيئية لملوثات الهواء، كما يهدف البحث إلى بناء قاعدة معلومات متكاملة لملوثات الهواء للحفاظ على البيئة وحمايتها.

2- تحديد ظواهر تلوث الهواء مثل (الاحتباس الحراري، ثقب الأوزون، الأمطار الحامضية، الجزيرة الحرارية).

3- دراسة العلاقة بين العوامل الجوية وتركيز الملوثات.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في التعرف على ظاهرة تلوث الهواء واسبابها والتغيرات المناخية والبيئية التي ترافقها فضلا عن بيان مدى الاضرار التي تؤثر في صحة الانسان من جراء ذلك وتوجيه المختصين والمعنيين نحو اتخاذ قرار للحد من استفحال الظاهرة وضمان سلامة البيئة الطبيعية من التغيرات التي قد تطرأ عليها.

يقسم الغلاف الجوي إلى طبقات هي: طبقة التروبوسفير (Troposphere) ، وطبقة الستراتوسفير (Stratosphere) وطبقة الميزوسفير (Mesosphere) وطبقة الثرموسفير (Thermosphere) وطبقة الاكسوسفير وطبقة (Exososphere)

الماكنوسفير (Mignosphere) والايونوسفير .
وللغلاف الجوي اهمية كبيرة؛ إذ إنه.
1- يسهم في تنظيم وتوزيع درجات الحرارة السائدة على سطح الكرة الارضية إذ ينظم وصول اشعة الشمس إلى سطح الارض ويمنع نفاذ كل الاشعاع الأرضي إلى الفضاء الخارجي ولو لم يكن هناك غلاف جوي للأرض لتجاوز المدى اليومي (200) درجة مئوية.
2) يقي الغلاف الجوي الكائنات الحية على الأرض من الاشعاعات الكونية الضارة الى الأشعة فوق البنفسجية إذ يقوم غاز الاوزون بامتصاص معظمها وعكسها الى الفضاء الخارجي(3)
3) يقوم الغلاف الجوي بتوزيع بخار الماء العالق به على مناطق العالم المختلفة.
4) يشكل الغلاف الجوي وساطة اتصال تستعمله الطائرات وتنتقل فيه الاصوات ولولا الغلاف الجوي لساد سكون وهدوء مخيف على سطح كوكبنا.
5) يعد الغلاف الجوي درعا واقيا، يحمي سطح الأرض من النيازك والشهب التي تتفتت ويحترق معظمها قبل والصول الى سطح الارض نتيجة الاحتكاك مع غازات الغلاف الجوي ولولا الغلاف الجوي لتساقطت النيازك الفضائية المختلفة كتساقط الأمطار على سطح الأرض.
6) ينظم الغلاف الجوي انتشار الضوء بشكل مناسب لما اعتاد عليه الإنسان. (4)

3- منهجية البحث- المنهج الوصفي التحليلي:

يستعمل في وصف جميع المصادر المؤدية إلى تلوث الهواء مع وصف الظواهر المناخية الناتجة عن تلك الظاهرة ومن ثم تحليل العلاقة بين العناصر المناخية وتأثيراتها المتبادلة مع التلوث.

أهم المصطلحات المستعملة في البحث:

- **الهواء Air:** هو ذلك الحزام الغلاف الذي يحيط بالكرة الأرضية التي نعيش عليها والذي يتكون من خليط من الغازات أهمها غازات النتروجين 78009% والأوكسجين 29.5% واكاسيد الكربون واكاسيد الكبريت وبخار الماء والأوزون وغازات أخرى والميكروبات وذرات الفحم ويمكن القول ان تركيب الهواء ثابت سوى بعض التغيرات الطفيفة التي غدت من جراء التلوث ولاسيما في المناطق الصناعية والزراعية.(5)
- **تلوث الهواء Air pollution :** عرف تلوث الهواء على انه بمنزلة الأذى الذي

يصيب الإنسان وما يحيط به بشكل مباشر أو غير مباشر.(6)

- وعرف على انه أي خلل يصيب أنظمة الهواء ويؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على الكائنات الحية ويلحق الضرر بالممتلكات الاقتصادية. (7)

وبشكل عام يعتبر التلوث هو كل ما يؤدي نتيجة التكنولوجيات الحديثة المستعملة إلى إضافة مادة غريبة إلى الهواء أو الغلاف الجوي بشكل كمي ويؤثر على نوعية الموارد محدثا تغاير في خواصها وعدم ملائمة استعمالها.(8)

ويعرف البعض التلوث على انه ذلك التغير غير المرغوب فيه في الصفات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية للهواء التي ويلحق ضررا بالإنسان ولبقية الكائنات الحية والبيئة.(9)

التروبوسفيرTroposphere: هي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي ويصل ارتفاعه من 10-17 كم فوق سطح الأرض، وهي طبقة حسنة المزج ومصدر معظم أو كل الأنماط الجوية ومستقبلة الملوثات والوحيدة من طبقات الغلاف الجوي التي تحتوي على بخار الماء (10)

الدّراسات السابقة:

1- دراســـــة: العمشي 1981م: تناولت هذه الدراسة تلوث هواء المدن باستعمال الحاسب الالكتروني إذ درست أسباب تلوث الهواء، مصادره وكيفية السيطرة عليه، قياسه وخلصت الدراسة إلى وضع طرق لمعالجة تلوث الهواء في العراق.

2- دراســـــة: الساعدي 1999م.تناولت هذه الدراسة تلوث الهواء في مدينة بغداد (Co) وبعض العناصر السامة مثل النحاس والرصاص وقد بين ان العوامل المناخية كدرجة الحرارة، كمية الأمطار، سرعة الرياح لها علاقة بتراكيز هذه الملوثات في الهواء.

3 **. دراســـــة** : الغبان 1999م.أكدت هذه الدراسة على قياس تراكيز بعض الملوثات في الهواء كالعوالق الجوية وبعض العناصر الثقيلة (كالرصاص والنحاس، الحديد، الكروم، النيكل، الزنك) وبعض الملوثات الغازية مثل غاز أول اوكسيد الكربون كبريتيد الهدروجين. في منطقة الدورة باستعمال الطرائق القياسية في قياس هذه الملوثات مع قياس بعض العوامل المناخية مثل (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة واتجاه الرياح) مع تعداد المركبات المارة في الساعة الواحدة لأغراض الموازنة.

ب-الدراسات الأجنبية:

دراسة Millcret al (2002) قاموا بدراسة حول تقييم تلوث الهواء لأربعة ملوثات غازية (Hg، Co2، Nox،So2) في ثلاث دول (Canada،Mexico، U.S.A) واعتمدت الدراسة سنة 1998م كمؤشر مرجعي لتلوث الهواء في المستقبل حتى سنة 2007م.

مصادر التلوث الجوي:

أولا ـ مصادر الملوثات الجوية الرئيسة (Primary Pollutants)

وتقسم الى مجموعتين :-

1) مصادر التلوث الطبيعية: وتتمثل في المقذوفات البركانية، الغبار الاتربة المثارة بفعل الرياح، الدخان الناجم عن الحرائق، وحرائق الغابات، حبات الطلع واللقاح والكائنات الحية الدقيقة (الميكروبات والفطريات).(11)

2) مصادر التلوث البشرية: وهي مصادر غير طبيعية ناجمة عن استعمالات الإنسان المختلفة الصناعية منها وغير الصناعية إذ يمكن ان نصنفها بحسب الآتي:-

أ. الملوثات الناجمة عن استهلاك الوقود في إنتاج الطاقة للتسخين، ولإدارة المصانع والمعامل، والاستعمالات المنزلية المختلفة.

ب. الملوثات الناتجة عن انبعاث العوادم من وسائل النقل التي تستعمل البنزين او زيت الديزل او الكيروسين.

ج. الغازات التي تنطلق من المخلفات والنفايات البشرية والصناعية.

د. الغبار والحرارة من المواقع الصناعية المتعددة، متضمنة المصانع الكيماوية مصانع الحديد والصلب، الاسمنت، معامل الاجر، المحاجر ومحطات توليد الطاقة الكهربائية.. .الخ.

هـ. الملوثات الناتجة عن الاستعمالات المنزلية.(12)

ثانيا- مصادر الملوثات الجوية الثانوية:-

إن الملوثات الرئيسة المنبعثة من محركات السيارات ومن احتراق الوقود تمر في الجو السفلي (التروبوسفير) وفي الجزء الأدنى من طبقة الستراتوسفير، بسلسلة من التفاعلات الكيمائية، متولدا عنها نواتج تفاعل ثانوية تعرف بالملوثات الثانوية(Secondary Pollutants) ويستعمل في تلك التفاعلات الطاقة الشمسية فوق البنفسجية، لذا تدعى بتفاعلات التلوث الكيمضوئية متولدا عنها ملوثات جديدة تعرف بالملوثات الكيمضوئية (الملوثات الثانوية).(13)

وتشكل الملوثـات الكيمضـوئية مصـدرا رئيسـا للتلـوث الجـوي الخطـر، والتـي تتبـاين شدتها في المدن بـاختلاف كثافـة الحركـة المروريـة والاحـوال الجويـة السـائدة. ويعـد الضباب Smog من اكثر الملوثات الكيمو ضوئية الجوية خطورة والذي يتشكل بشكل عام في ظل سيادة ضغط جوي مرتفع مقترن بانقلاب حراري سطحي مثلما يحدث في بعض فتـرات الشـتاء، واحيانـا فـي ليـالي الصـيف مـن العـروض المختلفـة فـي المـدن الكبرى ذات الكثافة المرورية العالية.(14)

أنواع الملوثات الجوية:

تتنوع الملوثات الجوية وتختلف مصادرها، وقل ان يوجد ملـوث جـوي بمفـرده فـي الجو، اذ ان الاختلاط بين الملوثات الصفة المميزة لها وان كان بعضها اشد تركيزا من غيره في مناطق معينة، نتيجة لشدة انبعاثه مـن المصـادر المنتجـة لـه، وهنـاك اجـواء تخلو مناطقها الأرضية من أي اصدار للملوثات الغازيـة او الصـلبة ومـع ذلـك تتواجـد فيها انواع عدة منها نتيجة انتقالها بالحركات الضوئية مـن مصـادرها الـى اجـواء تلـك المناطق، بجانب انتقاله من طبقة جوية إلى أخرى. (15) ، ويمكن أن نميّز في الهـواء نوعين من الملوثات، أحدهما صلب والآخر غازي.

أ-الملوثـــات الصـــلبة: وهـــي مـــا تـــدعى بالملوثـــات الجســـيمية (Particulates Pollutants) وهـي مـا شـاع تسـميتها بالايروسـول (Aerosols) الـذي يشـمل كـل الجسيمات الصـلبة والجسـيمات الكيميائيـة (الناتجـة عـن عمليـات التفاعـل الكيميـائي) والجسيمات الحيوية (حبيبات الطلع، البكتريا، الفطريات بأنواعها، الاملاح الكيميائيـة، البحريـة، فضـلا عـن قطيـرات المـاء السـائلة المنطلقـة مـن سـطح الارض. وتلعـب الجسيمات دورا في تعكر الجو.(16)

ب-الملوثات الغازيـــة: تتمثل اهم الملوثات الغازية الملوثة للهواء في اكاسيد الكربون (CO,CO2) واكاسـيد النتـروجين او الاوزون(H2SO4 , SO, SO2) واكاسـيد الكبريت والهيدروكربونات وغيرها ولها اثر اساسي في تلوث الهواء(17)

سلوك ملوثات الهواء في الغلاف الجوي

يـؤثر عـاملان رئيسـان فـي سـلوك الملـوث أولهمـا خصـائص الانبعـاث (معـدل وتركيز ونوع الملوث، وارتفاع المصدر الذي يبثه) وثانيهما الاحوال المناخيـة ورغـم ان خصـائص الانبعاث قد تبقى ثابتة نسبيا فأن سلوكها في الغلاف الجوي يتوقف علـى الاحوال المناخية عند نقطة الانبعاث وفي المنطقة المحيطـة وتتعـرض الملوثـات التـي تبث في الهواء الـى اربعـة انـواع مـن التـأثيرات (النقـل، التخفيـف، التحـول، الازالـة)

ويتوقف مصير الملوثات التي تصل الى الغلاف الجوي على هذه التأثيرات وعلى النحو الآتي:

1- النقل: نقل الملوثات بالرياح الى أسفل هو أكبر التأثيرات المناخية وضوحا على انبعاث الملوثات، وعلى الرغم من ان سرعة الرياح واتجاهها لهما الأثر الأكبر تبقى التأثيرات

2- الفعلية لحالة الجو اكثر تعقيدا، وعلى سبيل المثال فقد يغير انسياب الرياح حول المباني وفوق التلال او عبر اودية الانهار بدرجة كبيرة، مسار نقل الملوثات المنبعثة وعادة ما تزداد سرعة. كذلك فأن كلما زاد الارتفاع فوق الارض تزداد سرعة، ولذلك يكون انتشار الانبعاثات من المناطق العالية اسرع من انتشارها عند مستوى سطح الأرض. (18)

2) التخفيف: تخلط حركة الهواء العنيفة الملوثات التي تصل الى الغلاف الجوي وتخفضها وقد تباين مستوى تخفيف الهواء بشدة في مدى اقدام عدة في الاتجاه الافقي "لا سيما عندما يتغير سطح الارض، ودرجة الحرارة، ومستوى التضاريس للأرض بسرعة في مدى مسافة قصيرة".(19)

3) **التحـــــول:** دائما ما تتعرض الملوثات في الغلاف الجوي الى تحولات وتغيرات كبيرة تتضمن تحولات فيزيائية وكيميائية وكيموضوئية، وتشتمل التحولات الفيزيائية والكيميائية بصورة نمطية على تكتل الحبيبات (ارتباطها ببعضها البعض) واكسدة المواد (تفاعل المواد مع الأوكسجين مثل (أكسدة الكربون الى ثاني اوكسيد الكربون) والاتحاد الكيميائي تفاعل ثاني اوكسيد الكبريت مع الماء يكون حمض الكبريتيك، وتحدث التغيرات الكيموضوئية بفعل الطاقة الشمسية (اشعاع الاشعة فوق البنفسجية).

4) الإزالة: تزال الملوثات من الغلاف الجوي بوساطة ثلاث عمليات رئيسة هي:- المطر، الانجراف، الترسيب، وتحدث الازالة بالمطر عندما تتعلق الحبيبات مع بخار الماء الذي يكون فيما بعد قطرات المطر او الثلج التي تسقط على الارض مع هطول الأمطار.

يحدث الانجراف عندما تجمع المواد بفعل قطرات المياه المنهمرة مثل الغازات التي تذوب في الماء. ويحدث الترسيب والذي يسمى ايضا بالتساقط الجاف فعندما تصبح الجسيمات الدقيقة ثقيلة بدرجة تكفي للتغلب على عمق الخلط ومن ثم تتقاطر على سطح الأرض. (20)

5) **الانعكاس:** هو ظاهرة جوية تغطي فيها طبقة من الهواء البارد نسبيا طبقة من هواء

دافئ نسبيا فينعكس بذلك الميل الطبيعي لانخفاض درجة حرارة الهواء بالارتفاع.

وينتج الانعكاس من فقد درجة الحرارة من سطح الارض اثناء الليل عن طريق الاشعاع، وإذا كان هناك نقص في اختلاط الهواء) (أي: إذا كان الهواء ساكنا) فأن الهواء الملامس للأرض يبرد بصورة أسرع من الهواء الاعلى، مسببا ظاهرة الانعكاس. وإذا ظهرت الشمس وتسببت في سخونة الارض في اليوم التالي فإن الانعكاس سوف (يحترق) او (يختفي).(21)

إثر العوامل الجوية في تركيز الملوثات:

تتزايد باستمرار المبثوثات اليومية من الملوثات التي تسهم في تشكل المؤكسدات في المناطق الآهلة بالسكان، غير ان تركيز هذه المؤكسدات يتبدل نتيجة لفعل العوامل الميترولوجية، فالأعاصير والزوابع على سبيل المثال تؤدي إلى انتشار ونقل المؤكسدات الى مناطق أخرى. يعتبر ضوء الشمس من أهم العوامل التي تؤثر على تبدل تركيز المؤكسدات ويتعلق اثر الضوء بعاملين اثنين هما: شدة الضوء (كثافته) وطول الموجة فالتفاعل الذي يتم بين الضوء وثاني اوكسيد الاوزوت وينتج عنه اول اوكسيد الازوت و الاوكسجين هو في الحقيقة تفاعل بين فوتون وجزيئة ثاني اوكسيد الازوت وبناء على ذلك فأن سرعة هدم (تفكك) ثاني اوكسيد الازوت وتشكل ذرات الاوكسجين يتناسب طرديا مع شدة الضوء، وبما ان تركيز الاوزوت يتعلق بكمية الاوكسجين الذري فهو أي (الاوزوت) يتناسب طرديا مع شدة الضوء ايضا.

ان الفعل الناتج من انتشار وتبعثر الرذاذ هو غاية في التعقيد فالأثر الذي تخلفه الطاقة الشمسية يتعلق بكتلة الهواء الملوث، ففي الاجزاء العلوية لكتلة الهواء الملوث تؤدي الطاقة التبديد الرذاذ، في حين انه في الجزء السفلي لهذه الكتلة يحدث العكس تماما، ولذلك فأن الرذاذ الكيموضوئي يزيد من سرعة التفاعلات الكيموضوئية في اعلى الكتلة تقل في اسفلها.(22)

من جهة ثانية يخضع التباين في شدة ضوء الشمس الذي يلعب دورا رئيسا في تشكل وتركيز المؤكسدات الكيموضوئية لأوقات الاضاءة (صباحا، ظهرا، مساء) ولفصول السنة والمواقع الجغرافية طبقا لخطوط العرض.

تلعب درجة حرارة الكتلة الهوائية الملوثة اثرا في تحديد الطاقة التي تحتاجها المركبات الكيمائية لتسريع وتحقيق التفاعلات، وعلى سبيل المثال يمكن ان يتحول (No2-No) بسهولة في الموجات ذات الاطوال الكبيرة بارتفاع درجات الحرارة. وعلى هذا فأن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة سرعة تولد المؤكسدات(23).

6 - المنظومة الضغطية

تتأثر شـــدة التلوث الجوي بثلاثة عوامل رئيسة وهي:

أ- كمية الملوثات المنطلقة الى الجو.

ب-الأحوال الجوية السائدة.

ج الشكل العام لمنطقة مصدر الملوث. (24)

فإذا كانت كمية الملوثات ونوعيتها تحـــددها الأحوال المناخية الخاصـة بمنطقـة مصدر التلوث ما مدى مساهمة الإنسان المستمرة في التقليل من حجم تلك الملوثات المنطلقة من مصادر مختلفة، فأن للشكل العام لمنطقة المصدر اثرا في ذلك، سيما فيما يتعلق، بالمظهر التضاريسي ، وتصميم المصنع والمنطقة الصناعية بكاملها، والمدن، وأبنية السكن، وارتفاع المداخن، إذ تؤثر على حجم التلوث المنطلق، ودرجة انتشاره، فتجمع سكاني يقع في حوض تضاريسي سيكون حجم تلوث هوائه اكبر مما لو كان ذلك التجمع منتشرا فوق سفح جبلي أو في أعالي هضبة.(25)

العوامل الجوية المحددة لكثافة الملوثات

1- درجـة الحـرارة. 2- الريـاح.3- السـقوط. 4- الرطوبـة النسـبية. 5- الانقـلاب الحراري.

1-درجـة الحـرارة: Temperature : إن الارتفـاع الشـديد لدرجـة حـرارة سـطح الارض في ساعات النهار وما يرافقه من تسخين للهواء القريب من السطح يؤدي الـى حدوث حركات هوائية صاعدة نشطة تعمل على نشر الملوثات شاقوليا على اكبر مدى ممكن، بينما ينجم عن التبرد الليلي لسطح الارض والهواء القريب منها سيطرة حركات الهبوط الهوائية، والركود الجوي، متولدا عن ذلك تمركز معظم الملوثات الجوية قريبا من السطح، وانتشارها الشاقولي يكون محدودا مما يرفع من كثافة الملوثات بالقرب من سطح الأرض.- (1)

إن الذي يحدد الانتشار الشاقولي للملوثات الجوية هو درجة استقرار الهواء التي تتعلق بالدرجة الاولى بالاختلاف الشاقولي لدرجة الحرارة، اذ يكون الهواء في حالة عدم استقرار، عندما يرتفع نحو الاعلى بحركة صاعدة، ويكون معدل تناقص حرارته اكبر من معدل تناقص حرارة الوسط المحيط، مثلما يحدث في ساعات النهار، إذ تنتشر الملوثات شاقوليا مع الهواء المتصاعد، بينما يكون الهواء في حالة استقرار، عندما يكون معدل تناقص حرارة الهواء المتصاعد اقل من معدل تناقص حرارة الوسط، كما يحدث في ساعات اللي (26) تسودها حالات الاستقرار الجوي بصورة

عامة، عندما تكون المنطقة خاضعة لسيطرة ضغط جوي مرتفع؛ إذ تكون عندئذ حركة الهواء السائدة هابطة بينما تترافق حالات عدم الاستقرار الجوي مع سيادة ضغوط جوية منخفضة وحركات هوائية صاعدة. ففي ساعات الليل، إذ تسود ظروف ضغط جوي مرتفع، فأن التبريد الليلي الشديد لسطح الارض يجعل الهواء الاقرب الى السطح ابرد من الهواء، الابعد قليلا من السطح نتيجة لضعف ناقليه الهواء للبرودة، وانخفاض عملية النقل الحراري بالتماس (27) لتسود عندئذ ظاهرة تعرف بالانقلاب الحراري.

في درجة الحرارة مع الارتفاع بدلا من تناقصها كما هو معروف وقد يكون الانقلاب قريبا من السطح، او بعيدا عنه مئات الأمتار، كما في الانقلاب الهابط ومما يميز طبقة الانقلاب الحراري ان سقفها يشكل حاجزا مانعا، لا يسمح للهواء المرتفع إلى أعلى من تجازوه، لذا فأنه يعيق بل يمنع، انتشار الملوثات ليبقيها متركزة ضمن طبقة الانقلاب -لاسيما عند سقفها-محددة السماكة التي قد لا تزيد سماكتها على (2000) م.(28) ؛ لذا تكون مناطق الانقلابات الحرارية السطحية ذات تركيز تلوثي شديد. وإذا ما أمكن القضاء على الانقلاب الحراري في ساعات الصباح الاولى. فأن الملوثات ستنتشر عندئذ في طبقة من الهواء أكثر سماكة. مما يخفف من حدة التلوث ويجعله اقل تأثيرا على البيئة المحلية، اما إذا مرت عدة ايام متتالية كانت فيها اشعة الشمس ضعيفة وغير قادرة على القضاء على الانقلاب الحراري فأن تراكم الملوثات في الطبقة السطحية من الهواء سيرفع من شدة تركيزها لتبلغ درجة الخطورة. (29) كما حدث في مدينة لندن في شهر كانون الأول عام (1952م) عندما ساعدت ظروف جوية (سيطرة ضغط جوي مرتفع) على استقرار الهواء وتشكل انقلاب حراري دام حوالي أسبوع.

وتعدّ مناطق الأحواض التضاريسية والوديان مناسبة لتشكّل انقلابات حرارية سطحية، وفي ظل ظروف سيادة ضغط جوي مرتفع وإذا كانت تلك الاحواض والوديان تحتوي على منشآت صناعية ومراكز تجمعات سكنية ومراكز لعقد طرق النقل، فأن الملوثات ستتركز بكثافة شديدة. (30)

2 -الرياح الســـــطحية Surface wind : يلعب اتجاه الرياح وسرعتها اهمية كبرى في توزيع الملوثات في الجو، إذ تنتقل المواد الملوثة المنطلقة من سطح الارض مع الاتجاه العام للرياح السائدة، ولذا فأن المناطق الواقعة في مهب الرياح محملة بالملوثات ستكون أكثر تلوثا من المناطق الواقعة عكس مهب الرياح. ومثال على ذلك

الملوثات التي تحملها الرياح الجنوبية الشرقية السائدة في منطقة مصفى الدورة والى المناطق الواقعة جنوبه، كما كان للرياح الجنوبية الشرقية السائدة اثناء انفجار المفاعل النووي السوفيتي في محطة تشرنوبل في اواخر نيسان (1986م) اذ تحركت سحابة من الملوثات الاشعاعية-(31) تجاه شمال غربي أوروبا، والدول الاسكندنافية لتشيع الهلع والخوف.

أما فيما يخص سرعة الرياح، فكلّما ازدادت سرعة الرياح، ازدادت حركة الملوثات الجوية أو كبر مدى انتشارها وقل عليه تركيزها، وإذا كانت الرياح شديدة السرعة تعمل على إثارة الأتربة والرمال وتحملها بعيدا عن منطقة إثارتها، فإن تدني سرعة الرياح سيؤدي إلى ترسيب الجسيمات الصلبة الكبيرة لتحمل الصغيرة إلى مسافات بعيدة-(32)

3-السقوط:Precipitation : يقوم التساقط بأشكاله المختلفة (السائلة والصلبة) بالعمل على تنقية الجو من الجسيمات الصلبة العالقة به، فبعض تلك الجسيمات تشكّل نويات تكاثف، يتكاثف عليها بخار الماء لتسقطه في أثناء هطوله وبعضها الآخر تكنسه الأمطار أو الثلوج الهاطلة معها وهي في طريقها نحو سطح الأرض، ولذا يبدو الجو نقيا في أعقاب هطول الأمطار والثلوج، كذلك فإن الأمطار الهاطلة تنظف الجو من ملوثات الكيميائية لتفاعلها معها.(2) ولتأخذ الأمطار الهاطلة خصائص كيميائية معينة، كما هو الحال في الأمطار الحامضية التي بدأت تشكو منها العديد من الدول الأوربية وبقاع عدة من الولايات المتحدة الأمريكية.(33)

4- **الرطوبة النسبية Relative Humidity (RH%) :** عرف (Wilson 1971) الرطوبة النسبية بأنها كميات بخار الماء الذي يمتصه الهواء الذي يعتمد على درجة حرارة الماء والهواء، وتقاس بالنسبة المئوية. (34)

ان ارتفاع الرطوبة في الجو يعزز من كثافة التلوث الجوي اذ تعمل قطيرات الماء الصغيرة الموجودة في الهواء على امتزاز(35) ملوثات الهواء الموجودة في الجو المحيط على سطحها ومن ثم تحد من انتشارها. كما انه عندما يبرد الهواء الرطب لدرجة يزداد فيها تركيز بخار الماء عند درجة الاشباع فيؤدي ذلك الى تكثيف قطرات الماء فيه ليتكون الضباب الذي له تأثيرات:(36)

1. وجوده يسمح بتحول غاز (502) المتكون من أكسدة $s_{0}2$ المنبعث في الجو إلى حامض الكبريتيك (S04) والذي له أثر فعّال في تكوين الأمطار الحامضية.
2. تكثف الضباب يمنع وصول اشعة الشمس الى المناطق السفلى من الغلاف الجوي.

وعليه يعزز من عملية الانقلاب الحراري المؤدية لحدوث التلوث الحاد.

5-**الانقلاب الحراري Temperature Inversion** : اثناء الليل عندما يحدث التبريد بالإشعاع، من الابنية والشوارع في المدينة يسخن الهواء فوقها ولاسيما في وسطها. ينتج عن ذلك انقلاب حراري منخفض. وهو اكثر شيوعا في المدينة مما في الريف ويؤدي الى ابطاء عملية التبريد الى زيادة في الطاقة الحرارية التي تتجمع فوق وسطها مع انخفاض في دورة الهواء وعليه الى حصر ذرات الغبار والشوائب الاخرى، فيتشكل فوق المدينة غطاء يشبه القبة من الغبار الخفيف الممتزج بالدخان وتعمل هذه الشوائب كنويات في تشكل ضباب كثيف وقد تستمر هذه الظاهرة إذ يستنشق السكان الهواء الفاسد الموجود من اليوم السابق بسبب عدم تحرك الهواء.(37)

ويطلق لفظ الانقلاب الحراري على حالة الشذوذ الحراري التي تعني ارتفاع درجات الحرارة بالارتفاع نحو الاعلى وهذا خلاف الحالة الطبيعية وقد يحدث الانقلاب الحراري بالقرب من سطح الأرض أو في طبقات الجو العليا.(38) في الطبقات الدنيا يرجع الانقلاب إلى سرعة فقدان سطح الأرض حرارته أثناء الليل بوساطة الاشعاع، وعليه تبرد طبقات الهواء السفلي الملامسة له.

هذه الظاهرة تنتشر على وجه الخصوص في فصل الشتاء إذ يطول الليل ولاسيما إذا كان الجو صحوا والهواء هادئا. ويحدث الانقلاب كذلك على السطوح المغطاة بالجليد (بوضوح) وذلك لأن الجليد موصل ردي للحرارة، وهو فضلا عن ذلك يعكس قدرا كبيرا من الاشعة اثناء النهار وفي الليل لا يصل حرارة سطح الارض تحته للهواء الملامس شيئا بسبب عزله لها وعليه تنتشر البرودة للطبقات الهوائية الملامسة له فتنخفض درجات الحرارة كثيرا. (3)، وتصنف ظاهرة الانقلاب الحراري حسب الارتفاع عن سطح الأرض إلى نوعين:

1) الانقلاب السطحي الاشعاعي .ب التضاريسي ج- التأفق
2) الانقلاب العلوي

أ- سيكلوني ب- حركي

يلاحظ ان اتحاد الانقلاب بين مع بعضهما كثيرا، وهذا ما يحدث بوجه خاص في مناطق الضغوط المرتفعة المتشكلة فوق القارات في العروض الوسطى. وفي هذه الحالة فأن سماكة طبقة الانقلاب تشغل ما يقارب (3) كم في الجو السفلي، وتختلف الأحوال الحرارية في حالة الانقلاب السطحي عنها في حالة الانقلاب العلوي، كما تختلف عما هي عليه الحال في الأحوال الاعتيادية، وبصورة عامة فأن الانقلاب

السطحي يكون أكثر حدة من الانقلاب العلوي (39) ، وهناك شروط لتكون الانقلابات الحرارية ومنها :—

1)وجود ليل طويل، فطول الليلة الشتوية تؤدي الى زيادة الاشعة الارضية الصادرة.

2)وجود سماء صافية خالية من الغيوم، ولكن قد يحدث الانقلاب عند وجود غيوم عالية لاتحد من الاشعاع الارضي.

3) وجود رطوبة جوية منخفضة كي لا تمتص الاشعاع الارضي.

4) وجود ركود جوي، لأن وجود الرياح العالية تعمل على خلط الهواء.

5) وجود سطح مغطى بالثلوج يؤدي إلى زيادة التشعع، كما يعكس الجزء الاكبر من الاشعة. واكثر الاوقات ملائمة لحدوث هذا الانموذج الانقلابي ما بين منتصف الليل وشروق الشمس، اذ انه في أعقاب شروق الشمس تختفي طبقة الانقلاب، حتى اننا نجد ان معدل التناقص في طبقة الانقلاب الليلية في ساعات الظهيرة يكون اكبر من معدل التناقص فوق طبقة الانقلاب.(40) ، ويمكن أن يحدث الانقلاب الحراري الاشعاعي في الغلاف الجوي بعيدا عن سطح الأرض إذ تقوم الغيوم مقام الارض وتشع قممها اثناء الليل مؤدية الى حدوث انقلاب حراري.(41) ويبلغ تأثير الانقلاب الحراري اشده في تلوث الهواء عندما يصل تركيز الملوثات فوق منطقة ملوثة عندما يعوق اختلاط الهواء او تحركه عائق يجعل الهواء ساكنا. فيتركز هواء المصانع الملوث وغازات وأبخرة عوادم السيارات نتيجة الكثافة المرورية العالية، وهذا يؤدي الى حدوث انخفاض عكسي لدرجات الحرارة يقابله ارتفاع درجات الرطوبة وتكون الضباب السام وكما هو الحال في لوس انجلوس خليج سان فرانسيسكو. (42)

6)-المنظومة الضغطية: يعرف الضغط الجوي على انه وزن عمود الهواء الممتد من مستوى سطح البحر وحتى نهاية الغلاف الغازي إلى مسافة مقدارها سنتمتر مربع واحد. ونظرا لطبيعة الهواء الغازية فأن هذا الضغط يؤثر على جميع الاتجاهات بالتساوي دون اعتبار لتوجيه السطح المتأثر بهذا الضغط. (43) ، وتلعب المنظومات الضغطية الواطئة والعالية الاثر الرئيس والاساس في عملية تركيز وانتشار الملوثات الهوائية. فاذا ما اخذنا منظومات الضغط العالي والحالة الجوية المصاحبة لها نلاحظ أن الاستقرارية الجوية من أهم مميزات هذا النوع من المنظومات الضغطية إذ تنخفض سرعة الرياح إلى سرعة واطئة جدا وقد تصل إلى درجة السكون في نواة المرتفع الجوي وهذه الظروف ملائمة لزيادة تركيز الملوثات الجوية. وان هبوط الهواء في هذا النوع يشكل الانقلاب الحراري. اما عند سيادة تكرار منظومات الضغط

الواطئ بمختلف انواعها والتي ترافقها زيادة في سرعة الرياح واضطرابها وزيادة الخلط الهوائي وهذا يؤدي الى بعثرة وانتشار الملوثات الجوية. اما المنظومات الضغطية الواطئة التي يصاحبها سقوط الامطار فلها دور رئيس في تنقية الهواء من الملوثات.(44)

التأثيرات المناخيـــة للملوثات الجوية:

لقد أسهم الإنسان بأثر كبير في تعديل المناخ المحيط به ولا سيما فيما يتعلق بمناخ المدينة وذلك لاستخدامه الكثيف لمصادر الطاقة ومواد البناء المختلفة التي أدت الى التأثير المباشر في الهواء المحيط بها من طريق ما تعكسه وتضيفه من طاقة الى هذا الهواء ويعزا نشوء المناخ الخاص بالمدينة الى عدد من العوامل منها ما يأتي:

1- تغير نمط الأرض، إذ شيدت عليها الأبنية من الحجارة والاسمنت وفرشت شوارعها بالإسمنت والقار مما ادى الى زيادة تضرس السطح وخشونته.(45)

2- الاختلاف في بنية المدينة وتكوينها من إذ الامتداد الافقي، وحجم البناء ووجهته ودرجة تباعد بعضه عن بعض، واتساع الشوارع، ووجهتها، ومحاورها.

3- ارتفاع الحرارة من خلال الصفات الحرارية للتشبع المدني من ابنية وارصفة وشوارع تمتص الاشعاع الشمسي في اثناء النهار وتطلقه تدريجيا الى الجو اثناء الليل. (46)

4- ارتفاع نسب الغبار والدخان في هواء المدينة، فضلا عن الغازات والمركبات الكيميائية المختلفة، نتيجة لكثرة وسائل النقل وزيادة استهلاك الوقود في المنازل والمصانع الموجودة في المدينة وفي المجتمعات الصناعية وفي أطراف المدينة.

5- تزايد درجات الحرارة فوق مناطق المدن سيما في مركزها الكثيف بالأبنية والحركة، مما يخلق (ظاهرة الجزيرة الحرارية) اذ تعد المدن الكبرى في العالم جزرا حرارية مقارنة بما حولها.(47)

الملوث	المصدر البشرى	التأثير الجوي
ثاني اوكسيد	احتراق الوقود	تزايد في درجة الحرارة
الفلوركربونات	صفائح الرش الترابية المضغوطة -أجهزة التبريد	نقص في الاوزون الجوي. اضطراب فى الموازنة الاشعاعية
اكاسيد ا لاوزن	الطيران، الاحتراق، المخصبات الكيميائية	نقص في الاوزون الجوي اضطراب فى الموازنة الاشعاعية. تشكل جزيئات
مركبات الكبريت	احتراق الوقود المتحجر	تشكل جزيئات تغير فى كيميائية ساقط
حرارة النفايات	الصناعة، اجهزة التسخين والتبريد صعطات الطاقة	تزايد فى درجات الحرارة- تعديل التساقط- تعديل الحركة الجوية
بخار الماء	الاحتراق، ابراج التبريد	اضطراب فى الموازنة الاشعاعية تشكل جزيئات تزايد او ارتفاع في درجات الحرارة
الامونيا	معالجة النفايات	تشكل جزيئات
الهيدروكربونات	الاحتراق -عمليات كيميائية	تشكل جزيئات
الميثان	عمليات كيميائية	تركيزات الاوزون، بخار الماء الستراتوسفيري تزايد درجات الحرارة
بيروكسيد اسيل	اكسدة زيوت مصارف المعامل	غير معروف
ميتيل بروميد	التدخين الزراعي	تخريب الاوزون الجوي
كريبتون -10	الوقود النووى ومصانع الطاقة	تعدل الحقل الكهربائى تعديل عملية التساقط
الايرزول	الاحتراق الاعمال الزراعية	تغيرات فى درجة الحرارة تعديل التساقط

المصدر: علي حسن موسى، المناخ التطبيقي، ص7 .

أ-تأثير الملوثات الجويـة علـى درجـة الحـرارة: يـؤدي النشـاط البشـري الـدؤوب فـي المدينة الى خلق اجواء اكثر انسجاما مع النشاط الذي يقوم بـه، غيـر ان ذلـك يصـاحبه تعديل في الميزان الحراري للمدنية نتيجة ذلك النشاط فالتوسع العمراني، وطبيعة مواد البناء المستعملة وخشونة سـطح المدينـة، وارتفـاع نسـبة التلـوث الناتجـة عـن ازدحـام وسـائط النقـل والكـم الهائـل مـن الطاقـة المحروقـة فـي المدينـة، ومـا تخلفـه المصـانع والانشطة البشرية، اضافة الى ما سبق ذكره من تعديلات على الموازنة الاشعاعية اثر في ارتفاع درجات الحرارة في المدينة نسبة الى الريف المجاور.(48)

إن اختلاف حرارة المدينة عن المناطق المجاورة يعد اكثـر المواضـيع التـي اثـارت اهتمام الباحثين، فمعظم الباحثين تناولوا مناخ المدينة وركزوا على اخـتلاف حرارتهـا عن المناطق المجاورة. بل ويمكن القـول ان المـدن الكبيـرة قـد صـنعت لنفسـها مناخـا خاصا بها وهي تظهر على الخرائط المحلية لدرجة الحرارة على شـكل مراكـز شـذوذ حراري موجب يختلف عن المناطق الريفية المحيطة بها.(49

إن من أبرز الملوثات تأثيرا على درجة الحرارة سلبا كان أم ايجابا- ثاني أوكسيد الكاربون، و الجسيمات الصلبة الدقيقة (الايروزول) .ولتزايد نسبة بعض الملوثات آثار متعاكسة على درجة الحرارة، فتأثير التزاير في نسبة (So2) يعاكسه تأثير التزايد في نسبة الجسيمات الصلبة (الجزيئات Particulates). كما ان للتغير في نسبة غاز الاوزون الجوي تأثير على درجة الحرارة. وفيما يلي تفصيل لأثر الملوثات:- يلعب غاز (CO_2) اثرا كبيرا في التأثير على كمية الاشعة الواصلة إلى سطح الأرض والصادرة من سطح الأرض باتجاه الفضاء، أي على الموازنة الاشعاعية.(50)

ب- دور الملوثات المؤثـــرة على نسبة غاز الاوزون (O_3) الجوي: ان اهم الملوثات الجوية المؤثرة على الاوزون الجوي (الاكاسيد الازوتية، والمركبات الفلوركربونية) وما يترتب على نقص الاوزون الجوي من تأثير على المناخ الارضي متمثلا في ارتفاع درجات حرارة سطح الارض. كذلك فأن للمركبات الفلوركربونية تأثيرا مباشرا على درجة الحرارة فتعمل على زيادتها وتكون ظاهرة (الاحتباس الحراري).(51)

ج. أثر بخار المـــــاء: بغض النظر عن أثر بخـار المـاء فـي تزايـد حـالات التكـاثف، وتشكل الغيوم... الخ فأن له تأثيرًا حراريا هاما، لقدرته على امتصاص جزء كبير مـن الاشعة الارضية الحرارية (تحت الحمراء)، وجزء من الأشعة الشمسية، اذ يعمل على ارتفاع درجة الحرارة. ويبدو هذا التأثير واضحا في اجواء المدن التي تزود بنسبة مـن

بخار الماء، إذ تزيد درجة حرارتها عما يجاورها من مناطق كما ان كميات بخار الماء الضخمة التي تخلفها الطائرات التي تطير في الجزء الادنى من الستراتوسفير ستنعكس على درجة الحرارة مساهمة في تزايدها.(52)

د-تأثير الجسيمات الصلبة او ما تعرف بالجزيئات :على الرغم من ان التزايد في نسبة (CO_2) يترافق بحدوث تسخين، غير ان للتزايد في نسبة المواد الجسيمية الصلبة (غبار، اتربة، شحوار، رماد...الخ) أثرًا على درجة الحرارة، قد لا يقل أهمية عن أثر (CO_2) فضلا عن الاثر الرئيس الذي تقوم به تلك الجسيمات الصلبة والمتمثل بعملية الانتشار الرجعي (الانعكاس) للأشعة الواردة من الشمس والمصطدمة بها الا انها تقوم ايضا بامتصاص جزء من الاشعة الحرارية (تحت الحمراء) التي يشعها سطح الارض. غير ان فعالية الاثر الانتشاري الرجعي تفوق فعالية الامتصاص وبذا فأن دورها التبريدي يتفوق بكثير على دورها التسخيني، وهذا ما أكدته وبرهنت عليه الاثار التي تركتها الاندفاعات البركانية.(53)

إن التبريد الذي أعقب بداية الأربعينات من هذا القرن يعزى الى التزايد في نسبة الجسيمات الصلبة في الجو الناتجة عن العمليات الطبيعية او من طريق انشطة الانسان المختلفة، وفي ايامنا هذه فأن الحمولة السنوية من الجسيمات الصلبة المتولدة من الانشطة الانسانية تقدر كميتها بحدود (800) مليون طن وتأثيرها على التبريد يعادل تأثير اندفاع بركان صغير.

هـ -تأثير الملوثات الجوية على التساقط: بغض النظر عن الاثار المباشرة وغير المباشرة التي تمارسها بعض الملوثات على بعض العناصر المناخية، ولاسيما درجة الحرارة - كما اشرنا سابقا وما يمكن ان يرافق ذلك من تغيرات في عناصر المناخ الاخرى ومنها التساقط بالدرجة الاولى، فأن لبعض الملوثات الأخرى (جسيمية ، او كيميائية) تأثيرا هاما على التساقط، ليس فقط على كمية التساقط وانما على نوعيته ايضا.(54)

أثار الملوثات على كمية التساقط:

من المعروف ان أي هطول لا بد ان يسبقه حدوث تكاثف بخار الماء وتشكل الغيوم جراء ذلك واذا كان توافر بخار الماء امرا ضروريا لا مناص منه لحدوث التكاثف، وكذلك حدوث التبرد كي تبلغ رطوبة الهواء النسبية 100% غير ان وجود الملوثات الجسيمية (الجزيئات الصلبة) ذو اهمية بالغة لكون تلك الجزيئات الصلبة تقوم بعملية التحريض على هطول الامطار باعتبارها تشكل نوى استقطاب لبخار الماء التي

يتجمع عليها لذا فهي أساس في حدوث التكاثف.(55)

ان التكاثف يحدث بصعوبة كبيرة في الهواء النقي تماما من الجسيمات الغريبة الملوثة، حتى لو بلغ الهواء درجة التشبع او اكثر. اذ لا بد من توافر تلك الجزيئات الصلبة (غبار، دخان، اتربة، املاح بحرية) كي يحدث التكاثف بسرعة ويتم هطول الامطار. وتزداد فعالية الجزيئات الصلبة بازدياد احجامها ولاسيما اذا ما تجاوزت انصاف اقطارها 0.01 ميكرون، إذ يحدث التكاثف بسرعة عندئذ بوصول الهواء الى مرحلة التشبع (رطوبة نسبية 100%).(3) والمثال الواضح عن اثر الجزيئات الصلبة في زيادة كمية التساقط، هو موازنة كمية التساقط فوق المدن ذات الاجواء الملوثة بالدخان، والغبار وغير ذلك فبدون نويات التكاثف (CCN) والتي هي قسم من الجسيمات الصلبة (TSP) إذ تصل الرطوبة 400 % ولا يحدث تكثف أي يبقى البخار بخارا ولا يتحول إلى ماء من هنا تكون اهمية وتاثير التلوث على التساقط اما المناطق الريفية المجاورة لها فتقل نويات التكاثف. اذ تكون كمية التغيم اكبر فوق المدينة، وكذلك تكرار حدوث الضباب وازدياد كثافته أكثر، وكمية التساقط اوفر. ويكون تأثير الملوثات الجوية على نوعية التساقط اذ تمارس المركبات الكيميائية والملوثات اثرا هاما في احداث تغيرات في صفات الامطار، لذا شاع استخدام تعبير الامطار الحامضية والامطار الاشعاعية والامطار الطينية. (56)

تأثير الملوثات الجوية على الرطوبة:

تتميز المدينة بكون هوائها اجف في ساعات النهار من هواء الريف، لكنه أرطب في الليل، وهذا النمط من التباين الرطوبة يبدو اكثر وضوحا اثناء الطقس الصيفي الجميل. ففي ساعات النهار تكون الرطوبة الريفية اعلى مما في المدن، وهذا مرده الى التبخر النتح الاكبر في الريف، لكون الغطاء النباتي الاخضر اوفر، والرطوبة الارضية اكبر. غير انه في ساعات المساء الاولى يأخذ هواء الريف بالتبريد بسرعة اكبر، ليصبح اكثر استقرار من هواء المدن، مما يجعل الرطوبة تتجمع في الطبقات الأخفض من جو الريف، لكون التبخر النتح من السطح يفوق الفاقد في الطبقات الاعلى بفعل الهدوء النسبي.(57) بعد ذلك تأخذ الرطوبة الريفية (الرطوبة المطلقة) بالتناقص في الليل نتيجة ازدياد عملية التبريد وتكاثف بعض حمولة الهواء من بخار الماء فوق السطح بهيئة قطرات من الندى. من جهة اخرى فأن التبخر ضعيفا في المدينة، وتساقط الندى او بالأحرى (تكاثفه وترسبه) قليلا، كما ان بخار الماء البشري (من مصادر بشرية) والركود يعملان متضافرين معا للمحافظة في الوقت نفسه على جو أكثر رطوبة في

الخوانـــــق (الشـــــوارع، الطرقـــــات، .... وغيرهـــــا) غيـــــر ان الرطوبة النسبية في اجواء المدن تكون اخفض مما في اجواء الريف سيما في ساعات النهار. وبعد شروق الشمس، يتبخر الندى المترسب والماء السطحي الاخر، إذ تعاد تغذية هواء الريف بالرطوبة بسرعة، ولاسيما وان النقل الحملاني يكون بطيئا في تطوره. وبتقدم ساعات النهار تنشط حالة عدم الاستقرار الجوي الحراري فيترتب على ذلك حدوث خلط البخار ماء الهواء الاقرب الى السطح مع الهواء الاعلى منه، مما يؤدي الى جعل تركيز بخار الماء في كلا المنطقتين (المدينة والريف) مخففا ولكن يبقى تركيزه في اجواء المدن اقل من اجواء الريف. وتنجم عن زيادة الرطوبة في المدن اثناء الليل تشكل جزيرة رطوبية مشابهة للجزيرة الحرارية، ففي مركز المدينة يكون الجو أرطب مما في المناطق الريفية المجاورة بحدود 108×102 باسكال عندما كانت شدة الجزيرة الحرارية تقارب من 404م2 وقد تتخذ جزيرة الرطوبة شكل جرف يتطابق عموما مع الحد الريفي - المدني. وينتج عن تزايد سرعة الرياح، اختلافات اقل في الرطوبة بين المدينة والريف. كما هو الحال في الجزر الحرارية..

أثـــــر الملوثات الجوية على مظاهـــــر التكاثف:

في المدن الكبيرة حين يكون الجو ممتلئا بالغازات التي تنشرها وسائل النقل، ودخان المصانع، وذرات الغبار، وتعرف هذه العناصر باسم الشوارد الثقيلة والتي تتمركز أكثر ما يكون في الاجزاء القريبة من سطح الارض. وتلعب هذه اثرا كبيرا في عملية التكاثف وسوف نستعرض بعض المظاهر الناتجة عن ذلك:

1-الضباب Fog :تبرز اهمية الضباب واثاره الضارة من طريق الاجسام الغريبة التي تكون مجالا رحبا لتجمع جزيئات الماء وتشكل الضباب، وهذا ما جعل الضباب يكثر في المدينة مقارنة مع الريف.(58)، وقد يكون الضباب مليء بالملوثات الجوية القادمة من مصادر متنوعة من سطح الارض احدى الظواهر القاتلة، والضباب بحد ذاته ليس خطرا على الانسان ولكن يصبح خطرا اذا كان يحتوي على شوائب كثيرة. كما حدث في عام 1952م في مدينة لندن إذ لاقى أكثر من أربعة الاف شخص حتفهم جراء سيطرة طبقة دخانية ضبابية حجبت الشمس لأربعة ايام. كذلك الحال في حادثة وادي ماس، فتشكل ضغط جوي مرتفع في الاجزاء الجنوبية من البلاد استمر لبضعة ايام لم يشعر الناس خلالها بحركة الهواء، اذ كان الجو هادئا، وهذا مرده الى التلوث الشديد الموجود في اجواء المدينة إذ كان الضباب يحوي عدة اطنان من الدخان، مركبات المواد الكبريتية) حسب تحليل الخبراء.(59)

2-الضبخان (Somg) مصطلح مناخي مركب من كلمتين، هما: الضباب (Fog) والدخان (Smoke) ولذا فأن هذا المصطلح اختصار للكلمتين.

والضبخان: هو الضباب الذي تشكل فيه الملوثات الجوية، المكونة من دقائق الدخان ومن عناصر كيميائية جزء منها سام، نويات لتكاثف بخار الماء عليها ولذا يتصف هذا الضباب الدخاني بكثافته الشديدة، وباستمراريته مدة طويلة إذ يمكن ان يستمر عدة ايام متواصلة.. وتؤثر العوامل المناخية بشكل كبير على تزايد او تناقص حالات تلوث الهواء المختلفة، كما مر سابقا، فعند حدوث حالات الانقلاب الحراري (Temperature Inversion) اذ تتجمع الملوثات قرب سطح الارض، وهذا يتسبب في انتشار الضباب الكثيف عند زيادة كميات الدخان إذ يصبح الجو وكأنه يمطر رذاذا وهذا عادة يؤدي الى اشتداد ظاهرة الضبخان (Photochemiasmog) عندما يبدأ النهار بالدفء وطلوع الشمس. فالضبخان ناتج عن التفاعلات الكيماوية الضوئية يحتوي على غازات كريهة الرائحة منها نترات البيروكسي اسيل (PAN). والاوزون وثاني اوكسيد النتروجين ويزداد خطر هذه الغازات عندما تتعرض درجات الحرارة للتذبذب ويكون النهار مشمسا . وتشاهد هذه الظاهرة في مدينة بغداد خصوصا في مركز المدينة في الصباح الباكر ايام الشتاء على شكل غيمة سديمية تغلف اجواء المدينة.

ويعد الضبخان من اكثر مظاهر التكاثف خطورة، ويتشكل عموما في ظل سيادة ضغط جوي مرتفع مقترن بانقلاب حراري سطحي، ويكثر حدوثه في المدن الكبرى ذات الكثافات المرورية العالية، وكذلك في اجواء بعض المناطق الصناعية، التي تزداد في اجوائها دقائق الدخان، وأكاسيد الازوت وثاني اوكسيد الكبريت، والهيدروكربونات، وبخار الماء، ونسبة من غاز الاوزون ليتولد من جراء التفاعلات الكيموضوئية بتأثير الأشعة فوق البنفسجية (60)

3-**التغييم Cloud:** هو حجم من الهواء يحتوي على بخار الماء مضغوط بهيئة مرئية صورة قطرات مائية او بلورات ثلجية، فاذا استقرت قاعدة الغيمة على الارض سميت الضباب، اما اذا استقرت فوق الارض تسمى الغيوم. وتتكون الغيوم عندما يحصل تكاثف في الغلاف الجوي، ويساعد على التكاثف وجود نويات التكاثف من املاح مجهرية مائية دقيقة الحجم، او فضلات تلوث كبريتية وبمساعدة هذه النويات قد يحصل التكاثف قبل التشبع. ويجعل التكاثف نتيجة لتبريد الهواء "ووصولة الى نقطة الندى، وهي درجة الحرارة التي يكون فيها الهواء متشبعا ببخار الماء .(61) تتكون

الغيمة من قطرات ماء حتى اذا انخفضت درجة الحرارة الى - 10م0 ما بين 10م0 الى – 41 م تكونت الغيمة خليط من قطرات مائية فوق مبردة وبلورات ثلجية اما اذا انخفضت درجة الحرارة الى دون – 41 م فان معظم الغيمة تتكون من بلورات ثلجية.-(4) يبلغ قطر قطرات الماء داخل الغيمة 0.02 ملم الى 1ملم وتحتاج الى سرعة عمودية بمعدل 0.04 قدم (ثا 2/1 بوصة/ ثا) لكي تبقى محمولة بشكل سائل. وعندما تكبر هذه الجزيئات تنمو وتصبح احجاما اكبر بالالتحام مكونة قطرات المطر. ثم تحتاج الى تيارات هوائية صاعدة لتبقى معلقة داخل الغيمة في الهواء، عندما يفوق حجمها قابلية التيارات الهوائية الصاعدة كلها تسقط الى الارض.

وبما ان نويات التكاثف شرط اساسي لحدوث التكاثف، ومن ثم تشكل السحب، وبما ان اجواء المدن ذات نويات تكاثف اكثر بكثير من اجواء المناطق الريفية (في المدينة خمسة اضعاف ما في الريف) لذا فان تشكل السحب يكون اكثر ودرجة التغييم أكبر مما في الريف (+20% في المدينة زيادة عما في الريف).يضاف الى ما تقدم عامل آخر، وهو أن المدن عموما اعلى حرارة من الريف المحيط بها وهذا يجعل حركات الصعود الهوائي فيها أقوى وانشط لبلوغ مستوى التكاثف وتشكل السحب الأكثر ان الوقود المحترق في المدن والكثافات المرورية العالية تزود المدينة بكميات كبيرة من بخار الماء مما يزيد من فرص التكاثف وتشكل السحب في المدن اكثر من الريف فضلا عن نشاط الحركة الحملانية للهواء بفعل الجزيرة الحرارية، لذا تبرز الامطار المحلية في المدن الملوثة (62)

4- الغبار Dust: أن معظم الغبار المتولد ضمن المدينة يتمركز فوقها متخذا شكل قبة تغلفها. وتبرز تلك القبة بشكل واضح في الايام الهادئة نسبيا مع وجود حركة طبيعية بسيطة، ففي تلك الايام فأن نظام الحركة الدائري المتواصل يستمر في التقاط الجزيئات وتوجيهها نحو الجزيئات المتمركزة في المدينة وسرعان ما تسقط جزيئات الغبار الكبيرة ذات القطر أكبر من (5) ميكرون نحو السطح، بينما تبقى الاخرى معلقة في الهواء لتقوم بوظيفة نويات التكاثف. ويمكن للملوثات الغازية ان تتبع نمطا مشابها، الا انه في حال وجود انقلاب حراري فأنها لا تستطيع ان تهبط او تتحرك حركة دائرية معكوسة (مرتدة) وسحبها يتم فقط بوساطة التنفس. وفي حال وجود رياح، فأن تلك الرياح تدفع في اعلى المدينة جزءاً من الملوثات والدقائق الصلبة بعيدا فوق المناطق الريفية المجاورة وهذا ينعكس عموما على التطابق الحراري الشاقولي. وتؤدي الجزيئات الموجودة في الجو من غبار ودخان ومواد اخرى الى تعكير الهواء،

الا ان المدى الذي يكون فيه الهواء معكرا محدودا. ولهذا الغبار تأثير بارز على اطوال الموجات الاشعاعية الاقصر منه إذ يقوم بنثرها وعليه فأن شدة ضوء الشمس وكثافة الاشعة فوق البنفسجية تقل بفعل المواد المحمولة في الهواء. والتناقص يكون أكبر في الشتاء عما في الصيف بسبب ازدياد مسار الأشعة الشمسية في الجو الأكثر تعكيرا. كما وتؤدي الجزيئات الجافة في حال تعاظمها الى التقليل من الرؤية ضمن المدينة، وازدياد تكرار حدوث الضباب ويعود تشكل الضباب في معظمه الى تكاثف بخار الماء على جزيئات الغبار الكثيرة وتعاني مدينة بغداد من حالات تكرار حدوث الغبار والعواصف الترابية في اوقات مختلفة من السنة مما يعمل على زيادة تراكيز تلوث الهواء فيها بعض الظواهرالناتجة عن تلوث الهواء(63)

1-الأمطار الحامضية: Acidic Rain : المطر الحامضي: عبارة عن قطرات من الماء تحتوي على احماض مختلفة (الكبريت، الكربون، الازوت) فتتغير بذلك صفاتها الكيميائية، إذ ينخفض رقمها الهيدروجيني (PH) الى ما دون الرقم (7) ولتهطل على هيئة امطار ذات حموضة عالية قد يصل رقمها الهيدروجيني الى اقل من (4) في بعض المناطق، فيما تعرف بالأمطار الحامضية.

ان المطر الحامضي هو أحد مشاكل العصر الحالي وهو نتاج الجو ببعض المركبات الكيميائية السريعة التفاعل مع الماء ولاسيما في ساعات النهار إذ تقوم اشعة الشمس باثرا مساعد على حدوث التفاعل. ويمكن لأحماض الكبريت والاوزوت ان تجد سبيلها بسهولة الى الغيوم فضلا عن تكون جزء من حمض الكبريت مباشرة في الغيوم. واذا كان حمض الأوزون يذوب بسهولة في قطيرات الغيوم، فأن جزءا من حمض الكبريت يتكاثف على شكل جسيمات بقطر بين (0.1 -0.2 ميكرون).

تترسب بعض هذه الجسيمات على الارض مع العوالق الهوائية بصورة ترسب جاف واغلبها يدخل ضمن قطرات الماء السحابية كنوى تكاثف لبخار الماء الذي شكلها وتعاني المدن المزدحمة بالسكان والصناعية وذات الكثافات المرورية العالية من مشكلة الامطار الحامضية، وللأمطار الحامضية آثار كبيرة على العالم الحيوي وغير الحيوي من نباتات واحياء مائية ومنشآت بشرية واثرية.(64)

تحدث ظاهرة الامطار الحامضية نتيجة تفاعل غاز ثاني اوكسيد الكبريت واكاسيد النتروجين مع الماء في الجو. وعلى سبيل المثال ترجع حمضية الامطار الساقطة في نطاق شرقي الولايات المتحدة الامريكية الى ثاني اوكسيد الكبريت بنسبة 65% وحامض النتريك بنسبة 30% وحامض الهيدروكلوريك بنسبة 5%.(65)

2-**الاحتباس الحراري Green House:** يعرف الاحتباس الحراري بأنه "عملية التبادل الاشعاعي بين ما يحويه الغلاف الجوي من غازات ومواد عالقة وبين سطح الارض اذ تسمح هذه الغازات المواد الاخرى بمرور الاشعاع الشمسي باتجاه الارض ولكنه في الوقت نفسه يحبس الاشعاع الارضي الحراري عاملا على رفع حرارة جو الارض. وتشبه ظاهرة الاحتباس الحراري بهذا المفهوم ظاهرة البيوت الزجاجية للدور الذي يقوم به الحبس الحراري في طبقة التروبوسفيرإذ تسمح البيوت الزجاجية بدخول الاشعة الشمسية القصيرة الموجات وتمنع الاشعاع الارضي الطويل الموجة من الهروب. فعند وصول الاشعاع الشمسي إلى الأرض في أثناء النهار يمر عبر الغلاف الغازي قسم من هذا الاشعاع تعكسه الموجودات في الجو قسم منه يمتصه سطح الارض ويسخن به نفسه واخر ينعكس من سطح الارض نحو الجو على هيئة اشعاع حراري.(66) ، والاشعاع الحراري الطويل الموجه عند وصوله إذ ان وجود غاز ثاني اوكسيد الكربون والغازات الاخرى والملوثات الصلبة والغازية يمنعه من التسرب نحو الاعلى ويحبس هذا الاشعاع اسفل الغازات الموجودة في الغلاف الجوي

إن عملية الحبس الحراري تحدث اثناء الليل والنهار، أي : في اثناء اكتساب الحرارة واثناء فقدانها، وهنا لا بد من التطرق الى تصرف الغلاف الجوي للأرض في كل من الطيف الشمسي والطيف الحراري. إذ تتحكم الخصائص الطيفية للغلاف الجوي (أي امتصاص او نفاذ او عكس الاشعاع).(67) يصدر الاشعاع الشمسي من قرص الشمس ويسمى (الاشعاع قصير الموجات) طول الموجة ما بين (0.1-4) ميكرون.

أما الاشعاع الحراري الأرضي (الطويل الموجة) ، والذي يتراوح بين (4 -100) ميكرون فيصدر من الأجسام الأرضية مثل (النبات، المياه، السطوح الأرضية، وبعض الغازات الموجودة في الغلاف الجوي للأرض مثل بخار الماء والأوزون وثاني أوكسيد الكربون) ، والخاصية المميزة للغلاف الجوي أنه يسمح لمعظم الاشعاع الشمسي بالمرور فيه ؛ ولكنه يمتص معظم الاشعاع الحراري الذي يصدر من سطح الأرض، والمعروف أن الغلاف الجوي لكوكب الأرض يتألف من نوعين أساسيين من الغازات هما: (68)

أ- غازات ثنائيـــــة (تتركب من ذرتين N2,O2) وتشكل حوالي99 % من حجم الغلاف الأرضي.

ب- الغازات الثلاثية (تتركب من ثلاث ذرات (co, HO٩ الاوزون 03) وتشكل 1% وعلى الرغم من النسبة العالية التي تؤلفها الغازات الثنائية في الغلاف الجوي الا انها خاملة جدا فيما يتعلق بموازنة الطاقة الحرارية على سطح الارض والغلاف الجوي اما بالنسبة للغازات الثلاثية فهي على رغم قلتها فهي نشطة جدا من الناحية الاشعاعية خصوصا بخار الماء (69)؛ إذ تسمح خصائصها الطيفية لمعظم الاشعاع الشمسي بالمرور ضمن الغلاف الجوي الارضي، ولكنها تمتص الى حد كبير الطيف الحراري المنبعث من سطح الارض ومن الطبقات الهوائية الواقعة أسفل واعلى منها ظل المتوسط العام لدرجة الحرارة في العالم نحو (15) درجة مئوية حتى بداية السبعينيات من القرن العشرين، إذ ارتفع الى نحو (15.5م0) في غضون عقدين من ذلك، ويتوقع ان تزيد درجة حرارة الكرة الارضية بنحو (2-5 م0) درجة مئوية بحلول عام (2100)م اذا بقيت معدلات تلوث الهواء عما هي عليه الان. تستمد الارض طاقتها الحرارية من الشمس فتصل الاشعاعات من الشمس الى الارض على شكل اشعة قصيرة الموجة، في حين تشع الارض الاشعاعات التي امتصتها على شكل اشعة طويلة الموجة إذ يمكن للغازات في الغلاف الجوي ان تمنع هذه الاشعاعات من الخروج الى الفضاء الخارجي، ومع ان الكرة الارضية تدور في فضاء خارجي شديد البرودة، الا انها بقيت تحافظ على معدل حرارة يقارب (15م0) درجة مئوية وذلك بسبب وجود الغلاف الغازي المحيط بالأرض والذي يسمح لجزء من الاشعة الواصلة من الشمس بالوصول الى سطح الارض ويمتص جزءا ويعكس جزءاً اخر الى الفضاء الخارجي قبل وصوله الأرض.

تعود ظاهرة الاحتباس الحراري الى ارتفاع نسبة الملوثات من الغازات المختلفة واهمها (غاز ثاني اوكسيد الكربون، الميثان، أوكسيد الأوزون والكلورفلوروكربون) فضلا بعض الغازات الاخرى والجسيمات المتباينة في الغلاف الجوي. وكلما زاد تركيز هذه الغازات في الهواء فإن نسبة الاشعاع الواصل إلى سطح الأرض لا ينقص كثيرًا، في حين يقل فقد الاشعاع الحراري من سطح الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي، وتكون النتيجة وجود فائض من الطاقة بالقرب من سطح الارض فتزيد درجة حرارة الهواء.

وتلعب زيادة تركيز نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي نتيجة استعمال الطاقة العضوية، واجتثاث الغابات العنصر الاساس في تكوين ظاهرة الاحتباس الحراري، فغاز ثاني اوكسيد الكربون يشارك بنسبة 55% في تكوين

الظاهرة، ومن الجدير بالملاحظة ان نسبةتركيز هذا الغاز في تزايد مستمر وهذا ما تدل عليه القياسات، إذ تم تحليل عينة من الهواء المحبوس في الكتل الثلجية في القطب الجنوبي فبين ان تركيز هذا الغاز (315) جزءا من المليون.(70)

ومن الغازات التي تسـهم في ظاهرة الاحتباس الحراري غاز الميثان الذي ينتج عن عمليات الاحتراق وتحليل البكتريا للعناصر العضوية ولاسيما في مواقع تجمع النفايات، وتقدر كمية غاز الميثان المنبعثة الى الجو سنويا بنحو (550) مليون طن، وانه يرتفع بنسبة 1% سنويا في الجو ، ويزال نحو 90% من غاز الميثان عن طريق الأكسدة والباقي يظل في الهواء، وبلغ تركيزه في الجو نحو 1.65 جزءا من المليون في عام 1985م ومن المتوقع ان يرتفع الى نحو 2.34 جزءا من المليون عام (2030)م.(71)

أهم الملوثات الجوية وآثارها على صحة الإنسان :

إذا كان الترابط واضحاً ما بين الصحة والمرض والطقس فإن الترابط واضحاً - أيضاً - ما بين الصحة والمرض والنشاط الاقتصادي، وتبدو تلك الترابطات أشد وضوحاً فيما لو أخذ بنظر الاعتبار بعض المصادر البشرية والأرضية للمركبات الجوية الدخيلة على الجو القريب من سطح الأرض ممثلة بالملوثات الصلبة والغازية التي تترك تأثيراتها على الصحة آثاراً واضحة على النشاط الاقتصادي.

وقد أثبتت كثير من الدراسات ارتباط الكثير من الأمراض بالملوثات الجوية كما في أمراض الالتهابات الشعيبية (Bronchitjis) وامراض سرطان الرئة (Lung cancer) وامراض اوعية القلب (Cardiovascular) وسرطانات الجهاز اللاتنفسي . وتتنوع الملوثات الجوية ما بين ملوثات جسمية صلبة وملوثات غازية كيميائية .

ومن اهم الملوثات الجوية التي تؤثر على صحة الانسان :

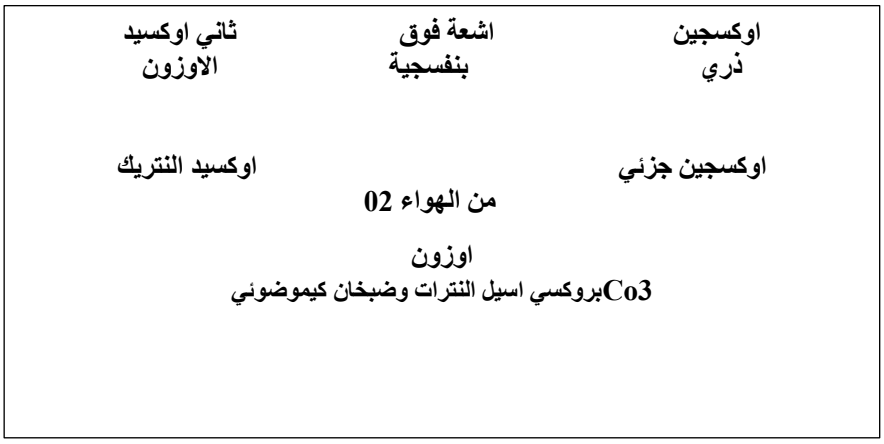
الضبخان : هو عبارة عن ضباب مائي يحتوي على دخان وملوثات كيميائية مختلفة، بعضها يتولد في الجو الضبخاني نفسه بتأثير الاشعة فوق البنفسجية وتواجد الهيدروكاربونات وثاني اوكسيد الأزوت ومن الملوثات التي يكثر تواجد ها في الاجواء الضبخانية، نذكر ثاني اوكسيد الكبريت (So2) .ويعمل الدخان و الملوثات الكيميائية الاولية على زيادة فرص تشكل الضباب حيثما تكثر كما في أجواء المدن الكبرى والمناطق الصناعية، ولذا كان تكرار تشكل الضباب واستمراريته في المدن والمناطق الصناعية اكبر مما هو في المناطق الريفية والبعيدة عن المصانع ٠ومن أكثر المركبات الكيمياوية خطورة على الصحة التي تتشكل في الاجواء الضبخانية هو

مركب ببروكسي أسيل النترات (PAN) الـذي يتشـكل بسـبب التحلـل الضـوئي لثـاني اوكسيد الازوت (NO2) بفعل الاشعة فوق البنفسجية متحولاً اوكسـيد النتريـك (No) وأوكسـجين ذري (0) وتتفاعـل فيمـا بعـد ذرة الاوكسـجين مـع الاوكسـجين الجزئـي ليتشكل غاز الاوزون) (o2+o03) الذي يتفاعل هو ايضاً مع اوكسيد النتريك ليتشكل من جديد ثاني اوكسيد الازوت والاوكسجين الجزئي لتكتمل الدورة التي تتحطم بوجود الهيدروكربونات في الاجواء الضبخانية وليقود ذلك الـى تشـكل سـميات وتشـمل علـى بروكسي

اسيل النترات (RCo3No2) واذ يمثل (R) مجموعة الهيدروكربونات- (72) ، ومن الظواهر المرضية الناتجة عموماً عن الضبخان الكيموضوئي نذكر :

التهاب الشـعب الهوائيـة المـزمن ، التهـاب الرئـة ، تـدرن فـي الجهـاز التنفسـي ، سرطان الرئة، الربو، امراض القلب ، بجانب الحرقة في العيـون ، بفعـل تـأثير الغـاز الحارق (PAN) مع ما ينتج عن تلك الامراض من حوادث وفيات عديـدة .ومـن أكثـر المركبات الكيمياوية خطورة علـى الصـحة التـي تتشـكل فـي الاجـواء الضـبخانية هـو مركب ببروكسي أسيل النترات (PAN) الـذي يتشـكل بسـبب التحلـل الضـوئي لثـاني اوكسيد الازوت (NO2) بفعل الاشعة فوق البنفسجية متحولاً اوكسيد النتريـك (No) وأوكسـجين ذري (o) وتتفاعـل فيمـا بعـد ذرة الاوكسـجين مـع الاوكسـجين الجزئـي ليتشكل غاز الاوزون(03)(O2+oالذي يتفاعل هو ايضاً مع اوكسيد النتريك ليتشـكل مـن جديـد ثـاني اوكسـيد الازوت و الاوكسـجين الجزئـي لتكتمـل الـدورة التـي تـتحطم بوجود الهيدروكربونات في الاجواء الضبخانية وليقود ذلك الى تشكل سـميات وتشـمل على بروكسي اسيل النترات (RCo3No2) اذ يمثل (R) مجموعة الهيدروكربونات .

شكل دورة ثاني اوكسيد الاوزون (النتروجين) الضوئية عن 1980 Duffus.



وتتنوع الملوثات الجوية ما بين ملوثات جسمية صلبة وملوثات غازية كيميائية .
اولا- تتمثل الملوثات الصلبة في الغبار ، والرماد البركاني والدقائق المعدنية والأملاح، ودقائق الدخان، وجسيمات حيوية ، وجسيمات كيميائية. ومن اهم الاثار الصحية التي تظهر في الاشخاص الذين يتعرضون للجسيمات الصلبة على اختلاف مصادرها نذكر :

- التهاب القصبات الرئوية وحدوث مرض الربو.
- اضطرابات في الجهاز التنفسي .
- امراض رئوية ومعدية مختلفة ، أهمها، سرطانات الرئة والمعدة.
- امراض العيون (سيلان الدمع) ، الرمد ، الالتهابات .....الخ .

ومن الجسيمات ذات الاثار الخطرة نذكر: جسيمات الرصاص التي تؤدي الى حالات مرضية عدة ، تتمثل في : الضعف العام (الوهن) ، وفقر في الرباط العضلي ، واجهاض ،وفقر دم، واضطرابات في الجملة العصبية والكليتين ، واضرار في المخ (ورم دماغي، شلل دماغي) وينجم عن تلوث الهواء بجسيمات الزرنيخ حدوث تقيؤ وآلام بطنية حادة قد تؤدي إلى الموت وكذلك التهاب الشعب الهوائية ، وأمراض الجلد ويمكن ان تسبب في سرطنة أنسجة الفم والحنجرة والمريء والمثانة (73)
ثانيا- هناك بعض الملوثات الكيميائية الغازية ذات آثار صحية كبيرة نذكر منها :—

1- أول أوكسيد الكربون (Co) وهو من أكثر الغازات الملوثة للهواء سمية وهو غاز تراكمي في الهواء ، وفي حال بلوغ درجة تركيزه في الهواء نسبة (1000) جزء بالمليون فينجم عنها أمراض كثيرة منها : (الصداع ، دوار الرأس ، الفتور ، غثيان النفس ، الاعياء خفقان القلب وصعوبة التنفس) .

2- ثاني أوكسيد الكبريت (So2) ويكثر هذا الغاز في أجواء المدن والمناطق الصناعية ، وخاصة في الأجواء الضبخانية ،وينجم عن التركيزات المرتفعة لهذا الغاز عدة أمراض في الجهاز التنفسي مثل : التهاب القصبات (الشعب الهوائية ، الربو ،الانتفاخ الرئوي، الضيق في التنفس) وقد يصل الامر في التراكيز المرتفعة جداً الى حدوث تشنج في الحبال الصوتية يؤدي الى تشنج فجائي واختناق وموت .

3- ثاني أوكسيد الأزوت (N2O) : تتمثل الأعراض الفعلية الناجمة عن تركيزات مرتفعة (10 - 40 جزء من مليون) في : التليف الرئوي ، انتفاخ الرئتين ، أما التركيزات المنخفضة دون (10 جزء من مليون) فتؤدّي إلى التهابات في العيون والحنجرة والرئتين ٠

4- غاز الأوزون (O3) يتواجد هذا الغاز بصورة طبيعية في الجوّ القريب من سطح الارض وبنسبة (0.2) جزءاً من المليون ، إلا أن درجة تركيزه تتزايد كثيراً في الأجواء الضبخانية مؤدية إلى حالات مرضية عدة في حال استمرار التعرض لتركيزات مرتفعة (1.5 - 2) جزءاً من مليون ، تتمثل في : التهاب العيون والحنجرة والرئتين ، تراجع في القدرة العقلية ، وتعاظم حالات المصابين بمرض الربو ، وظهور الأورام (الخراجات) عند التعرض لفترة طويلة.

5- كبريتيد الهيدروجين (H2s) ومن آثاره الصحية تسببه في حدوث التهابات في الحنجرة والقصبات (الشعب الهوائية) (gate) .

ـ صداع، انخفاض فعالية نقل الاوكسجين الى الدم.

ـ انسداد في الرئتين ، انقباض الصدر، التهاب البلعوم ، نوم عميق ، انكماش جلد الوجه .

- جفاف اغشية الانف

- قابلية التأثير ببكتريا ستريتوكوك -(60)، (5 3)،(37)

والنتائج الفيزيولوجية للتلوث وتعتمد على شدة تركيز الملوثات ومدة التعرض لها وكمية الجرعة التي يستنشقها الانسان والجدول الآتي يبين الآثار الصحية لبعض الملوثات الجوية حسب (درجة تركيزها ومدة التعرض لها) :جدول (2)

الجدول رقم (2) يوضح الاثار الصحية لبعض الملوثات الجوية

المادة الملوثة	درجة التركيز مع الكمية/ملغ / م^3	مدة التعرض	الاثار
ثانى اوكسية الكبريت So_2	2.86 0.43	- اسبوع واحد	اضرار مباشرة فى انسجة معينة
اول اوكسيد الكربون Co	438.0 125.0	ساعة واحدة 1 -2 ساعة	صداع حاد ، غثيان ، انهيار قلة تيقظ
ثانى اوكسيد النتروجين N_2o	10.25 2.06	شهرين ساعة واحدة	امكانية الاصابة بمرض ذات الرئة فى الحمير(Pneumonia) تتأثر بروتينات الرئة فى الارانب

المصدر -Applied Climatolpgy, Hobbs, J, E, London, 1980, ph82

النتائج والاستنتاجات:

1- أي تغير في البيئة فيما اذا كان معاديا أو معاكسا أو مفيدا إلا إذ ينبع بشكل كلي أو جزئي عن نشاطات البشرية وسلعها وخدماتها.

2- التلوث البيئي هو كل تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة لحية أو غير لحية ولا تقدر الأنظمة البيئية على استيعابه دون ان يختل توازنها ولقد طغى تأثير التلوث على كل مجالات الحياة البشرية والمادية والصحية.

3- المصادر الملوثة هي كل عمل أو نشاط يؤدي إلى تولد ملوثات هواء وتؤدي بالتالي إلى عدم قدرة الهواء المحيط على اداء وظيفته. وهي نوعان طبيعية وبشرية

4- الانبعاث هو اطلاق مادة أو طاقة تتولد من عمل أو نشاط الة الهواء ومصدر الانبعاث هو أي عمل أو نشاط يطلق انبعاثا كمصدر متحرك (السيارات) أو (القطارات، السفن، الطائرات، مركبات النقل الثقيلة) أو كمصدر ثابت في مكان معين. وهي نوعان ملوثات صلبة وملوثات غازية

5- بعض العناصر السامة مثل النحاس والرصاص تبين ان العوامل المناخية كدرجة الحرارة، كمية الأمطار، سرعة الرياح لها علاقة بتراكيز هذه الملوثات في الهواء. وأن هذه الملوثات في الهواء هي العناصر الثقيلة (كالرصاص والنحاس، الحديد، الكروم، النيكل، الزنك) وبعض الملوثات الغازية مثل غاز أول اوكسيد الكربون وكبريتيد الهدروجين.

6- من الظواهـــر المرضية الناتجة عن الضبخان الكيموضوئي :التهاب الشعب الهوائية المزمن، التهاب الرئة ، تدرن في الجهاز التنفسي ، سرطان الرئة ، الربو ، امراض القلب ، فضلا عن الحرقة في العيون وتتنوع الملوثات الجوية ما بين ملوثات جسمية صلبة وملوثات غازية كيميائية.

7- تتمثل الملوثات الصلبة في الغبار، والرماد البركاني والدقائق المعدنية والاملاح، ودقائق الدخان ، وجسيمات حيوية ، وجسيمات كيميائية .

ومن اهم الاثار الصحية التي تظهر في الاشخاص الذين يتعرضون للجسيمات الصلبة على اختلاف مصادرها: التهاب القصبات الرئوية وحدوث مرض الربو. اضطرابات في الجهاز التنفسي. امراض رئوية ومعدية مختلفة، أهمها، سرطانات الرئة والمعدة. أمراض العيون (سيلان الدمع) ، الرمد، الالتهابات.

8- هناك بعض الملوثات الكيميائية الغازية: -اول اوكسيد الكربون (Co) وهو من أكثر الغازات الملوثة للهواء سمية وتسبب امراض كثيرة منها : (الصداع ، دوار الرأس، الفتور، غثيان النفس، الاعياء خفقان القلب وصعوبة التنفس . وغاز ثاني أوكسيد الكبريت ويسبب عدة امراض في الجهاز التنفسي مثل: التهاب القصبات (الشعب الهوائية ، الربو ، الانتفاخ الرئوي ، الضيق في التنفس). وغاز ثاني اوكسيد الازوت (N_2O) : تتمثل الأعراض الفعلية في : التليف الرئوي ، انتفاخ الرئتين ، أما التركيزات المنخفضة دون (10 جزء من مليون) فتؤدي إلى التهابات في العيون والحنجرة والرئتين .

وغاز الأوزون (03) ، يتسبب في : التهاب العيون والحنجرة والرئتين ، وتراجع في القدرة العقلية ، وتعاظم حالات المصابين بمرض الربو ، وظهور الأورام (الخراجات) . وكبريتيد الهيدروجين (H_2s) ومن آثاره الصحية تسببه في حدوث التهابات في الحنجرة والقصبات (الشعب الهوائية)، وصداع، انخفاض فعالية نقل الأوكسجين الى الدم، وانسداد في الرئتين ، انقباض الصدر ، التهاب البلعوم ، نوم عميق ، انكماش جلد الوجه. وجفاف أغشية الأنف.

المقترحات والتوصيات:

نشـــر الـوعي الصـحي والتوعيـة البيئيـة عـن طريـق بيـان ظـاهرة تلـوث الهـواء وأسبابها والتغيرات المناخية والبيئية التي ترافقها؛ فضلا عن بيان مدى الأضرار التي تؤثر في صحة الإنسان من جـــرّاء ذلك وتوجيه المختصين والمعنيين باتخـاذ القرار للحدّ من استفحال الظاهـــرة وضـمان سـلامة البيئـة الطبيعيـة مـن التّغيـرات التـي قـد تطرأ عليهـا مـن خـلال تشـخيص وتحليـل تلـوث الهـواء والمتغيـرات البيئيـة لملوثـات الهواء، وبناء قاعدة معلومات متكاملة لملوثـات الهـواء للحفـاظ علـى البيئـة وحمايتهـا. وتحديد جميع المصادر المؤدّية إلى تلوث الهواء مع وصف الظواهر المناخيـة الناتجـة عن تلك الظاهرة.

بيان تضارب المصالـــح:

يُقر المؤلف بعدم وجود أي تضارب مالي أو علاقات شخصية معروفة قد تـؤثر علـى العمـل المذكور في هذه الورقة.

الهوامـــــــــــــش:

1-"صباح محمود الراوي، عدنان هزاع البياتي، اسس علم المناخ، جامعة الاسكندرية، الطبعة 2، 1990، ص30

2- محمد خيري، محمد ابراهيم ارباب، الاخطار والكوارث الطبيعية والمواجهة، القاهرة، ط 1، 2002، ص 98

3حمد سليمان، ناظم عيسى، البيئة والتلوث، دار الفكر، دمشق، 2000م، ص 32.

4- عبد الغني جميل سلطان، الجو عناصره وتقلباته، دائرة الشؤون الثقافية للنشر القاهرة، 1985 ،ص308.

5عبد العزيز طريق شرف، المقدمات في الجغرافية الطبيعية، مركز الإسكندرية للكتاب، 2004، ص 141.

6- عزة عمر الرباط، البيئة وجذور التربية البيئية، مطبعة الصباح، دمشق، الطبعة الأولى، 2000، ص 69.

7- محمد نجيب أبو سعدة، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة ايجابا وسلبا، دار الفكر، القاهرة، 2000،ص55.

8 - أحمد خالد علام، عصمت عاشور احمد، التلوث وتحسين البيئة، نهضة مصر، القاهرة، 1993، ص7.

9- عبد العزيز طريق شرف، المقدمات في الجغرافية الطبيعية، مركز الإسكندرية للكتاب، 2004، ص 141.

10- عبد الوهاب رجب بن صادق، التجارب العلمية في اسس التلوث الميكروبي البيئي، الرياض، 1995م،

11- علي حسن موسى، التلوث البيئي، دار الفكر المعاصر، بيروت الطبعة الثانية، 2006، ص 95،78.

12- رياض الجبان، التربية البيئية، دار الفكر، دمشق، 2000، ص 37.

13- رجاء وحيد ديودري، البيئة ما مفهومها العلمي وعمقها الفكري التراثي، دار الفكر، دمشق، 2004،ص 200.

14- محمد شبيب وميض الخالدي،تقييم تلوث الهواء في محطة كهرباء الدورة، كلية العلوم المستنصرية 2006ص6.

15- سعيد محمد الحفار، الموسوعة البيئية العربية، التلوث واقتصادياته، ق-10— الدوحة/1998 ص 1207.
16- (سعد علي الصفار) دراسة بعض جوانب الغبار المتساقط على مناطق منتخبة في بغداد، رسالة ماجستيرغير منشورة، كلية العلوم للنبات ، جامعة بغداد، 2006م، ص 15-17.
Thomas, A.-Bill (Air, Climatology, General and Regional, U.S.A. Fifth Printing,1959, P. 12. [171]
American Meteorological Society, Monthly, Weather, review, volume, 113, 18[1] .45Number -7-U.S.A. July, 1985-P.
19- أسامة رحومة، تأثير الملوثات الجوية بمنطقة حلوان على طبيعة الاشعاع الشمسي المرئي — مؤتمر ترشيد الطاقة، القاهرة'، 1995،ص 63.
20- صالح محمد وهبي، الإنسان والبيئة والتلوث البيئي، دار الفكر، طبعة اولى، دمشق، 2001،ص110.
21-[1]J.N. Pitts, J. H. -Sharp, Adrances in photochemistry, Publisher, ed, J. -N. Pitts, New York, 1969, P. 115
22[1]- World Meteorological Organization, the Global Climate system review, 856, May -1996, P. 25.
23-اميلتوماس (البيئة واثرها على الحياة السكانية) ترجمة زكريا احمد البرادي، م الوعي، القاهرة، 1977، ص 89.
24-جون -ج- مناخ العالم من منظور بيئي، ترجمة: عبد العزيز عبد اللطيف يوسف، القاهرة، 1991، ص 95.
25-صاحب الربيعي، المتغيرات المناخية وتأثيراتها على المياه العذبة، دار الكلمة، دمشق، الطبعة، 2002،
26-فتحي عبد العزيز ابو راضي، اسس الجغرافية الطبيعية، دار النهضة للطباعة والنشر، بيروت، 2002،
27- علي حسن موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، دار الفكر، دمشق الطبعة الثانية، 1983، ص 276.
28- علي حسن موسى، جنوح الطقس والمناخ، مطبعة الاتحاد، دمشق، 1992م،ص 84.
29- علي حسن موسى، المناخ الأصغري، دار دمشق، سوريا، 1991م، ص124.
30- بيريص. شوري الغلاف الجوي والطقس والمناخ، ترجمة عبد القادر عبد العزيز، القاهرة،1997ص23
31- أسامة حوحو، موسوعة الطقس، مؤسسة بحوث للنشر، بيروت، الطبعة الاولى، 1997، ص ٥9
32- محمد ابراهيم حسن، البيئة والتلوث، مركز الاسكندرية للكتاب، القاهرة، 2003، ص 259.
33- Rezler, K J. 1989: A pollution Modeling Encyclopedia of Environment contro,Vol.2, Air pollution control. Gulf, Publishing company, P. 185
34- لطيف باسل عبد الجبار، تلوث البيئة والسيطرة عليه، مطبعة دار الحكمة، جامعة بغداد، 1990، ص 80.
35- الامترار:- يقصد به الالتصاق الفيزيائي لبعض الملوثات على الدقائق الكربونية.
36- زينب قاسم صالح الساعدي، صفات الانقلاب الحراري فوق العراق، العلوم المستنصرية، 1995، ص
37- صلاح الدين بحيري، مبادئ الجغرافية الطبيعية، دار الفكر المعاصر، بيروت، 1998، ص 26.
38-[1]World Meteorological Organization, the Global Climate system review, 856, May -1996, P. 25
93- حسين علي حاتم الشمري، خصائص الطبقة المتاخمة لسطح مدينة بغداد وتحديد طول الخلط، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية، 2006، ص57
40 أحلام عبد الجبار كاظم، الانقلابات الحرارية فوق مدينة بغداد، مجلة الجمعية الجغرافية، ع(41)، السنة 1999م.ص220
41- السيد الجميلي، حمدي الجميلي، تلوث البيئة، دار الامين للطباعة والنشر، القاهرة، 1999، ص 100.
علي حسن موسى، المناخ العملي، دار دمشق، 1979م، ص 23-25.

42- يوسف محمد حاتم الهذال، تكرار المنظومات الضغطية المختلفة واثرها في تباين قيمة الاشعاع الشمسي الكلي وشفافية الهواء في العراق1980-1989م، رسالة، كلية ابن رشد، جامعة بغداد، 2001، ص143.
43- علي حسن موسى، جنوح الطقس والمناخ، مطبعة الاتحاد، دمشق، 1992م،ص 84.
44- علي حسن موسى، المناخ الاصغري، دار دمشق، سوريا، 1991م،ص131.
45- عادل الراوي، قصي السامرائي، المناخ التطبيقي، مطبعة دار الحكمة، جامعة الموصل، 1990، ص 381.
46- نعمان شحاذة، الجغرافية المناخية، دار المستقبل للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الرابعة، 1992، ص 86
47- علي حسن موسى، المناخ الحيوي، دار نينوى، دمشق، الطبعة الأولى، 2002م، ص 129.
-H.J. DeblijPetero.Muller, Physical Geography of the Global environment, scopscondedition, 1998, p. 226-47-
48- [1]Rogelio, A -Maduro and Ralf Schauerhammer, The halls in the OzenJ.M. Mitchell (Global effect of Environ Mental Pollution) Holland,Scare) Washington, 1992, P.45.1970
51- مختار محمد كامل، البيئة وعوامل التلوث البيئي وطرق انقاذ البشرية، مركز الإسكندرية للكتاب، 2005، ص67.
52-[1]-Smith, K, "Principles of Applied Climatology" New York, 1975, P. 76
53 علي موسى، الجو وتقلباته، دار الفكر، دمشق، الطبعة الأولى، 1988، ص101.
54علي حسن موسى، موسوعة الطقس والمناخ، دار نور للطباعة، دمشق، الطبعة الاولى، 2006، ص 140.
55- محمد خلف بني دومى، المدخل الى الجغرافية الطبيعية، جامعة اليرموك، عمان، ط١، 2001، ص 99.
56- ينيث ميلليني، بايولوجيا التلوث، ترجمة: كامل مهدي التميمي، دار الشؤون الثقافية، القاهرة، 1994م، ص38.
57- صباح محمد الراوي، عدنان هزاع البياتي، اسس علم المناخ، التعليم العالي، جامعة القاهرة، 1990م، ص 201.
58- أحمد سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، المناخ المحلي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة عين شمس 2003،ص77
59- [1]Strahler, A. N. Physical Geography, 3rd Edition, Johnwilley and-Sons, New Yourk, 1969, p.23
60- علي حسن موسى، المناخ الأصغري، دار دمشق، سوريا، 1991م، ص241.
61- جودة حسنين جودة، الجغرافية المناخية والنباتية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 1989، ص 85.
62-[1]-A, R. Meetham, D. W. Bottomand S. clayton, Atmospheric pollution Third Edition, Oxford, London, 1969, P. 35.
63- ضياء صالح الالوسي، الاحتباس الحراري، ماجستير، التربية، ابن الرشد، جامعة الاسكندرية، 2002، ص 31
64- ابراهيم العرود، مبادئ المناخ الطبيعي، دار الشروق، عمان، 1997، ص63
65- إبراهيم العرود، التغير المناخي في الميزان، جامعة مؤتة، الطبعة الاولى، 2001م، ص 113 .
66- حميد مجول فياض النجم، فيزياء الفضاء، الانواء، وزارة التعليم العالي، القاهرة ، 1982، ص192.
67 [1]Goody, R. and J. C. G. Walker, Atmospheres prentice - Hall, New Jersey , 1972.
-70 Hansen, J. R. Ruedy and M. Sato, Acloser Look at United states and
[1] Frederic Brochier and EmilionOramieri, Climate change Impacts on the Mediterranean caostalzones, 27, Milano, 2001, P. 68.

Gate .d.m man and his environment .climate. London.1974.p135[1]
70 - سنبسر .روت، اكتشاف الاحتباس الحراري الكوني، الدار العربية للعلوم، بيروت، 2004م، ص 63-96
71- علي موسى، الجو وتقلباته، دار الفكر، دمشق، الطبعة الأولى، 1988، ص101.
72- علي حسن موسى، موسوعة الطقس والمناخ، دار نور للطباعة، دمشق، الطبعة الاولى، 2006، ص24
73- محمد خلف بني دومى، المدخل الى الجغرافية الطبيعية، جامعة اليرموك، عمان، ط١، 200