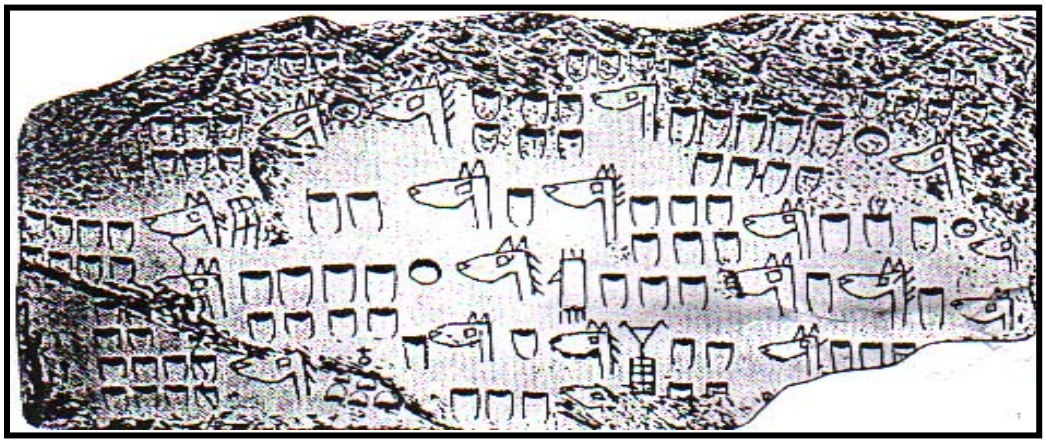
مادة البيئة والتلوث (المحاضرة الاولى والثانية)

نشوء وتطور علم البيئة *The Origin & Development of Ecology*

البداية الحقيقية لظهور علم البيئة مرتبطة مع بداية ظهور الحياة وتطور وسائلها على كوكب الأرض ، فإذا علمنا أن ابسط مفهوم لعلم البيئة هو علم دراسة المكان (الموطن البيئي) فان ذلك يعني أن بداية تعامل الإنسان منذ ظهوره على سطح الأرض كان تعاملا بيئيا مع الطبيعة وذلك عندما بدأ يفكر باختيار المكان أو المأوى الملائم الذي يستطيع أن يحميه من تقلبات الطقس كالحرارة المرتفعة أو المنخفضة والعواصف والجفاف أو عندما بدأ باختيار الغذاء الملائم وانتخاب النباتات التي يمكن أن يستخدمها كغذاء وكيف يعمل على إكثارها ، أو حين بدأ يتعايش مع ما يظهر في بيئته من الحيوانات المختلفة وكيف يدجنها لاستخدامها في مجالات الحياة المختلفة . هذا الافتراض بالرغم من بساطته مبني على أسس بيئية يعبر عنها حاليا بحقول علمية متعددة كعلم سلوك الحيوان ، والانتخاب الطبيعي وتربية الحيوان والنبات والجغرافيا الحيوية وعلم المناخ والأرصاد الجوية Meteorology ، والبيئة التطبيقية Applied Ecology وغيرها من العلوم الأخرى . لذلك فمن الصعوبة بمكان تحديد فترة معينة لنشوء علم البيئة كما هو الحال في غيره من العلوم التي يمكن أن تحدد بداياتها بوضوح. وبالرجوع للمصادر المهتمة بتأريخ العلوم يمكن تقسيم المراحل التي مر بها علم البيئة الى أربعة مراحل اساسية هي:

1- مرحلة ما قبل التاريخ : بدأ التفكير البيئي لسكان هذه الفترة على كوكب الأرض منذ بداية نشوء التجمعات الزراعية الصغيرة والبسيطة وتمثلت بتعامل الإنسان مع بيئته من خلال مراقبة الفصول وتغير أحوال المناخ والطقس ومواسم سقوط الأمطار وذوبان الجليد وظهور واختفاء الحيوانات وهجرتها وانتخاب سلالات النبات وكيفية تخزين الطعام والاحتفاظ بالأغذية والبذور وغيرها من سبل التفكير العلمي، وتشير المصادر العلمية بان سكان منطقة وادي الرافدين والعديد من أقطار بلاد الشام أول من اهتم بالبيئة وشؤونها بدليل ما جاء بمسلة حمورابي من قوانين وتشريعات لحماية مصادر الثروة الطبيعية من مياه وأراضي وأشجار، بالإضافة إلى القوانين التي تنظم العلاقة بين الإنسان وبيئته تلك التشريعات مبنية على معرفة ودراية جيدة بشؤون البيئة ومكوناتها من قبل علماء وباحثين يراقبون مواسم التكاثر والهجرة وأهمية المياه والأرض والنبات لاستمرار الحياة البشرية . كذلك فأن ما وجد من آثار ومتحجرات في بلدان وادي النيل ووادي الرافدين وفي بلاد الصين والهند والمنطقة الإثيوبية بالإضافة إلى النحوت التي وجدت على الصخور والكهوف في مختلف هذه المناطق يدلل على أن سكان هذه الحضارات القديمة كان لهم اهتمامات بيئية كبيرة وبقوانين الطبيعة ونواميسها، حيث تحمل تلك النحوت رسوم للعديد من النباتات وأشكال الأوراق والأفرع والثمار بالإضافة إلى أنواع مختلفة من الحيوانات التي تعيش في البيئات المجاورة لهم ، وقد أشارت بعض الاكتشافات إلى وصف لطرق حفظ البذور لفترات طويلة للتغلب على الظروف البيئية السائدة ، كما أشارت الدراسات إلى أنهم استطاعوا تأسيس مبادىء العلوم الزراعية ومدى ارتباطها بالدورات المناخية والظواهر الطبيعية المختلفة ، وقد مهدوا لأساسيات علم الوراثة من خلال انتخاب وتهجين السلالات القوية من الحيوانات كالخيول ، كما يشير إلى ذلك الباحث Amschler عام 1935 .



شكل (1): يمثل اقدم لوحة عن الابحاث الوراثية وجدت في منطقة أور جنوب العراق 1935) . (W . Amschler

2-فترة الحضارة اليونانية :

تعتبر إنجازات علماء وفلاسفة هذه الحضارة من البدايات المدونة لعلم البيئة وهذا الاستنتاج يتضح من خلال ما كتبه هؤلاء العلماء في تلك الفترة من تطور الفكر الإنساني وخصوصا ما جاء بدراسات الباحث الفيلسوف ابوقراط (460-377 ق .م) حيث نشر بحثاً تحت عنوان (عبر الأجواء والمياه والأماكن : On Air Water and Places) يبين فيه تأثير هذه العوامل المختلفة في حياة الإنسان ._أما الباحث (أرسطو طاليس 384-322 ق .م) فانه ألف كتاب أسماه (الحيوان) تطرق من خلاله إلى العادات السلوكية للعديد من الحيوانات ووصف بيئاتها المختلفة . وهذه تعتبر بداية حقيقية في مجال (علم بيئة الحيوان) أعقبه تلميذه ثيوفراطوس Theophrastus (287 -372 ق .م) بدراساته في وصف المجتمعات النباتية وأساس وأشكال العديد من أجناسها ، والنباتات وأنواعها والوقوف عند أهم وظائفها المميزة والتي تعتبر بداية لنشوء علم (بيئة النبات وتصنيفه) .

3- فترة الحضارة العربية والإسلامية :

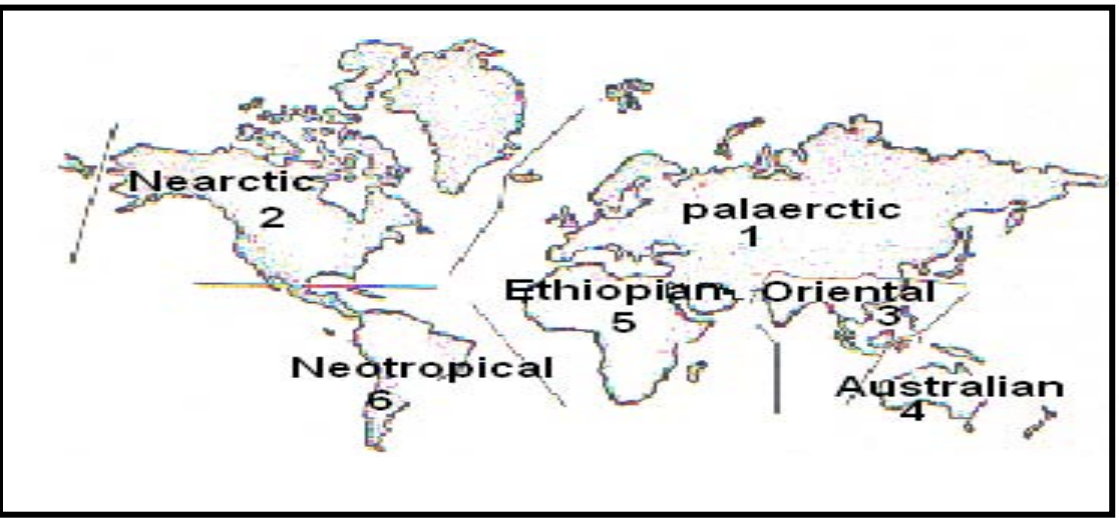
كان للحضارة الإسلامية والعربية إسهامات كبيرة في تطور وانتشار العلوم البيئية وذلك من خلال إسهام علماء ومفكري هذه الفترة من العرب و المسلمين في الدراسات البيئية في مجال الزراعة واختيار الأصناف المرغوبة من النباتات وإمكانية نقلها وتكيفها في الأقاليم المختلفة وكذلك العديد من الدراسات في مجال علم الحيوان والنبات والطب الوقائي وعلوم الأرض وقد استفاد علماء العرب و المسلمين من ترجمة علوم اليونان والهند وبلاد فارس في مجالات علمية عديدة وطوروا الكثير من المفاهيم والنظريات في هذا الميدان .

وما تجدر الإشارة إليه أن علماء العرب والمسلمين كان لهم الدور الكبير في إرساء قواعد البحث العلمي في مجال البيئة من خلال التجربة والدراسات التطبيقية ، وكانوا السباقين إلى فهم وإدراك العلاقة المتبادلة بين الحيوانات والنباتات والمكونات غير الحية في البيئة أو ما نطلق عليه الآن (العوامل غير الحية في البيئة A biotic Factor ونورد فيما يلي ذكر لبعض هؤلاء العلماء :

- الأصمعي الذي عاش (740 - 830 م) اهتم بدراسة أصناف الحيوانات البرية والبحرية والأليفة والمتوحشة وكذلك اهتم بدراسة بيئة وانتشار الحشرات .
- الجاحظ (767 - 869 م) وضع كتاب أسماه (الحيوان) يعتبر أول من درس سلوك وعادات الحيوانات بشكل تجريبي حيث اخضع العديد من الحيوانات إلى التجربة . كذلك درس نمو الحيوانات وعلاقته بالبيئة وعلاقة الحيوانات ببعضها البعض كما يعتبر من مؤسسي علم المكافحة الحيوية Biological Control من خلال إشارته في كتاب الحيوان (إن الصواب في جمع الذباب مع البعوض فأن الذباب يفنيه) .
- ابوبكر الرازي (850 - 950 م) يعتبر من أوائل مؤسسي طب المجتمع (وهو المجال الذي يربط بين الطبيعيات وعلم البيئة) وتأثير مواقع المدن والمحميات السكنية من حيث الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر وموقعها من الأنهر وتأثير ذلك على صحة الناس وانتشار الأمراض .
- أبو حنيفة الديفوري (948 م) حيث وضع كتاب اسمه (النبات) يتعرض فيه إلى تصنيف النباتات ووصف بيئاتها المختلفة وأماكن تواجدها وأهميتها الاقتصادية .
- الباحث ابن جلجل (976 – 1009 م) الذي درس الأعشاب وبيئاتها المختلفة والعوامل التي تساعد على انتشارها وأهميتها في علوم الطب والصيدلة .
- **المجريطي (950 - 1008 م)** أول من استخدم أو أشار إلى كلمة (البيئة) في عناوين الكتب التي ألفها من خلال كتابه (في الطبيعيات وتأثير النشأة والبيئة على الكائنات الحية) .
- أبن سينا (980 – 1036 م) كان له دور كبير في دراسة الحيوانات والنباتات من خلال تقسيمه الحيوانات إلى المائية والبرية و البرمائية في كتابه (الشفاء) كذلك يعتبر من أوائل الذين وضعوا قواعد ما يسمى الآن بعلم البيئة القديمة (أو بيئة المتحجرات Pale ecology عندما استخدم المتحجرات والحفريات البرية Fossils في دراسة اصل الأحياء) كذلك قام بدراسة بيئة النباتات الطبية .
- ابن البيطار (1197 - 1249 م) يعتبر هذا الباحث من أعلام علم النبات حيث درس النباتات وبيئاتها وجمع هذه المعلومات في كتاب اسماه (الجامع لمفردات الأدوية والأغذية) .
- القزويني (1204 - 1283 م) يعتبر من رواد دراسة السلوك وعلاقته بعوامل البيئة كما جاء في كتابه (عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات) تعرض فيه إلى تأثير البيئة على الكائنات أو ما يعرف الآن بالتداخلات البيئية Biological Interactions وكذلك وصفه حيوان (ظباء المسك) وكيفية الحصول على هذه المادة النفيسة منه .

- الدمشقي (1327 م) الذي اهتم بالبيئات المائية ووصفه لعملية تكون اللؤلؤ من قبل المحارات واهتمامه بما ظهر في السواحل البحرية وخاصة في منطقة الخليج العربي وضمن أفكاره في كتاب أسماه (نخبة الدهر في عجائب البر والبحر) .
- الدميري (1344 – 1405 م) أشار في كتابه (حياة الحيوان الكبرى) الى العلاقات التي تنشأ بين الكائنات الحية موضحا ظاهرة التكافل بين الأحياء وكذلك ذكره للفوائد الطبية لحيوان (الظبي) .
- ولا يفوتنا ذكر الاندلسي – البغدادي- الصوري – أبن العوام – التميمي حيث كان لهؤلاء العلماء دور كبير في إرساء قواعد وأسس علم البيئة ، بعد ذلك مرت البشرية بفترة ركود علمي أطلق عليها بفترة العهود المظلمة وخاصة في الوطن العربي وتمثلت بفترة الاستعمار بكافة أشكاله الذي عمل على تعطيل الحركة العلمية في هذه المنطقة الحيوية من العالم .

4- **<u>الحضارة الغربية</u> :**بدأت الأفكار البيئية الغربية بشكل بطئ مع بدائيات القرن الثاني عشر عندما نشرت دراسات وآراء الباحث البيرتوس ماجنوس (1193-1228) Albertus Magnus حيث كتب عن بيئة وتوزيع النباتات ، ولكن الدراسات الغربية تطورت بشكل سريع مع بدايات القرن السادس عشر بعد بداية عصر النهضة والصناعة والتقدم التدريجي الذي حصل في اكتشاف وسائل البحث العلمي وتطور وسائل الطباعة والنشر وتمثلت هذه البدايات في دراسات الباحثين كونراد جزنر 1516-1565))Konrad Gesner والدروفاندي (1522-1605) Aldrovandi وغوردوس 1515-1544)) Gordus وتمثلت هذه الدراسات بتوضيح العلاقة بين علم الأحياء والتأريخ الطبيعي ، أعقبتها بعد ذلك دراسات الباحث روبرت بويل) Robert Boyle (1627- 1691 عن طبيعة العلاقة بين الكيمياء ووظائف الاعضاء والعمليات الحيوية في كل من النباتات والحيوانات وتأثير عوامل الطبيعة عليها ، مما مهد الطريق امام ظهور افكار ودراسات جديدة تمثلت ببروز اتجاهات عديدة في علم البيئة كالفسلجة البيئية ونظريات النشوء والتطور والتاريخ الطبيعي للأحياء والجغرافية الحيوية وغير ذلك على يد العلماء تشارلز دارون Charles Darwin وبوفون Buffon وريمور Reaumur وغيرهم . ثم توجت هذه الدراسات مع بداية القرن التاسع عشر الذي يمثل بداية الظهور الحقيقي لعلم التطور العضوي للاحياء ووضع القواعد الأساسية للعلاقة بين الأسلاف والأنواع الموجودة حاليا في البيئة وإعطاء تفسيرات جيده للأسباب بالانقراض وكذلك توزيع وانتشار الأحياء في العالم تمثلت بدراسات العلماء سكلاتر ووالاس ورسل (Seklater ، و Russell ، Walls بين (1858 – 1876 م) حيث قام الأخيران بالتعاون مع دارون Darwin عالم الانتخاب الطبيعي المعروف بتحوير نظام سكلاتر حيث قسموا العالم إلى ستة مناطق للتوزيع الحيوي للفقريات سميت بنظام والاس (Walls) في الشكل التالي :



شكل(3.1): المناطق الرئيسية للتوزيع الجغرافي للحيوانات في العالم .

5 . المنطقة القطبية القديمة الشمالية ، 2 . المنطقة القطبية الجديدة الشمالية ، 3 . المنطقة الشرقية ، 4 . منطقة استراليا ، 6 . منطقة إثيوبيا ، 6 . المنطقة الاستوائية الجديدة . (بتصرف عن Noland 1983).

ثم ظهرت بعد ذلك دراسات اهتمت بسلوك الأحياء وعلاقتها بالعوامل البيئية المختلفة تمثل ذلك بدراسات الباحث هلليري Hillary عام 1859 حيث يعتبر أول من وضع مصطلح Ethology للتعبير عن علم البيئة لكن هذا المصطلح لم يلقى القبول من علماء البيئة ، وأشتهر فيما بعد بعلم السلوك الحيواني . ومع نهاية نفس القرن نشر هنري فابري (1915 -1823) Henary Fabri العديد من الدراسات عن حياة الحشرات ثم دراسات الباحث فوربس (1930 -1844) Forbs عن مفهوم المجتمعات الحيوية ، أعقبت هذه الفترة ظهور دراسات اهتمت بالجوانب التطبيقية لدراسات العلماء السابقين والعمل على تطبيقها ميدانياً في البيئة تمثلت بالدراسات التي نشرها الباحث بوفون Buffon في عام 1956 في كتاب اسماه (التاريخ الطبيعي) تعرض فيه إلى مناقشة ووصف مجاميع سكانية Populations مختلفة من الأحياء وربطه بين أساليب انتشارها ونموها وتكاثرها وعوامل البيئة غير الحية Abiotic factors وبين العوامل الداخلية بين الأنواع Interspecific factors لهذه المجاميع ، مستفيدا بذلك من دراسات الباحثين دوبل دايز Doubleday's عام 1940 وفار Farr عام 1943 حيث أهتم الأول بالعلاقة المتبادلة بين الكائن الحي وبيئته وكيف يؤثر كل منهما في الآخر من خلال تحوير الكائن لعوامل البيئة لصالحه وكذلك ضغط البيئة على سلوك الكائن بحيث لا يقض على مقوماتها الأساسية ومواردها الطبيعية . أما الباحث الثاني فقد أشار إلى أن كثافة الأحياء وزيادة أعدادها تؤدي إلى زيادة الوفيات بين الأفراد. وتطورت الدراسات فيما بعد بهذا الخصوص لتوضيح العلاقة بين شدة الكثافة وتزاحم الأحياء والطاقة الاستيعابية للبيئة أو ما يعبر عنه حاليا بمبدأ Alle .

وبعد هذه الفترة الزمنية نشرت عام 1962 دراسات الباحث جرانت Graunt والتي تمثل بداية الاهتمام بعلم البيئة السكانية أو بيئة الجماعات أو العشائر البيئية Ecology Population حيث أكد على أهمية الدراسات التحليلية لفهم العلاقة بين معدلات التكاثر وبين معدلات الولادات والوفيات من خلال إخضاع هذه الدراسات إلى أسس إحصائية مبنية على دراسات العالم الاقتصادي المعروف مالثوس Malthus Thomas والعلماء بيرل وبارك Park & Pearl وغيرهم ، وهذه الدراسات تمثل البداية الحقيقية لدراسة العلاقات المتداخلة بين الأحياء نفسها و البيئة بما فيها الجنس البشري والتي فتحت الباب أمام دراسات أشكال النمو للاحياء في المراحل المختلفة وربطها بالمتغيرات البيئية وموارد الغذاء والطاقة . أما في أواخر القرن التاسع عشر فقد بدأ الاهتمام ببيئة المجتمعات Synecology وظهر اصطلاح المجتمع البيئي Community في المراجع العلمية وبدأت الدراسات تتوسع تدريجيا في مجالي النبات والحيوان وفي مستويات مختلفة حيث مثلت دراسات الباحث Coulter وتلميذه فيما بعد Cowles والباحث Clements الدراسات الجدية للمجتمعات النباتية والتعاقب البيئي Ecological succession بعد ذلك توالت دراسة المجتمعات الحيوانية على أيدي Elton , Alle , Pice Radkevich , Odum , Heinemann , Kostantenov وغيرهم من العلماء سواء في مجال المجتمعات البرية أو الأحياء المائية المختلفة .

المحاضرة (3) المفاهيم الاساسية في علم البيئية *Basic Concepts of Ecology*

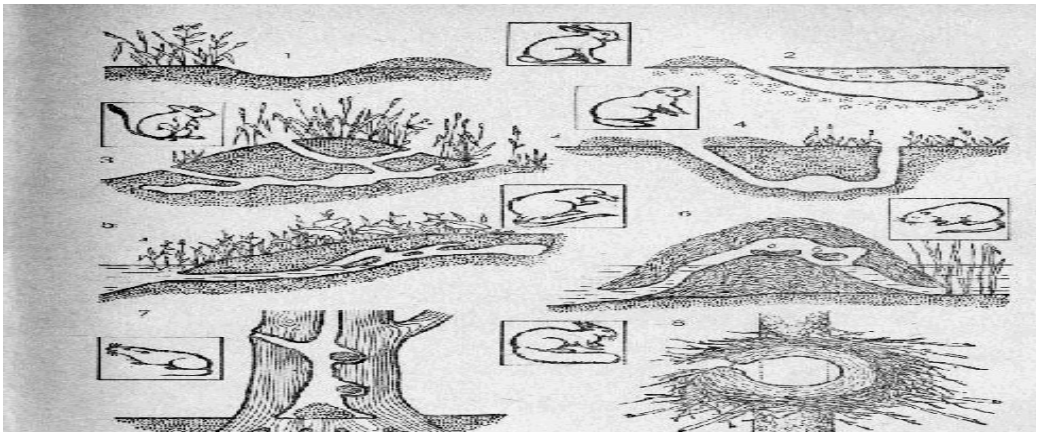
1- الوسط المحيط أو البيئة .	7- الجماعة السكانية
2- الموطن البيئي أو المسكن .	8- المجتمع الحيوي
3- المركز البيئي أو المكانة البيئية .	9- النظام البيئي
4- مدى أو موقع السكن والمقاطعة البيئية	10- المناطق البيئية أو الاقليم الحيوي
5- التكيف البيئي .	11- التعاقب البيئ
6- النوع الحيوي .	12- التوازن البيئي

1- **مفهوم الوسط المحيط أو البيئة :**

أصبح معروفا لدينا بعد تعريفنا لعلم البيئة بأنه عبارة عن التتبع الدقيق للعلاقة المتبادلة بين الكائن الحي وبيئته وهذا التتبع يتطلب معرفة المستويات المختلفة للحياة والتي تتسلسل تصاعديا من المادة الحية الأولية Protoplasm والخلايا والأنسجة ، والأعضاء ، والأجهزة (أو الأنظمة العضوية *Organ system*) ثم الكائنات الحية Living Organisms كأفراد والتي تشكل بدورها مجاميع أو عشائر بيئية ، وهذه المجاميع تشكل مجتمعات Communities تكوّن مع البيئة المحيطة أنظمة بيئية متخصصة Ecosystems تكون في مجموعها المناطق البيئية Biomes التي تشكل الغلاف الحيوي Biosphere الذي يمثل الحيز الذي تتواجد فيه صور الحياة وتتوفر فيه شروط ديمومتها . وبما أن المستويات الأولى من المادة الحية المتمثلة بالخلايا والأنسجة والأعضاء متواجدة داخل الكائن الحي لذا فإن دراستها بشكل دقيق سوف تكون في مجال علم الخلية والوراثة ، وعلم الفسلجة ووظائف الأعضاء بالرغم من تأثر كل من هذه التركيبات بعوامل البيئة المحيطة لهذا كانت بدايات علم البيئة والى وقت ليس بالقصير منصبة وبشكل كبير على المستويات التي تلي مستوى البناء الداخلي للكائن الحي والمتمثلة بدراسة بيئة الفرد ، والمجموعة ، والمجتمع ، والأنظمة البيئية صعودا . لكن البحوث والدراسات الحديثة أثبتت تأثر جميع المستويات الحيوية التركيبية في الكائن الحي بعوامل البيئية الخارجية بدرجات متفاوتة تخضع للعديد من العوامل التي سوف يتم التطرق إليها لاحقا ، لذلك برزت في السنوات الأخيرة نزعات وتوجهات للاهتمام بكل مستوى من هذه المستويات وقيام تخصصات دقيقه في علم البيئة لمتابعة التأثير البيئي لكل من هذه المستويات مثل علم البيئة الوراثي Ecogenetic وعلم الفسلجة البيئية Ecophysiology وعلم التطور Evolution وغيرها .

2- **الموطن أو السكن Habitat:**

يعرف الموطن أو المسكن بأنه المساحة التي يشغلها الكائن الحي والتي تتماثل فيها الظروف الفيزيائية الجغرافية Physiogeography والكساء النباتي Vegetation والمناخ Climate وعوامل التربة حسب نوع الوسط الموجود فيه الكائن الحي . وبالرغم من أن المسكن يمثل مساحة محدودة إلا أن هذه المساحة يمكن أن تتباين في حجمها بدرجه كبيرة ، فقد يكون المسكن صغير جدا ويتمثل بعدة مليمترات أو سنتمترات كما في الأحياء الصغيرة ، أو يكون بعدة أمتار كما في الكائنات الكبيرة الحجم كمغارة أو عرين الأسد مثلا ، أو المنطقة المحمية من قبل الصقور كقمة جبل أو شجره كاملة أو جزء منها ، كما في العديد من الطيور ذات الصفة الإقليمية والحيوانات المفترسة . ويمكن بصفة عامة القول بأن هناك أربعة أنواع رئيسية من المساكن البيئية هي المسكن الأرضي Terrestrial Habitat للأحياء البرية ومسكن المياه العذبة Fresh Water Habitat والمسكن البحري Marine Habitat ومسكن بيئة المصبات Estuarine Habitat للأحياء المائية ، وأن دراسة الموطن البيئي مهمة جدا من وجهة نظر العديد من علماء البيئة لأنها تمثل الطبيعة النوعية لكل فرد من أفراد الجماعة السكانية من حيث قدرته على تمييز نفسه عن أقرانه والتعبير عن مقدار فعاليته ونشاطه وتكيفه مع الظروف البيئية المحيطة به . والشكل التالي يبين طبيعة الموطن البيئي للانواع المختلفة من الاحياء .



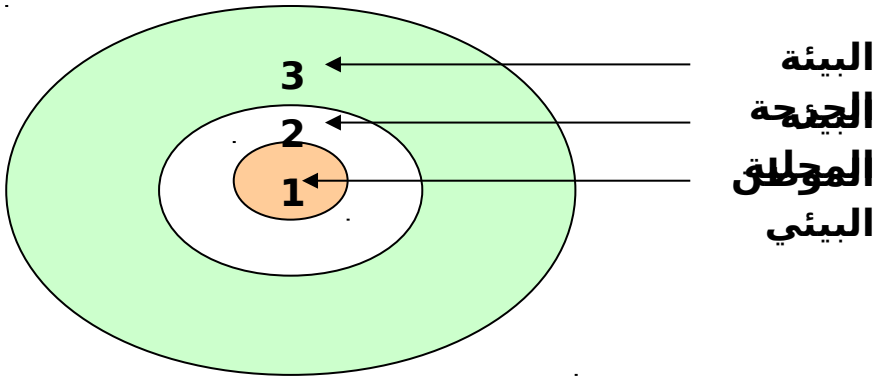
شكل يبين انماط مختلفة من المواطن البنية لانواع حيوية مختلفة . عن 1987 (Badkevech) .

3- البيئة المحلية أو الدقيقة Microenvironment:

ويقصد بالبيئة المحلية أو الدقيقة مجموعة الظروف المتصلة مباشرة بالكائن الحي في حيز وجوده الفعلي الدقيق والتي تؤثر عليه تأثيرا مباشرا . ومكونات البيئة الدقيقة هي نفسها مكونات البيئة أو الوسط المحيط بمعناها العام ولكن على نطاق صغير ، ومع ذلك فإن حجمها يختلف في تقدير الباحثون تبعا لتفهم كل منهم لحدود هذه المنطقة ، وحتى البيئيون Ecologists لا تتفق آراؤهم في هذا المجال. وعموما يرى أكثر الباحثون بأن دائرة قطرها حوالي مترين من الارض تمثل البيئة الدقيقة بالنسبة للاحياء الكبيرة والمتوسطة الحجم والقابلة على الحركة، ويمكن أن تكون بعدة مايكرونات أو سنتمرات في حالة الأحياء الصغيرة والمجهرية .

4 . البيئة الانتقالية أو الحرجة : Critical Environment

وهي المساحة التي يضطر الكائن الحي بالدخول اليها بحثا عن الغذاء اوالموطن البديل نتيجة لتغير الظروف البيئية في موطنه كالظروف المرافقة لسقوط الامطار او البرد المفاجئ أو كحالة من البحث عن الغذاء والماء في اوقات محددة من اليوم كما يفعل خروف الودان اوالخروف الاروي ***Ammotragus lervia***) في الصباح الباكر او في ساعات ماقبل الغروب او كما تقوم به بعض القوارض والقنافذ والخفافيش وغيرها ، وعملية دخول هذه الأحياء إلى هذه البيئات قد يعرضها إلى مخاطر بيئية مختلفة كالصيد أو الافتراس . والشكل التالي يبين العلاقة بين الموطن البيئي والبيئة المحيطة والبيئة الحرجة :



5- المركز البيئي أو المكانة البيئية Ecological Niche:

يطلق على الدور الوظيفي الذي يقوم به الكائن الحي بين أقرانه من أفراد نوعه أو أفراد الجماعات الموحدة الموطن في مجتمعه أو في نظامه البيئي اسم المركز البيئي أو الوحدة البيئية ، ويبدو أن اصطلاح Niche اختيار غير موفق لأن الأمر يختلط على الكثيرين عندما يظنون أن هذا الاصطلاح يعني المكان المحدود أو الموقع الصغير للكائن وبالتالي يبدو مرادفا للبيئة المحيطة الدقيقة Micro-Environment وتتضح أسباب هذا الخلط عند مراجعة معنى كلمة Niche في القاموس حيث تعني هذه الكلمة تجويف Cavity غائر Hollow أو غير غائر في سمك حائط أو جذع شجرة . . الخ وفي الاستعمال الشائع لكلمة Niche يقصد بهذا الاصطلاح الدلالة على مكان أو موقع معين لذلك يلجأ البيئي عند الرغبة في التعبير عن مكان أو موقع معين صغير الحجم إلى استعمال اصطلاح المسكن الدقيق Microhabitat .

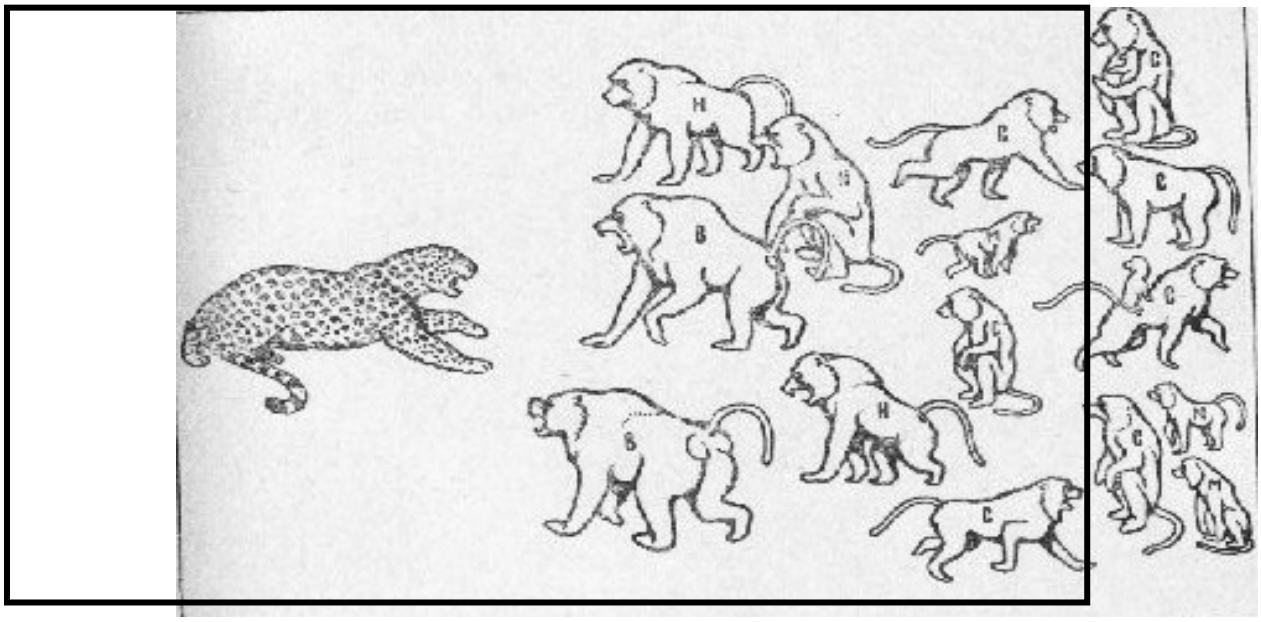
بينما يمكن تحديد الوضع الوظيفي Functional Position لكائن حي في مجتمع (أو بمعنى آخر خليته البيئية أو الوظيفية تحت تسمية Functional or Ecological Niche) وهذا ما يؤكده الباحث Elton حيث يؤكد على أن Ecological Niche هو الدور البيئي أو الوظيفة الأساسية للنوع الحي الذي تميزه بين أقرانه ويتصف بها كالحماية والرضاعة وقيادة القطيع أو السرب وقوة الرؤيا والسمع والتخصيب وغيرها ويتضح المفهوم بشكل أكثر دقة في الأمثلة التالية :

1. في منطقة بحيرة ميرو في شرق أفريقيا حيث يوجد ثلاثة أنواع من الطيور النساجة *Weber Birds* يتغذى كل منها على غذاء مختلف بالرغم من أن الأنواع الثلاثة تسكن مساحة واحدة ، بل وأكثر من هذا يتقاسم نوعان من هذه الطيور هما

Collaris Ploceus و ***Melanoce Phallus***نفس الأعشاش ولكن يتغذى الأول على الحشرات بينما يتغذى الثاني على الحشائش .

2. هناك نوعان من البوم هما المسمى سن المنشار ***Saw whet*** والمسمى طويل الأذن ***Long Eared*** يستعملان نفس أماكن الرقاد Roosting Territory في الغابات الصنوبرية شمال الولايات المتحدة الأمريكية أثناء النهار بينما ينشط كل منهما لصيد فرائسه ليلا من أماكن مختلفة . سن المنشار يعيش على القوارض القاطنة في الغابات بينما يفترس البوم طويل الأذن القوارض التي تقطن الحقول أو المساحات المكشوفة وهذا يعني التماثل في الموطن Habitat والاختلاف في طريقة التغذية أو الدور البيئي كمفترسات بيئية .

ومن القواعد البيئية الأساسية التي لوحظت في عالم الأحياء بأنه لا يوجد نوعان من الأحياء يشغلان نفس المكانة البيئية في نفس المكان وفي ذات الوقت ، وإذا حدث ذلك فأنهما يصبحان في حالة منافسه مباشره على موارد الغذاء والموطن البيئي وفي نهاية الأمر لابد لأحدها أن يتحول إلى وظيفة بيئية أخرى ، أو ينتقل إلى مكان آخر ويواجهه التدهور والانقراض التدريجي . ويلاحظ هذا التوزيع للأدوار البيئية بشكل واضح في مملكة النحل ، وفي مجاميع القرود والفيلة وقطعان الحيوانات الثديية المختلفة والطيور وغيرها وبشكل خاص أثناء فترات التكاثر ، أو تأسيس موطن بيئي جديد لهذه الأحياء أو أثناء مهاجمتها من قبل أحياء أخرى حيث يقوم بعضها بإخفاء الصغار والأخر يستعد لمبارزة الحيوان المهاجم والبعض يهرب بالصغار بالاتجاه المعاكس والقسم الآخر يشكل دائرة لحماية الأفراد الضعيفة وسط القطيع أو المجموعة كما يظهر في الشكل التالي :



شكل (نموذج لتوزيع الأدوار البيئية بين أفراد نفس المجموعة تجاه المفترس .عن (Badkevech 1987)

6 - <u>مدى أو موقع السكن Home Range/Site والمقاطعة Territory</u> :

تشغل الحيوانات أثناء قيامها بنشاطاتها الروتينية اليومية أجزاء معينه من مسكنها ويطلق على المساحة التي يتحرك فيها الحيوان في مسكنه اسم مدى السكن Home range ، أما المكان الفعلي لسكن الحيوان الذي قد يكون نفقا أو عشا أو كهفا أو مغارة أو عرينا (مجثما) واصطلح على أن يسمى موقع السكن Home site ، ويطلق لفظ المقاطعة Territory على الجزء من مدى السكن الذي يمكن للحيوان أن يدافع عنه Defended Portion وفي الطبيعة يدافع الحيوان عن مقاطعته بمنع غزوها من قبل أفراد أخرى من نفس النوع ولكن يتغاضى عن وجود أفراد تبع أنواعا أخرى لا تتعارض أو تتنافس معه لاختلاف احتياجاتها . وعادة لا يوجد بأي مقاطعه أكثر من فردين من جنس واحد ، ولهذه الظاهرة أهمية كبيرة في تكون المجتمعات ومعرفة أنواع الحيوانات التي يحمي الفرد فيها كل أجزاء مدى سكناه ، وتكون المقاطعة هي نفسها مدى السكن في الظروف الاعتيادية ولكن يمكن أن تتأثر مساحة المقاطعة بكل وقت من أوقات السنة ومواسم التكاثر والنضج والجنس وعمر الكائن الحي ، وعموما فأن سلوك تكوين مقاطعات خاصة بكل فرد ليس شائعا بين أغلب أنواع الحيوانات بل أن كثيرا من الحيوانات لا تظهر هذا السلوك إطلاقا ، وتحدد الطاقة العدوانية الوراثية الكامنة في الكائن Innate Genetic Aggressiveness مدى القوة التي يحمي بها الحيوان مقاطعته كما(في الكلاب عند تدريبها واستئناسها) . وهناك نوعان من المقاطعات هما:

1. المقاطعات المستمرة Continuous Territories وهذه تسمى الممر السكاني والذي يصل بين أماكن التكاثر وأماكن التغذية وتتم حماية هذا باستمرار ويظهر بشكل واضح في مجاميع الحيوانات المقيمة في مناطق البيئية .

2. المقاطعات غير المستمرة Territories Discontinuous وفيها يكون الانتقال بين أماكن التكاثر وأماكن التغذية عن طريق الطيران أو الهجرة اليومية أو الفصلية حسب طبيعة الكائن الحي ولذلك لايوجد هذا النوع من المقاطعات إلا في حالة الحيوانات ذات القدرة على الطيران كالطيور وبين بعض أنواع الثدييات غير المقيمة في بيئاتها . ويرى علماء بيئة الجماعات السكانية Population Ecology بأن صفة المقاطعة مرتبطة بصفة الإقليمية والهيمنة التي تتصف بها الحيوانات القوية والمفترسة وهي عبارة عن تحكم سلوكي يؤثر على غزارة وتوزيع الحيوانات وأنماط تكاثرها وخصائص نموها وبالتالي يؤثر على حجم الجماعات السكانية وحجم المجتمع الحيوي المتكون وتنوعه وعدد أفراده ، والشكل (3-4) يبين النوع الأول من مدى السكن لأحد أنواع الطيور .

شكل: يبين نموذج لمدى السكن لاحد انوع الطيور ويتمثل بالمسافة بين العش واماكن جمع الغذاء.

7- <u>التكيف البيئي Environmental Adaptation</u>:

جميع الكائنات الحية التي تعيش في بيئة معينة عليها أن تتكيف مع مساكنها و إلا فلن يكون لها بقاء فيها ، وقد أدى التطور Evolution إلى اكتساب تلك الكائنات لدرجات متباينة من المقاومة للظروف البيئية غير الملائمة وللمساكن ذات الظروف المتطرفة Extreme Habitats . ففي مجموعة اللافقاريات تعد الحشرات من أنجح الكائنات الحية في التكيف والقدرة على استعمار بيئات شديدة التطرف Very Extreme Environment ويطلق على الصفات التي يمتلكها الكائن الحي والتي تمكنه من التكيف مع وسط بيئي معين اسم صفات التأقلم Adaptive Characteristics وعلى عملية التوائم مع هذا الوسط اسم التكيف Adaptation ويعتبر تركيب الجسم (الظاهري) والحركة والتلون Coloration وعمليات الاختفاء والتمويه والتشبه بالأعداء والاتصال الجنسي والتغييرات في المسكن وفترات الكمون أو السكون بصوره المختلفة (البيات الشتوي والسكون الوظيفي) والانتشار والهجرة وطرق التكاثر وتنظيم الخصوبة جميعها خصائص تكيفيه يبديها الكائن الحي كاستجابة للتغيرات التي تحصل في البيئة المحيطة به ، كما إن نجاح كائن حي أكثر من غيره في قدرته على التكيف يرتبط بصورة أساسيه بخاصية المرونة البيئية Ecological Resilience وهي عبارة عن قدرة هذا الكائن على امتصاص شدة العامل البيئي والاستجابة السريعة بأقل قدر من الخسارة ومحاولة العودة للوضع الوظيفي الطبيعي بأقصر وقت ممكن . ومن هنا فإن علماء التطور يؤكدون على أن الكائنات العالية المرونة هي التي استطاعت الصمود والانتشار في البيئة ، والكائنات القليلة المرونة أو الضعيفة هي التي انحسرت في مناطق محدودة في العالم أو تعرضت للانقراض . ومن خلال الدراسات البيئية المختلفة على الكائنات الحية وجد بأن هنالك العديد من أشكال التكيف البيئي تحصل على مستوى الفرد أو الجماعة البيئية وأهم هذه الأشكال من التكيف :

1. التكيف المظهري Morphological Adaptation .
2. التكيف الوظيفي Physiological Adaptation .
3. التكيف المؤقت أو رد الفعل السريع Etiologic Adaptation .

8 - <u>النوع الحيوي Biological species</u> :

يعتبر التعريف الذي وضعه العالم 1940(Mayer) أفضل وصف لمعنى النوع في علم الأحياء حيث ذهب هذا الباحث إلى أن النوع هو عبارة عن مجموعة الأحياء التي لها القدرة القائمة أو الكامنة على التزاوج وإنجاب أفراد طبيعية Natural Individual تتكون منها مجتمعات طبيعية ولكنها معزولة تكاثريا عن المجموعات الأخرى وهذا التحديد من قبل ماير يدعو الانتباه إلى شيء أساسي من وجهة نظر بيئية هو أن القدرة على التزاوج فقط هي ليست مقياس على قدرة النوع للاحتفاظ بقدرته الكامنة للتكاثر ، بل يجب أن يكون النسل Offspringالناتج من التزاوج والإخصاب حاملا لنفس التراكيب الوراثية لجيل الآباء .

لذلك يرى علماء بيئة الفرد Autecology وعلماء التطور Evolution بأن معرفة النوع الحي مهمة جدا في البيئة للحكم والمقارنة بين المجتمعات الحيوية ومعرفة كونها معزولة مكانيا وزمنيا أو حتى طبيعيا ، من خلال مراقبة الصفات الشكلية (المظهرية) والسلوكية لأفرادها ، التي هي صفات مصاحبه لتغيرات وراثية تعطى تصورا لتحديد النوع في هذه المجتمعات وإمكانية التفريق بين الأفراد المتشابهة جدا في صفاتها والتي تسمى بيئيا بالأفراد المتآخية Sibling species أو أن الأفراد الناتجة تصبح مختلفة بصفه أكثر مظهريه عن أسلافها ضمن سلسلة التطور و الانعزال الجغرافي والزمني الذي يحصل عليها بسبب المتغيرات البيئية وتخضع لما يسمى بالتسلسل ضمن النوع Clines of Species لتوطين أفراد تتميز ببعض الصفات عن أسلافها ولكن تبقى لديها القدرة على التزاوج مع أقرانها وإعطاء أفراد خصبة جديدة وتعرف في هذه الحالة باسم النويع Subspecies او تحت النوع . ولذلك يرى الباحث (Dowdeswell 1984) بأن دراسة النوع بشكل جيد تساعد في إعطاء طريقة جيده وصحيحة عن تصنيف الأحياء والتفريق بينها شريطة أن تستند على عدة معايير مجتمعه منها المعيار الظاهري ، الوظيفي ، الو راثي ، الجغرافي ، البيئي ، والاحفوري Palaeontological criteria من اجل تفادي الخطأ لأن الاعتماد على معيار واحد كالشكل الخارجي ، واللون ، والحجم مثلا يكون واقعا تحت سيطرة عدة عوامل بيئية تؤدي إلى ظهور تغاير كبير يعقد مهمة الباحث البيئي والمصنف معا . والصورة التالية تبين الخروف الآروي أو (الودان) كما يسمى في شمال أفريقيا والذي يعود إلى طائفة الثدييات ، رتبة الحفريات ، فصيلة أو عائلة البقر ، وتحت عائلة الغنم والنوع الحيوي الخروف الآروي (**pallas**) ***Ammotragus lervia*** . الصورة التالية لهذا الحيوان (العوامي 1973) .

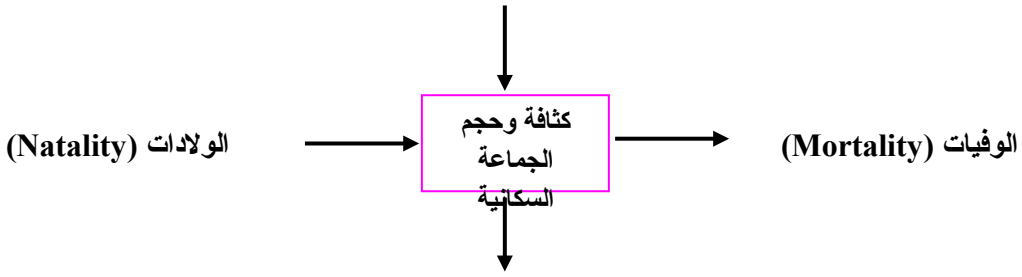
صورة (1): الودان (*Ammotragus lervia*) pallas في ليبيا . عن (العوامي 1973) .

9 - <u>الجماعة السكانية أو العشيرة البيئية Population</u> :

الأصل في اصطلاح العشيرة Population كان يعني جمهور او مجموعة من الناس Group of People ولكن عند استخدام هذا الاصطلاح في الدراسات البيئية أصبح يعني مجموعة من الأفراد التابعة لنوع واحد من الكائنات الحية والتي تحتل بيئة محدده في زمن معين ، وبمعنى آخر هي مجموعة الأفراد ذات القرابة Related Individual والمنتمية إلى نفس النوع التقسيمي والقادرة على التزاوج فيما بينها Interbreeding . ولكل عشيرة صفات Attributes تميزها وتكون هذه الخصائص قابله للقياس والإحصاء وأكثر هذه الصفات أهمية الكثافة Density الوفرة العددية Abundance ومعدل الولادات Birth/Natality Rate ومعدل الوفيات Death/ Mortality Rate وتوزيع الأعمار Age Distribution ومعدل النمو Growth Rate والانتشار Dispersion ونسبة الجنس Sex Ratio وغيرها .

وتتكون الجماعات السكانية في البيئة بعدة طرق منها ، بواسطة التكاثر Reproduction والانتقال بواسطة عوامل الوسط البيئي بطرقة الحمل Vicariance أو بواسطة الانتقال عن طريق حركة الكائن الحي نفسه ، ويعتبر علماء البيئة بأن الجماعة السكانية تعتبر الوحدة الأساسية في النظم البيئية لأنها تتكون من مجموعة أفراد وهذه الأفراد تمثل مجموعة مواطن

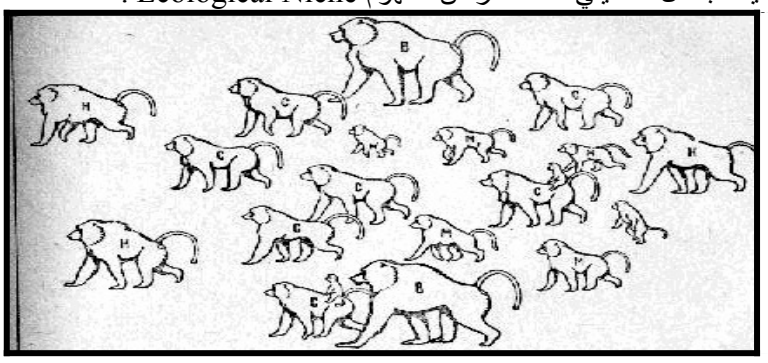
بيئية Habitats ومراكز بيئية Ecological Niches وهذه بمجموعها تشكل مع العوامل غير الحية أنظمة بيئية متباينة ، ومن هنا يرى علماء البيئة السكانية Population Ecology بأن الجماعة السكانية Population وتراكيبها تمثل مكونات رئيسيه للمجتمعات الحيوية Bio-communities والأنظمة البيئية كما تتكون الأنسجة والأعضاء من خلايا في المجموعات الوظيفية في جسم الكائن الحي ، فأن الجماعات تتكون من أفراد متخصصة وظيفيا ولذلك فهي تعتبر أكثر شمولية من مجموع أفرادها ، وتمثل مستوى أعلى من التنظيم الحيوي مما هو للكائن الحي بمفرده أي الفرد Individual . وإن حجم أية جماعة سكانية في البيئة لأي مجموعة من الأحياء سواء كانت من البدائيات أو الطليعيات أو الفطريات أو من النباتات أو من الحيوانات يعتمد على عدد الأفراد التي تحتل موقع بيئي معين في زمن محدد من جهة ومجموعة من العوامل الداخلية أو الخارجية التي تؤثر في حجم هذه من جهة أخرى وكما سيتم شرحه مفصلا في الفصل الخاص بدراسة بيئة الجماعات السكانية ، لاحظ العلاقة في الشكل التالي ، هذا بالإضافة إلى العوامل المحيطة بأفرادها .



شكل :أهم العوامل المحددة لحجم الجماعات السكانية .

الصورة والشكل التاليين يمثلان مجاميع سكانية مختارة لأحياء مائية وبرية مختلفة :

ونلاحظ في شكل (3- 6) وجود عملية توزيع للأدوار البيئية بين مجموعة القرود فالأفراد التي تحمل الرمز H تتولى قيادة القطيع والتي بدورها تتميز بقوة النظر والجسم اما الأفراد ذات الرمز B فتتولى حماية الجوانب والاطراف وأفراد العلامة C تمثل الإناث التي تحمل الصغار وتأخذ موقعا في الوسط وبين أفراد المجموعة والذكور الفتية والصغيرة تشغل الخط الثاني في الحماية والتي تحمل الرمز M وهذا التوزيع مبني على أساس الوظيفة والمركز البيئي الذي يشغله كل فرد في جماعته السكانية كما تم توضيحه بشكل تفصيلي عند التعرض لمفهوم Ecological Niche .



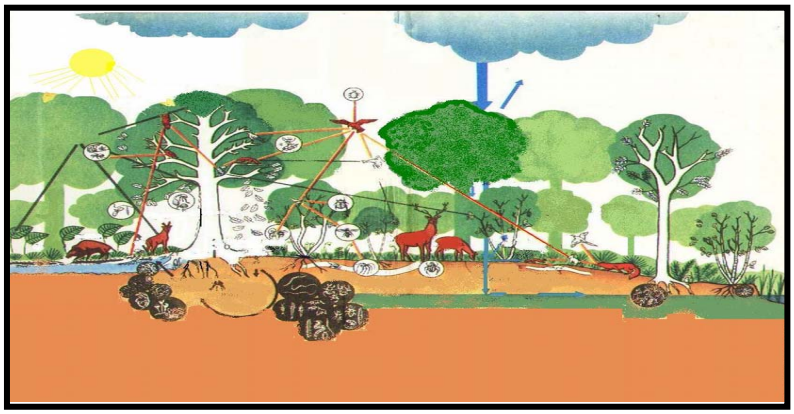
شكل (3- 6): يبين مجموعة برية من القرود . عن (Badkevech ، 1987) .

10- <u>المجتمع الحيوي Community</u> :

المجتمع في أبسط معانيه هو الحالة التي يعيش فيها معا نوعين مختلفين على الأقل من الأحياء ، وأول علماء بيئة الحيوان الذين أدركوا أهمية المجتمعات في الدراسات البيئية هو موبيس (Mobius 1877) الذي اقترح الاصطلاح Biocognosis ليستعمل حينها بنفس معنى اصطلاح Community المستعمل حاليا . ويضم المجتمع الحيوي Biotic community من وجهة النظر البيئية جميع المجاميع الموجودة في مساحة معينه ، **أو هو عبارة عن تجمع طبيعي من الأحياء وصل من خلال التفاعل مع الوسط البيئي المحيط به إلى مستوى العيش المستقل نسبيا عن التجمعات الأخرى المجاورة له** ، ومعنى ذلك أن هذا المجتمع يضم كافة الأنواع الحيوية التي تعيش تحت تأثير عوامل بيئية محدده ، ووفقا لما ذكرناه فإن هذا المجتمع قد يتكون من عدد قليل من الأفراد التي تنتمي إلى أنواع متقاربة بيئيا ، أو قد تتكون من مجموعات كبيرة تنتمي إلى أنواع متعددة ولكنها موحدة الموطن البيئي Sympatric populations . فمثلا تعتبر الغابة بكل ما تضمه من نباتات وحيوانات مجتمعا . واعتماد كل من النباتات والحيوانات على الآخر يعتبر عاملا هاما لاستمرار مجتمعاتها . فمثلا تمد الأزهار النحل وغيره من الحشرات بالرحيق ، ثم تتغذى بعض الحيوانات الأخرى كالفئران على الحشرات ، ويصطاد البوم الفئران ويتنافس البوم مع الثعالب في صيد الفئران ، وتقتنص الثعالب الأرانب التي تتغذى على الاعشاب والنباتات الصغيرة ، وبذلك تكون سلسلة من العلاقات المتوازنة إذا ما اختلت أي خطوة في هذا التسلسل اختل توازن المجتمع بدرجة تتناسب مع شدة الخلل . ولجميع المجتمعات الحيوانية خصائص معينه ثابتة وأهم هذه الخصائص أن المجتمع الحيواني لابد وان يعتمد أولاً وأخيراً على مجتمع النباتات حيث أن الأخيرة هي الكائنات الحية الاساسية القادرة على التغذية الذاتية Autotrophic nutrition . وبتتبع أي مجتمع حيواني تظهر مجموعة معقده من العلاقات الغذائية (السلاسل الغذائية Food chains) بين الأنواع المختلفة المكونة له . فلو أخذنا مجتمع الكائنات الحية في بحيرة ما كمثال نجد فيها أعشابا مائية تعيش عليها القواقع آكلة الأعشاب ، كما يتواجد بالبحيرة البط الذي يفترس أو يأكل هذه القواقع المائية ، ويحيط بالبحيرة الإنسان الذي يأكل البط ، وعلى غرار هذه الأمثلة توجد في المجتمع الواحد عدة مستويات غذائية Trophic levels يعقب كل منها الآخر ويعتمد كل منها على المستوى الذي يسبقه ، ومع ذلك فأن العلاقات الغذائية في المجتمعات الطبيعية لا تكون على هذه الدرجة من البساطة التي تتمثل بمراحل منفردة تلي بعضها البعض بل في الغالب ما تكون تلك العلاقات أكثر تعقيدا فالبط لا يتغذى على القواقع فقط والإنسان لا يعيش على البط فقط ، ولذلك فأن الشبكات الغذائية Food webs وليست السلاسل الغذائية هي الأقرب للواقع ، وبناء على ما سبق يمكن القول بأن المجتمع يتكون من كل الكائنات الحية Living entities في البيئة وعوامل البيئة غير الحية المحيطة والمؤثرة بهذه الأحياء والتي ينتج عنها نظام ديناميكي وتفاعلي يسمى بالنظام البيئي Ecosystem ، والشكل (3- 7) يبين نموذج لمكونات المجتمع الحيوي .

11- <u>النظام البيئي Ecosystem</u>:

ينشأ عن تواجد مجتمع حيوي معين Biocommunity معا وفي مساحة ما مع بيئة غير حية Nonliving environment نظاما حيويا ديناميكيا يسمى بالنظام البيئي Ecosystem . **وعلى ذلك يعرف النظام البيئي بأنه التركيب البيئي المعقد Ecological complex المكون من تواجد النباتات والحيوانات والأحياء الأخرى معا في مجتمع يتأثر بجميع العوامل المتداخلة للبيئة الحية وغير الحية المحيطة به .**



شكل: يوضح نموذج لمجتمع حيوي متكامل .

وفي الطبيعة تكون بعض الأنظمة البيئية مرنة بحيث يمكن تحويرها لتلائم الإنسان دون إخلال كبير Serious disruption بينما لا تقبل بعض الأنظمة البيئية الأخرى التحوير وبالتالي تختل بسهولة . وعلى ذلك نجد نوعين من الأنظمة البيئية الأساسية يسمى النوع الأول بالنظام البيئي الطبيعي المتكامل أو (النظام المفتوح) Open ecosystem وذلك عندما يحتوي هذا النظام على جميع المكونات الحية وغير الحية متفاعلة بشكل مستمر كالبحيرات ، والأنهر ، والغابات والبحار والمحيطات . ويسمى النوع الثاني بالنظام البيئي غير المتكامل أو ما يسمى (بالنظام المغلق) Closed ecosystem وذلك عندما يفقد ذلك نظام احد العوامل الحية أو غير الحية الأساسية لمكوناته كالكائنات المنتجة أو الاشعاع الشمسي كما في أعماق البحار أو الكهوف المظلمة . بعض الباحثين يضيف إلى ذلك التقسيم نوع ثالث من الأنظمة المؤقتة أو المحدودة التي تنشأ بتدخل الإنسان أو قوى الطبيعة تحت ظروف معينة كسقوط الأمطار وحصول الفيضانات والسيول والتي تؤدي إلى نشوء مواقع بيئية تسمى بالأنظمة الدقيقة Micro-ecosystem كما يحدث في حالات تكون البرك والأحواض المائية قرب ضفاف الأنهار أو المناطق الرعوية . أو ان الإنسان يقوم بعملها لأغراض محددة مثل أحواض تربية أسماك ونباتات الزينة أو النافورات التي تربى بداخلها بعض الأحياء وغير ذلك . ويقاس مدى ثبات واتزان أي نظام بيئي على مستوى قدرته الذاتية على التواصل والبقاء تحت ضغط المتغيرات البيئية المحيطة به . ويظهر في الصورة التالية التي تمثل حالة نظام بيئي مائي متوازن لبحيرة مياه الصرف الصحي المعالجة بمنطقة حجارة في جنوب ليبيا كنموذج لنظام بيئي مائي متكامل عمره يزيد عن خمسة وعشرين عاما . أو بحيرة الزازة وساوة والثرثار وغيرها من النظم البيئيةفي العراق.

صورة: بحيرة حجارة قرب مدينة سبها جنوب ليبيا تمثل نظام بيئي مائي .

12- <u>المناطق البيئية الرئيسية أو الاقاليم الحيوية (الحيوم) Biomes & Biome types</u>:

وهي عبارة عن مساحات من الكرة الأرضية ذات ظروف مناخية محددة تضم كل منها عددا كبيرا من المجتمعات في مراحل تعاقب مختلفة . والمناطق البيئية الرئيسية في العالم هي مناطق التندرا Tundra بالمناطق القطبية وحول القسم الشاهق لجبال الألب ومناطق الجبال العالية ، مناطق الغابات المعتدلة Forest Temperate ومناطق الأعشاب المعتدلة Temperate grassland ومناطق غابات البحر الأبيض المتوسط Mediterranean woodland والمناطق الصحراوية وشبه الصحراوية Desert & Semi-desert ومناطق الحشائش المدارية والسافانا Tropical Grassland & Savanna ومناطق الغابات الاستوائية Tropical Forest ، ويسود كل من هذه المساحات مناخ عام مميز Typical Climate يضم عدد من الطرز المناخية تختلف نتيجة لوجود ظروف بيئية متنوعة داخل كل مساحة .

وعلى هذا الأساس وضع علماء البيئة منذ زمن بعيد تقسيمات للبيئة البرية بشكل خاص يستند على مفهوم المنطقة البيئية ويعتمد على نوع الغطاء النباتي ، وقسموها إلى وحدات بيئية كبيرة ذات نباتات

متميزة مثل الغابات والمراعي والصحارى وغيرها ، ومن الجدير بالملاحظة هو أن كل منطقة بيئية رغم تميزها بخصائصها النباتية والحيوانية وتشكل مجتمعها الخاص ، إلا أن حدود هذه المنطقة البيئية غير واضح بشكل كامل ، حيث نلاحظ تكون امتدادات وتداخلات بيئية بين مناطق الغابات الرطبة وغابات أشجار البلوط ثم أراضي أشجار خشب البلوط والأعشاب ، ومنه إلى المراعي وهذه مع الصحارى المجاورة ، وبذلك يتكون تدرج في توزيع وانتشار النباتات ونوعية التربة المشتركة لهذه المناطق يطلق على هذا التدرج بمناطق الانحدار البيئي Ecocline .

ويعتبر العديد من علماء البيئة أن دراسة المناطق البيئية وأنواعها Types of Biome دليل بيئي جيد لمعرفة طبيعة خصائص وتركيب المجتمع الحيواني الموجود فيها حاليا أو الذي سوف يظهر مستقبلا من جراء عمليات التعاقب البيئي التي سوف تحصل ، وذلك من خلال معرفة طبيعة وتركيب الغطاء النباتي الموجود في هذه المناطق البيئية . والأشكال التالية تبين بعض هذه المناطق المتميزة في البيئة كأقاليم حيوية كما في مناطق الغابات والمناطق المتجمده على التوالي .

صورة (4) نموذج لإقليم الغابات صورة (5) نموذج لمنطقة قطبية (من إقليم التندرا) .

13- <u>التعاقب البيئي Ecological Succession</u>:

يطلق على مجموع التغيرات الكميه Quantitative variations والتغيرات النوعيه Qualitative variations التي تحصل على المجتمعات الحيوية Bio-communities سواء على مستوى الأنظمة البيئية أو الأقاليم الحيوية مصطلح التعاقب البيئي ، وهذا التعاقب يحصل بسبب التغير في العوامل اللاحية أو العوامل الحية أو الاثنين معاً . وهذا التعاقب من وجهة نظر علماء البيئة هي عبارة عن تطور منظم يؤدي إلى وجود وظهور مجتمع حيوي بدلا من مجتمع حيوي آخر في نفس البيئة وهو يساعد كذلك على التنوع الحيوي ، ويكون هذا التعاقب إما ذاتيا Autogenic succession إذا حصل داخل النظام البيئي ، أو تعاقب خلطي Allogenic او Heterogenic إذا حصل من جراء دخول أنواع جديدة من خارج النظام البيئي ، أما إذا حصل ظهور الحياة الأولى لأول مره في أية منطقه من العالم فيسمى بالتعاقب الأولي Primary Succession ويسمى بالتعاقب الثانوي Secondary Succession إذا حصل في منطقة كانت مأهولة بالأحياء وتعرضت إلى عوامل التدمير بواسطة تدخل الإنسان أو عوامل الطبيعة كالجفاف والزحف الصحراوي والحرائق وغيرها وأعيدت إليها الحياة مره أخرى بسبب تحسن الظروف البيئية ووصول الماء إليها .

14- <u>التوازن أو الاتزان البيئي Ecological Equilibrium</u> :

المقصود بالتوازن البيئي Ecological equilibrium داخل الأنظمة البيئية هو حالة التوازن بين مقدار المدخلات البيئية Input التي تصل لأية نظام بيئي من طاقة وعناصر مغذية والمخرجات البيئية Output التي تطرح من النظام البيئي على شكل نواتج أيضية لأفراد المجتمع الحيوي لهذا النظام . ويستطيع أي نظام بيئي من تحقيق عملية الاتزان من خلال تنظيم العلاقات الداخلية لأفراد مجتمعه سواء كانت نباتيه أو حيوانيه عن طريق التغذية العكسية Feedback Mechanism والتنظيم الذاتي Self-regulation وهذه الاستجابة تكون من خلال تعديل سلوك أحيائه أفرادا وجماعات بما

صورة(6): نموذج لتعاقب بيئي بري ناتج من تغير عوامل الأمطار والرطوبة في منطقة غرب العراق

يتناسب مع المتغيرات البيئية المحيطة والعمل على تحوير مكونات البيئة لصالحها في الظروف غير الطبيعية من خلال الاختفاء والسبات وتقليل الحركة والتغذية ، وتغير اللون و تبدل طريقة الغذاء والهجرة المؤقتة وتقليل أو زيادة التكاثر وغيرها من استجابات التكيف . ويرى علماء البيئة بأن قدرة هذه الأنظمة على تحقيق هذا التوازن يعتمد على خاصيتين أساسيتين هما ، المرونة البيئية Eco-resilience التي تحصل على مستوى الأفراد والمقاومة البيئية Eco-resistance التي تحصل على مستوى النظام البيئي بالكامل من خلال امتلاكه للمخزون العضوي ، فكلما اشتمل هذا النظام على كائنات وأفراد عالية المرونة البيئية ومخزون كافي من المادة العضوية والمغذيات النباتية اصبحت قابليته للمحافظة على حركيته وتوازنه كبيرة والعكس يكون صحيح .

محاضرة (5) الطاقة وسلاسل الغذاء

مفهوم الطاقة في البيئة concept of energy
سلاسل الغذاء Food chains
شبكات الغذاء Food webs
المستوى الغذائي Trophic level
الكفاءة البيئة Ecological eficance

مفهوم وخصائص الطاقة :

أن أبسط تعريف وضع من قبل علماء الفيزياء للطاقة هو (أنها القدرة على إنجاز شغل أو عمل) وقد وضعت العديد من القوانين والقواعد العلمية لتفسير هذه القدرة على التحول من شكل إلى آخر من أشكال الطاقة كتحول الإشعاع الى حرارة ، والحرارة الى طاقه حركيه أو تفاعلات متواصلة في الطبيعية . واهم هذه القوانين هي قوانين الديناميكية الحركية Thermo-dynamics المتمثلة بقوانين حفظ المادة والطاقة حيث ينص القانون الأول والذي عرف بقانون القوة الحرارية الحركية الأول The first law of thermodynamic وينص على ان الطاقة لاتفنى ولا تخلق من العدم ولكنها يمكن ان تتحول من شكل لآخر ، أما القانون الثاني The second law of thermodynamic فينص على انه لا يمكن لأية عملية تحول في الطاقة ان تحصل تلقائيا (اي خلال الفراغ) ما لم يكن هنالك عملية انحلال degradation لهذه الطاقة من الشكل المركز إلى الشكل المتفرق . كما في عملية انتقال الحرارة العالية من أية جسم أو مصدر إلى الأجسام المجاورة او الهواء المحيط بالجسم ولكن بشرط توفر عامل الملامسة او الاحتكاك بين ما هو ساخن وما هو بارد وأن عملية الانتقال تستمر إلى ان يتم التوازن الحراري بين الجسمين او الوسطين المتجاورين .

وبمعنى أشمل لتفسير هذه القوانين نستنتج بأن الطاقة يجب ان يكون لها مصدر مجهز لهذه الطاقة ، وعملية انتقالها تتطلب توفر وسط ناقل لهذه الطاقة ، ماء ، هواء ، تربه ، او أجسام الكائنات الحية ، أو أي وسط بيئي معين ، وبصورة أدق فإننا نتكلم عن العلاقة بين الطاقة مهما تنوع مصدرها وبين الأنظمة البيئية المختلفة في الغلاف الحيوي التي تحتوي على هذه الأوساط الناقله للطاقة وتحولاتها ، أي عملية انسياب الطاقة Energy flow ضمن مكونات النظام البيئي . ومن خلال الدراسات التي قام بها الباحثون في هذا المجال وجدوا بأن عملية التدفق هذه لا تكون فعاله 100% ، لأن الأنظمة البيئية ومكوناتها الحية وغير الحية تمتلك خصائص المقاومة الحرارية والقدرة على ما يسمى بالطاقة غير المستفادة (Entropy) أي إحداث الخلل في المقياس الكمي للطاقة من خلال هدر جزء منها ، أو الطاقة الضائعه التي تنعكس أو تتشتت من على الأجسام . أن هذه العلاقة بحد ذاتها تبين مدى الارتباط الوثيق بين علم الفيزياء وعلم البيئة وتطبيقاتهما في الحياة بمختلف صورها من جهه ، والقدرة على تفسير أوجه التغير في اشكال هذه الطاقة من جهة اخرى ، هذا التغير الذي يكون مصاحبا لمظاهر الحياة المتنوعة ، كالنمو ، التكاثر ، التنفس ، هجرة الأحياء ، تبدل الكثافة والوفرة في الجماعات السكانية ، والتبدل بشكل الغطاء النباتي وغيرها من المظاهر الحيوية . لذلك يشير علماء البيئة إلى أن الكائنات الحية تشكل مع بيئتها غير الحية (نظام متداخل) غير قابل للانفصال ويؤثر بعضه على البعض الآخر ، وأن هذا التفاعل بين الجزء الحي (الكائنات) والجزء غير الحي (الوسط) او البيئة الفيزيائية يؤدي إلى تدفق الطاقة وينتج عنه تركيب غذائي ، وتنوع حيوي ، ودوران للمادة العضويه بين مكونات هذا النظام الديناميكي . وبمعنى آخر أن جميع المظاهر المتنوعه للحياه على سطح الكره الأرضيه تكون مصحوبه بتغيرات بشكل الطاقة وكميتها على الرغم من عدم امكانية فنائها او استحداثها وتتوضح هذه الصورة من خلال متابعة مسار الطاقة الشمسيه المجهز الرئيسي للطاقة في النظام الكوني او ما يعبر عنه بيئيا ببيئة الطاقة The energy of environment ، حيث تبلغ كمية أو كثافة الإشعاع الشمسي قمة الغلاف الجوي من قرص الشمس من خارج جو الأرض Extra Terrestrial 2 جم سعر/ سم ^{2}/ دقيقة ، أو ما يسمى بالثابت الشمسي Solar constant والذي يقطع اثناء سيره ووصوله الأنظمة الحيويه لسطح الأرض مسافة كبيرة جدا تقدر بحوالي 150000000 كيلو متر وقدرت سرعة اختراقه الغلاف الجوي بحوالي 300000 كم/ الثانية ، ولذلك فأنه سوف يتعرض إلى

اعاقة وتشتت وامتصاص من خلال مكونات الغلاف الغازي وخاصة في طبقتي الستراتوسفير والتروبوسفير Stratosphere and Troposphere بشكل رئيسي لأنهما تحتويان على الأوزون O_3 وجزئيات الغبار والأكاسيد ونسبة قليلة جدا من بخار الماء في الأولى ، والغيوم وبخار الماء ومكونات الهواء الأساسية في الثانية (التروبوسفير) وعملية الإعاقة هذه التي ذكرناها تخفف الإشعاع الشمسي بحيث يقدر ما يصل منه الى سطح الأرض بحوالي 67 % أي يصبح بمقدار 1.34 جم سعر/ سم ^{2}/ الدقيقة ، هذه النسب قدرت من قبل الباحث Gates 1965 على أساس إن الإشعاع يسير خلال أجواء مشمسة وسماء صافيه وحسبت الكميه أثناء فترة الظهيرة في فصل الصيف . واذا علمنا بأن هنالك تباين كبير في سطح الكره الأرضية من حيث تكوينها الطوبوغرافي وتنوع غطائها النباتي وتوزيع المسطحات المائية واليابسة عليها الأمر الذي يجعل كميات البخر وعمليات النتح ومعدلات الرطوبة والتكثيف متباينة في أقاليمها الحية المختلفة بالإضافة الى عوامل تتعلق بزاوية سقوط الإشعاع وطول النهار وكمية الإشعاع المنعكس ، كلها عوامل تؤثر بشكل مباشر على مقدار الطاقة الشمسية الواصلة الى كل جزء من أجزاء البيئة رغم انطلاقها من مصدر واحد هو الشمس ، ويشير الباحث Odum 1977 استنادا الى دراسات قام بها الباحثان Reifsnyder and Lull بأن التزود اليومي من الطاقة الواصلة الى نظام ذاتي التغذية يمكن ان تتذبذب مابين 300-400 جم سعر/سم ^{2} في المناطق المعتدلة الشمالية مثلا ، وهذا التباين يعود الى الطريقة التركيبية للمؤثر الشمسي حيث أنه يتكون من عدة أطوال موجيه **يطلق عليها المجموعات الأساسية للإشعاع الشمسي وتشمل:**

1. الأشعة الضوئية (المرئية) Visible light وهي مجموعة الأشعة الشمسية التي تستطيع العين البشرية تمييزها ، حيث تتراوح أطوالها الموجية بين :0.7 ـ 0.4 ميكرومتر أي (400-700 نانومتر) ، وتعتبر أهم أنواع الأشعة الشمسية لأنها تكون ألوان الطيف الشمسي ، وتكون اقصرها الأشعة البنفسجية 0.4 ميكرومتر وأطولها الأشعة الحمراء 0.7 ميكرومتر أما الإشعاعات الأخرى الخضراء والبرتقالية فتقع بين 0.5 ـ 0.6 ميكرومتر ، وتعتبر هذه الأشعة من أهم مجاميع الإشعاع الشمسي لأنها تقع ضمن المدى المؤثر على جميع العمليات الحيوية كالتمثيل الضوئي والتأثير الكيمائي الضوئي والانتقاء الضوئي والرؤية في الحيوانات بالإضافة الى انها تشكل أكثر من 43 % من مجموع الإشعاع المنطلق من قرص الشمس .
2- الأشعة تحت الحمراء Infra-red Radiation (IR) يمثل هذا النوع من الأشعة الأشعة الحرارية من الطيف الضوئي ، وتمتاز الأشعة تحت الحمراء بأطوال موجية كبيرة مقارنة بالموجات الضوئية في النوع الأول وتبلغ أطوالها ما بين 0.7 –0.9 ميكرومتر (700-900 نانوميتر) وتعمل هذه الأشعة على حفظ التوازن الحراري بين غلاف الأرض والغلاف الغازي وتشكل حوالي 51% من مجموع الإشعاع الشمسي . ولهذا النوع من الاشعة اهمية كبيرة في تعقيم مكونات الغلاف الحيوي من الجراثيم الممرضة .
3- الأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Radiation (UV) وهي الأشعة التي تكون موجاتها الكهرومغناطيسية موجات الإشعاع الشمسي التي تصل الى سطح الأرض حيث تتراوح أطوالها بين 0.4-0.14 ميكرومتر (100-400 نانومتر) . وتشكل ما مقداره 6-7 % من مجموع الإشعاع الشمسي . ولكن يصل منها جزء بسيط جدا الى سطح الأرض بسبب حجز الجزء الأعظم منها بواسطة طبقة الأوزون Ozonosphere الموجودة ضمن طبقة الاستراتوسفير Stratosphere .
4- الإشعاعات الأخرى وتشمل هذه المجموعة موجات الأشعة السينية X-ray وأشعة جاما γ-ray والموجات الراديو . وتشكل هذه الإشعاعات مجتمعة ما مقداره 1% من مجموع الإشعاع الشمسي .

لهذا فأن ما يعانيه الإشعاع الشمسي من تخفيف كما ذكرنا سابقا بواسطة الغازات الجوية ، الغبار والجسيمات العالقة ، الغيوم ، بخار الماء وغيرها من العوامل في طبقات الغلاف الغازي تعتمد بالدرجة الأساسية على طبيعة تكرار وطول الموجه الإشعاعية الصادرة من الشمس ولذلك فأن ما يصل مثلا من الأشعة فوق البنفسجية ، المرئية ، وتحت الحمراء ليوم صيفي مشمس مثلا يتراوح بين 10% ، 45 % من قيمتها على التوالي ، كما أثبتت الدراسات بأن الإشعاع غير المرئي هو الأكفأ بين هذه الموجات بالوصول الى سطح الأرض لأنه يستطيع اختراق السحب وبخار الماء الموجود في الجو

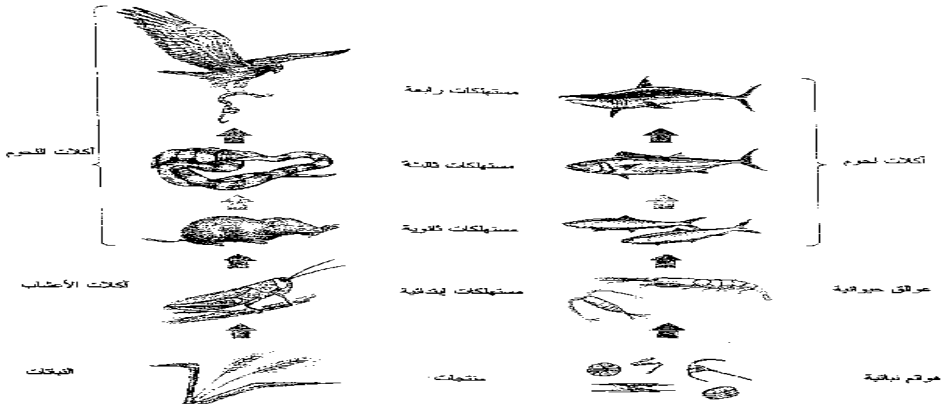
حتى في حالة الجو الغائم او خلال الماء في المسطحات المائية ويكون عاملا أساسيا في تشكيل المكون الثاني لطاقة البيئة (الإشعاع الحراري Thermal Radiation) وينبعث هذا الإشعاع الحراري المنعكس من الأجسام وسطوحها عندما تكون درجة حرارة هذه الأجسام فوق الصفر المطلق ، وتنعكس هذه الأشعة في جميع الاتجاهات من سطح الأرض ، المياه ، الأجسام غير الحية والغيوم ، لتصل إلى النظام البيئي ولذلك فأن هذا الإشعاع يكون صاعدا ونازلا بينما الإشعاع المرئي يكون موجها بشكل نازل على سطح الأرض ويحصل أثناء النهار أي أثناء ساعات السطوع الشمسي بينما تتعرض الأحياء والبيئة لإشعاع حراري لمدة 24 ساعة . وهو يمتص من قبل الكتلة الحية بدرجة اكبر بكثير من امتصاص الإشعاع الشمسي .

لذلك فأن النوع الأول (الإشعاع الضوئي) هو المهم بمفهوم الإنتاجية الحيوية وتدوير المغذيات ضمن الأنظمة البيئية المختلفة ، بينما يكون الشعاع الحراري مهما في تحديد (ظروف البقاء وتكيف الأحياء المختلفة) لأنه يدخل في عمليات تبخر المياه وتوليد الرياح ، تسخين سطح الأرض والمحافظة على التوازن الحراري المطلوب لإدامة الحياة وفقا لمبدأ الثبات Stability principle ، الذي يشير إلي أن حصول أي جسم في البيئة على كمية من الطاقة يؤدي الى حدوث تغير مستمر حتى حصول وضع من التوازن الثابت نتيجة لعمل آلية الاستتباب الذاتي لذلك الوسط Homeostasis . حيث تشمل هذه الآلية محاولة إعادة أي نظام بيئي يتعرض الى تغير إلي وضعه الطبيعي من خلال التنظيم الذاتي لأفراده أو مكوناته غير الحية (المخزون العضوي) لهذا النظام عند تغير الظروف البيئية المحيطة به . ومن خلال العديد من الدراسات استطاع الباحثون متابعة دوران وانسياب الطاقة الشمسية والحرارية ضمن مكونات الأنظمة البيئية المختلفة وإعطاء تفسيرات مقنعه لكيفية حصول هذا التوازن الحراري في مكونات الغلاف الحيوي Biosphere وذلك من خلال حساب ما يسمى بالثابت الشمسي Solar constant ، أي معدل كمية الإشعاع الشمسي الساقط على الحد الخارجي للغلاف الجوي بما يتناسب مع شكل الأرض وزاوية السقوط على الشكل الكروي ، وقد أمكن تقدير طاقة الشمس على مجموع المساحة الخارجية للأرض 3.67×10^{21} سعر/اليوم ولكن ما يستلم في حقيقة الأمر من مجموع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض لا يتجاوز 0.5×10^{9} سعر/اليوم وتتوزع هذه الإشعاعات التي ذكرناها وتنعكس وتمتص وتتشتت بين الغلاف الغازي وغلاف الأرض. (السلمان وآخرون 2007).

ثانيا . <u>سلاسل الغذاء Food chains</u> :

يطلق على عملية انتقال الطاقة الغذائية ، المصنعة بعملية التثبيت العضوي في النبات إلى المستهلكات الأولية ومنها إلى الثانوية التالية وهكذا صعودا إلى المحللات بطريقة الالتهام المباشر أو الترمم بالسلاسل الغذائية .

والسلسلة الغذائية Food chain في حقيقة الأمر هي مخطط توضيحي لسريان الطاقة الغذائية خلال مكونات النظام البيئي كما بينا ذلك سابقا ويمكن التعبير عنه بالشكل المبسط التالي :



ومن هنا نجد ان أفضل السلاسل الغذائية طاقة هي السلاسل العشبية واقلها طاقه هي سلاسل التطفل . وهذا ما يجعل السلاسل الغذائية البرية ذات أكبر طاقة ومادة عضوية من السلاسل المائية وهذا يعود لأسباب عديدة منها :

1. أن السلاسل الغذائية البرية تحصل على الطاقة مباشرة من الضوء المرئي للأشعة الشمسية بينما المائية تحصل على كمية محدده من الضوء الذي يستطيع اختراق الجسم المائي وهذا يعتمد على العديد من العوامل ، كالعكارة وشفافية الماء وعمق المياه ومدى التلوث وغيرها من العوامل .
2. النباتات البرية تحصل على المغذيات النباتية من التربة التي تكون المصدر الرئيسي لأغلب العناصر المغذية والمعادن الهامة عن طريق المجموع الجذري بشكل مباشر عند توفر الماء بينما لا تكون المغذيات دائما متوفرة للنبات المائي وخاصة عندما يكون طافي ، أو نصف غاطس ، او عالق في الجسم المائي ، بل تخضع هذه المغذيات الى قوانين الطفو والغطس والترسيب والإذابة حسب حجم ووزن جزيئاتها .
3. السلاسل الغذائية البرية في الغالب تكون قصيرة ويمكن التحكم بها من قبل الإنسان والحيوانات ذات الصفة الإقليمية والسيادة البيئية وذلك بتحديد مصادر غذائها وحمايتها من الآخرين ، بينما تكون السلاسل المائية طويلة ومتفرعة بالنظر للتنوع الحيوي الهائل داخل الماء ، حيث تشير الدراسات الى أن أكثر من 95% من الحيوانات تعيش في الوسط المائي ولذلك يجب ان تعتمد على بعضها البعض في التغذية . وفي الطبيعة نجد العديد من الأمثلة على السلاسل الغذائية منها القصيرة والمستقيمة ومنها السلاسل الطويلة والمتفرعة كما في الأمثلة التالية :

أعشاب بريه ــ حشرات ، أو أعشاب ـــ طيور ، أو أعشاب ـــ أغنام .

وعندها تكون السلسلة قصيرة وعالية الطاقة في حالة عدم تعرض كل من هذه المستهلكات الى عمليه افتراس ويمكن ان تصبح السلسلة :

أعشاب -- حشرات ــ طيور ــ طيور مفترسه ـ ثعالب ــ اسود - طفيليات .

عندها تصبح السلسلة طويلة ومكونه من 7- 8 مستويات من التغذية ، كذلك يمكن أن نجد السلسلة متفرعة في البيئة البرية :

طيور ــ ثعالب ــ اسود ــ طفيليات
أعشاب جراد ــ طيور ــ طيور مفترسه عليا ــ طفيليات طيور
أغنام ــ ذئاب ــ طفيليات

أو في البيئة المائية :

حشرات مائية ــ طيورــ كلب الماء
طحالب قشريات صغيره ـ وكبيرة ـ اسماك صغيره ـ اسماك كبيرة - الإنسان
اسماك صغيره ــ طيور مائية ــ الإنسان.

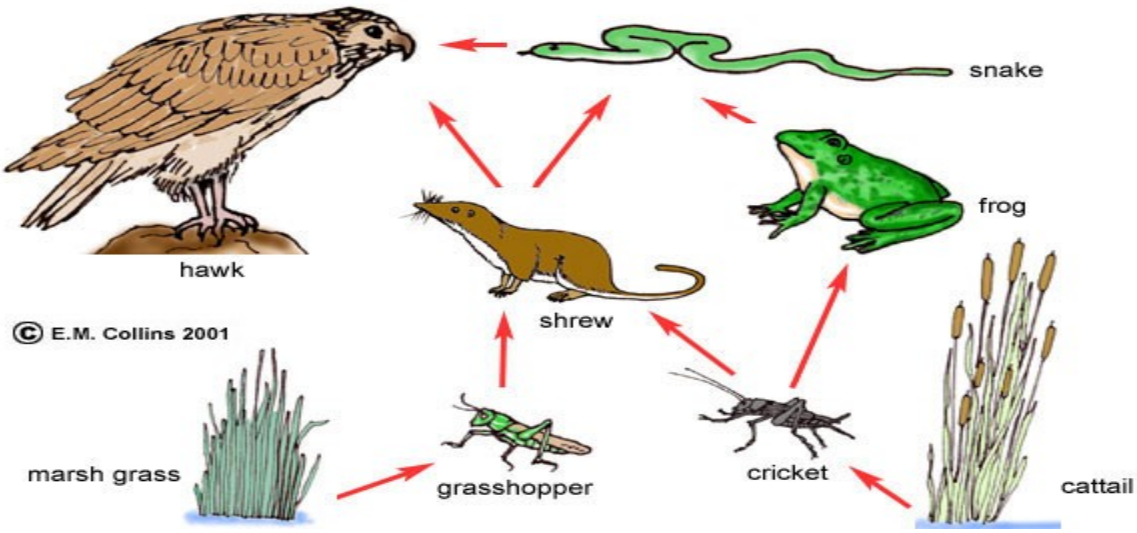
تقسيم السلاسل على اساس العلاقات الغذائية:

تقسم اللاسل الغذائية الى عدة انواع على اساس طريقة الحصول على الغذاء والعلاقة بين الاحياء في طريقة التغذية على بعضها البعض، حيث تعتبر الكائنات ذاتية التغذية (Autotrophic) هي قاعدة السلسلة الغذائية في أي نظام بيئي ، تتغذى عليها الحيوانات آكلة الأعشاب والحشائش والأجزاء النباتية المختلفة ، وتقوم بتحويل الطاقة المختزنة على شكل مادة عضويه في أجزاء النبات الداخلة في غذائها وتحولها إلى طاقه مخزونة في أنسجة الجسم المختلفة ، وهذه تسمى بالسلسلة الرعوية grazing food chain . وهذه الحيوانات تصبح غذاء لحيوانات أخرى وتأخذ الطاقة التي خزنت في أنسجتها الحيوانية لتحولها إلى طاقة ومواد عضوية جديدة تخزن في أنسجتها ، وتسمى هذه السلسلة الغذائية بسلسلة الافتراس predator food chain . وتتكون هذه السلسلة من مستهلك أول أو ثاني أو ثالث حتى تبلغ مستوى المستهلكات العليا Top consumers ، كذلك يظهر نوع آخر في العلاقة الغذائية في حالة المستهلكات والمفترسات العليا التي لا توجد لها مفترسات في البيئة فهي اما ان تموت وتتحلل وتتغذى عليها الكائنات الناضحة Osmotrophs او المحللات كالبكتريا والفطريات وتعيد محتوياتها للتربة وتنشأ حينها السلسلة الغذائية الحطامية أو الرمية detritus food chain أو تتطفل عليها طفيليات داخلية أو خارجية وتحصل على كميه محدودة من الطاقة نتيجة لتعقد السلسلة الغذائية . كما يظهر نوع آخر من الطفيليات على النباتات وبذلك تحصل على كميه كبيرة من الطاقة من مصدرها المباشر ، وقد يحصل ان تتطفل مجاميع أخرى من الطفيليات على هذه الطفيليات النباتية والحيوانية وتعمل على تدميرها والاستفادة من الطاقة الغذائية الموجودة فيها

ومهما يكن شكل العلاقة هنا فأن السلسلة الغذائية تسمى بالسلسلة الغذائية الطفيلية ((Parasitic food chain .

الشبكة الغذائية:Food web

وهي عبارة عن مجموع تداخل مكونات السلاسل الغذائية بين الأحياء على شكل شبكة متداخلة من العلاقات السلبية والايجابية من اجل الحصول على الغذاء وتأمين تدفق الطاقة اللازمة لإدامة الحياة ، ويطلق على هذا التداخل والتشابك بين السلاسل الغذائية في البيئة مفهوم شبكات الغذاء أو الشبكة الغذائية.



مخطط لشبكة غذائية

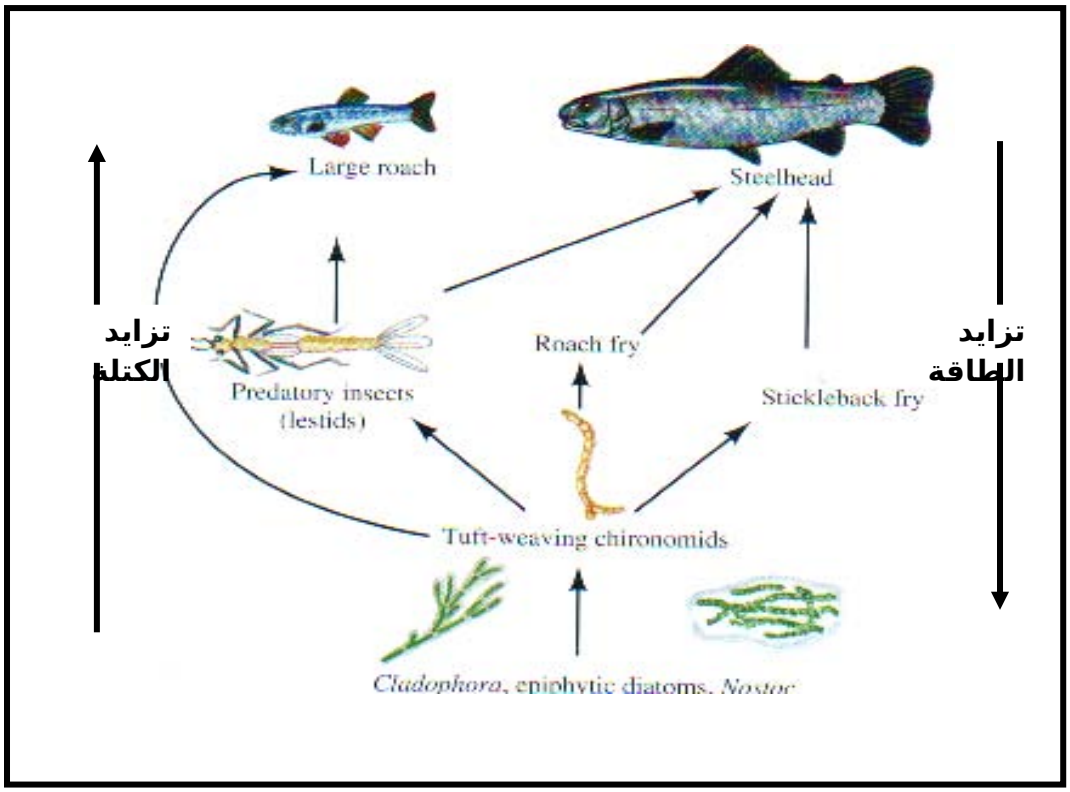
الكفاءة البيئية:

ويمكن حساب الكفاءة البيئية Ecological Efficiencies لأي مستوى غذائي في اية سلسلة غذائية **(والتي تعني من وجهة نظر بيئية بأنها النسبة المئوية من الكتلة الحية Biomass التي يتم نقلها من أية مستوى غذائي إلى المستوى الغذائي الذي يليه)** وفق المعادلات التاليه والتي وضعها الباحث Smith 1980 وطورها الباحث Sakalov 1996 :

$$\text{الكفاءة البيئية} = \frac{\text{مقدار الطاقة الواصلة لأي مستوى } (n-1)}{\text{الطاقة المأخوذة من المستوى } (n)}$$

حيث أن n تمثل المستوى الغذائي و (n-1) هو المستوى الذي يلي المستوى المنتقلة منه الطاقة . فمثلا إذا كان النبات يمثل مستوى أول (n) فأن المستهلك الأول آكل النبات يكون (n+1)) أما إذا كانت العلاقة بالعكس من الأعلى الى الأسفل تصبح (n-1) .

وقد أثبتت الدراسات بأن الكفاءة البيئية تختلف باختلاف النوع البيولوجي والجماعة السكانية بسبب تباين كفاءة الأنواع المكونة لها من حيث العمر الفسلجي ، نشاط الأيض ، الكتلة الحية والفعالية البيئية والمركز البيئي وغيرها من الصفات التي تؤثر على أداء عمل الجماعة . وبالتالي تؤثر على كفاءة المجتمع الحيوي Biocommunity فمثلا وجد في البحوث التطبيقية بأن اللافقاريات أكفأ من الفقاريات في مقدار تحويل الطاقة التي يتم تخزينها في الأنسجة الجسمية ، والأوليات أكثر كفاءة من اللافقاريات العليا ، وهكذا تزداد هذه الفعالية كلما كان الكائن الحي في بداية السلسلة الغذائية ، وكما يلاحظ في الشكل (5-9) التالي :


Large roach
Steelhead
تزايد
الكتلة
Predatory insects
(Iestids)
Roach fry
Stickleback fry
تزايد
الطاقة
Tuft-weaving chironomids
Cladophora, epiphytic diatoms, Nostoc

6

الإنتاجية الحيوية *Biological Productivity*

1. الإنتاجية وعلاقتها بالطاقة البيئية
2. الإنتاجية الأولية والإجمالية
3. إنتاجية المجتمع الحيوي
4. مستوى الإنتاجية بين النظم البيئية

5- العوامل المؤثرة على الإنتاجية الحيوية

6- طرق قياس الإنتاجية الحيوية

7- تطبيقات بيئية لتطوير وزيادة الإنتاجية

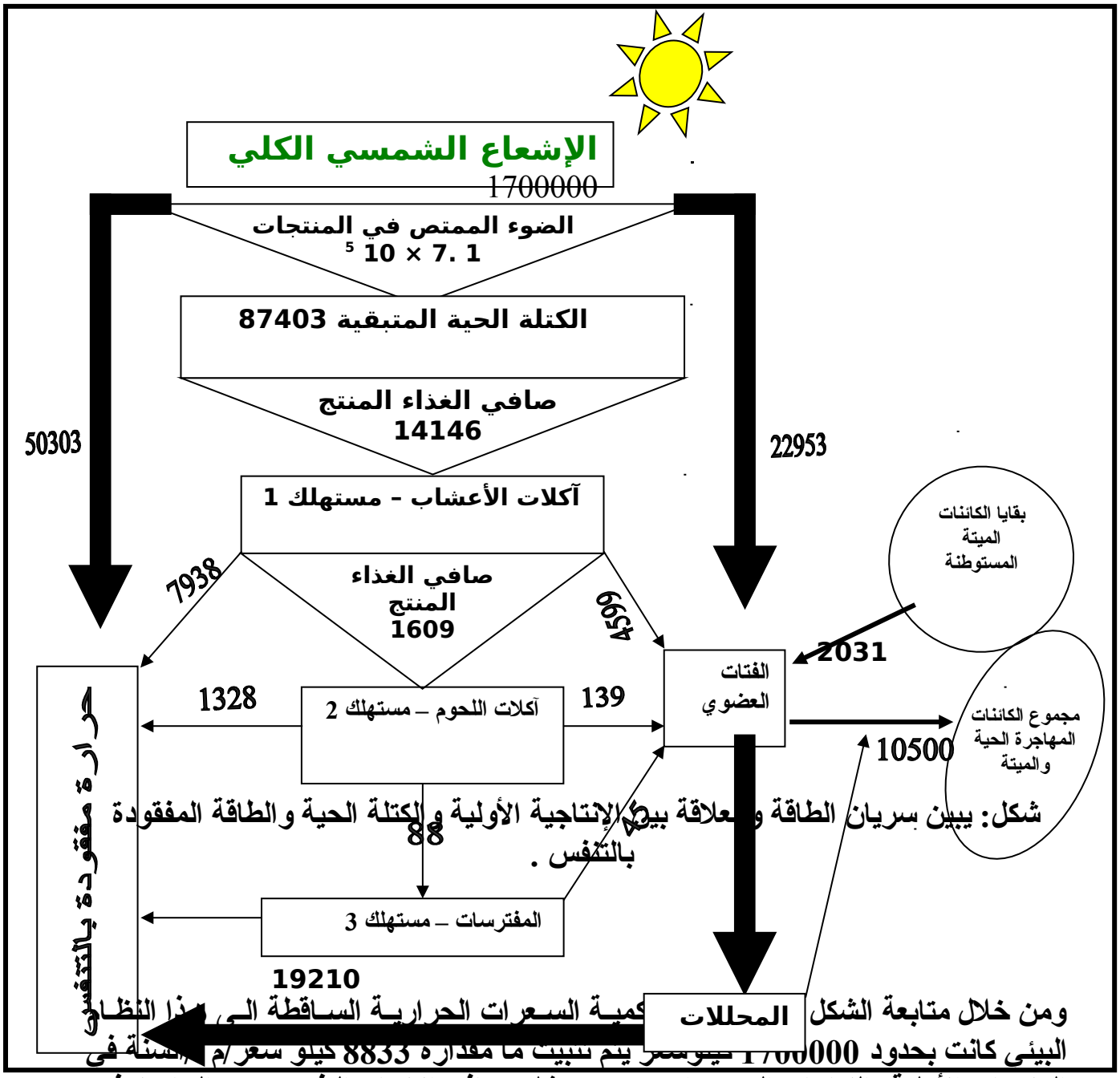
أولا . مفهوم الإنتاجية الحيوية Concept of productivity :

يعرف علماء البيئة وعلماء الحياة مفهوم الإنتاجية البيولوجية الأولية أو الأساسية Basic or primary productivity لأي نظام بيئي او مجتمع حيوي او جزء منهما بأنها المعدل الذي تخزن فيه الطاقة الإشعاعية Solar radiation بواسطة عملية البناء الضوئي Photosynthesis والتركيب الكيمائي للكائنات المنتجة Producers وبصوره رئيسية (النباتات الخضراء) على شكل مادة عضوية يمكن استخدامها كمصدر او مادة غذائية من قبل الأحياء الأخرى . ومن خلال التعريف نلاحظ أن الباحثين في مجال البيئة يؤكدون على حساب المعدل العام للإنتاج الحيوي وهذا يعني حساب الزمن الذي تجري فيه هذه العملية الحيوية ، وأن تلك العملية تحصل بدرجات متفاوتة في المنتجات المختلفة وتتأثر بالعوامل المرتبطة بالكائن الحي من جهة وخصائص الوسط البيئي من جهة أخرى . حيث وكما أشرنا سابقا في موضوع الطاقة بأن النباتات سواء البرية منها أو المائية تحتوي على صبغات تمثيلية متباينة تختلف في قدرتها على امتصاص وتثبيت الضوء . كما أن عملية البناء الضوئي ذاتها تشترك فيها عوامل أخرى منها الماء H_2O وثاني أكسيد الكربون ، والعناصر المغذية الأساسية في التربة . لذلك فالإنتاج الحيوي هو عبارة عن عملية مستمرة ترتفع أو تنخفض قيمها استنادا الى المعطيات التي ذكرناها بالإضافة الى طبيعة العمر الفسلجي للكائن الحي ، فهو يكون عالي الإنتاج في السنوات المبكرة اذا كان معمرا او الأيام الأولى اذا كان ذو دورة حياة محدودة (كالنباتات الحولية أو الطحالب ، والأعشاب الفصلية وغيرها) ويصبح قليل الإنتاج عندما يتقدم بالعمر أو تقل مادته الخضراء لأي سبب من الأسباب .

وعلى هذا الأساس يؤكد علماء البيئة على ضرورة التفريق بين مفهوم الإنتاج كمفهوم مجرد (Yield) ومفهوم الإنتاجية . فالأول سواء كان كيمائي او صناعي ، هو عبارة عن عملية محسوبة تبدأ برقم وتنتهي برقم ، أو تفاعل تشترك فيه عدة مواد وعناصر تنتج كميه معينه على أساس القوانين الكيمائية والفيزيائية الخاصة بذلك . كأن نقول ان هذا المصنع ينتج (ألف قطعه من اللدائن المختلفة) وتحتاج لإنتاجها على سبيل المثال ثلاثة أطنان من الحبيبات من المطاط الصناعي ، وكمية من المواد الملونة ومواد مثبته ودرجات حرارة محدودة وهكذا فهذا يسمى أنتاج Yield . اما في البيئة ومجتمعاتها الحية فإننا نحسب

الإنتاجية الحيوية من خلال حساب إنتاجية النوع الواحد أو مجموع الأنواع المكونة لهذا المجتمع الحيوي خلال فترة معينة من الزمن وذلك بحساب كمية المادة العضوية التي قام النظام البيئي وأفراده بتثبيتها في أنسجة كائناته المنتجة على شكل غذاء عضوي ($C_nH_nO_n$) حيث (n) هنا ترمز الى عدد الذرات وطبيعة المركب العضوي المثبت خلال ساعات سطوع الشمس وتوفر الطاقة الشمسية أو عن طريق أكسدة المركبات كما تعمل بعض أنواع البكتريا التي سيتم شرحها لاحقا . وهنا يجب ان نحسب معدل الإنتاجية بوحدة الزمن المستغرق للتثبيت فنقول كمية الإنتاجية في اليوم أو الأسبوع أو السنة وهكذا . وهو عملية حيوية مستمرة طوال فترة الحياة لأنها تحصل في الكائنات المنتجة التي هي جزء أساسي من السلاسل الغذائية الموجودة في البيئة .

كذلك يرى علماء البيئة ضرورة أن يفرق الدارسون والباحثون في مجال علم البيئة بين مفهومين آخرين هما الكتلة الحية Biomass أو المحصول الراهن Standing crop لأن هذه الكتلة المحسوبة في عالم الأحياء المعتمدة التغذية Heterotrophic organisms هي عبارة عن استهلاك للمادة العضوية التي تحصل عليها هذه الأحياء من المنتجات ، وأثناء تكون تلك الكتلة الحية يتحول قسم كبير من هذه المادة العضوية الى طاقة حرارية ويبقى الجزء الأصغر منها على هيئة طاقة كيميائية كامنة في بروتوبلازم الخلايا الجديدة المضافة لجسم الكائن ، وأن هذه الخسارة بالطاقة التي هي بمعناها الحيوي (الإنتاجية البيولوجية الأولية الصافية NPP) تحصل بكل خطوة انتقال عبر السلاسل الغذائية التي تم وصفها في السابق . وما يؤكد هذه الحقيقة ما قام به الباحث Odum عام 1971 من دراسات تطبيقية لحساب الخسارة في الطاقة المتحولة الى كتله حيوية من خلال متابعة كمية الطاقة الساقطة على منطقة ينابيع سيلفر المائية في ولاية فلوريدا الأمريكية كما يظهر في الشكل التالي:



شكل: يبين سريان الطاقة والعلاقة بين الإنتاجية الأولية والكتلة الحية والطاقة المفقودة بالتنفس .

ومن خلال متابعة الشكل نلاحظ كمية السعرات الحرارية الساقطة الى هذا النظام البيئي كانت بحدود 1700000 كيلوسعر يتم تثبيت ما مقداره 8833 كيلو سعر/م^2/السنة في المنتجات الأولية (النباتات الخضراء) وهي تمثل صافي الإنتاج الذي وجده الباحث في أجسام النباتات (المعدل العام) للإنتاجية ، اما الجزء الباقي من السعرات تتوزع على جزئين ، جزء استهلك في التنفس وإدامة النشاطات الأيضية وبلغ 11977 كيلوسعر/م^2 ، بينما الجزء الآخر ويمثل 5465 كيلوسعر/م^2 كان على شكل طاقه مفقودة من أجسام النباتات على شكل مخلفات (أوراق متساقطة ، ثمار ، أزهار ، أجزاء من الساق ، الجذور ،

تتحلل بواسطة الأحياء المجهرية وتتحول الى مواد عضوية يحملها تيار الماء الى مواقع أخرى) . وعند حساب الطاقة والكتلة الحية في المستوى الثاني ، الحيوانات آكلات الأعشاب (المستهلكات الأولية) وجد أن الغذاء الذي استهلكته كان فقط 3368 كيلوسعر/م ^{2}/السنة وان مجموع صافي إنتاجيتها كان 1478 كيلوسعر/م ^{2} السنة وباقي الغذاء والسعرات توزعت كطاقة مفقودة للتنفس وكانت بمقدار 1890 كيلوسعر و 1095 كيلوجرام مخلفات جانبيه طرحت للبيئة المجاورة ، على شكل مخلفات سائلة او صلبة مثل القشور والأصداف والزوائد جسمية ، وغير ذلك .

وعند متابعة مسار انتقال الطاقة ومقدار الاستهلاك في المستوى الثالث (آكلات الحيوانات الدنيا) أي المستهلكات الثانوية نجد ان مستوى استهلاك الطاقة كان فقط 383 كيلوسعر/م ^{2}/السنة وكانت الطاقة المفقودة في التنفس 316 كيلوسعر وكان صافي الإنتاجية 67 كيلوسعر/م ^{2}/السنة . وعند الانتقال الى المرحلة الرابعة (المستهلكات الثالثية) نجد أن هذه الكميه الـ 67 كيلوسعر أصبحت 21 كيلو سعر/م ^{2}/السنة . لأن 46 منها ذهبت كمخلفات جانبيه ، وهكذا تجزأ الـ 21 كيلوسعر الى 15 كيلوسعر للتنفس و 6 كيلوسعر صافي الإنتاجية في أعلى السلسلة الغذائية تحولت بعد موت المحللات الى فضلات جانبيه طرحت الى البيئات المجاورة . وعند حساب المحصلة النهائية للطاقة التي استخدمت للتنفس (كجزء مستهلك) من المادة العضوية نجد ان معدلها العام كان 14198 كيلوسعر وما طرح كمخلفات جانبيه بمختلف أشكالها نباتية أو حيوانية كانت بمقدار 6612 كيلوسعر أي أن كمية المادة العضوية التي ثبتت بالمنتجات في المستوى الغذائي الأول والتي كانت بمقدار 20810 طرح منها أكثر من ثلاثة أرباع الكمية لغرض التنفس وإدامة الايض الخلوي ، والربع الأخر هو الذي تم تدويره على شكل ماده عضويه غذائية بين المستويات المختلفة للسلاسل الغذائية التي درست والتي طرحت في النهاية على هيأت مخلفات نقلت الى البيئات الأخرى مع تيار الماء وهي في نفس الوقت للنظام البيئي الأصلي . ومن هنا يصبح من الضروري التفريق بين عدة مفاهيم أساسية تدخل ضمن مفهوم الإنتاجية البيولوجية هي (الإنتاجية الأولية الإجمالية Gross Primary Productivity : GPP والإنتاجية الأولية الصافية (الإنتاج الصافي) Net Primary Productivity : NPPوالإنتاجية الإجمالية للمجتمع الحيوي Net Community Productivity : NCP والإنتاجية الثانوية Secondary Productivity ، SP) ولغرض تحقيق فهم هذه الأركان الأساسية للإنتاج الحيوية يجب توضح العلاقات المشتركة والمتداخلة بين هذه المفاهيم البيئية .

<u>الإنتاجية الأولية الإجمالية</u> :

تقوم النباتات الخضراء وكافة الأحياء الأخرى كالأوليات السوطية النباتية Phytomastigophora كاليوجلينيات ومجموعة ثنائية الاسواط الدوارة Dinoflagellates وأنواع مختلفة من البكتريا الحاوية على صبغات كالبكتريا الخضراء ، والأرجوانية ، وغيرها من الأحياء التي تتميز بالمقدرة على امتصاص وتثبيت الإشعاع الشمسي وتحويله الى مادة غذائية عضوية بعملية البناء الضوئي Photosynthesis ، أو من خلال أكسدة بعض المركبات والعناصر كالحديد ، الكبريت وغيرها والقيام بتصنيع مادة

عضوية مشابهة لما يتم تثبيته في الحالة الأولى ولكن بطريقه تسمى التثبيت الكيميائي Chemosynthesis كما تفعل بكتريا الكبريت ،وبكتريا الحديد ، والعديد من الطحالب الخضراء المزرقة او البكتريا الطحلبية Cyanophyta في الظروف اللاهوائية من خلال أكسدة كبريتيد الهيدروجين H_2S واستخدام الطاقة الناتجة من الكبريت في الحصول على الطاقة اللازمة لتصنيع المادة العضوية ، كما يحصل في البكتريا الموجودة في قاع البحار والمحيطات والتي قدرت بعض الدراسات بأنها توفر ما مقداره 25% من مجموع الإنتاج العضوي في البيئة البحرية ، لذلك فأن الإنتاجية الأولية الإجمالية GPP يمكن تعريفها بأنها المعدل الكلي للتركيب الضوئي Total Photosynthesis والكيميائي Total Chemosynthesis الذي يمثل مقدار المادة العضوية المثبتة في خلايا وأنسجة أجسام المنتجات Producers المختلفة في فترة زمنية معينة في مساحه معينه من البيئة البرية او حجم معين من البيئة المائية بما فيها الكميه التي تستخدمها هذه الكائنات لغرض التنفس أثناء فترة قياس الإنتاجية. **ولهذا تستخدم وحدات وطرق مختلفة لقياس معدل الإنتاجية أهمها :**

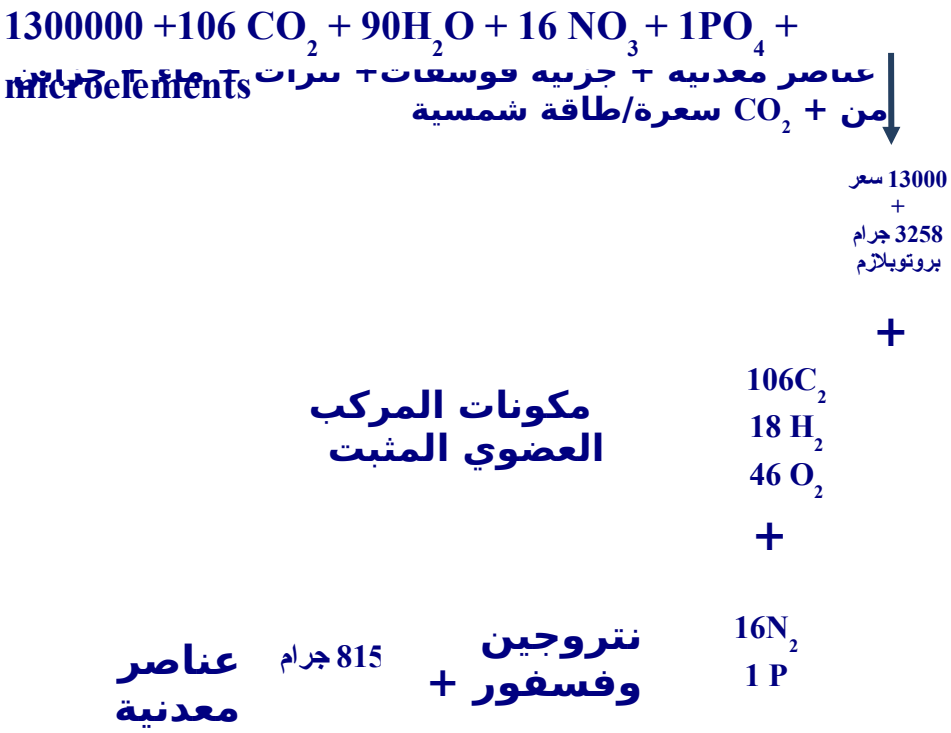
1- وحدات الطاقة الحرارية (السعرات) في وحدة المساحة في وحدة الزمن كأن نقول سعر أو كيلوسعر/ م ^{2}/السنة مثلا أو كيلوسعر/م 3/السنة .

2- استخدام وزن النسيج المثبت للمادة العضوية (كمية الغذاء المثبت) كوزن في وحدة الزمن على وحدة المساحة أو الحجم ، فنقول أن الإنتاجية تساوي جم/م 2/السنة أو جم/ م 3/السنة حسب نوع الوسط البيئي ، حيث تستخدم العلاقات الأولى لقياس الإنتاجية في البيئة البرية ، والعلاقات الأخيرة لحساب الإنتاجية في الأوساط المائية .

وقد جرت محاولات عديدة في البيئة لحساب هذه الإنتاجية الإجمالية والعوامل التي تشترك فيها وخاصة في النباتات الخضراء لأنها يمكن أن تخضع بشكل مباشر لعملية القياس رغم صعوبة هذه العملية ، اما في الأحياء المجهرية فأن الأمر يصبح أكثر تعقيدا وذلك لقصر دورة حياتها من جهة وسرعة تحولها خلال الدورة العضوية للمادة في البيئة . ولذلك نلاحظ ان أغلب جهود الباحثين قد توجهت لمحاولة حساب الإنتاجية النباتية Plant Productivity ، ومنها محاولات الباحث كلارك (Clark, 1942) من خلال متابعته وتحليله لأركان المعادلة الأساسية في عملية البناء الضوئي في المنتجات.

$$+C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[\text{صبغات تمثيلية}]{\text{طاقه شمسية}} 3\,CO_2 + 6\,H_2OO\,6$$

وبما أن نواتج عملية البناء الضوئي تتمثل بإنتاج المادة الكربوهيدراتية $C_6H_{12}O_6$ فإن قسم منها يستخدم للتنفس وإدارة النشاط الأيضي والقسم الآخر يستخدم للنمو وبناء البروتوبلازم الخلوي بعملية التمثيل الذاتي في المنتجات ولهذا فإن هذه المعادلة يمكن قياسها نظريا من خلال القيام بعملية تحليل كيميائي وحساب عدد ذرات كل عنصر من العناصر المشتركة في تكوين نواتج عملية البناء الضوئي بالاضافة الى عمل نفس الشئ مع مصدر الطاقة الضوئية وبقية المكونات كمركب الماء والغازات التنفسية وغيرها من المدخلات والمخرجات المشاركة في هذه العملية وكما يتبين من الشكل التالي :



ولكن هذه المعادلة النظرية عند تطبيقها على ارض الواقع في الأنظمة البيئية نجد أن هذه القيم تتغير باستمرار ، وسبب ذلك أن الإنتاجية متغيره باستمرار بسبب التغير المستمر في مستويات تدفق الطاقة واختلاف مستويات استغلالها نتيجة لتغير عوامل البيئة من جهة وتغير الخواص الوظيفية للكائنات المنتجة ذاتها . لذلك فأننا عندما نحسب الإنتاجية او معدلها فيجب ان نحسب الإنتاجية الأولية الصافية (NPP) الفعلية الموجودة في أنسجة المنتجات . والتي تعرف على انها الإنتاجية الأولية الكلية أو الإجمالية GPP مطروحا منها ما استهلكته المنتجات في عملية التنفس والنشاط الأيضي وإدامة الحياة وتحسب وفق المعادلة التالية :

الإنتاجية الأولية الصافية = الإنتاجية الأولية الإجمالية ـ طاقة التنفس - NPP = GPP
Respiratory (R)

وتأخذ نفس الوحدات التي أشرنا اليها في حساب الإنتاجية الإجمالية .

<u>إنتاجية المجتمع الحيوي:</u>

بما أن المجتمع الحيوي Biocommunity يتكون من أنواع عديدة من الأحياء المنتجة التي تعود الى جماعات سكانية Populations مختلفة كذلك ، نجد ان هذه المجتمعات البيئية تختلف في مقدار إنتاجيتها وفقا لهذه المعايير النوعية والكميه للأحياء ومصادر الطاقة والعناصر المغذية وعوامل الحرارة والرطوبة وغيرها من العوامل ومن هنا فإن وصف إنتاجية أي مجتمع حيوي يجب ان تعتمد صافي الإنتاجية لهذا المجتمع والتي تسمى Net Community production (NCP) والتي تمثل معدل خزن المادة العضوية (غير المستعملة) من قبل الكائنات المستهلكة معتمدة التغذية Heterotrophic اي بمعنى

آخر صافي الإنتاجية الأولية المنقول الى المستهلكات مطروحا منه ما تستهلكه هذه الأحياء خلال فترة الدراسة للإنتاجية والتي تكون عادة فصل نمو او سنه كاملة وتصبح بذلك (معدل الاستهلاك (NCP = NPP - .

وعلى هذه الأسس تصنف المجتمعات الحيوية التي تشكل مع الجزء غير الحي على انها أنظمة بيئية متميزة (مراعي ، بحيرات ، غابات ، واحات ، أراضي زراعية وغيرها من الأنظمة) ومجموع هذه الأنظمة يشكل المناطق البيئية ، وتوصف بأنها أنظمة عالية أو متوسطه أو فقيرة الإنتاجية . وهذا ما تؤكده الدراسات البيئية التي تشير الى ان الأنظمة المستقرة الجيدة الإنتاجية تتراوح فيها كمية المادة العضوية المثبتة بين 0 .5-2جم/م ^{2}/اليوم وقد تصل في أقصى حالات النمو الى 60 جم/ م ^{2}/اليوم تبعا لنوع البيئة ، وكمية ونوعية الغطاء النباتي وطبيعة الأوراق وكمية المغذيات ومستوى الطاقة الشمسية الواصلة لهذه الأنظمة . وقد وجد العلماء من خلال العديد من الدراسات بأن الإنتاجية الصافية الطبيعية تشكل حوالي 50% من الإنتاجية الإجمالية للنظم البيئية ومجتمعاتها الحيوية المختلفة ، وذلك نتيجة للتحولات التي تحصل للأحياء والطاقة خلال مواسم النمو ، فمثلا وجد بأن 50% من الإشعاع الشمسي اليومي يتحول الى أنتاجية حيوية إجمالية GPP في الجزء الشمالي من الكرة الأرضية وأن أكثر من 50% منه قد يبقى كإنتاج أولي صافي NPP خلال 24 ساعة ، ولكن الواقع العملي يؤكد بأنه لا يمكن الاحتفاظ بهذه النسبة أو المعدلات اليومية المرتفعة في المناطق الأخرى رغم أن كمية الطاقة الشمسية وساعات الإضاءة أطول كما هو في الجزء الجنوبي ، وذلك لأن المتغيرات خلال الدورة السنوية لمواسم النمو كبيرة وأن الكائن المنتج يتعرض فيها الى إجهاد بيئي Ecological stress عالي يؤدي الى فقدان جزء كبير من إنتاجيته للمحافظة على بناء الجسم وكنوع من المقاومة والمرونة البيئية للتغلب على هذه الظروف وهذا ما يؤكده العديد من الباحثين كما في الدراسة المقارنة التالية :

الاشعاع الشمسي الواصل للنظام البيئي (كيلوسعر/السنة)	نوع النظام البيئي	الإنتاج الأولي الإجمالي	الإنتاجي الأولي الصافي
10000	المناطق الخصبة المعتدلة	50000	40000
10000	المحيطات المكشوفة	10000	5000
10000	مناطق جافة	1000	500
10000	معدل البيئة الحية	2000	1000

من الجدول نلاحظ أن عوامل الاختلاف ليس في مصدر الطاقة الذي تتعرض له هذه الأنظمة البيئية المشار إليها فهو ثابت(10000 كيلو سعر/ السنة) ولكن الاختلاف في عوامل الرطوبة والحرارة والمغذيات كماً ونوعاً بين هذه المواقع ، وهذه العوامل وغيرها التي يطلق عليها الباحثون بعوامل الطاقة المساعدة للإنتاجية أو مرادفات الطاقة Energy subsidy هي التي تؤثر في تتباين قيم الإنتاجية الحيوية في مناطق العالم المختلفة ، وعلى

أساس العلاقة بينها وبين الطاقة الشمسية يختلف مستوى تخزين المادة العضوية وصافي الإنتاجية في البيئات بما فيها حتى الواقعة في نفس الإقليم الحيوي .

. مستوى الإنتاجية بين النظم البيئية :

تقسم الأنظمة البيئية في الطبيعة على اساس كمية الانتاج العضوي المثبت والقدرة على استغلال الطاقة البيئية المتاحة وتحويلها لطاقة غذائية الى أربعة مستويات إنتاجية هي :

1 . النظم البيئية عالية الإنتاجية:

هي النظم البيئية التي تتراوح الإنتاجية الحيوية فيها على أساس استخدام وحدات الطاقة الحرارية في وحدة المساحة في وحدة الزمن مابين 10000 الى 25000 كيلوسعر/ م ^{2}/السنة ، وتتمثل هذه الأنظمة في المناطق الموجودة في المناطق المعتدلة والمناطق الاستوائية التي تكون فيها درجات الحرارة والرطوبة غير ضاغطة بشكل مؤثر على الكائنات المنتجة ، وكذلك توفر المغذيات النباتية و المعدنية بصورة مستمرة مما يؤمن التزود بالطاقة الشمسية ومساعدات التدفق في الطاقة أو مرادفات الطاقة التي تم وصفها سابقا ، تتواجد هذه الأنظمة في الغابات الاستوائية المطيرة والمحميات البيئية والأراضي التي تخضع الى عمليات ميكنة زراعية مثالية Mechanized agriculture .

2 . النظم البيئية متوسطة الإنتاجية :

وتشمل الأنظمة والمواقع البيئية التي تكون فيها الإنتاجية الكلية (GPP) تتراوح ما بين 3000-10000 كيلوسعر/م ^{2}/السنة ، وتتميز مثل هذه الأنظمة بأن عوامل الحرارة والرطوبة والمغذيات المساندة فيها لا تكون محدودة بدرجه مؤثره على الأحياء المنتجة . تشاهد مثل هذه الأنظمة في مناطق الغابات المعتدلة والبحيرات قليلة العمق (الضحلة) جيدة المحتوى العضوي وأراضي الحشائش في المناطق الرطبة والمناطق الساحلية التي تنتظم فيها ظاهرة المد والجزر وبعض المزروعات الحقلية المسيطر عليها والتي تخضع لنظام تزويد طاقي موجهة من خلال استخدام الدورات الزراعية المتعاقبة وعمليات التسميد المختلفة

3 . النظم البيئية القليلة الإنتاجية :

هي النظم البيئية التي تتراوح فيها الإنتاجية الكلية GPP مابين 500-3000 كيلو سعر/ م ^{2}/السنة ، وتتميز هذه النظم بأن العوامل المساعدة للطاقة لا تكون ميسره بدرجه كافيه للأحياء المنتجة وأن العوامل البيئية المحيطة يكون تأثيرها ملحوظ أثناء تغير الفصول ، وخاصة (فصول النمو) ويمكن مشاهدة مثل هذه الأمثلة البيئية في مناطق الأحراش (السفانا) المختلفة والغابات الفقيرة الغطاء النباتي ومناطق الشجيرات والأراضي الزراعية ذات الترب الفقيرة كما في الأراضي الرملية والبحيرات الفقيرة الإنتاجية كما في بعض البحيرات والواحات الصحراوية في جنوب ليبيا وبحيرة ساوه في جنوب العراق والقنوات سريعة الجريان كما في العديد من روافد نهري دجلة والفرات التي تمر بالمناطق الجبلية وبعض الأنهار ذات المجرى الصخري أو التي تمر بأراضي عالية الملوحة .

4 . النظم البيئية الفقيرة (أو منخفضة الإنتاجية) :

هي الأنظمة التي نطلق عليها بالأنظمة البيئية المتطرفة المناخ والقاسية الظروف البيئية والتي تظهر بوضوح فيها عمليات الإجهاد البيئي والفسلجي للكائنات المنتجة سوءا من

مصادر الطاقة الشمسية ذاتها من حيث الشدة او الانخفاض الواضح أو من العوامل المساعدة كالحرارة والرطوبة والمغذيات ووصولها الى مستويات فوق أو دون طاقة التحمل في بعض الأوقات من السنة ، متمثله بالجفاف الشديد أو البرد الشديد ، والحرارة الشديدة ، لذلك يكون فيها مستوى الإنتاجية الكلية (GPP) دون 500 كيلوسعر/م ^{2}/السنة . وتتمثل هذه الأنظمة في مناطق الصحارى الجافة والصحارى الباردة (التندرا في المناطق القطبية) والمناطق المفتوحة من البحار والمحيطات والبحيرات الصحراوية كبحيرة (قبرعون) في جنوب ليبيا ، حيث تتميز هذه المواقع بقلة التنوع الحيوي وسيادة الانواع المرنة بيئيا . ويصبح الأمر أكثر وضوحا عندما نستعرض الدراسات الميدانية والاحصائية التي قام بها العديد من الباحثين والمؤسسات البحثية لغرض المقارنة بين هذه النظم البيئية المتوفرة على سطح الكره الأرضية ونتبين العلاقة بين مساحتها وإنتاجيتها السنوية وعلاقة إنتاجيتها الحيوية بالظروف البيئية السائدة وكما يتضح من جدول المقارنة التالي بين انتاجية نظم بيئية مختلفة:

جدول يبين المعدلات العامة للإنتاجية الحيوية للنظم البيئية الأساسية في العالم :

البيئة	نوع النظام البيئي	المساحه/ن كم ^{2}	الإنتاج الاولي *	مجموع الإنتاج الإجمالي **
البيئة المائية Aquatic Environment	مناطق أعالي البحار .	326.0	1000	**32.6**
	الشواطيء الاعتيادية .	340.0	2000	**6.8**
	الشواطيء النشطة المنتجة	0.4	6000	**0.2**
	الخلجان و الموانى .	2.0	20000	**4.0**
	المجموع الكلي للمياه	**362.4**	_	**43.6**
	الصحارى الحارة والباردة .	40.0	200	**0.8**
	المروج والمراعي .	42.0	2500	**10.5**
	الغابات الجافة .	9.4	2500	**2.4**
	الغابات المخروطية الشمالية	10.0	3000	**3.0**
	الأراضي الزراعية غير الممكنة .	10.0	3000	**3.0**
	الغابات الرطبة المعتدلة .	4.9	8000	**3.9**
	المناطق الزراعية الممكننة	4.0	12000	**4.8**
	الغابات الاستوائية وتحت الاستوائية	14.7	20000	**29.0**
	المجموع الكلي لليابسة	**135.0**	_	**57.2**
	المجموع النهائي للبيئة الحية ماعدا (الأنهار الجليدية القطبية)	**500.0**	**2000**	**100.0**

ونلاحظ من معطيات الجدول السابق ان الإنتاجية في مناطق البيئة اليابسة تتأثر بشكل واضح بعامل الجفاف والحرارة و الرطوبة ، بينما في البيئة المائية يكون عامل المغذيات النباتية هو المؤثر الأكبر ، وبالرغم من الفارق الواسع بين المساحة المائية واليابسة إلا إن إنتاج البيئة الثانية حوالي 500 مره اكبر من إنتاج البيئة الأولى اذا قدرنا صافي الإنتاجية ، وذلك لان أكثر من 90% من المادة الحية يتراكم في النباتات المعمرة وخاصة الأشجار والشجيرات ، وتزداد الإنتاجية الأولية المسماة الإنتاجية النباتية Plant Productivity . كلما زادت المساحة الورقية (متر مربع اوراق) حتى يصل في تجمعات اليابسة بين 150-300 جم/ م ^{2}

اوراق/سنة في البيئات المعتدلة وتنخفض لتصل بين 50- 150 جم/ م ^{2} اوراق/ سنة في مجتمعات المناطق الجافة والباردة للبيئة البرية .أما في البيئات المائية والتي تساهم بما مقداره 33% من مجموع الإنتاج الأولي للغلاف الحيوي Biosphere فإن هذه الإنتاجية تتوزع بين المسطحات والكتل المائية العذبة والمالحة بأنواعها المختلفة .

. العوامل المؤثرة على الإنتاجية الحيوية:

تتأثر الإنتاجية الحيوية سلبا أو إيجابا بالعديد من العوامل البيئية المحيطة بالكائن الحي سواءً في البيئة اليابسة أو البيئة المائية ، ولكن تأثير هذه العوامل منفردة او مجتمعة يزداد أو يقل بناءً على طبيعة التداخل بين هذه العوامل وسرعته وتأثيره على الغطاء النباتي او مجتمع الحيوانات . وبما أن الإنتاجية الأولية هي المصدر الأساسي للمادة العضوية لذلك سنركز هنا على العوامل التي تؤثر على الإنتاجية النباتية وهي :

1. عوامل أساسية التأثير في البيئة البرية :

وتشمل العديد من العناصر الهامة مثل الضوء ، الماء ، ثاني أكسيد الكربون الرطوبة والحرارة ومدى تساقط الأمطار ومقدار البخر والنتح والبرودة والجفاف وتوفر العناصر المغذية وطبيعة التربة والتعاقب النباتي وتبدل الأنواع . حيث لاحظ الباحثين من خلال العديد من الدراسات إن هذه العوامل تؤثر بشكل مستقل في حالة الظروف الاعتيادية وغياب او تدهور إحداها ، أو عندما يكون هناك غياب او شدة ظهور لعدة عوامل تحت ظروف معينة ، فمثلا وجد ان عوامل الماء وضوء الشمس وثانى اكسيد الكربون بالاشتراك مع العناصر المغذية فى التربة تؤثر على كمية الانتاج الاولى ومقدار المادة العضوية المثبتة فى النباتات ، بينما العوامل الاخرى كالحرارة ، الرطوبة ، هطول الأمطار ، البرودة ، وعوامل التعاقب ، فانها عوامل ثانوية تؤثر على سرعة هذه الانتاجية ، فتصبح العملية سريعة ونشطة فى حالة كون هذه الظروف قريبة من الحد المثالي لتحمل النبات ،ويمكن ان تجرى هذه العملية بشكل بطيء عندما تصبح هذه الظروف في الحدود المؤثرة على النبات وتسبب ارتفاع نسبة النتح والإدماع كالجفاف مثلا ، حيث وجد الباحثون بان الإنتاجية النباتية تتناسب طرديا مع كمية التبخر والتعرق لذلك فان صافي الإنتاج سينخفض في المناطق الجافة حتى في حالة توفر كميات جيدة من الماء في التربة ، لأن النباتات تعانى اجهاد نسبى عالى يزيد من كمية الخسارة فى الطاقة لغرض مقاومة تيارات الهواء وزيادة كميات التبخر التى تحتاج الى تنفس عالى وفقدان طاقة . وعند المقارنة بين معدلات الإنتاجية في مناطق الغابات في عدة أقاليم حيوية نجد أن هذه العوامل تصبح واضحة التأثير حيث يكون الإنتاج بأفضله في غابات المناطق المعتدلة ويبلغ ما بين 1200–1500 جم/م ^{2}/السنة بينما يكون في غابات الجافة والباردة بحدود 250–1000 جم/م ^{2}/السنة وتصبح في الأجزاء المتطرفة منها بحدود اقل من 1 – 250 جم/م ^{2} /السنة كما في العديد من الصحارى الجافة والمناطق القطبية .

2. عوامل أساسية التاثير في البيئة المائية :

أما في البيئة المائية فان الإنتاجية تتأثر بشكل كبير بعوامل الضوء والمغذيات النباتية ، حيث يعتمد توزيع ونشاط المنتجات المائية على كمية الضوء والطاقة الواصلة للماء وشدة اختراق موجات الضوء للطبقات المائية وخاصة الطبقة العليا ، ومن خلال العديد من الدراسات وجد بان المياه النقية الوفيرة الأكسجين والمغذيات هي المياه الأكثر تنوعا في الطحالب والدايتومات والنباتات المائية حيث تصل بها الكتلة الحية 7.3 جم/م ^{3} أما

الإنتاج الاجمالي للهائمات النباتية Phytoplankton فيصل إلى حوالي 338 جم/م ^{3} . كما وجد من العديد من الدراسات بان المسطحات المائية التي يزيد عمقها عن 10 متر فما فوق تخضع إلى ظاهرة التنضيذ الضوئي Photozonation ويصبح فيها الضوء عامل محدد للإنتاجية النباتية . كذلك أظهرت هذه الدراسات بان عوامل الحرارة والمناخ تلعب دور في إنتاجية المواقع المائية وخاصة في المناطق المعتدلة والباردة التي تخضع مياهها لظاهرة الانقلاب المائي (water inversion) الربيعي والخريفي نتيجة للتباين الحراري بين الطبقة السطحية للماء Epiliminion والطبقة التحتية Hypoliminion كما هو شائع في بحيرات المناطق المعتدلة الشمالية . وهذا ما أثبتته دراسات الباحث Mills عام 1972 عن هذه البحيرات التي تتصف بالتوزيع الحراري والتنضيد أو التطبق الضوئي . وما ينطبق على البحيرات نجده كذلك في العديد من بحار العالم التي تحصل فيها ظاهرة الانبثاق المائي Upwelling نتيجة لنشاط التيارات المائية المختلفة حيث يؤدى ذلك إلى توزيع المغذيات والمواد العضوية المترسبة في القاع إلى مختلف الطبقات المائية مما يؤثر على قيم الانتاجية بشكل عام والانتاجية الاولية بشكل خاص .

سادسا . <u>طرق قياس الإنتاجية الأولية</u> :

من خلال دراستنا لعلم البيئة تبين لنا بان الغلاف الحيوي يتكون من نظامين بيئيين أساسيين هما:

الغلاف أو المحيط البرى (البيئة اليابسة) : والتي تتمثل بشكل أساسي في الصحارى الباردة والحارة والغابات ومناطق الأحراش والسافانا والمراعي والأراضي الزراعية الخاضعة للإدارة من قبل الإنسان .**والغلاف أو المحيط المائي :**والذي تشمل الجزء الأكبر من الغلاف الحيوي ويتمثل بالبحار والمحيطات ، الخلجان ، المصبات كبيئات مالحة ، ومياه داخلية عذبة بالدرجة الاساسى كالبحيرات ، الأنهار ، العيون ، الواحات ، الاهوار ، المستنقعات والبرك الحيوية Biological Bonds .

وعند إجراء مقارنة بسيطة بين البيئتين المذكورتين نجد إن الإنتاجية العامة في البيئة البرية اكبر بحوالى (500 مرة) من إنتاج البيئة المائية بالرغم من أن الثانية تشكل ما مقداره أكثر من 71 % من المساحة العامة للكرة الأرضية . وان حوالي 90% من الكتلة الحية للإنتاج البايولوجى العالمي يكون في مناطق الغابات والأشجار ، والنسبة الباقية تتوزع على كافة النظم البيئية الأخرى ، بالإضافة إلى ذلك فان الإنتاجية في كل من هاتين البيئتين تتأثر بعوامل تختلف عن ما هو موجود في الأخرى كما بينا سابقا ، فيكون عامل الجفاف هو المحدد للإنتاجية بالدرجة الأساسية في البيئة البرية بينما يعتبر توفر المغذيات Nutrients هو العامل الجوهري في تحديد شكل الإنتاجية المائية . لذلك يجب وضع طرق وتقنيات مختلفة لدراسة الإنتاجية الحيوية في كل من هاتين البيئتين تتماشى مع طبيعة العوامل البيئية المؤثرة في كل منهما من جانب وطبيعة الأحياء الموجودة في كل منها وكيفية تعاملها مع هذه العوامل البيئية من جانب آخر ، ومن هنا نجد أن بعض طرق دراسة الإنتاجية يمكن تطبيقها بشكل امثل في البيئة البرية وطرق أخرى يكون من الأفضل تطبيقها في البيئة المائية رغم اعتماد هذه الطرق على مبدأ واحد هو إما حساب الكتلة الحية

Biomass بالوحدة جم/وحدة المساحة/الزمن أو حساب الطاقة بوحدة السعر/وحدة المساحة/الزمن .

واهم هذه الطرق ما يلي:

1 - طريقة الحصاد The Harvest method

1- طريقة قياس الاوكسجين O_2 - measurement

2- طريقة قياس ثاني اوكسيد الكربون measurement - CO_2

3- طريقة استخدام الرقم الهيدروجيني The pH- method

4- طريقة تقدير اختفاء المواد الأولية Disappearance of Raw Material

5- طريقة النشاط الإشعاعي للمواد Radioactive materials method

6- طريقة حساب الكلوروفيل Chlorophyll estimating method

وبما إننا نحسب في حقيقة الأمر نوعين من الإنتاجية الحيوية هما الإنتاجية الأولية ، وهى إنتاجية النباتات الأرضية الأساس Plant productivity والإنتاجية الثانوية التي تمثل إنتاجية الحيوانات Animal productivity لذا سوف نناقش هذه الطرق حسب ملائمتها لدراسة كل نوع من هذه الإنتاجية .

1. طرق دراسة الإنتاجية النباتية :

بما إن الإنتاجية النباتية هي في جوهرها تثبيت وامتصاص الطاقة الشمسية الواصلة إلى البيئة البرية أو المائية من قبل النباتات الكبيرة أو الصغيرة وحتى المجهرية منها كما في العديد من الطحالب والدايتومات أو الأحياء التي لها القدرة على التثبيت في العوالم الأخرى التي ذكرناها في بداية فصل سلاسل الطاقة والغذاء وكذلك باب الأنتاجية الأولية والتي سميت بالإنتاجية الحيوية الأولية لذلك فان الطرق التالية يمكن استخدامها لحساب إنتاجية النباتات البرية وأهمها طريقة الحصاد ، طريقة حساب الكتلة الحية ، طريقة تقدير الكلوروفيل ، طريقة ثاني أكسيد الكربون ، طريقة تقدير معدل اختفاء المغذيات (المواد الأولية) حيث تعتمد هذه الطرق على طبيعة النباتات التي يراد حساب إنتاجيتها وكما يلي :

*طريقة الحصاد وتقدير الكتلة الحية:

الإنتاجية الصافية للأشجار	الأغصان	الأغصان المتخشبة	قلف الساق	الأوراق	الأزهار والثمار	الجذور
1600جم/م ^{2}/ سنة	% 14	% 23.3	% 2.5	% 33.1	% 2.1	% 25

تعتبر طريقة الحصاد الطريقة الأفضل لدراسة إنتاجية النباتات الحولية و الأعشاب حيث يتم حصد هذه النباتات في واحد م ^{2} مثلا في نهاية موسم النمو ، بعد النضج و تجفف العينات تحت درجة حرارة لا تتجاوز 70– 80 درجة مئوية ، ولعدة مكررات بعد ذلك تسجل الأوزان المتحصل عليها ويستخرج المعدل العام جم/م ^{2} أو كجم أو طن/هكتار/السنة . أما بالنسبة للنباتات المعمرة فيفضل استخدام طريقة تقدير الكتلة الحية (الوزن /الزمن) فعلى سبيل المثال لوكان معدل الكتلة الحية لنبات في موقع بيئي معين تساوي(30 كجم/السنة) فلمعرفة انتاجيته في السنوات اللاحقة نعمل على متابعة نمو هذه الأشجار لحد السنة الأولى ونسجل أوزانها (نماذج منها) بعد ذلك تترك لتنمو فترة من الزمن مثلا(15 سنة) فعند حساب النمو بعد هذه المدة فان الوزن الزائد هنا يمثل الوزن الجديد/ الزمن الجديد ، ولنفرض انه كان 400 كجم ، فعند تقسيم هذه الكمية على (15 سنة) نحصل على مقدار الزيادة السنوية والتي تمثل الإنتاجية السنوية لهذه النباتات 400/15 . أما بالنسبة للمواقع النباتية التي تشترك فيها ، الأعشاب والشجيرات ، والأشجار الكبيرة ، فيمكن استخدام الطريقتين السابقتين معا وتستخرج العلاقة الإنتاجية بين الأنواع المختلفة ، ولغرض إعطاء تفاصيل أكثر دقة يمكن حساب إنتاجية كل جزء من النبات على حدة ، بالنسبة للنباتات الصغيرة والأعشاب وذلك بتوزيع الإنتاجية على الجذور ، الساق ، الأفرع ، الأوراق ، الأزهار ، والثمار وهكذا ، أو بقطع نموذج من الأشجار الكبيرة وحساب إنتاجية كل جزء منها مثل وزن جذع الشجرة ، وزن الأغصان والأفرع والأوراق والقلف والجذور والثمار والأزهار إذا كانت مثمرة ، وباستخدام العلاقات الرياضية المعروفة يمكن استخراج إنتاجية كل جزء من هذه الأجزاء ، ومن الدراسات التطبيقية في هذا الميدان ما تم دراسته على نماذج من أشجار البلوط لمعرفة مساهمة كل جزء من أشجار الغابة في الإنتاجية النباتية فأظهرت النتائج مايلي :

*** طريقة حساب الكلوروفيل :**

يمكن تطبيق طريقة حساب الكلوروفيل على الأجزاء الخضراء من النبات وخاصة الأوراق وذلك بأخذ كمية من الأوراق وسحقها جيدا في (هاون خزفي او زجاجي) بعد ذلك يتم سحب الصبغة الخضراء باستخدام (الأسيتون) وحساب كمية ونوعية الصبغات باستخدام جهاز قياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer) على الاطوال الموجية المعروفة ، أما في البيئة فان محتوى الكلوروفيل على أساس المساحة الكاملة للمجتمع الحيوي يمكن ان تقدم دليل على إنتاجيتها لأن الكلوروفيل الموجود في النبات الذي ينمو في الموقع المدروس يحسب على أساس المتر المربع ويميل إلى أن يكون متشابها في المجتمعات المتباينة ومحتواه في الأوراق أكثر تجانسا منه على مستوى الأفراد المتباينة .

***طريقة قياس ثاني أكسيد الكربون :**

تشير التقديرات الخاصة بدراسة الهواء الجوي أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء توجد بحدود (0.03 %) وبالرغم مما يحصل في الغلاف الغازي من تبدلات مستمرة إلا أن

نسبة هذا الغاز لا تتغير بشكل مؤثر على إنتاجية البيئة البرية . وتعتبر طريقة الديناميكية الهوائية Aerodynamic method أفضل الطرق لتقدير ثاني أكسيد الكربون المستهلك (المثبت) أو المنتج بعملية البناء الضوئي والتنفس من قبل النباتات في المجتمعات النباتية البرية البسيطة التركيب كالاراضي الزراعية ، وأراضي الأعشاب والأحراش ، حيث تعتمد هذه الطريقة على تقدير ثانى أكسيد الكربون في الجزء العلوي من المجتمع ، بوضع أجهزة قياس ثاني اكسيد الكربون في أعلى هذه النباتات ووضع أجهزة أخرى في اسفل النباتات ومن خلال حساب الفروق بين القراءات يمكن تقدير كمية ثاني اكسيد الكربون المتبقية من قبل الغطاء النباتي او المطروحة منه بالتنفس ومن رواد هذه الطريقة الباحثين Huber و Monteith .

وطورت الطريقة في السنوات الاخيرة من قبل Wood Well & Dyleman و Odum حيث اصبح بواسطتها امكانية تقدير ثاني اكسيد الكربون حتى في الغابات والاشجار الكبيرة وذلك بقياس تجمع ثاني اكسيد الكربون عموديا عند استقرار حركة الهواء حيث استخدم Odum خيمة واسعة ومفتوحة في القمة والقعر وأحاطت جزء صغير من الغابة وجهز قاعدة الخيمة بمروحة تعمل على تحريك الهواء إلى الأعلى خلال منطقة الظل التى تكونها الخيمة ، وقام بحساب مقدار صافي ثاني اكسيد الكربون في مجرى الهواء المار خلال هذه الخيمة وفي الجزء الاعلى من الغطاء النباتي ومقارنته مع منطقة القعر من خلال معرفة معدل جريان الهواء وكمية CO_2 في المستويات الثلاثة المذكورة .

كما توجد طرق أخرى أكثر بساطة وهي حساب كمية ثاني اكسيد الكربون المستهلك من قبل النباتات على اساس معادلة التركيب الضوئي ، عندما يكون لدينا مجتمع نباتي من نباتات مختلفة تحتوي انواع مختلفة نختار نوع من كل مجموعة ونحسب مقدار استهلاكه لثاني اكسيد الكربون اثناء النهار بعد ذلك يتم احصاء عدد افراد كل نوع من هذه النباتات وتقدر انتاجيتها من حاصل ضرب انتاجية النوع الواحد في عدد افراد النوع ، بعد ذلك نحسب انتاجية الانواع المختلفة والتي يمثل حاصل جمعها مجموع الانتاجية الاجمالية الابتدائية لمجتمع النباتات في هذه المنطقة المدروسة.

***طريقة تقدير معدل اختفاء المواد المغذية الاولية للنباتات: Disappearance of raw materials** method

يمكن أن تقاس الإنتاجية النباتية بأسلوب معاكس لعملية تثبيت الغذاء ، أو تكوين مادة البروتوبلازم أوالكتلة الحية للنباتات وذلك من خلال تقدير كمية المواد الأولية المغذية التي يتم سحبها من التربة (كالنيتروجين والفسفور والكالسيوم والمعادن المغذية للنباتات) لأن هذه العناصر لا تسحب باستمرار إنما يحتاجها النبات بشكل واضح اثناء فترات النمو والنشاط الحيوي خلال السنة ، وتستخدم على شكل دفعات منظمة كما في عمليات تسميد الاراضي الزراعية لزيادة الانتاجية ، لذلك يمكن من خلال حساب معدل اختفاء هذه العناصر من التربة وتناقص تراكيزها وحساب معدل التثبيت الضوئي الذي يمثل تخمينا إجماليا لتقدير الإنتاجية النباتية ، ولكن يجب ان تكون هنالك حالة من الاستقرار والتوازن بين التربة والنباتات ، بحيث يمكن تقدير الكميات الداخلة للوسط البيئي والكميات المثبتة ، ولذلك يرى

العديد من الباحثين بأن طريقة اختفاء العناصر المغذية يمكن أن تقيس الإنتاج الصافي للمجتمع الحيوي بكامله .

2. طرق دراسة الإنتاجية في الأوساط المائية :

***طريقة مواد النشاط الإشعاعي Radioactive Material Method:**

نتيجة للتطور التقني في تطبيق استخدام النظائر المشعة في كافة المجالات اصبح من الممكن استعمال اثار النشاط الاشعاعي في دراسة البيئة ، وهنالك فرع متخصص في علوم البيئة لهذه الدراسات يسمى (Radioecology علم البيئة الاشعاعي) وواحدة من هذه الاستخدامات للاشعاع هو دراسة الانتاجية البيولوجية في الماء وذلك بادخال نظائر العناصر المشتركة في عملية البناء الضوئي (مثل الكربون C^{14} ، والمغذيات كالفسفور المشع P^{32}) من خلال تجهيزها للوسط المائي وبذلك تقوم النباتات المائية وخاصة الطحالب والدايتومات بسحبها من الماء (Up-take) بعملية التغذية المعدنية او أو التثبيت من خلال متطلبات عملية البناء الضوئي المعروفة . بعد ذلك تجمع هذه النباتات وتجفف وعن طريق استخدام اجهزة الكشف عن العناصر المشعة يمكن تقدير كمية هذه العناصر التي تم تثبيتها من قبل النباتات المذكورة في عملية البناء الضوئي من خلال تحديد كمية ثاني اكسيد الكربون المثبتة ومعرفة عدد المرات التي يتكررفيها وجود الكربون C^{14} في جزيئة المادة العضوية الناتجة . وأول من طبق هذه الدراسات هما الباحثان Steeman & Nielson عام 1952 في مياه المحيط الاستوائية . واشار العديد من الباحثين بعد ذلك بأن هذه الطريقة تقيس الانتاج الصافي (NPP) أكثر من الإنتاج الإجمالي لأننا نحسب المادة العضوية المثبتة في الانسجة بعد التجفيف ، اما طريقة الفسفور المشع فيفضل استخدامها على مدى قصير لتفادي انتاجه مع الترسبات المائية وفقد جزء منه في الدورات الرسوبية إلا أن معدل أخذه (Up-take) من قبل النباتات على المدى القصير برهن على انه دليل بيئي جيد لحساب الانتاجية الكاملة/الكلية (GPP) .

***طريقة استخدام الرقم الهيدروجيني :**

تستخدم هذه الطريقة في حساب الانتاجية في الانظمة المائية بالرغم من وجود صعوبات كثيرة مرافقة لها بسبب أن محتوى الأس الهيدروجيني داخل الماء يتغير تحت تأثير العديد من العوامل كالتلوث العضوي أو زيادة ايونات الكربونات والبيكربونات ولذلك يجب توفر نظام المعايرة المائية للنظام البيئي المطلوب دراسته من قبل الباحث قبل البدء بتطبيق هذه الدراسة . والأساس الذي تعتمد عليه هذه الطريقة في تحديد الانتاجية هو كون الرقم الهيدروجيني (pH) في البيئة المائية دالة او تؤشر لمحتوى ثاني اكسيد الكربون الذائب في الماء ، لان البيكربونات HCO_3 في المحيط المائي تقوم بوظيفتين اساسيتين هما تزويد الماء بشكل رئيسي بأيون الهيدروجين لغرض تكوين (محلول منظم Buffer System) وتزويده كذلك بثاني اكسيد الكربون المطلوب للتركيب الضوئي ، وتحصل هذه العملية بصورة تبادلية للمحافظة على حالة التوازن كما في المعادلة التالية :

$$CO_2+H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3 + H + HCO_3$$

***طريقة الأكسجين :**

من المعروف ان هنالك علاقة تكافؤ ثابت بين الاكسجين والغذاء المنتج ، حيث تكون هذه العلاقة طردية بين الاكسجين المنتج (الناتج) من عملية البناء الضوئي وكمية المادة العضوية المتكونة من قبل النباتات الخضراء والمنتجات الأخرى . لذا فان انتاج الاكسجين يمكن ان يكون اساسا لتحديد الإنتاجية ، ومن الطرق الشائعة لتقدير انتاجية المياه هي طريقة استخدام ألقناني المضيئة والمعتمة Light & Dark Bottle التي استخدمها الباحث .(Winkler 1888)حيث تنزل على أعماق مختلفة من الجسم المائي بشكل معلق وبعد مرور (24) ساعة تسحب إلى الأعلى وتحدد كمية الأكسجين في كل من القناني المضيئة والمظلمة حيث يمثل تركيزه في الأولى ومقدار المستهلك في الثانية مجموع الاوكسجين الكلي الناتج . وذلك بمقارنة كميته في بداية التجربة حيث يشير نقصه في القناني المظلمة الى كميته التي استهلكت من قبل المستهلكات والمحللات فيما كميته في القناني المضيئه تمثل مقدار O_2 المستخدم للتنفس والمنتج من عملية البناء الضوئي . لذلك فأن معدل الانتاج من O_2 يمكن ان يستخدم كمقياس لتقدير الانتاجية الأولية . كما يمكن ان تستخدم طريقة حساب المنحنى النهاري للأكسجين Dermal curve method وخاصة في أنظمة المياه الجارية كالأنهار والقنوات والجداول وذلك بأخذ عينات من الماء وحساب DO) الأوكسجين المذاب فيها) في اوقات مختلفةمن النهار والليل وحساب الفروقات في قيم الاوكسجين النهاري والليلي والذي يمثل حاصل جمعهما (المقدار الكلي لتنفس مجتمع النباتات في الوسط المائي) وعليه يمكن استخدام هذه الطريقة لقياس الانتاج الاولي الكلي (GPP) .

سابعا . <u>تطبيقات بيئية لتطوير استخدام الطاقة وزيادة الإنتاجية</u>:

نتيجة لتزايد المستمر في أعداد السكان في العالم والتطور الهائل في المجال الصناعي وما ينتج عن ذلك من تنوع لمصادر التلوث وخاصة في مجال الغلاف الغازي كالأكاسيد الضوئية ، الأتربة والغبار العالق ، الضباب ألدخاني ، الدقائقيات والتأثير على طبقة الأوزون ، وتلوث المياه والتربة بالمبيدات والمخلفات والنفايات الصناعية المختلفة ، جميع هذه العوامل أدت الى زيادة التشتت بالطاقة وبالتالي خسارة لجزء مهم من الضوء المرئي الواصل من الغلاف الغازي والمهم في عملية التثبيت الضوئي في المنتجات كما سبق ذكره . وينسحب هذا التأثير على الأوساط البرية والمائية ، حيث تقوم الملوثات بفعلين متعاقبين الأول يعمل على تشتيت الطاقة الضوئية(الضوء المرئي) الواصل للخلايا الخضراء المنتجة ، والثاني يعمل على إضعاف قابلية هذه الأحياء (نشاطها الأيضي) من خلال تثبيط عمل اغلب الأنزيمات الناقلة للطاقة وكذلك فعالية الأغشية الخلوية وعملية الفسفرة الضوئية للخلايا ، حيث أشارت العديد من دراسات الباحث 1990 -1989 (Al–Salman) بأن التلوث الضار للمعادن الثقيلة وزيادة مجموعات SO_4 في الوسط المائي يعمل على تشتيت حوالي 1/3 - 3/4 من الضوء الموجود داخل المياه ومنعه من الوصول الى الغشاء الخلوي في طحالب *Chlorella Chara* , *Scenedesmus* وبالتالي إضعاف الإنتاجية فيها بين 1.2- 6 مرات . لذلك عمل الباحثون في مجال البيئة الوظيفية Ecophysiology والبيئة التطبيقية Applied ecology لسنوات عديدة من أجل إيجاد سبل مبتكرة لتطوير استخدام الطاقة والعمل على رفع مستوى استلام اكبر قدر منها في الوسط البيئي وزيادة

كفاءة الأحياء المختلفة في الاستفادة من هذه الطاقة سوءً على المستوى الخارجي المحيط بالكائن او بما يخص التركيب الداخلي لهذا الكائن ، ومن بين هذه المحاولات ما يلي :

1 . محاولة تخزين واقتناص الطاقة :

وذلك بواسطة البيوت الزجاجية (الصوبات) Green house حيث أن فكرة إنشاء البيوت الزجاجية أو الصوبات مبنية في الأساس على فكر بيئي فيزيائي إستند على متابعة مسار الطاقة الذي بيناه في الفصل الخامس حيث لاحظ الباحثون بأن الألواح الزجاجية ومادة البلاستك قابليه على حجز الإشعاعات المنعكسة من سطح الأرض من جهة وكذلك قابلية عالية في تجميع الطاقة الساقطة من الشمس والقدرة على الاحتفاظ بها لفترة طويلة ، الأمر الذي يؤمن للكائن الحي كمية كافية من الطاقة الضوئية والطاقة الحرارية اللازمة للقيام بنشاطاته المختلفة بدرجه مقاربه للحد المثالي Optimum على مدار اليوم . حيث تؤمن هذه الصوبات درجه حرارة أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط بين 2-5 درجات مئوية من خلال عدم نفاذ الموجات الطويلة المنبعثة من سطح الأرض وخاصة تحت الحمراء ،.

ولا يقتصر تطبيق هذه الظاهرة على النباتات فقط بل عمل الباحثون بتطبيقها في مجال تربية العديد من الحيوانات الاقتصادية المهمة كالدواجن والأسماك وغيرها وأثبتت هذه التجارب فاعليتها فمثلا في الدواجن وجد بأن هنالك زيادة في الوزن تقدر بحوالي 28% لطيور عمرها 8 أسابيع سجلت كزيادة عن وزن الطيور المرباة خارج الصوب ، كما أن الطيور المرباة داخل الصوب وصلت الى مرحلة النضج البيئي في عمر حوالي 145 يوم بينما الدواجن المرباة في العنابر الاعتيادية احتاجت 160 يوم لتصل مرحلة البلوغ . كما ان معدل إنتاج البيوض في الأولى بلغ حوالي 80% فيما في المجموعة الثانية لم يتجاوز 55% ، كذلك فأن التجارب التي طبقت لتربية (أسماك البلطي) تحت الصوب أثبتت بأن كمية البيض التي أعطتها الأمهات بلغت 5 أضعاف كمية البيض لأسماك البلطي المرباة خارج الصوب كما ان عدد الطرحات أصبح من 4-5 مرات مع زيادة في موسم التناسل لأكثر من شهرين . كما أن كمية البيض للطرحة الواحدة كان من 100-200 خارج الصوب وتحتها 200-300 بيضة لكل طرحه ، بالإضافة الى قلة الفقد والضائعات للزريعة عند المقارنة بين حوضين يمتلكان نفس المساحة الأول غير مغطى بالبلاستك كان عدد اليرقات في العام 250-380 يرقه (زريعة) اما الحوض المغطى بالبلاستك فأعطى 850- 1060 يرقة . كما ان هذه العملية حققت كفاءة غذائية عالية وزيادة في النمو مع توفير حوالي 30% من كمية الأعلاف المستخدمة . ا

2. التوجه الى انتخاب المحاصيل Crop architecture :

وذلك عن طريق انتخاب الأنواع النباتية التي تستطيع ان تعطي اكبر قدر ممكن من المساحة الورقية وتعمل على أقصى تثبيت غذائي في جميع أجزاء النبات حتى نهاية دورة حياتها (اي ما قبل الحصاد او جني المحصول) .

3. العمل على تحوير الأنظمة البيئية وزيادة تدفق الطاقة :

المساعدة في تنشيط المجتمع النباتي Auxiliary energy flow باستخدام المتحجرات ، وذلك من خلال العمل على زيادة تدفق الطاقة ، الطاقة الذرية ، الزراعات الطحلبية ، استخدام نوعية المياه الجيدة والأسمدة المعدنية ، كلها وسائل تزيد من الطاقة المساعدة في تثبيت المادة العضوية في النباتات ورفع كفاءتها في التمثيل الغذائي .

4. الدراسات الوراثية (التقنيات الحيوية) :
بدأت هذه الأفكار بالظهور الى حيز الوجود بعد نجاح العلماء في معرفة الخارطة الجينية للكائنات الحية ومسؤولية كل جين عن صفة معينة في الجسم من جانب وتمكنهم من المزاوجة بين جينات كائنات ذات صفات مختلفة و الحصول على صفات جديدة متطورة تدعم عمل الجين المركب الجديد . وهذه التجارب تمت باتجاهين :

1. الاتجاه الأول (التهجين): عن طريق السماح بالتزاوج بين كائنات حيوانيه او نباتيه بالتلقيح الخلطي وجعل العملية الاخصابية تتم تحت ظروف بيئية مسيطر عليها بالتلقيح الاصطناعي وزرع الخلايا المنوية والبيوض أو في ظروف بيئية مفتوحة عندما تقوم الأحياء تلقائيا بهذه العملية وخاصة الكائنات المتقاربة بيئياً بعد العمل على ايجاد هذه البيئات المناسبة لهذه الاحياء .

2. استزراع الجينات المثبتة للطاقة في الخلايا حقيقة النواة : Putting genes into eukaryotes

جرت في السنوات الأخيرة محاولات لنقل او حقن جينات من بكتريا العقد الجذرية مثلا (Azobacter) في خلايا نباتات اقتصادية مهمة مثل القمح والشعير والأرز وغيرها للحصول على قابلية أعلى في تثبيت وسحب النيتروجين من الاسمده الموجودة في الوسط البيئي وبذلك نحصل على قدره عالية في بناء البروتينات في هذه النباتات أو زيادة قدرتها في تثبيت الطاقة الشمسية ورفع مستوى أنتاج المادة العضوية . أو محاولة حقن مجاميع من الحيوانات بأسلوب مشابه باستخدام جينات متطورة لتحسين قابلية التحويل الغذائي وزيادة الكتلة الحية او زيادة افرازات الجسم كالحليب والدهون ، أو في مقاومة الأمراض وغيرها من الخصائص المهمة في زيادة كفاءة المستهلكات ضمن السلاسل الغذائية ورفع الكفاءة البيئية في المستويات الغذائية المختلفة .

أما في الاوساط المائية فقد جرت بعض المحاولات في السنوات الاخيرة لتطوير انتاجية المياه بعدة طرق من اهمها المحاولات التالية :

***استخدام بعض المخصبات والأسمدة :**

أثبتت العديد من التجارب والدراسات البيئية من أن أستخدام بعض المخصبات والاسمدة المعدنية أو العضوية سواءً داخل الترب القاعية او بأضافتها على شكل دفعات داخل طبقات الجسم المائي تعمل على زيادة معدلات الانتاجية كميا ونوعيا كما في حالة استخدام مركبات الفوسفات وسلفات الامونيوم والنترات او الاسمدة الحيوانية وغيرها من المخصبات .

***استخدام العوامل المنشطة :**

بينت بعض الدراسات بأن اضافة العديد من العناصر والعوامل المنشطة اوالمحفزة للوسط المائي مثل عناصر الحديد والزنك والمنجنيز والسلكون وغيرها قد اعطت نتائج جيدة في زيادة الانتاج الاولي وخاصة للطحالب والدايتومات ، فمثلا وجد بأن عملية إضافة الحديد قد ضاعفت نمو الطحلب في بعض البحيرات الى خمسة اضعاف ، وكذلك كان تأثير إضافة السليكون ، ولكن يجب الدقة في حساب الكميات المضافة وخاصة للمعادن لأن الزيادة منها تعمل على احداث ضررا كبيرا في المجاميع الحيوية الأخرى.

***العمل على تحريك القاع وتدوير مكوناته :**
أدخلت في السنوات الاخيرة بعض التقنيات التي تعمل على تدوير مكونات القاع والرواسب المائية واعادة استخدامها في التغذية المعدنية من قبل الهائمات النباتية أو ترممها من قبل الهائمات الحيوانية ، ومن هذه الوسائل أستخدام المكابس المائية ومضخات دفع الهواء ، المراوح المائية والنافورات وغيرها من عوامل تحريك وتوزيع مكونات القاع .

***محاولة السيطرة على النظام الكربوني للماء :**
أعطت هذه الطريقة نتائج طيبة في رفع مستوى الانتاجية الحيوية بكافة مستوياتها وخاصة في البحيرات الصغيرة نسبيا وبحيرات وأحواض تربية الاسماك والحيوانات المائية الاقتصادية الاخرى وذلك من خلال السيطرة بيئيا على العلاقة بين كمية ثاني أكسيد الكربون والكربونات البيكربونات وعامل الأس الهدروجيني pH من خلال السيطرة على كمية النباتات الكبيرة داخل الماء وجعلها تحتل مايساوي ربع المساحة المائية ، لأن هذه النبتات تقوم بعمل مايسمى بالمحلول المنظم في الوسط المائي كما بينا سابقا من خلال تنظيم العلاقة بين العوامل التي اشرنا اليها مما يوفر افضل السبل لانتاج حيوي ونمو افضل لمختلف الاحياء المائية وفقا للتحولات التالية :

$$CO_2 + H_2O \longleftrightarrow H_2CO_3 \qquad H^+ + HCO_3$$

الدورات البيوجيوكيميائية Biogeochemical cycles

١. مفهوم ومكونات الدورة البيوجيوكيميائية
٢. أنواع الدورات
٣. الدورات الشاملة (دورة الغازات ، ودورة المياه)
٤ . الدورات المحدودة (دورة الفسفور والكبريت والعناصر المغذية)
٥ . الأهمية البيئية لدراسة الدورات وتطبيقاتها.

. مفهوم ومكونات الدورة البيوجيوكيميائية :

تعتبر الكرة الأرضية الكوكب الذي تتواجد فيه الحياة بمختلف صورها في نظام مغلق Closed system ، وهذا الوضع الذي يحتمه موقع كوكب الأرض بين الكواكب الأخرى من الناحية العملية يعني ان الموارد الطبيعية لهذا النظام لا يحصل فيها زيادة أو نقصان بل يمكن أن تتحول من شكل لآخر وتهاجر من منطقه الى أخرى بفعل عوامل الطبيعة وتدخلات الإنسان والأحياء ، كما في هجرة العناصر وتبعثر النباتات وهجرة الحيوانات وحركة الغيوم ومحتوياتها وعوامل التعرية وانجراف مكونات التربة والتساقط الجوي وعلاقته بحركة الرياح وتيارات المياه وعوامل التلوث المختلفة ، هذه المؤثرات المختلفة هي التي تظهر حالة من التباين في توزيع الموارد وعدم انتظامها في الأجزاء المختلفة من هذا الكوكب الواسع ، ولذلك قسم علماء البيئة والجيولوجيا هذه المصادر الى نوعين :

١- المصادر القابلة للتجدد :

وهي المصادر البيئية والموارد الطبيعية التي لايمكن ان تنضب في أية مكان في البيئة بل تتحول من كثافة إلى أخرى كما هو الحال بالإشعاع الشمسي والمياه والغازات الأساسية كالأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون ، ويتم تنظيمها بوجود آليات طبيعية Natural mechanism تحصل في البيئة كالترابط بين الطاقة الشمسيةSolar energy وطاقه الرياح Wind energy ، الغيوم المطيرة Rainy cloud وبخار الماء الجوي Atmospheric water ، التضاريس الأرضية Geomorphology ، هذه القوى الهائلة التأثير على حركة المواد والطاقة في الطبيعة والعاملة على تدويرها وتحولها من شكل لآخر ، كتحول الإشعاع الشمسي الى حرارة ، والحرارة تعمل على تبخر الماء وإذابة الثلوج والبرودة تعمل على تكثف بخار الماء وإعادته على شكل سواقط محمله بكل ما هو موجود من جسيمات عالقة في الغلاف الغازي على شكل أمطار تدخل الدورة المائية من جديد ، وهكذا تتكرر هذه الآلية العظيمة بإرادة الخالق سبحانه وتعالى بشكل دقيق ومتوازن .

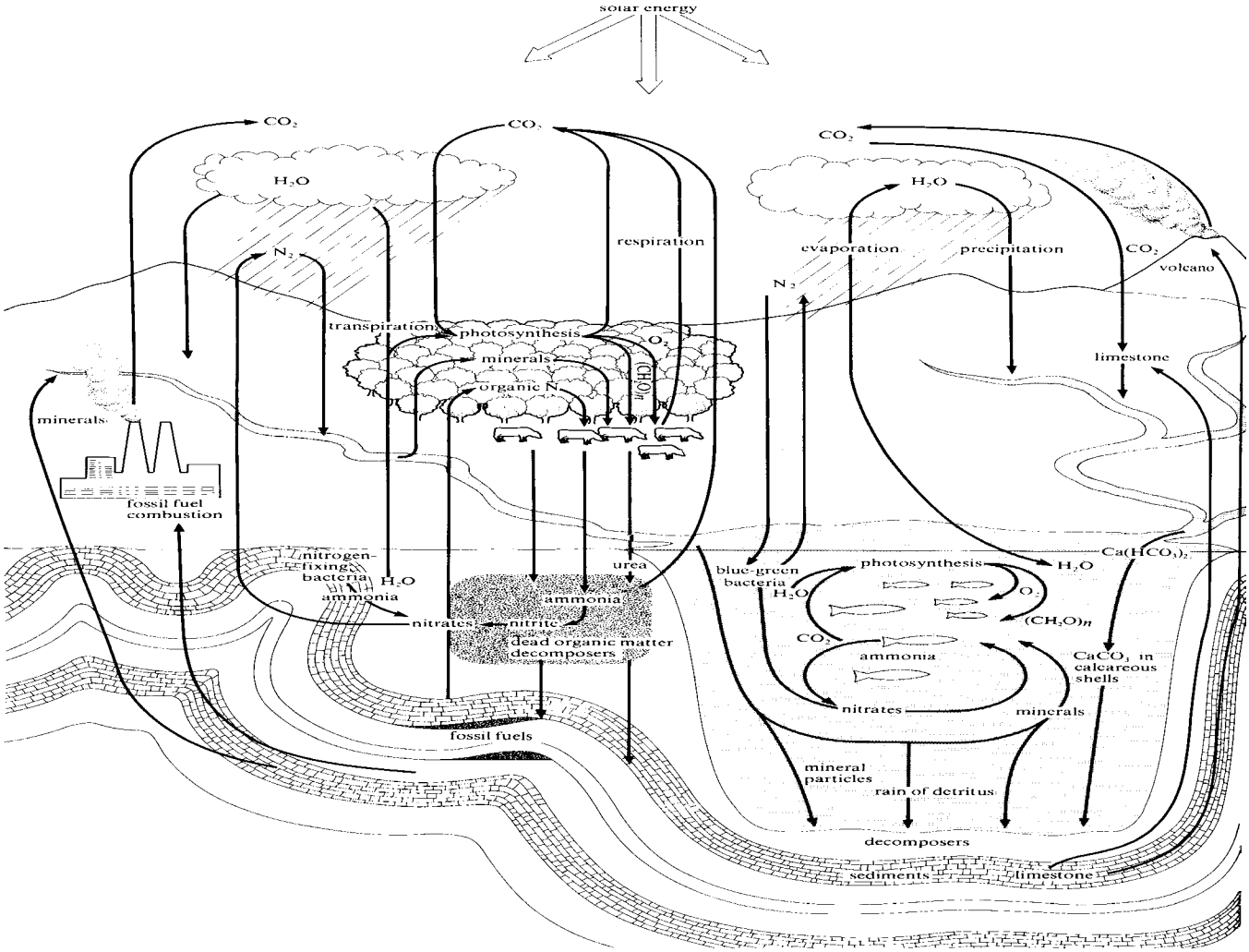
٢- المصادر القابله للنفاذ :

هي المصادر التي توجد في مواقع محددة من الكره الأرضية وتكونت فيها خلال عمليات التراكم والتحلل العضوي أو نتيجة لعمليات المعدنة Mineralization التي حدثت خلال أكسدة واختزال العديد من المواد في الظروف الهوائية أو اللاهوائية سواء في البيئة البرية او البيئية المائية كالفحم والحديد والفوسفات والكبريت والعناصر المغذية كالكالسيوم والمنجنيز والماغنيسيوم والصخور وغيرها من المركبات والعناصر المختلفة . وهذا النفاذ مرتبط بمقدار الاستخدام او الاستهلاك والفترة الزمنية الطويلة اللازمة لتجددها مره أخرى في البيئة حيث يكون الاستهلاك كبير وسريع على حساب عملية التجدد أو إعادة التكوين التي تتطلب أحيانا آلاف السنين . وبذلك يتبين لنا أن العناصر مهما اختلفت صورها فلزات كانت أم لا فلزات ، غازيه أو سائلة أو صلبة أو مركبات تحتوي على هذه العناصر بشكل املاح او معادن او صخور او اكاسيد أو جسيمات عالقة في الغلاف الغازي ، فإنها في النهاية تدور في هذا الفلك الكبير وتعود بشكل أو بآخر بواسطة التثبيت العضوي والسواقط الجوية والاذابة والتعرية والتآكل والتحلل العضوي بعد موت الأحياء وغير ذلك من عوامل التأثير ، تصل إما إلى الغلاف المائي أو إلى غلاف التربة أو تعود وتخزن في

طبقات الغلاف الأرضي . **إن عملية الانتقال هذه بين مكونات الغلاف الحيوي لمختلف العناصر التي ذكرت تحت تأثير العوامل الطبيعية المختلفة ، أو بواسطة العمليات الحيوية ، والإنتاج والاستهلاك والتحلل التي تحصل في سلاسل وشبكات الغذاء التي سبق شرحها في الفصل السابق ، ومن ثم إعادة هذه العناصر الى البيئة مرة أخرى تدعى بالدورات البيوجيوكيمائية Biogeochemical cycles أو الدورات الأرضية الحية .**

ومن خلال التدقيق بهذا المصطلح العلمي يتبين بأن الأركان الأساسية لهذه الدورات هي ثلاثة مكونات ، العوامل الحيوية أو (عالم الأحياء) ، الأرض والعناصر الكيمائية . حيث يشكل الجزئين الأرضي والكيمائي المكونات غير الحية ، وهما مركز او قطب التخزين او العامل المجهز للدورة Reservoir pool فيما يشكل الجزء الحي فيها العامل الناقل او المدور لمكونات هذه الدورات Cycling pool . وتصبح العلاقة أكثر وضوحاً من خلال معرفة دور كل من هذه المكونات في آلية الدورات كما يلي :

١. **الجزء الجيولوجي (الأرض) Geological part . وهو يعتبر المخزون الدائم لجميع العناصر الكيميائية الداخلة للدورة سواء كان هذا الجزء بشكله الصلب كالتربة والصخور أو السائل كالماء أو الغازي كالهواء،**
٢. **الجزء الكيميائيChemical part . والمتمثل بالعناصر الكيميائية التي عرف منها لحد الآن أكثر من ١٠٨ عنصر كيمائي مختلفة الصور ، وهذه العناصر اما تدخل مباشرة في بناء المادة العضوية والجزيئات الكبيرة مثل الكربون والهيدروجين والأكسجين والنتروجين حيث تشكل أكثر من ٩٧% من المادة الحية (الكتلة الحية) وتدعى مجموعة العناصر الرئيسية Major elements ، أما المجموعة التي تدعى بالعناصر الثانوية والتي تظم الكالسيوم والماغنسيوم الفسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلور والصوديوم والحديد وغيرها فهي تدخل في بناء الجسم او الهيكل والعظام في الحيوانات او الأوراق والساق كما في النباتات وتشكل ما مقداره ٣ .٦% من الكتلة الحية للكائنات ، وتدعى بالعناصر الثانوية Minor elements أما النسبة الباقية ٠ .٥- ٠ .٤% من الكتلة الحية فيدخل في تكوينها بقية العناصر التي توجد بنسب بسيطة جدا في الطبيعة وتدعى بالعناصر النادرة Trace elements مثل الكروم ، الفلور ، النحاس ، النيكل ، الكوبالت والسليكون وغيرها ، وهذه العناصر رغم قلة تركيزها في الطبيعة إلا إن حاجة الأحياء لها تعتبر أساسية ولا يمكن الاستغناء عنها ، وكذلك تسمى أحياناً بالعناصر المحددة للنمو Limiting elements لبعض الأحياء .**
٣. **الجزء الحيوي Biological part . يتمثل هذا الجزء بالكائنات الحية المختلفة من المنتجات والمستهلكات والمحللات التي تشكل السلاسل والشبكات الغذائية في مختلف الأوساط البرية والمائية والتي تعمل على تدوير الطاقة والمادة حيث تقوم بمساعدة الطاقة الضوئية المرئية بإشراك العناصر غير العضوية التي تأخذها (من القشرة الأرضية) في عملية تصنيع الغذاء العضوي ، وتحويل هذا المركب العضوي الناتج عنها الى مركبات عضوية مختلفة الأشكال داخل أجسام المنتجات او في أجسام المستهلكات المختلفة ، ومن ثم إعادته بوسائل الإخراج المعروفة الى البيئة بشكل لا عضوي أو كنتيجة لنشاط الأحياء المحللة التي تعيد بقايا أجسام المنتجات والمستهلكات بعد موتها الى عناصر أولية ، وتصل في كلا الحالتين الى الأرض مره أخرى وتدخل الدورة من جديد بمساعدة الطاقة الشمسية التي تعتبر المحرك الأساسي للدورات البيوجيوكيمائية التي هي سلسلة من التفاعلات التي تحتاج الى الطاقة لإدامتها وديمومتها كما يتضح من الشكل(٧ – ٢) لعملية تدوير العناصر بين مكونات الدورة البيوجيوكيميائية .**



شكل (١): الأجزاء الأساسية للدورة البيوجيوكيميائية في الغلاف الحيوي.عن (Cody ١٩٧٥) .

ثانيا . أنواع الدورات البيوجيوكيميائية The types of Biogeochemical cycle:

من خلال دراسة مكونات الدورات البيوجيوكيمائية نلاحظ ان العناصر الأساسية لمكوناتها الثلاثة هي اما غازات موجودة في الغلاف الغازي او ذائبة في الماء او بين جزئيات التربة وفراغاتها أو عبارة عن عناصر طبيعية موجودة ضمن القشرة الأرضية أو مترسبة في المياه او مشتركة في تركيب ومكونات أجسام الكائنات الحية . وعلى هذا الأساس وضع علماء البيئة توصيف لدورات العناصر في البيئة استناداً على طبيعة العنصر الأساسي الداخل في الدورة ونوعية مصدره في الطبيعة وعلى ضوء هذه الحقيقة قسموا الدورات الى مجموعتين أساسيتين هما :

أ. الدورات الشاملة أو الكاملة Perfect cycles :

وهي الدورات البيوجيوكيمائية التي تدخل في تكوينها العناصر غير القابلة للنفاذ في البيئة ويمكن أن تتجدد باستمرار بغض النظر عن تركيبها الكيمائي ، وتتمثل بدورات المياه ، الغازات الأساسية كالكربون C_2 ، الاكسجين O_2 ، النيتروجين N_2 ، الهيدروجين H_2وجميع الغازات التي تدخل في تكوين الهواء النقي في طبقة التروبوسفير في الغلاف الغازي ، ولذلك تسمى في العديد من المراجع بالدورات الغازية لأنه حتى الماء الداخل فيها يكون على شكل بخار ماء ضمن مكونات الغلاف الغازي .

ب. الدورات المحدودة أو غير الكاملة (Local cycle) Imperfect cycles :

وتتمثل هذه المجموعة بالعناصر القابلة للنفاذ والتي يتحدد وجودها في مواقع محدودة في البيئة في الماء أوالتربة لذلك تسمى أحيانا بالدورات الناقصة Incomplete cycles .، وتسمى كذلك بالعناصر الراسبة سواء كانت لا فلزات مثل الكبريت والفسفور او فلزات مثل الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم وغيرها.

٣ . دورة الماء Water cycle :

الدورة المائية هي إحدى الدورات الطبيعية الشاملة في البيئة Perfect cycle وذلك لأن المياه تشكل ما مقداره حوالي ثلاثة أرباع الكره الأرضية وتغطي حوالي ٧١% من مساحتها بالإضافة إلى أن الماء يتواجد بعدة صور منها:

*- الشكل الصلب المتجمد (جليد المناطق القطبية وقمم الجليد)

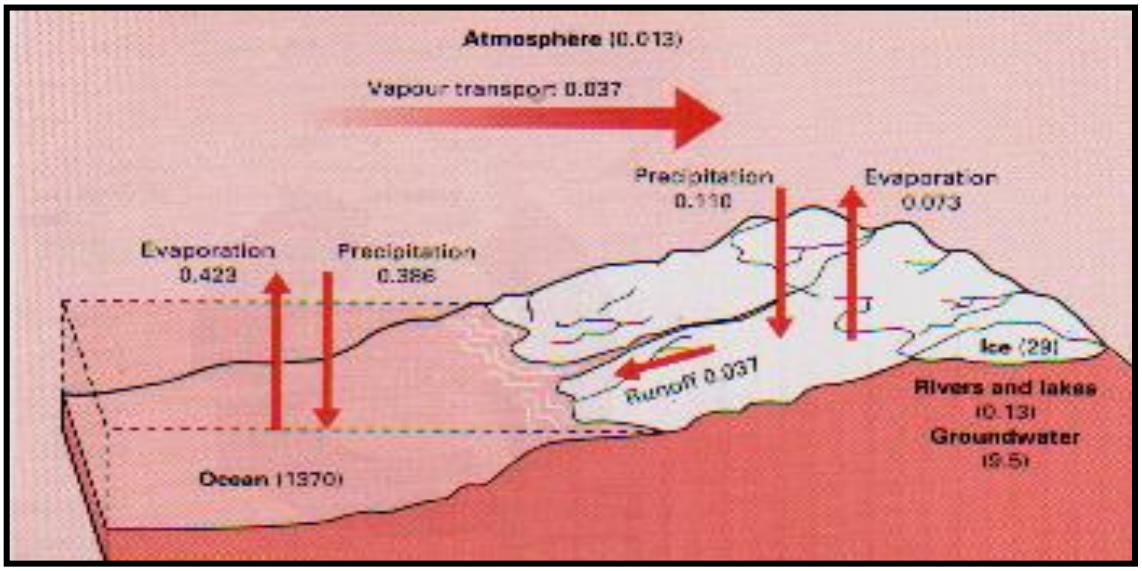
*- الشكل السائل في مياه البحار و المحيطات والأنهار ، البحيرات ، وغيرها من مواقع المياه السطحية وداخل الأرض على شكل خزانات أرضية مختلفة الأبعاد عن سطح الأرض يطلق عليها المياه الجوفية.

*- أو يكون الماء مشتركا مع سلاسل وشبكات الغذاء داخل أجسام الكائنات الحية كمخزون متحرك ضمن هذه الأحياء حيث يشكل أكثر من ٨٠% من وزن أجسامها.

*- أو يكون الماء على شكل جزئيات مرتبطة مع العديد من مكونات الأجسام غير الحية كالصخور الرطبة والأملاح والعديد من الخامات المختلفة .

*- كما وجد الماء عالقً ضمن مكونات الغلاف الغازي بشكل أساسي في طبقة التروبوسفير على شكل بخار ماء ، يتكثف على شكل غيوم متصلة او متقطعة حسب درجات الحرارة ومقدار التكثف وبالإضافة الى نسبة منه على شكل بخار ماء في الجزء الأسفل من طبقة الستراتوسفير.

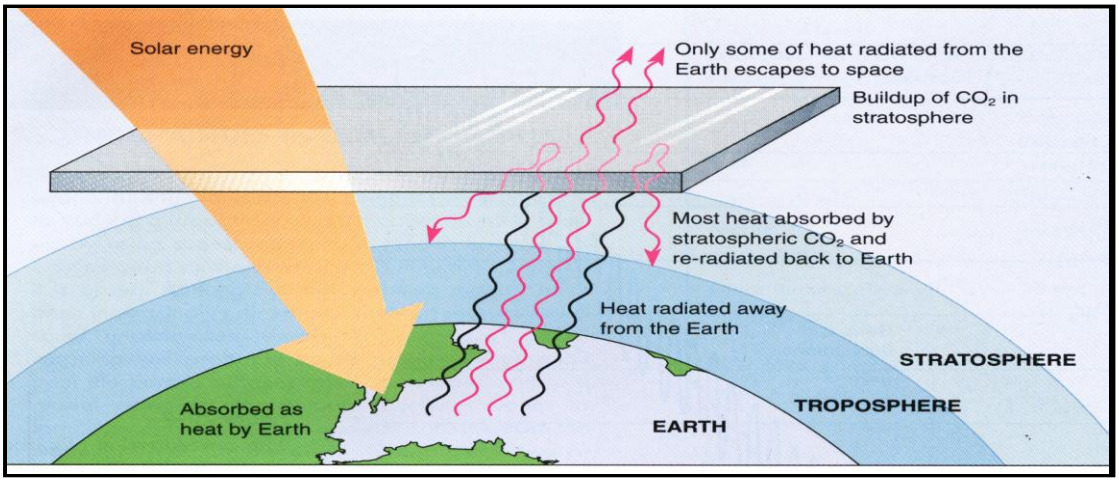
ومن هنا نجد انه موجود في أغلب مكونات الطبيعة ويدخل في تركيب الاغلفة الأساسية، وعند مقارنتة مع الدورات الأخرى نجد ان دورته سريعة وتحصل بشكل انسيابي يتماشى مع العلاقة المنسقة بين شدة الإشعاع الشمسي والحرارة الناتجة عنه و الرطوبة والتبخر والتكاثف والتساقط كما في الشكل (٧-٦) الذي يوضح العلاقة بين مكونات الغلاف المائي التي تتمثل بالمحيطات والبحار Oceans and Seas والمياه الداخلية المتمثلة بالأنهر والجداول والبحيرات ,Rivers streams and lakes والمياه الجوفية Groundwater والاشكال الاخرى.



٢- دورة الكربون Carbon cycle :

يوجد الكربون في الغلاف الغازي على شكل CO_2 ويشكل نسبه بسيطة جدا من تركيبة الهواء النقي حيث لا تتجاوز ٠.٠٣% من حجمه وتتمركز أغلبها في طبقة Troposphere . إلا أن هذه النسبة البسيطة تلعب دورا كبيرا جدا في تخليق وتكوين المركبات العضوية التي تعتبر أساس بناء المادة الحية لمختلف الأحياء واستقرار الأنظمة البيئية منذ بداية الخليقة ولحد الآن . حيث لاحظ علماء المناخ أن تبدلات صغيره في CO_2 الجوي ممكنة الحصول تحدث تغيرات رئيسية في المناخ ، لأن CO_2 شفافا للطاقه الشمسية المرئية القادمة من الأعلى كما هو في الزجاج الصافي ولكنه يقوم بامتصاص حرارة الأشعة فوق الحمراء المشعة ثانية من سطح الأرض ويعيد جزء منها إلى سطح الأرض ثانية مما يؤدي الى تسخين الهواء، وتسمى هذه الظاهرة

(بظاهرة تأثير البيت الزجاجي/ الصوبة) كما يظهر في الشكل التالي، وينعكس هذا التأثير في حركة تيارات الهواء والتبخير والرطوبة والضغط الجوي ، وهي من عوامل استقرار المناخ:

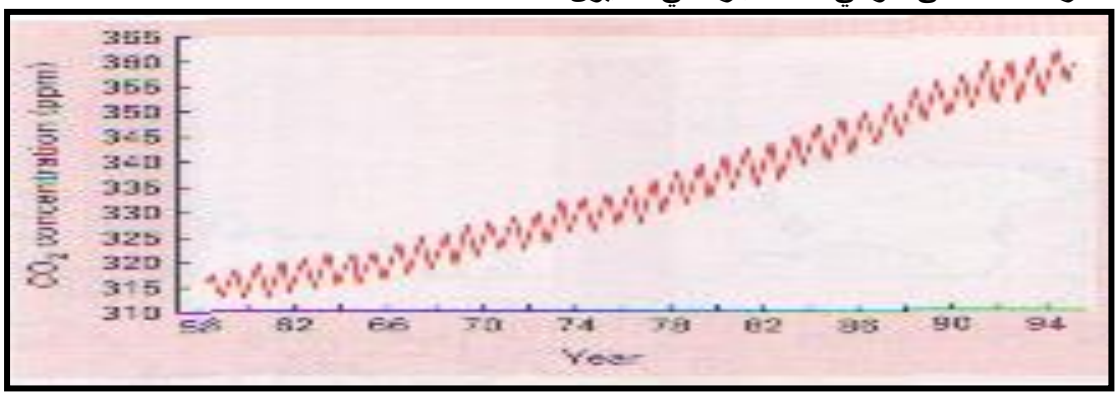


شكل (): إعادة انعكاس الحرارة المنبعثة من سطح الأرض تحت تأثير CO_2

ولكن رغم قلة CO_2 الجوي إلا أنه ثابت نسبيا في البيئة وتتزود الطبيعة منه باستمرار بسبب الارتباط بين دورة O_2 ، CO_2 والعلاقة المباشرة بينهما في عملية البناء الضوئي والتنفسي في النباتات والكائنات المثبتة للمادة العضوية، وعملية الشهيق والزفير (التنفس) في الحيوانات، فهي تأخذ CO_2 وتلقي O_2 في البناء الضوئي أو تأخذ O_2 وتعطي CO_2 في التنفس . كما أن CO_2 موجود بشكل ذائب في المياه بصورة حره أو على شكل كربونات CO_3 اوبيكربونات HCO_3 او H_2CO_3 حامض الكربونيك . وتعمل النباتات الكبيرة بالمحافظة على توازنه في البيئة المائية بعمليات متعددة ، كما يوجد في الحياة أيضا كناتج عرضي لعمليات تحلل المواد العضوية التي تصل الى القاع أو تكون عالقة بالجسم المائي كبقايا انسجه حيوانيه ونباتيه او افرازات عضويه . ولثاني أكسيد الكربون وجود في البيئة البرية كذلك حيث يكون على شكل أملاح الكربونات مثل $MgCO_3$ كربونات الماغنسيوم والكالسيوم $CaCO_3$ وأوكسيد الجير CaCO مرتبطة مع الصخور الكلسية بشكل خاص والعديد من الصخور الرسوبية الأخرى . كما تساهم النشاطات البشرية في مجال الزراعة والصناعة وحرق الوقود واستخراج النفط وغيرها من الفعاليات بحوالي ثمانية مليارات طن تضخ سنويا الى الغلاف الغازي ، قدرت عام ١٩٧٠ من قبل العديد من الباحثين بأن بحوالي ٦ مليار منها عمليات حرق الوقود و ١.٥ مليار من الأراضي الزراعية نتيجة للحراثة المتكررة وعمليات تحلل الاسمده العضوية .

وتمتاز دورة CO_2 بخاصية منفردة عن بقية الغازات الأساسية كون هذا الغاز في حالة زيادة في الغلاف الغازي ، و له قدره كبيرة اكبر بحوالي ٣٠ مره من سرعة ذوبان O_2 في الماء هذا من جانب ، ومن الجانب الآخر خاصية الموازنة بين ايون البيكربونات HCO_3 و CO_2 حيث تقوم البيكربونات بتعويض أية كمية تسحبها النباتات المائية وفي حالة زيادته يتحول الى بيكربونات ولذلك فهو بحالة توازن نسبي ثابت في المسطحات المائية التي تشكل ٧١% من الكره الأرضية ، وهذا ينعكس على انتشاره واستقراره في الطبيعة بشكل عام نتيجة لعمليات التبخر والذوبان المتبادلة بين الماء والغلاف الغازي . وهذا المبدأ يتأكد من الدراسة التي قام بها الباحث Ricklefs عام ١٩٨٠ والذي قدر فيها إنتاجية الكائنات المنتجة للمادة العضوية (الكربون) بواسطة عملية البناء الضوئي بحوالي ١٠٥ $\times 15^{10}$ جرام سنويا يعاد منها كمخزون لثاني أكسيد الكربون وتنفس النباتات حوالي ٣٢ $\times 15^{10}$ جرام ، اما النسبة المتبقية و البالغة ٧٣ $\times 15^{10}$ منه فإنها تستغل من قبل الأحياء الأخرى ، ويدور CO_2 بين الغلاف الغازي والتربة والماء والأحياء الموجودة في هذه الأغلفة بدورة منتظمة تشترك فيها عدة عوامل كما يظهر في الشكل .

ومما يقلق علماء البيئة حاليا هو زيادة التدفق الناتج من عمليات تلوث الغلاف الغازي،حيث أشارت أحدى الدراسات إلى ان تركيزه في منطقة القطب الجنوبي عام ١٩٥٠ كان حوالي ٢٨٠ جزء في المليون وأصبح ٣١٥ عام ١٩٧٨ وفي عام ١٩٨٤ بلغ ٣٤٣ ومن المتوقع أن يصل في الفترة القادمة الى حوالي ٦٠٠ جزء في المليون.



شكل: تزايد نسب CO_2 في الغلاف الغازي للفترة من ١٩٥٨ – ١٩٩٤
(Keeling, *et al* ١٩٩٥) .

٤ . دورة النتروجين Nitrogen cycle :

يعتبر النتروجين من أوسع الغازات انتشارا في الغلاف الغازي حيث يشكل حوالي ٧٩% من حجم الهواء النقي وبالرغم من هذه النسبة الكبيرة إلا أن الأحياء سواء نباتات أو حيوانات لا تستطيع أخذه مباشره من الهواء لأنه (سام) لذلك يجب أن يتحول الى شكل مركب يمكن امتصاصه من قبل النبات على شكل (نترات) او مع مصادر الغذاء الحيواني للحيوانات . حيث يعتبر مصدر غذائي مهم لأنه يدخل في بناء وتركيب البروتينات والصبغة الخضراء والمادة الوراثية RNA و DNA والأحماض الامينية والدهون المفسفرة والعديد من المركبات الضرورية لحياة الكائنات الحية . ومن وجهة نظر بيئية تعتبر دورة النتروجين أكثر الدورات الغازية شمولا واستقراراً وذلك لأنه يوجد بكمية كبيرة في الغلاف الغازي تقدر بحوالي ٣٨ .٥ جيوجرام (وكل ١ جيوجرام = ٢٠ جرام) ، كما ان تحلل المواد السيللوزية والبروتينات الحيوانية الحاوية على مركبات عضويه محتويه على N_2 تساهم في تزويد البيئة أو ينتج كناتج عرضي من العمليات الصناعية (التثبيت الصناعي للنتروجين) والذي قدرته أحدى الدراسات للباحث Bowen 1979 بحوالي ٤×١٠^{٧} طن/السنه . كما أن عمليات احتراق الوقود ووسائط النقل والنفايات الزراعية وغيرها تعطي كميات مقاربه لما يحصل من عمليات التثبيت الصناعي حيث يتم إطلاق النتروجين بشكل عنصر او أكسيد النتروجين .

طاقة حرارية

$$N_2 + O_2 \text{ ---------- } 2\ NO$$

كما إن الأحياء المجهرية تزود الغلاف الغازي بكميات من النتروجين الزائد عن حاجة النباتات وأحياء التربة خاصة في المواقع التي تستخدم فيها الأسمدة العضوية او الاسمده النيتروجينية بكميات فائضة عن الحاجة . بالإضافة الى ما تعيده الحيوانات المستهلكة للغذاء من فضلات تحتوي على النتروجين مع مركبات مختلفه من اليوريا ، حامض اليوريك والأمونيا لذلك فأن مخزون هذا العنصر في الأنظمة البيئية سواء كانت بريه أو مائية دائما مستقر وبكميات كبيرة .
وتعتبر دورة عنصر N_2 من أكثر الدورات الغازية تعقيدا وصعوبة والسبب في ذلك هو أن هذا العنصر يمر بسلسلة من التحولات سواء في البيئة أو داخل أجسام الكائنات الحية وكما يلي:

خطوات دورة النتروجين :

أولا: تثبيت النتروجين Nitrogen fixation :

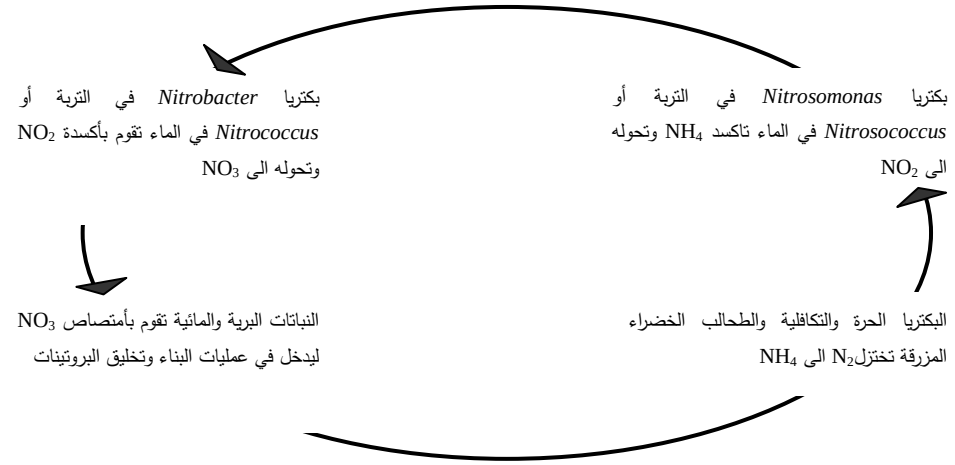
١- التثبيت الحيوي Biological fixation (Bio-fixation) : ويتم بواسطة أنواع من البكتيريا والطحالب والأوليات بعدة طرق هي :

أ . التكافل مع النباتات Symposis . كتكافل أنواع من البكتيريا مع النباتات البقولية بواسطة العقد الجذرية Root nudles ، والتكافل مع نباتات غير بقولية:

- الحالة الأولى بواسطة بكتريا (الرايزبيوم والبرادي رايزبيوم ***Rizobium***) .
- الحالة الثانية فتحصل بواسطة بكتريا ***Actinomycetes*** .

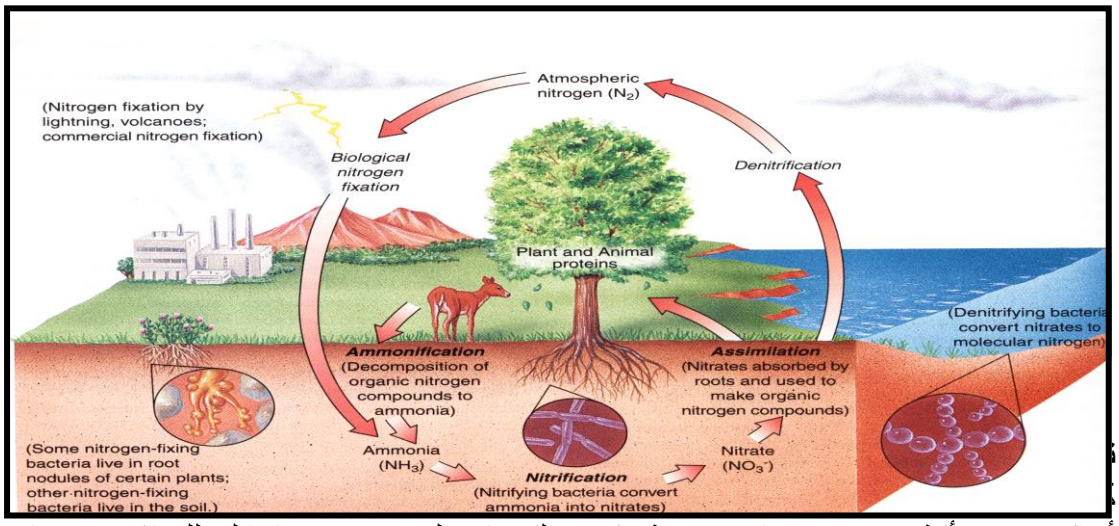
ب . كائنات حيه تعيش في التربه أو في المياه بصوره حره Free living مثالها ***Clostridium , Azobacter*** ، طحالب مثل اجناس ***Anabaena , Nostoc*** اوبكتريا في مياه البحر مثل جنس ***Nitrosococcus .***

٢- التثبيت الجوي (أو التثبيت الفيزيائي Physical fixation :وهي عملية فيزيائيه ينتج عنها تأثير مؤين للبرق على غاز N_2 الموجود في الجو وتحويله الى نترات NO_3 تتساقط مع الامطار على التربه والمياه ، وتقوم بعد ذلك العديد من أحياء التربة المجهرية بتحويلة كما في الخطوات التالية:



٣-عملية انتزاع النتروجين Denitrification :

تتم هذه العملية في الظروف البيئية التي ينعدم فيها الأكسجين أي (الظروف اللاهوائية) تحت تأثير عدة عوامل كارتفاع الحرارة الشديدة في الماء والتلوث العضوي الشديد وغير ذلك من العوامل حيث تنشط بعض أنواع البكتريا مثل ***Micrococcus*** ,***Thayobacillus*** والتي تقوم باختزال النترات NO_3 الموجودة في الماء وتحويلها مره أخرى الى NO_2 نيتريت وغاز N_2 الذي يطرح للغلاف الجوي .ويمكن وصف جميع هذه الخطوات بالتعاقب كما في الشكل العام لدورة النتروجين في الطبيعة والموضحة في الشكل التالي.



أماكن معينه أكثر من غيرها من جهة وكون الكميات الموجودة منها قابله للنفاذ عند زيادة الاستهلاك البيئي من قبل الأحياء او استخدامها من قبل الإنسان في المجال الصناعي والتجاري في مختلف أوجه النشاطات البشرية من جهة أخرى . وقد تكون هذه العناصر فلزات metals مثل الصوديوم ، البوتاسيوم والكالسيوم وغيرها أو لا فلزات Nonmetals مثل الكبريت والفسفور . ويدخل ضمن هذه المجموعة من العناصر ما هو أساسي للحياة Essential elements سواء للنبات أو الحيوان كالحديد والزنك والنحاس والفلور والنيكل وغيرها أو انها عناصر غير أساسيه non-essential elements كما هو في حالة البورون والجرمانيوم

والروبيديوم وسواها من العناصر التي توجد في أنسجة الكائنات الحية وسوائلها الجسمية . وهذه العناصر الراسبة إما تتواجد داخل الصخور الرسوبية أو مرتبطة مع الجذور أو الشقوق الكيميائية الموجودة في البيئة المحيطة بها مثل جذور SH, NH,OH وغيرها. أو تكون(وخاصة المعدنية منها) مرتبطة بصورة أيونية بالماء أو بصوره متراكبات متعددة مع مركبات عضويه أو غير عضويه وهذه المتراكبات تكون قائمة على الارتباط الالكتروستاتيكي أو التساهمي أو الاثنين معا.

.

ولذلك توصف هذه الدورات بالدورات غير الكاملة أو المحدودة لأن عناصرها سواء فلزات أو لا فلزات تنتهي عند مركبات على شكل صخور أو خامات رسوبية مختلفة وتكون عملية خروج العنصر المطلوب للتدوير في البيئة منها بطيء جدا ، وفي حالة دخوله الدورة وخروجه منها مباشرة أو بطرحه على شكل فضلات من قبل الكائن الحي يكون من الصعب الحصول عليه بالحالة الحرة (الطبيعية) التي يمكن لهذا الكائن وخاصة النباتات من استخدامه مرة ثانية ، ومن أهم هذه الدورات دورة الفسفور ، دورة الكبريت ، ودورة العناصر المغذية الضرورية .

١- <u>دورة الفسفور Phosphors cycle</u> :

يعتبر علماء البيئة بأن دورة الفسفور P_2 من أهم دورات العناصر الرسوبية والسبب في هذا التأكيد هو كون هذا العنصر يلعب دورا مهما في بناء المادة الحية الأولية Protoplasm للخلايا في جميع الأحياء من جهة وكذلك اشتراكه المباشر في تكوين المادة الوراثية RNA و DNA المسئولة عن تحديد ونقل الصفات الوراثية المميزة لهذه الكائنات من جهه أخرى ، كما ان هذا العنصر يمتلك صفات بنائية تركيبية حيث يدخل في عملية تكوين الأغشية الخلوية Cell membranes من خلال اشتراكه في تكوين الدهون المفسفرة phospholipids وتكوين الهياكل العظمية والأصداف والأسنان في جميع الحيوانات البرية والمائية ، ويشترك كذلك في تكوين ناقلات الطاقة الخلوية ATP, ADP, AMP بالإضافة الى كونه من العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients ، ولذلك يستخدم في تصنيع العديد من المغذيات والأسمدة المركبة والفوسفاتية مثل NPK, PO_4, P_2O_5 وغيرها ، حيث يمتص الفسفور بواسطة النباتات والطحالب المائية على هيئة فوسفات ذائبة PO_4 ، ويستخدم في البناء الخلوي فيها ، ثم بعد ذلك ينتقل من خلال السلاسل الغذائية الى أجسام المستهلكات والمحللات وبعد موت هذه الأحياء وتحلل أجسامها يعود الفسفور بصوره فوسفات الى التربة أو المياه بواسطة بكتريا الفوسفات ليعاد امتصاصه مره أخرى من قبل المجموع الجذري للنبات أو بالنفاذ في حالة الطحالب والأحياء المائية البسيطة . كما يتواجد الفسفور في الماء بهيئة فوسفات الحديد $FePO_4$ ، أو فوسفات الكالسيوم $CaPO_4$ ، غير الذائبة وكذلك على هيئة ايونات الفوسفات غير العضوية وفي الجزئيات العضوية كالسكريات والأحماض النووية مثل DNA ، وبعد انتهاء دورة العديد من الأحياء المائية ذات دورات الحياة القصيرة كالطحالب والقشريات والعديد من الأوليات والبكتريا وغيرها يعاد مره اخرى الى الماء . ويعتمد التوازن الكيمائي للفسفور في الماء على عدة متغيرات منها الدالة الحمضية pH ، وتركيز وأقيام الايونات المعدنية ووجود الكبريت الذي يعمل على تكون كبريتيدات الحديد في الترسيبات القاعية والعمل على تحويل الفسفور من شكله غير الذائب الى الشكل الذائب ليصبح قابل للاستعمال من قبل الأحياء المائية وكذلك احياء التربة أثناء عمليات السقي ومعاملة الترب بالكبريت .

وعلى كل حال فان دورة الفسفور تعتبر مثالا نموذجيا لدورات العناصر الراسبة وتشترك فيها الصخور الفوسفاتية المجهز الرئيسي للدورة والتربة والمياه والنباتات والحيوانات والأحياء المجهرية ، حيث يتحول فيها الفسفور من الشكل الصلب الى الشكل الذائب ثم الى الشكل الصلب مرة أخرى ، كما يتضح ذلك من الشكل التالي لهذه الدورة .

ومن متابعة الدورة أعلاه نلاحظ ان الفسفور يأتي من مصادر عديدة هي :

١. الصخور الفوسفاتية التي يتحول قسم منها الى معادن التربة الحاوية على عناصر الفسفور بواسطة عملية التجوية Weathering وتآكل الصخور وتعريتها بواسطة الأمطار ، واستخراج المعادن .

٢. البراكين Volcanoes التي تحصل في العديد من مناطق العالم تساعد في إيصال الفسفور الموجود في باطن الأرض الى التربة السطحية ويدخل الدورة .
٣. الفضلات الحيوانية التي تطرح على شكل افرازات أو مخلفات كما في زرق الطيور البحرية ، او بقايا الحيوانات الفقارية التي تتحلل في التربة أو الماء وتعطي هياكلها نسبه من الفسفور .
٤. مياه المجاري والمياه الصناعية المعادة الى المسطحات المائية تساهم بإعادة كميات كبيرة من الفسفور الذائب لأن هذه المياه حاوية على نسبه كبيرة من المنظفات الكيميائية التي تحتوي على جزء الفوسفات PO_3 الذي يستخدم كعامل منشط في هذه المنظفات وخاصة السائلة منها .
٥. عمليات انجراف الترب الزراعية والترب البرية الحاوية على كميات من الفوسفات ضمن مكوناتها الطبيعية تساعد كذلك على وصول كميات من الفسفور إلى الماء وخاصة أثناء الغبار الشديد أو هطول الأمطار وحصول الفيضانات وعودة المياه إلى مستوياتها الطبيعية .

ورغم أن فقد الفسفور في الأنظمة البيئية المتوازنة يكون قليل إلا أن علماء البيئة قلقون من إمكانية نفاذ هذا العنصر الحيوي (المحدد للنمو للعديد من الأحياء في البيئة) من مواقعه لعدة أسباب منها تعود الى طبيعة دخول هذا العنصر للسلاسل وشبكات الغذاء وطرحه منها والقسم الآخر يعود لتدخل الإنسان واستخدامه لهذا العنصر في الصناعة ومن أهم هذه المشاكل ما يلي :

أولا : بما ان الفسفور المهم للأحياء هو PO_4^{-3} الذائبة في المياه فأن عملية دخوله الى المياه حتى وإن كانت داخلية كالأنهار فإنها تنتهي في مصبات بحرية ، أي أن جزء كبير يفقد سنوياً بشكل طبيعي على شكل ترسبات بحرية ، أو ترسبات قاعيه بعيده جدا تشترك في تكوين ما يسمى بالتربة القاعية (أو الردغه Ooze وبذلك لا تستطيع العديد من الأحياء الاستفادة منه ، كما أن ما تعيده للبيئة بعض الأحياء كالطيور والأسماك لا يساوي ما يفقد منه الى البحار والمحيطات .

ثانيا : قيام الإنسان باستغلال مصادر وخامات الفسفور وخاصة الصخور الفوسفاتية (Apatite) في صناعة الأسمدة الفوسفاتية ، وكذلك استخدام مركبات هذا العنصر في صناعة المنظفات والمبيدات الفسفورية التي تصل الى المياه في نهاية العملية الزراعية أو صرف المياه المعادة إلى مجاري الأنهار والبحيرات الكبيرة .

ثالثا : عمليات تعرية وانجراف التربة وخاصة في المناطق الجبلية غير المحمية ووصول كميات من الفوسفات الى مصادر الأنهار ووصولها الى البحار في نهاية الأمر وبهذا لا تحصل عملية توازن حقيقية بين الفسفور المستهلك والفسفور المعاد (أو المسترجع للبيئة) حيث قدر الباحث Hutchinson بأن ما يعاد من الفسفور بواسطة الطيور والأسماك يقدر بحوالي ٦٠ .٠٠٠ طن سنويا بينما الذي يفقد إلى قاع البحار والمحيطات يتراوح بين (١- ٢ مليون طن سنويا.

ولذلك وضع الباحثون العديد من الخطط والأفكار التي تساعد على تفعيل هذه الدورة والتقليل من فقد هذا العنصر المهم جدا في الدورات البيوجيوكيميائية والتوازن البيئي منها :

١. استخدام المياه المعادة والحاوية على نسب عالية من الفوسفات في عمليات الزراعة واستصلاح الأراضي وخاصة الصحراوية والفقيرة .
٢. رفع مستوى التقنيات التي تستخدم في معالجة مياه المجاري ومحاولة الحصول على اكبر كميه من الرواسب الحاوية على مركبات الفسفور المختلفة .
٣. عمل المصائد البحرية وتحفيز تكون الشعاب المرجانية التي تحتوي على أنواع عديدة من الطحالب التعايشية التي تحتاج الى الفوسفات لزيادة نموها والتي تعمل بنفس الوقت على تعطيل انسياب الرواسب النهرية الى قيعان البحار والاستفادة منها كمغذيات للعديد من الأحياء المائية .
٤. العمل على تثبيت الترب من خلال عمل المدرجات الجبلية وزراعة المناطق الجبلية والأراضي المرتفعة بالنباتات المثبتة للتربة وتقليل عمليات فيضان الأنهر وجرف الترب الزراعية وغيرها من الوسائل .
٥. سحب الترسبات القاعية والاستفادة منها في تصنيع الأسمدة الفوسفاتية وخاصة في البحيرات الكبرى ذات الأعماق الكبيرة والتي تصلها مخلفات ومياه الصرف بكميات كبيرة أيضا .

٢- دورة الكبريت والعناصر الثانوية Sulfur cycle :

الكبريت واحد من مجموعة من العناصر تسمى بالعناصر الثانوية التي تشمل الكبريت والماغنسيوم والكالسيوم وسميت بالثانوية لأن النباتات تحتاجها بكميات قليلة كأسمدة تربة مقارنة مع غيرها من العناصر الغذائية الكبرى كالبوتاسيوم والفسفور . ويوجد الكبريت بصوره عضويه في الطبيعة لذلك يجب أن يتحلل لكي تتمكن النباتات من الاستفادة منه ، ولهذا العنصر أهمية بيئية وحيويه في نفس الوقت حيث أن وجوده في التربة او إدخاله في العمليات الزراعية وذوبانه في الماء يؤدي الى تكوين وسط حامضي من H_2SO_4 بتراكيز بسيطة مما يساعد في إذابة

الكالسيوم والفسفور والبوتاسيوم الموجود على شكل مركبات مع جزئيات التربة أو في الرواسب القاعية في الماء مما يسهل عملية امتصاص هذه العناصر الضرورية للنمو النباتي وكذلك للعديد من الطحالب والحيوانات المائية وخاصة القشريات والأسماك وبشكل خاص الكالسيوم والفسفور ، كما أثبتت العديد من الدراسات بأن الكبريت يعمل على خفض الأس الهيدروجيني في الترب الحامضية وبذلك يعمل كمنظم للحموضة حسب حاجة التربة عن طريق اشتراكه القوي في تكون مركبات وأيونات مشتركه لأن جزئية الكبريت شديدة الميل للاتحاد مع الأيونات الأخرى في البيئة ولذلك من النادر وجوده بصوره حره . كما أثبتت العديد من الدراسات بأن وجوده في التربة يحفز تكون العقد الجذرية البكتيرية في النباتات البقولية التي تعمل على تثبيت النيتروجين بطريقه التثبيت الحيوي ، أما من الناحية الحيوية فله العديد من الوظائف فهو يدخل في تركيب وبناء العديد من الأحماض الأمينية التي تشكل العمود الفقري لبناء جزئيات البروتين . كما يقوم بدور فعال في تكوين العديد من الأنزيمات الجسمية والفيتامينات المنشطة للجسم ، كما أن له دور مهم في عملية تكون البذور والتسريع في عملية نضج الثمار وكفاءة الأوراق وحيويتها لذلك فأن نقصه في التربة يظهر مباشره على الأوراق النباتية حيث يصبح لونها أخضر شاحب . ويتميز هذا العنصر عن سواه من عناصر الدورات الرسوبية بأنه يمكن ان يكون بالصورة الغازية في بعض المواقع من البيئة وخاصة بهيئة SO_2 ثاني أكسيد الكبريت ، أو كبريتيد الهيدروجين H_2S وبذلك يستطيع دخول الأوراق النباتية عن طريق الهواء بالتبادل الغازي أو الادمصاص في الأجواء الرطبة ، إلا أن المصدر الأساسي للكبريت هو المادة العضوية الموجودة في التربة بالإضافة الى العديد من المصادر الطبيعية كالخامات (الركاز) المتمثلة بالصخور الكبريتية وكبريتات الامونيوم وكبريتات الماغنيسيوم وكبريتات البوتاسيوم والجبس الزراعي $CaSO_4$ والأملاح البحرية المحمولة مع الرياح وثوران البراكين في بعض المناطق ووصول مركبات الكبريت المخزونة في الطبقات الأرضية الى القشرة (التربة) بالإضافة إلى غازات الكبريت المتكونة مع عمليات الاحتراق المرافقة للبراكين وأكاسيد الكبريت الناتجة من التلوث الصناعي والتحلل العضوي للمصادر المائية الحاوية على الطحالب الخضراء المزرقة التي تعطي H2S كناتج عرضي لها . وجميع هذه الأكاسيد اذا لم تمتص مباشرة من قبل النباتات فأنها تتحول الى أمطار حامضية تتساقط على مختلف المواقع البيئية بهيئة حامض الكبريتيك H_2SO_4 أو كبريتات الأمونيوم ، وقد قدرت بعض الدراسات البيئية بأن مجموع هذه السواقط تزود البيئة بما مقداره ٦٠ كغم/هكتار سنويا من مركبات الكبريت . كما تساهم المدن والمجمعات السكنية من خلال ما تطرحه من فضلات تسمى بالسماد البلدي أو ما تحمله مياه المجاري من مركبات كبريتيدية مختلفة المصادر .

ومهما إختلفت مصادر الكبريت في البيئة فإن هذا العنصر يدخل الدورة البيوجيوكيميائية بشكل رئيسي عندما يكون بشكل ايونات الكبريتات الذائبة SO_4^{-2} حيث تستطيع النباتات من امتصاصه عن طريق الجذور واستعماله في البناء الخلوي ، وفي المنتجات ينتقل خلال السلاسل الغذائية كبروتينات نباتيه ويدخل في البناء الخلوي والتي ذكرناها سابقا . ويطرح من هذه الكائنات مع الافرازات الجسمية المختلفة بنسب بسيطة أو بعد موت الأحياء المنتجة أو المستهلكة ، ويعاد بعمليات التحلل في الظروف الهوائية او اللاهوائية حيث يتحرر في الظروف اللاهوائية في التربة أو الماء على شكل كبريتيد الهيدروجين H_2S ، أما في حالة الظروف الهوائية فينتج من المواد العضوية التي يتم تحللها إلى أكاسيد الكبريت الأخرى ، وفي جميع الأحوال يتم أكسدة H_2S وتحويله الى جذر سلفات SO_4^{-2} بواسطة أنواع من البكتريا الهوائية المتخصصة في أكسدة الكبريت للحصول على طاقه كيميائية للقيام بعملية التثبيت الكيميائية وصنع الغذاء ، ومن البكتريا المعروفة في هذا المجال بكتريا الكبريت ***Thiobacilluse*** . وفي حالة عودة الظروف اللاهوائية تسير العملية بالاتجاه العكسي حيث يتم اختزال SO_4^{-2}الى كبريتيد الهيدروجين H_2S مره أخرى بواسطة بكتريا لاهوائية من مجموعة ***Sporovibre*** كما توضح المعادلات التالية :

Throbacilluse aerobe

$$H_2S \xrightarrow[\textit{Sporovibrio}\ \textbf{an aerobe}]{} SO_4^{-2}$$

كما تستطيع بكتريا الكبريت تحويل الكبريت الحر أو نزعه من المركبات الحاوية على الكبريت والتي ذكرت في مصادر الكبريت سابقا وتحويله الى حامض كبريتيك للحصول على طاقه لغرض القيام بعمليات البناء الضوئي ولذلك اشرنا إلى ان وجود الكبريت يعمل على خفض حامضية التربة ويتم هذا العمل وفق المعادلة التالية :

$$2H_2SO_4 \xrightarrow{\textit{Thiobacilluse}} 2S+2H_2O+3O_2$$

وعموما يمكن تلخيص دورة الكبريت بالشكل التالي :

ونلاحظ من الشكل ان دورة الكبريت كغيرها من الدورات الراسبة تتأثر بعمليات فقد وخسارة الكبريت في النظام البيئي عن طريق غسل وري التربة ، وتسرب المياه من طبقاتها المختلفة الى المصادر النهرية او المياه الجوفية . بألاضافة الى خسارة الكميات التي تشترك في تكوين البذور والثمار التي تستهلك في أماكن أخرى بنتيجة للنشاط التجاري ولذلك يجب تعويض هذه الكميات عن طريق استخدام الاسمده الكبريتية في الدورات والعمليات الزراعية بصوره مستمرة .

اما العناصر الثانوية الأخرى وهي الكالسيوم Ca والماغنسيوم Mg فإنها تلعب دور مهم في حياة المنتجات النباتية بشكل خاص حيث يؤدي الكالسيوم العديد من الوظائف المهمة أولها المشاركة في تكوين الجدران الخلوية Cell walls وتحفيز نمو المجموع الجذري والمجموع ألورقي بالإضافة الى قيامه بتنشيط عمل العديد من الأنزيمات وتكوين البذور وقشرة الثمار ، كما يلعب دور وظيفي مهم داخل النبات حيث يساعد في معادلة الأحماض العضوية ونقصه يؤدي الى ضعف نمو القمم النامية وتعفن الجذور ، كما له دور بيئي مهم في انتشار ونمو البكتريا التكافلية التي تكون العقد الجذرية التي تساعد على تثبيت النتروجين حيويا . وهو ضروري للحيوانات المائية والبرية حيث يساهم في بناء الأصداف والأغلفة الجسمية والهياكل الداخلية ، ويحافظ على صحة الجهاز العصبي والعضلي ونسبته مهمه في أجسام الثدييات ومنها الإنسان وخاصة بما يتعلق بالدورة الدموية وأمراض الشرايين المعروفة .

أما عنصر الماغنيسيوم فيعتبر وجوده في الدورة البيوجيوكيميائية مهم جدا في الدراسات الوظيفية والتي تشير الى أنه يشكل الحلقة الوسطى في تكوين جزئية اليخضور (الكلوروفيل) النباتي العامل الأساسي في عملية البناء الضوئي ، كما أن وجوده في البيئة يساعد في تسهيل عملية تمثيل الفوسفات PO_4 من قبل النباتات وتنشيط عملية التنفس من خلال العمل على تنشيط العديد من الإنزيمات في أجسام الكائنات الحية ومنها النباتات ، ويفضل ان يكون وجوده في البيئة بحالة توازن مع عنصر الكالسيوم لانهما يعملان على زيادة القدرة التبادلية للأيونات الموجبة من والى داخل الأغشية الخلوية لجميع الأحياء . وهذه العناصر متوفرة في أغلب أراضي الوطن العربي لان معظمها ناتج في ترسبات نهريه بالإضافة الى ارتفاع مستوى الحموضة في أغلب هذه الأراضي ، حيث تشير الدراسات الى أن الكالسيوم من أكثر العناصر وفرة في الدورات الرسوبية ، لأنه ينجرف مع ترسبات الأنهار ويترسب بشكل حجر الكلس وموجود ضمن صخور السلاسل الجبلية ويصل الى المناطق البحرية بشكل متواصل . وقدرت هذه الدراسات بأن ٧% من المواد الرسوبية الكلية التي تصل الى الأنهار هي من الكالسيوم ، كما ان التجارب الإشعاعية قد ساهمت بزيادةمستوى الكالسيوم وخاصة من خلال استخدام عنصر السترانشيوم المشع الذي يؤدي الى زيادة انبعاث الكالسيوم من التربة والماء ووصوله الى النباتات الخضراء أو أجسام الحيوانات ودخوله غذاء الإنسان ولكن لهذه العملية تأثيرات بيئية وصحية خطره لأن هذا العنصر المشع ثبت ان له تأثيرات سرطانية وهو عنصر بديل في حالة نضوب الكالسيوم كعامل محدد للنمو تستطيع بعض الأحياء استبداله في البيئة . وعموما يمكن ان يتم التبادل بين المجتمعات الحيوية والمكونات اللاحية لهذه العناصر بالشكل التالي :

الأهمية البيئية لدراسة الدورات البيوجيوكيمائية :

إن عملية انتقال و دوران العناصر الضرورية لإدامة الحياة والعلاقة التفاعلية بين الكائن الحي وبيئته والمتمثلة بأخذ العناصر المغذية من الأغلفة الأساسية المكونة للغلاف الحيوي والمتمثلة بالماء والتربة والهواء ، هذه العناصر كالكربون على شكل CO_2 والأكسجين O_2 والنتروجين N_2 والماء H_2O والكثير من عناصر الطبيعة الأخرى التي تحتاجها الكائنات الحية في إدامة حيويها ونشاطها الأيضي وإدخالها في سلسلة من التحولات من الشكل غير العضوي (عناصر أولية) الى الشكل العضوي (غذاء مصنع) بعملية البناء الضوئي ثم إعادته الى الشكل غير العضوي مرة أخرى على شكل (عناصر أولية) بعملية التحلل والهظم والإخراج وما يرافق ذلك من تحرير طاقه حره الى البيئة ، كلها عوامل تجعل أو تسبب تباين واختلاف في أعداد وأنواع الكائنات الحية في منطقة بيئية ما عن ما هو موجود في منطقة بيئية أخرى وذلك نتيجة لعدة عوامل منها ، وفرة وطبيعة العناصر الداخلة في عملية التحول هذه ، كفاءة الكائنات الحية التي تقوم بسلسلة التحولات ، الظروف البيئية المحيطة بهذه الكائنات الحية والتي تؤثر بشكل كبير على سرعة التحول ومقداره (كالحرارة ، الرطوبة ، وشدة الاشعاع الشمسي (الإضاءة) والعوامل الكيميائية المختلفة بالإضافة الى العلاقات الجانبية الناشئة بين الأحياء ذاتها . لذلك فإن متابعة مسار انتقال أي عنصر من عناصر الدورات البيوجيوكيميائية من الحالة غير العضوية الى الحالة العضوية ومنها إلى الشكل غير العضوي مره أخرى في أية جزء من الطبيعة تسهل على الباحث البيئي عملية إدراك وتفسير العلاقات الناشئة بين الكائن الحي ووسطه أولا وبين الكائن الحي و أفراد نوعه والأنواع الأخرى في مجتمعه من جهه ثانيه ، لأن مسارات هذه العناصر مهما اختلفت طبيعتها وشكل دورتها فإنها بالنتيجة تتبع نظاما جيولوجيا وكيميائيا وحيويا مترابطا يكمل بعضه البعض الأخر لإتمام هذه الدورة وانتقال العنصر بين مكونات الطبيعة .

ومن هذا المنطلق أصبح بالامكان من وجهة نظر علماء البيئة بشكل عام وعلماء البيئة التطبيقية Applied ecology بشكل خاص دراسة ومتابعة هذه الدورات ضمن الأنظمة البيئية المختلفة سواء كانت بحار أومحيطات أوأنهر أوبحيرات أوغابات أومراعي أوصحارى أو غير ذلك من الأنظمة المفتوحة والمغلقة ، لأن النتيجة النهائية لدورة أي عنصر تتلخص في الانسياب الدوري والمستمر لهذا العنصر وانتقاله من البيئة المحيطة (الوسط) الى أجسام الكائنات الحية واشتراكها في الفعاليات الأيضية ، ثم طرحه الى الوسط مره أخرى كناتج عرضي لعمليات الأكسدة والاختزال والتحلل المعروفة . إلا أن هذه العملية لا تكون بهذه البساطة كما أثبتت الدراسات البيئية المختلفة نتيجة للمتغيرات التي تحصل في البيئة يوميا وفصلياً بالإضافة الى ما يحصل من ظروف حرجه تتعرض لها الكائنات الحية في بيئتها نتيجة للعوامل البيئية الطارئة السريعة كالحرائق والعواصف والأمطار وتساقط الثلوج والتعرية وغيرها بالإضافة الى جوانب تتعلق بسلوك الكائن الحي وخاصة المستهلكات والمحللات كالهجرة والاستيطان وفرط الكثافة والتنافس والافتراس وانتشار الأوبئة السريعة ، هذه العوامل مجتمعه تجعل من وضع الخطوط الرئيسية لنماذج دورة العناصر في البيئة ليس كافيا للاستدراك الكامل لعمل الأنظمة البيئية ، لذلك تبقى الحاجة الى معرفة طبيعة العلاقات الكمية والنوعية المتداخلة في مجتمع الأحياء وعلاقته بمصادر الطاقة الواصلة لهذه الأنظمة البيئية . لذلك فإن متابعة هذه التغيرات التي نلاحظها في الطبيعة عن طريق متابعة ودراسة الدورات البيوجيوكيميائية تحقق للباحث البيئي العديد من الأهداف منها :

أ. معرفة ومتابعة عملية انسياب وهجرة العناصر الضرورية لإدامة الحياة ونشاطها وتحديد مواطن الضعف والقوة التي تؤثر في إعاقة أو تنشيط هذه الحركة الانتقالية سواء في الماء أو التربة ووصولها للكائن الحي من عوامل كيميائية فيزيائية أو عوامل تلوث مشتركة .

ب. مراقبة وتتبع كفاءة المستويات الغذائية والكائنات المكونة لها في عملية تثبيت الطاقة وتحويلها على شكل كتلة حيوية جاهزة للمستويات الأعلى من خلال حساب كمية الطاقة الداخلة في الدورة والطاقة الخارجة منها .

ج. دراسة ومراقبة هجرة الأحياء في المناطق البيئية ومعرفة مدى تأثيرها على استقرار الدورات البيوجيوكيميائية وخاصة للعناصر الراسبة والمغذية من خلال تأثيرها على كمية المادة العضوية التي تسحبها أو تضيفها للأنظمة التي تتحرك منها واليها .

د. إمكانية التنبؤ بما يحصل في النظام البيئي من خلال دراسة توزيع العناصر الحيوية في النباتات والحيوانات والكائنات الأخرى وتبدلاتها من حيث النمو والتكاثر ومعدل الولادات وألهلاكات أثناء انتشار الأوبئة أو مراقبة المخزون العضوي وكمية العناصر ونوعيتها في هذا النظام من خلال إجراء وتحليل مستمر لمكونات هذه الأنظمة ومعرفة جوانب الخلل في شبكات الغذاء والطاقة وحركة العناصر والعمل على صيانة الموارد الطبيعية .

ه. العمل على تطوير مستوى الإنتاجية في مختلف المستويات البيئية وخاصة في النظم المائية أثناء الفترات التي تقل فيها العوامل المساعدة بسبب انخفاض درجات الحرارة وضعف نشاط الكائنات الدقيقة في عملية التحلل وكذلك حركة الأحياء والتيارات المائية ، مما يقلل من فرص تدوير المغذيات في الوسط .

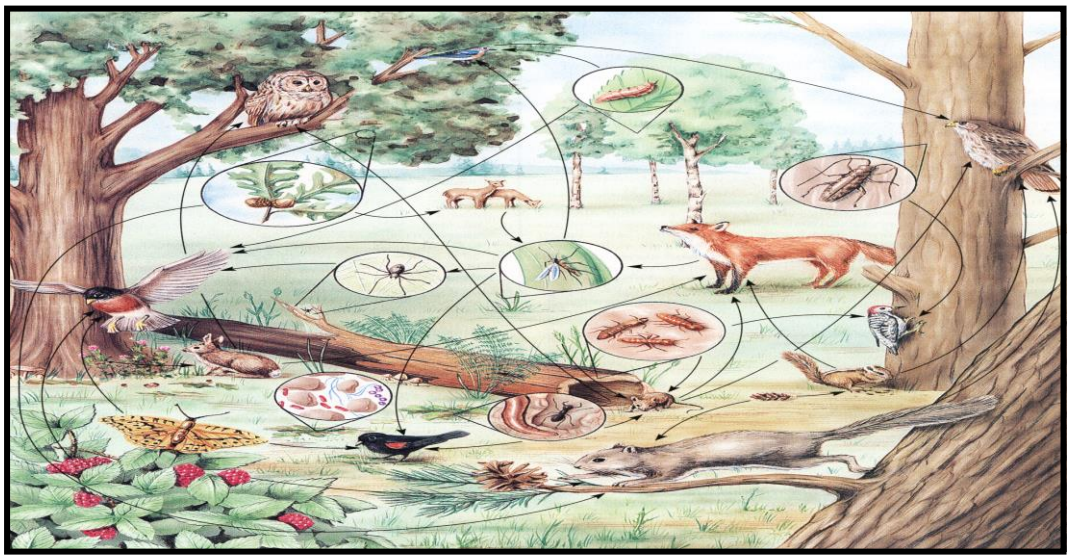
محاضرة الأهرامات البيئية

Ecological Pyramids

التركيب الغذائي ومفهوم الاهرامات البيئية
أنواع االاهرامات البيئية وأسس تقسيمها
الهرم البيئي العددي
هرم الكتلة الحية
هرم الطاقة
الأهمية البيئية لدراسة الاهرامات البيئية.

التركيب الغذائي ومفهوم الأهرام البيئية :

لغرض تفسير معنى الاهرامات البيئية لابد من التوقف بعض الشيء لتفسير العلاقات الغذائية بين المستويات المختلفة للأحياء ومديات تدفق الطاقة بين مكونات الغلاف الحيوي Biosphere وكيفية انتقالها بين أجزاءه ، وما هو جوهر هذه العلاقة بالإنتاجية الحيوية والتي سبق شرحها وكيف يمكن حسابها رياضيا بتطبيق مبدأ أو قاعدة الإهرامات البيئية . نجد أن التقديرات العلمية تشير إلى أن الأرض تتعرض الى ما مقداره ٧٠٠ كيلوسعر/سم^{٢} من الأشعة الشمسية ، ولكنها تستلم منه فقط ٥٥ كيلوسعر/سم^{٢} نتيجة لتشتت وامتصاص هذه الطاقة بالعديد من العوائق التي ذكرناها في دراسة الطاقة وسلاسل الغذاء . ويستفيد المجتمع الحيوي من هذه الطاقة عن طريق تثبيتها في الكائنات المنتجة وتحويلها الى طاقه كيميائيه يمكن حسابها بوحدات وزنيه معلومة ، فعلى سبيل المثال قدر بأن إنتاجية المساحات الورقية في البيئة البرية تصل الى حوالي ١٧٨ جم/م^{٢} ورقي/السنة وهو ما يعادل ٧٦٠ كيلوسعر/م^{٢} ورقي/ السنة مقابل ٤٣.٦ كيلوسعر/م^{٣}/السنة في البيئات المائية المختلفة . هذه المادة العضوية المثبته تستخدم كغذاء للكائنات المستهلكة بمختلف مستوياتها ، ويتبدد جزء منها على شكل طاقه مفقودة عند كل مستوى غذائي ، والمتبقي منها في الأنسجة ومخلفات المستهلكات العليا ، تأخذه الأحياء المجهرية وتحوله الى فتات عضوي ومواد وعناصر معدنية تعود وتدخل الدورة البيوجيوكيمائية كما في الشكل (٨-١) الذي يوضح العلاقات الغذائية الناشئة بين مختلف مستويات الأحياء في البيئة .



شكل (١) العلاقات الغذائية بين المستويات المختلفة للاحياء في البيئة (Raven واخرون ١٩٩٨) .

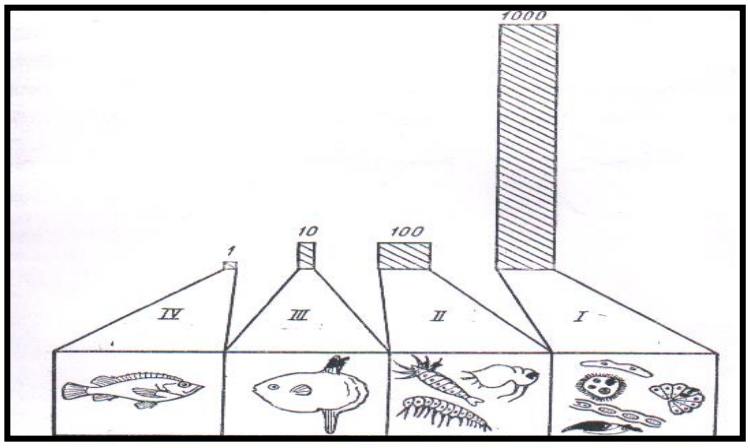
ان سلسلة التفاعلات المتواصلة في ظواهر السلاسل الغذائية في البيئة ينتج عنها عملية فقدان طاقة في كل عملية تحول وانتقال للمادة الغذائية ضمن مكوناتها التي أطلق عليها تسمية المستويات الغذائية Trophic levels او التركيب الغذائي Trophic Structure الذي يمكن وصفه على أساس قياس المحصول القائم / وحدة المساحة أو على أساس الطاقة المثبتة / وحدة المساحة / في وحدة الزمن ، الذي يمكن وصفه في هذه المستويات المتعاقبة . ومن خلال دراسة هذه العلاقات يمكن الاستنتاج بأن جميع الأنظمة البيئية المعروفة لدينا تتبع قانون ديناميكية الحرارة الأول والذي ينص على ان (الطاقة يمكن ان تتحول من حالة الى أخرى وأنها لا تفنى ولا تستحدث) وعليه فإن الطاقة التي تستخدم في المستوى الأول (المنتجات) يجب ان تكون اكبر من الطاقة الواصلة للمستهلك الأول وهي اكبر منه في طاقة المستهلك الثاني وهكذا فإن المفترس النهائي والمحلل يحصلان على اقل قدر من هذه

الطاقة . ومعنى ذلك أننا نجد تدرج في الطاقة عند انتقالنا في كل مستوى من المستويات الغذائية وكذلك نحصل على تدرج أكثر في الكتلة الحية لهذه المستويات لأنها تمثل صافي إنتاجية كل مستوى في سلاسل الغذاء ، وهذه القاعدة تنطبق على المجتمعات النباتية وا لحيوانيه بشكل متماثل ، كما وصف Dowdeswell 1984 مجموعة العلاقات الغذائية التي تظهر في مجتمع بركة مائية Pond community . حيث استطاع الباحث ان يستنتج من هذه العلاقات الحقائق التالية :

١. أن نماذج التداخل والعلاقات الغذائية تكون معقدة جدا وذلك بسبب تكون شبكات غذائية متداخلة العوامل بدلا من سلاسل غذائية بسيطة ، وهذا يعود الى استهلاك الحيوانات على مصادر نباتيه مختلفة ، أو أن آكلات اللحوم تقوم أحيانا بالتغذية المشتركة أو تبدل غذائها حسب فصول السنة وتوفر المواد الغذائية .

٢. يقوم الحطام Detritus النباتي والحيواني الواقع في أسفل الشبكة الغذائية بتجهيز الطاقة والغذاء بعد دخوله الى (دورة الغذاء) للعديد من الأحياء كالديدان والرخويات والقشريات كما ان الحطام الناتج من تغذية هذه الأحياء يوفر قاعدة جديدة لنموعديد من الطحالب والنباتات المائية التي تكون قاعدة لنمو حيوانات أخرى، وبهذا تتغير الحسابات الكميه والنوعية للطاقة الإنتاجية لهذا النظام البيئي

٣. لاحظ الباحث بأن المرحلة النهائية في استقرار الشبكة الغذائية المتكونة تتميز بقلة أعداد الكائنات الحية مع ميل لزيادة الحجم والكتلة الحية ، وهذا يتفق مع تفسير الباحث (كولينافكس) الذي يشير إلى أن توفر الطاقة في النظام البيئي يكون على أساس وجود أعداد قليلة من الحيوانات العاشبة واللاحمة مع وجود أعداد كبيرة في المنتجات أو قليلة العدد ولكنها ذات أحجام كبيرة (أي كتلة حيوية كبيرة) وهذه الحقائق هي التي قادت الباحث ألتون Elton الى تصور العلاقة بين المفترسات (والفرائس) على الشكل التالي:



شكل(٢) نموذج لهرم Elton يبين العلاقة بين المفترسات والفرائس .

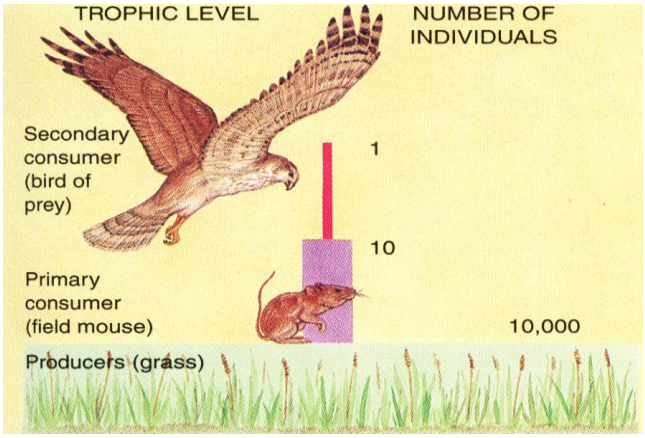
فإذا نظرنا إلى الشكل الذي وضعه الباحث (التون) نجده عبارة عن توضيح لعلاقات غذائية بالأساس يتبين فيها التركيب الغذائي لعدة مستويات آكلات الأعشاب وآكلات اللحوم الدنيا والعليا وهو كذلك تعبير عن الوظيفة البيئية لكل من هذه المستويات فاذا تابعنا الشكل من حيث الكتلة الحية Biomass أو انسياب الطاقة أو الأعداد نجد بأنه يأخذ شكل هرمي تمثل قاعدته المستوى الغذائي الأول (المنتجات) والمستويات الأخرى المتعاقبة تمثل بالمستهلكات المختلفة حتى تصل قمة الهرم ، *هذا الشكل البيئي المفترض لهذه العلاقة هو ما أطلق عليه فيما بعد تسمية الهرم البيئي (Ecological pyramid) والذي هو عبارة عن شكل هندسي للتعبير عن التغيرات التي تحصل في أعداد الكائنات الحية ، او كمية الطاقة المتنقلة فيها ، او التغيرات في مقدار الكتلة الحية المثبتة في أي مستوى غذائي لأي مجتمع حيوي في النظام البيئي* . وهو مقياس جيد للتعبير عن مدى الكفاءة البيئة للأحياء ودراسة العلاقة بين الحجم والايض الخلوي والعلاقة بين الكتلة الحية ومعدل الأيض (الاستقلاب) كذلك فهو مقياس جيد للتعبير عن مدى صافي إنتاجية المجتمع الحيوي ، وبالتالي يمكن اعتماده كمقياس لمعرفة مدى التوازن العددي للأنواع الداخلة في تركيب المجتمعات الحيوية المختلفة .

أنواع الاهرامات البيئية :

على أساس التعبير عن طبيعة محتويات النظام البيئي من حيث عدد الأحياء ، كتلتها الحيوية ، سريان وتدفق الطاقة في مستوياته الغذائية وصف علماء البيئة ثلاثة أنواع من الاهرامات البيئية هي :

١- الهرم البيئة العددي : Pyramid of numbers

الهرم العددي هو الهرم الذي يعتمد في وصف المستويات الغذائية المختلفة بالاعتماد على إحصاء عدد الأحياء في كل مستوى منها بغض النظر عن نوع الأحياء ويستخدم وحدات (عدد الأحياء/م^{٢} أو م^{٣}) حسب نوع الوسط البيئي ماء أو تربة وأول من وصفه بهذه الطريقة هو الباحث التون Elton . ولا يؤكد هذا النوع من الاهرامات على طبيعة التركيب النوعي ولذلك فإن شكل الهرم في الظروف الطبيعية يكون ذو قاعدة عريضة لأن عدد المنتجات يكون كبير في أية نظام بيئي طبيعي ، تليها في العدد آكلات الأعشاب ثم المستهلكات الثانوية ثم آكلات اللحوم الدنيا ثم المفترسات العليا وهكذا تباعا .على سبيل المثال لو درسنا جزء من منطقه حشائش تبلغ ١٠٠0 متر مربع ووجدنا ان معدل أعداد النباتات في المتر المربع الواحد (10 نباتات) فسيكون عدد النباتات في المساحة المدروسة ١٠٠0×10 = ١٠٠٠٠ فرد ، ووجدنا أن هذه المساحة تحتوي على 100 حيوان من أكلات الأعشاب ، وحيوان واحد مفترس من آكلات اللحوم العليا صقر مثلا فان شكل الهرم العددي يصبح كالتالي (شكل (٣) :



شكل (٣) هرم عددي بين ثلاثة مجاميع من الأحياء .

ولكن الملاحظ بيئياً أن هذا النوع من الاهرامات يخضع الى التغير المستمر في البيئة وخاصة في المستويات التي تمثل الكائنات مختلفة التغذية للعديد من الأسباب:

١. التغير في الفصول ودرجات الحرارة وتأثيرها على النمو والتكاثر والتبدل في دورات الحياة وخاصة في الكائنات السريعة التكاثر مما يؤدي الى تغير الأعداد فيها بصورة مستمرة .

٢. انتشار الأمراض والأوبئة التي تؤدي الى ارتفاع نسبة معدل الوفيات الى معدل الولادات .

٣. العلاقات السلبية التي تنشأ في مجتمع الأحياء من افتراس وتنافس و إزاحة بيئية أو تضاد حيوي وتطفل وغيرها من العلاقات .

٤. هجرة العديد من الأحياء من داخل المنطقة البيئية مما يؤدي الى تناقص الاعداد او بطريقة الاستيطان والدخول إليها وهذه العملية تؤدي الى زيادات غير متوقعة في الأعداد لفترات محدودة اولعدة ايام اولفصل كامل كما يحصل في حالة هجرة الأسماك أو الطيور أو اللبائن من منطقة لأخرى .

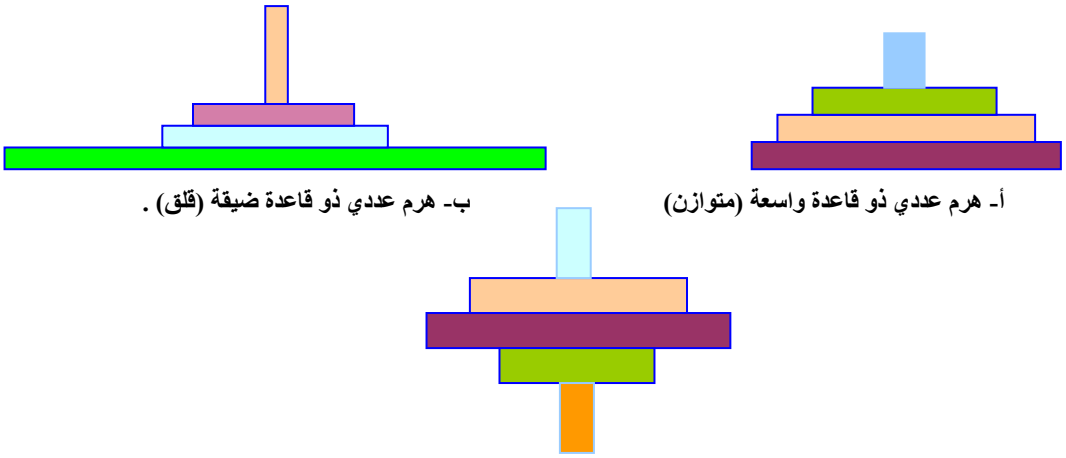
٥. إن هذا النوع من الاهرامات يستثنى أحياء التربة وخاصة المجهريه منها لصعوبة عدها او طرق تقديرها بالطرق التقليدية مما يدفع لاغفال الدور المهم لهذه الاحياء .

٦. التغير في طبيعة الغطاء النباتي نتيجة لتغير كميات تساقط الامطار او التبدل الحراري أو انهاء فترة العمر الفسلجي للعديد من الانواع وخاصة الحولية منها ، او نتيجة لتعاقب الأنواع ذاتيا او خلطيا كما سيتم التعرض له في باب التعاقب البيئي مما يؤثر ليس فقط في عملية ثبات ونسب أعداد النباتات بل على الحيوانات التي تعتمد عليها في التغذية او الموطن البيئي .

٧. قلة المغذيات والتغير في سرعة التيار في الأوساط المائية وعوامل التلوث تعمل على احداث تغير في شكل الهرم العددي وبذلك تؤثر على طبيعة العلاقات الرياضية بين مكوناته .

٨. التأثير المباشر والسريع لحملات المكافحة وخاصة عند استخدام المبيدات والسموم البيئية المختلفة وخاصة من المجاميع شاملة التأثير على اغلب انواع المجتمع الحيوي مما يعرضها الى نسب هلاك كبيرة تختل نتيجة لذلك عملية توازن الاعداد في النظام البيئي المستهدف بعملية المكافحة .

ونجد ان الهرم البيئي سواءً في الكائنات الصغيرة او الكبيرة او حتى على مستوى الجماعات البشرية يمكن أن يتغير شكله ويصبح مقلوبا نتيجة للتغاير في الأعداد ، ولذلك فهو لا يعبر بشكل كامل يمكن اعتماده في تفسير جميع ما يجري في الأنظمة البيئية . ولهذا يميل بعض الباحثين الى استخدام الجداول لتوضيح العلاقات العددية بين الأحياء بدلا من رسم الأهرام العددية لأن العديد من الحيوانات الصغيرة الحجم كالأوليات والقشريات الصغيرة أو الحشرات عادة ما تتواجد بشكل مستعمرات كبيرة العدد في بعض المواقع البيئية بينما تكون قليلة أو نادرة في المواقع الأخرى أو أحيانا خاليه منها مما يؤثر بشكل مباشر على شكل الهرم الناتج من رسم العلاقات البيئية لهذه المواقع كما يتضح من الأمثلة التالية المبينة بالشكل (٤) :



أ- هرم عددي ذو قاعدة واسعة (متوازن)

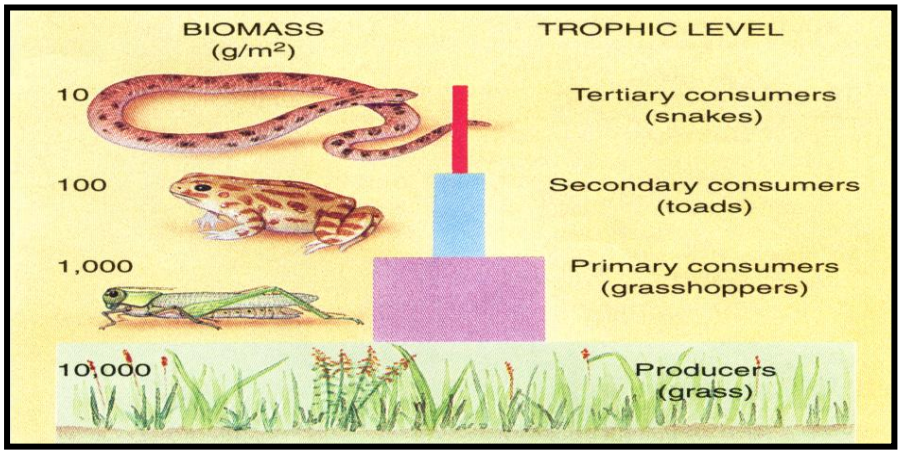
ب- هرم عددي ذو قاعدة ضيقة (قلق) .

ج- هرم عددي مقلوب القاعدة لقلة المنتجات في فترة الشتاء .

٢- هرم الكتلة الحية The pyramid of biomass :

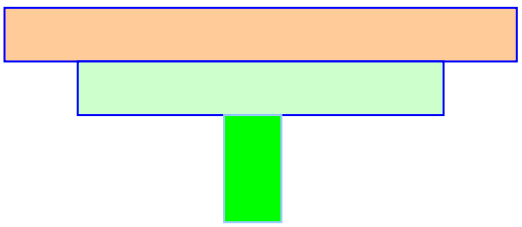
هو الهرم البيئي الذي يقيس كمية المادة الحية (الكتلة الحية Biomass) للمستويات الغذائية المتعاقبة في الأنظمة البيئية باستخدام حساب الوزن الكلي بالغرام /م^{٢} أو الوزن الكلي بالغرام /لتر أو المتر المكعب في المياه أو تقدير السعرات الحرارية داخل كل من هذه المستويات: حيث يمكن من خلال فحص السلاسل الغذائية بالاستناد على أساس حساب الكتلة الحية في كل مستوى رسم بناءً هرميا أكثر تعبيرا ودقه مما هو في هرم الأعداد ، لأن هرم الكتلة الحية عادة ما يميل الى الانحدار نحو الأعلى (أي أن القاعدة الهرمية تكون واسعة وقمة الهرم ضيقه) في حالة الأنظمة البيئية البرية خاصة والأنظمة المائية المستقرة خلال بداية مواسم التكاثر . وذلك لأن الكتلة تفقد جزء من قيمتها في كل عملية انتقال من خلال تحولها الى طاقه حرارية متحررة ، او طاقه للتنفس والاستهلاك الداخلي لمستويات السلسلة الغذائية ، واستنادا على هذه المعايير يمكن القول بأن هرم الكتلة الحية عادة ما يأخذ التسلسل الهرمي في بنائه بشكل واضح في أغلب النظم البيئية لأن كتلة المنتجين فيها تكون اكبر من كتلة المستهلكين الأوائل ، وهي بدورها اكبر من كتلة المستهلكين الثواني ، وهكذا حتى نصل الى قمة الهرم المتمثلة بآكلات اللحوم العليا. لذا فإن هذا النوع من الاهرامات يستطيع إعطاء معلومات مهمة جدا عن توزيع الكتلة الحية داخل الأنظمة البيئية الواسعة كالبحار مثلا وكيفية توزيعها في المنطقة الشاطئية ومنطقة الجرف القاري وأعالي البحار ومنطقة القاع ومنطقة الشعاب المرجانيه وتفسير عملية التباين في كمية الإنتاج على أساس الوزن /المساحة المدروسة . ونفس الشيء يمكن توضيحه في المقارنة بين الأنظمة البيئية البرية من خلال عمل مقارنات بين المناطق على أساس توزيع الأمطار مثلا والتباين الحراري والقرب والبعد عن خط الاستواء وطريقة الري والتسميد وتأثيرها في زيادة الإنتاج وغيرها من العلاقات البيئية التي يستطيع هذا الهرم من تفسير تأثيرها ، وهذا يتضح من الأمثلة العديدة التي قام بذكرها ودراستها العديد من الباحثين ، ومنها ما ذكره الباحث Smith 1977 بأن ٨٠٩ غرام من الهائمات النباتية Phytoplankton تستطيع ان تعطي كتله حيوية من الهائمات الحيوانية Zooplankton مقدارها ٣٧ غرام/م^{٢} وهي تعطي كتله من آكلات الهائمات الحيوانية predators آكلات اللحوم مقدارها ١١ غرام/ م^{٢} وهذه الأخيرة يمكن ان تعطي كتله من المفترسات العليا تقدر بحوالي ١ .٥ غرام /م^{٢} . أو كمثال اخر لوكان لدينا كتلة نباتية بمقدار ١٠٠٠٠غرام / م^{٢} يمكن أن تعطي كتله حيوية من الجراد مقدارها ١٠٠٠ غرام/ م^{٢}

تتغذى عليها الضفادع كمفترسات اولية وتعطي كتله حيوية تقدر ١٠٠ غرام / م^{٢} وهي بدورها تعطي كتلة حيوية اخرى من الافاعي كآكلات لحوم تقدر بحوالي ١٠ غرام / م٢ عندها يمكن رسم هده العلاقات البيئية على شكل هرمي مبني على هذه المستويات المتعاقبة كما يلي (شكل 6) :



شكل (٦) هرم الكتلة الحية بين اربعة مستويات غذائية من الاحياء .

وبالرغم من الدقة في وصف العلاقات الغذائية التي تقدمها اهرامات الكتلة إلا اننا نجد ان المتغيرات البيئية التي تحصل في الأنظمة البيئية البريه او المائية تنسحب على نتائج بناء هذه الاهرامات وتغير من نتائجها . حيث وجد من خلال العديد من الدراسات بأن ثبات شكل هرم الكتلة لايستمر دائما في البيئة ، فمثلا في البيئة المائية من المعروف ان الطحالب والدايتومات هي التي تشكل القاعدة الغذائية الأساسية وبالنظر لكونها غذاء مفضل للعديد من الهائمات الحيوانية لذلك تساعد على ازدهار هذه الأحياء بشكل سريع ، وبما ان دورة حياة الطحالب والدايتونات قصيرة لذلك نجد في بعض الفصول او الأشهر من السنة بأن كتلة المنتجات في هذه المواقع البيئية لا تتناسب مع كتلة المستهلكات ويصبح عندها الهرم مقلوبا كما يظهر ذلك في الشكل (٧) . وينطبق نفس الشيء كذلك في العديد من الأنظمة البرية كما في الغابات النفظية (متساقطة الأوراق) حيث تصبح الكتلة الحية المنتجة للأشجار فيها منخفظة في فصل الخريف ، اومانجده في فترات الحصاد في الحقول الزراعية ، أو في حالة تعرض الحقول والمراعي الى الجراد الزاحف وإزالة كميات كبيرة من الغطاء النباتي تصبح فيها الكتلة الحية للمستهلكات اكبر من المنتجات وهذا ما أكدته دراسات العديد من العلماء مثل **Odum, Fleming , Elton , Pennak** وغيرهم .



شكل (٧): نموذج من أهرام الكتلة الحية المقلوبة في نظام بيئي مائي .

ورغم أفضلية هذا النوع من الاهرامات على اهرامات العدد ، لكن علماء البيئة يطرحون بعض المآخذ عليها نذكر منها :

١.أن هذه الاهرامات لا تكشف لنا إلا عن كمية المواد الموجودة في لحظة معينه من الوقت يطلق عليها المحصول القائم ولا تؤشر المجموع الكلي للمواد العضوية أو المعدل الذي أنتجت به .

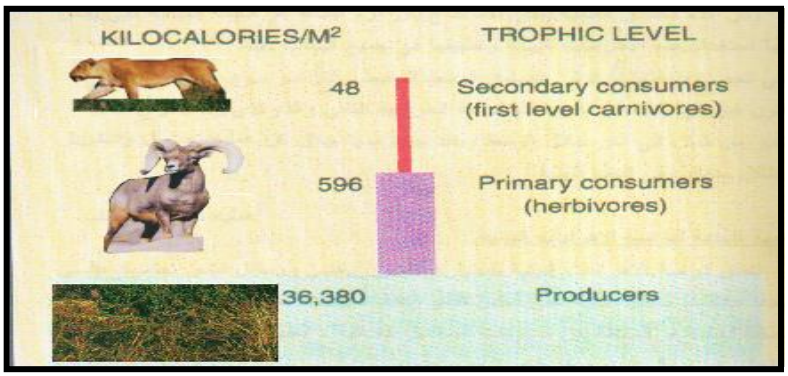
٢.لا تؤكد هذه الاهرامات على دور الأحياء الدقيقة في حساب الكتلة الحية في الأنظمة البيئية .

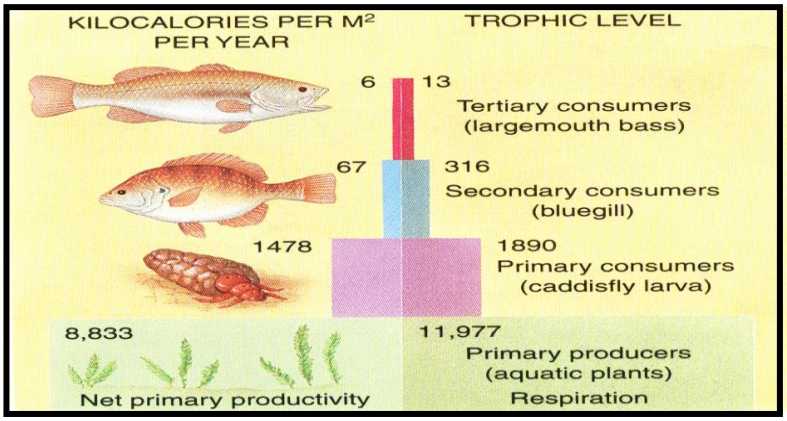
٣.لا تعطي تفسيرا واضحا لتوزيع الكتلة الحية في الأنسجة المختلفة للجسم ، ولا تبين الاختلاف في كفاءة هذه الأنسجة في التثبيت العضوي او الطاقة الحيوية المخزنه فيها ، بل تظهر الجسم ككل على أساس حساب الوزن النهائي لفترة القياس.

٣- هرم الطاقة The energy pyramid :

تعتبر اهرامات الطاقة عبارة عن صورة كلية لمعدلات الطاقة المارة عبر السلاسل الغذائية لأن عملية انتقال الطاقة وضمن مفهوم القانون الثاني لا تنتقل خلال الفراغ بل يجب ان يتوفر لها جسم مادي تنتقل من خلاله وهذا الجسم المادي في البيئة هو المستوى الغذائي سواء كان (منتج مثبت للطاقة أو حيوان مستهلك للنبات أو حيوان مفترس لآكل الأعشاب أو حيوان مفترس لحيوان مفترس اضعف منه ، لذا فإن هرم الطاقة يزود الباحث البيئي بالمعلومات المطلوبة عن كمية الطاقة المستعملة بواسطة هذه الأحياء في كل مستوى غذائي في مساحة معينه خلال الفترة الزمنية المحددة. ولهذا فإن هرم الطاقة يستطيع أن يعبر عن محتوى كل من هذه المستويات منفردة أو طاقة النظام البيئي ككل من خلال حساب الطاقة الساقطة على هذا النظام ومستوي الطاقة النهائية في السلاسل الغذائية الناشئة في هذا النظام على أساس أن كفاءة أي نظام بيئي تساوي مجموع كفاءة كائناته المختلفة في استلام الطاقة الشمسية وتثبيتها وكفاءة مختلفات التغذية في تحويل هذه الطاقة وتدويرها بين حلقات عملية التغذية المتعاقبة أي بمعنى المستويات المتعاقبة في الاستهلاك كما يمكن ملاحظته في الشكل (٨- ٩) . من هنا نجد أن هرم الطاقة دائما يتميز بقاعدة عريضة (تمثل المنتجات) تعقبها مستويات تخضع لنفس المعيار بالتعاقب . ولا يمكن لهذا الهرم ان يكون مقلوبا أو متذبذبا لأي سبب من الأسباب لأن مستوى الطاقة في المستوى الغذائي الأول يجب أن يكون دائما اكبر من المستوى الثاني وهو اكبر من المستوى الثالث وهكذا نجد الكائنات التي تقع في أعلى الهرم تحتوي على اقل قدر من الطاقة ، لأن ذلك يخضع الى قانون التحول والتمثل الغذائي وما يرافقه من عمليات حرق الغذاء وخسارة الطاقة للبناء والحركة والتنفس وهي تحصل في جميع الأحياء . وقد وجد من التجارب أن هذه الطاقة تنقص بمعدل عشره أمثالها عند الانتقال من مستوى غذائي لآخر ولذلك لايمكن ان يكون الكائن الواقع في المستوى الغذائي الأعلى أكثر طاقه من المستوى الذي يقع دونه لأنه يعتمد عليه في تجهيز الطاقة ويمكن توضيح ذلك في الأمثلة التالية :

- **وجد الباحث Odum عام ١٩٧٥ من خلال الدراسات على أنظمة بريه زراعية مختلفة بأن كمية الطاقة الساقطة على نظام زراعي تقدر بحوالي ٢.٦ × ١٠^٧ جول ، يثبت منها في المنتجات (المستوى الأول) ٦.٢ × ١٠^٧ جول وتصبح في المستوى الثاني (اكلات الاعشاب) ٥.٠ × ١٠^٦ جول ، وفي أنسجة الإنسان على شكل تراكم مقداره ٣.٥ × ١٠ جول .**
- **وأكد هذه الحقائق الباحث Sant 1976 عندما وصف هذه العلاقات التي حصل عليها الباحث Elton 1976 عند دراسته لنظام بيئي مائي . حيث أشار الى انه لو افترضنا ان المنتجات النباتية استطاعت تثبيت ما مقداره ١٠٠٠ كيلو سعرة حرارية فأن اكلات النباتات من القشريات الصغيرة المختلفة سوف تحصل على طاقه مقدارها ١٠٠ كيلو سعر ، وأن الأسماك آكلة الهائمات الحيوانية سوف تحصل على ١٠ كيلو سعر حرارية بينما تحصل الأسماك المفترسة للاسماك الأولى على ١ كيلو سعر . ولهذا فهي تحتوي على أقل طاقه ، والأشكال التالية تبين هذه العلاقات وصافي الكتلة الحية من نماذج مطبقة بيئيا في مواقع تحتوي على سلاسل غذائية مختلفة المستويات الغذائية .**





شكل (٩) نماذج مختلفة لاهرامات الطاقة لبيئة برية وأخرى مائية توضح توزيع وانتقال الطقة بين المستويات الغذائية . بتصرف عن (Raven, *et al*). ويمكن الاستنتاج بأن هرم الطاقة هو الحالة المثالية التي يمكن فيها استخدام هذه الاهرامات البيئية وتطبيقها في جميع البيئات بغض النظر عن التغيرات التي تحصل بداخلها أو تؤثر عليها من الوسط المحيط . لأن سريان الطاقة فيها يتغير وفق قانون فيزيائي ثابت هو قانون الديناميكية الحرارية الثاني والذي يؤكد على أن الطاقة تتغير من شكل الى آخر خلال الوسط ويفقد جزء منها خلال كل عمليه تحول وانتقال وبشكل متعاقب في النظم البيئية ، وكما نلاحظ ذلك بوضوح بشكل (٨) فبر جم أن الطاقة تقل بالمقارنة بين المستويات ألأول والثاني والثالث والرابع المتمثلة بالنباتات المائية واليرقات والأسماك الصغيرة والكبيرة على التوالي إلا أنها تسير بانتظام وفقا للعلاقة الغذائية بين هذه المستويات المختلفة .

<u>الأهمية البيئية لدراسة الاهرامات البيئية</u> :

تحقق دراسة الاهرامات البيئية باعتبارها تعبير رياضي ووسائل قياس تعتمد على إيجاد علاقات حسابيه مبنية على أساس تقدير أعداد الكائنات الحية وكتلتها الحيوية وكمية الطاقة المثبتة أو المنتقلة بين مستويات السلاسل الغذائية ، العديد من الأهداف والفوائد للباحثين في مجال البيئة يمكن ذكر البعض منها :

١. إعطاء فكره عن توازن الأعداد بين الكائنات الحية ومن خلال رسم الشكل الهرمي لعدد هذه الكائنات ، يمكن التنبؤ بشكل العلاقة المستقبلية لحجم الجماعات السكانية المعتمدة على بعضها البعض كالعلاقة بين المفترسات والفرائس المتطفلات والمضيفات أو المضائف وأعداد المنتجات وآكلات الأعشاب وغيرها من العلاقات التي تعطي تصورا عن طبيعة التوازن الذي سوف يكون في النظم البيئية المدروسة .

٢. إن حساب الكتلة الحية في المستويات الغذائية المختلفة يساعد في تفسير أسباب الخلل في تحديد صافي الإنتاجية النباتية او الإنتاجية الثانوية في كل مستوى من المستهلكات في حالة توفر الظروف الطبيعية والمغذيات وتدني مستويات التثبيت للطاقة الشمسية او انخفاض مستوى التحويل الغذائي والتمثيل في الحيوانات .

٣. تساعد اهرامات الكتلة الحية كذلك في تقييم فعالية استخدام المغذيات النباتية كالأسمدة و المخصبات المستخدمة في العمليات الزراعية أو تنمية النباتات المائية المختلفة في زيادة الإنتاجية الإجمالية لهذه المواقع على أساس حساب الزيادة في الكتلة النهائية للمساحات المدعمة بهذه المغذيات ورفع مستوى الإنتاجية الأولية .

٤. تعتبر النتائج التي نحصل عليها في دراسة اهرامات الطاقة ذات أهمية كبيرة في تقدير كفاءة الأنواع البيئية المتباينة في المجتمع الحيوي او التي تعود لنفس النوع الحيوي وذلك من خلال تحديد قدرتها الذاتية في الحصول على أكبر قدر من الطاقة والاحتفاظ بها داخل الجسم وإطلاق اقل قدر من الطاقة المتحررة من الأجسام .

٥. على ضوء هذه الحقيقة العلمية التي ذكرت في الفقرة الرابعة فأن دراسة اهرامات الطاقة تساعد في عملية انتخاب مصادر الغذاء الأعلى من مصادرها والعمل على تكثير الأحياء الكفوءة بيئيا في النظم البيئية المختلفة لغرض الحصول على اكبر كميه من السعرات الحرارية بأقل جهد واقل تكلفه مالية وتقنية ، فعلى سبيل المثال وجد الباحث Dwen 1980 أن الإنسان إذا تغذى مباشره على الهائمات النباتية فأنه يحصل على ما مقداره ١٥٠ كيلوسعر حرارية من أصل ١٠٠٠ كيلوسعر (من غذاء نباتي) بينما يحصل على ٣٠ ، ٦ ، ١.٢ كيلوسعر إذا تغذى على حيوانات مائية صغيرة أو على اسماك السلمون أو اسماك ترويت على التوالي . ومن هنا نجد أن أغلب المصادر والمؤسسات العلمية والطبية تؤكد على التغذية النباتية وعلى استغلال الاحياء المائية وخاصة ذات التغذية النباتية لما تحتويه من طاقة وقيمة غذائية عالية .

محاضرة (٩)

التعاقب البيئي Ecological succession

- **مفهوم التعاقب البيئي ومقوماته**
- **انواع أو أنماط التعاقب**
- **مراحل حدوث التعاقب البيئي الاولي**

خصائص مجتمع الذروة التعاقبي

مفهوم التعاقب الايجابي والسلبي لمجتمعات الذروة

- **التعاقب البيئي ودوره في الاتزان الطبيعي**

المفهوم البيئي للتعاقب:Ecological concept of eco.succession

كانت بداية دراسة التعاقب البيئي على يد مجموعة من علماء البيئة الذين اهتموا بدراسة المجتمعات الحيوية النباتية والحيوانية المختلفة ومنهم Clement, 1907 ، Cowles, 1899, Hult, 1885 عندما درسوا المجتمعات النباتية دائمة الخضرة كمناطق الأحراش والحشائش والمراعي الدائمة في الولايات المتحدة وبريطانيا وعدد من الدول الاوربية التي تتساقط فيها الامطار في اغلب ايام السنه و يتوفر فيها مستوى من الرطوبة ملائم لنمو غطاء نباتي على المستوى العام، ولكن بالرغم من توفر هذه الظروف وجد هؤلاء الباحثين إن هذه المجتمعات تتغير وتتبدل صورها خلال فترات متباينة قد تكون خلال سنه أو سنتين أو ثلاثة أو أكثر مما دفعهم للبحث في أسباب هذا التغير. وبعد الدراسات المستفيضة ولسنوات عدة تبين لهم أن هناك تغايرات وعملية استمرار وتسلسل في التبدلات التي تحصل في كل هذه النظم البيئية التي درسوها، تبدأ مع بداية نشوء هذا النظام وتستمر طيلة عمره البيئي، أطلقوا عليها تسمية التعاقب البيئي Ecological succession وعرُفوا هذه العملية بأنها (*عملية منتظمة من التغيرات التي تحصل على مستوى المجتمع الحيوي في أي نظام بيئي من حيث التنوع الحيوي وكثافته على مستوى الكثافة الأفراد ومستوى السيادة البيئية والإنتاجية الحيوية* وتؤدي الى تغيرات مظهرية وحجمية في مكونات النظام البيئي. أو تعرف آخر تعريف شامل بأنه عبارة عن تغيرات كميه ونوعيه تحدث في مجتمع الأحياء نتيجة لحدوث التغيرات المستمرة في عوامل الوسط البيئي وتركيبة أفراد أنواع هذه المجتمعات وأن هذه التغيرات تكون موجهه يحتاج حدوثها الى زمن يطول أو يقصر تبعا لمقدار شدة تأثير هذه العوامل. ودائما ما تكون عملية إيجابية لصالح النظام البيئي عندما تحصل بشكل طبيعي دون تدخل الإنسان أو الظروف البيئية الحرجة.

مقومات حدوث التعاقب التعاقب البيئي:

من خلال الأبحاث المعمقة في دراسة التعاقب البيئي التي قام بها كلا من الباحثون١٩٧٠ Margalef, ،1986Gilarov، Diamond, 1979 Kuzmenchev, 1986 وغيرهم توصل العلماء إلى إن عملية التعاقب تعتمد على عدة عوامل ومقومات لحدوث التعاقب وتنظيم خطواته المتسلسلة منها:

١- زمن أو وقت حدوث التعاقب.
٢- وجود العنصر المحدد لنمو الكائن الرائد Pioneer Organism.
٣- توفر الظروف المناخية المناسبة وخاصة الماء والرطوبة.
٤- المخزون العضوي الأولي في البيئة.
٥- كفاءة الكائنات الرائدة في التحمل في البيئة الجديدة.
٦- بعد وقرب منطقة التعاقب من المجتمعات الحيوانية.
٧- إمكانية انتشار الآفات والأمراض.
٨- عوامل التلوث.

أنواع التعاقب البيئي :Types of eco.succession

نتيجة للتباين في نوعية المجتمعات الحيوية وطريقة حدوث التعاقي ونوعيته فيها وضع العلماء عدة اسس لوصف انماط أو انواع التعاقب تستند على عدة قواعد بيئية، وأهم هذه التقسيمات مايلي:

أولا - التعاقب على أساس زمن حدوثه في البيئة :

١. التعاقب البيئي الأولي Primary ecological succession
٢. التعاقب البيئي الثانوي Secondary ecological succession

ثانيا - على أساس طبيعة التغاير النوعي والكمي في تركيب المجتمع الحيوي:

١. التعاقب الذاتي(الداخلي) Autogenic ecological succession
٢. التعاقب الخلطي (الخارجي) Allogenic ecological succession

ثالثا - على أساس نوع الكائن المشارك بالتعاقب :

١. التعاقب النباتي Plant succession
٢. التعاقب الحيواني Animal succession
٣. التعاقب الميكروبي Microbial succession

رابعا - على أساس نوع الوسط البيئي أو الموطن الذى يحصل فيه التعاقب :

١. التعاقب البري أو الجاف Terrestrial succession أو Xerach succession
ويمكن أن يأخذ عدة تسميات منها :
أ: تعاقب في المناطق الصخرية Lethal succession
ب: تعاقب الكثبان الرملية والصحارى Psammoseric succession
ج: تعاقب الحقول المعمرة أو القديمة Old field succession

٢. التعاقب المائي أو الرطب Aquatic succession أو Hydrach succession
ويمكن أن يأخذ عدة تسميات منها:
أ- التعاقب البحري (المياه المالحة) Marine succession .
ب- التعاقب في مياه العذبة Freshwater succession.
ج- التعاقب في المستنقعات والاهوار. Marsh succession

٣- التعاقب الدقيق Micro succession عندما يحصل في النظم الاصطناعية.

وفي مايلي وصف لأنواع التعاقب الاكثر حدوثا في البيئة والتي يمكن متابعتها بشكل مباشر من الباحث:

١. التعاقب البيئي الأولي Primary ecological succession :

يطلق على أي عملية تعاقب تحصل لأول مرة في أي مكان في العالم بغض النظر عن طبيعة الوسط أو النظام البيئي الذي تحصل فيه بشرط عدم وجود حياة سابقة فيه بل تظهر هذه الحياة عند توفر الظروف البيئية من وجود المياه الرطوبة والحرارة والغازات التنفسية والمغذيات النباتية وغيرها ، وتبدأ بوصول أول كائن نباتي على شكل بذور أو أبواغ أو رايزومات أو حوافظ بوغية أو بذرية كاملة وغيرها من وسائل انتقال النباتات باي طريقة من الطرق المعروفة في هجرة وإنتقال النباتات إما عن طريق الرياح والانجراف أو حركة الحيوانات والإنسان أو السيول والأمطار وغير ذلك ، بحيث تبدأ بالظهور لأول مرة في هذه المنطقة الجرداء العارية الخالية من الحياة عندها يسمى هذا النوع من التعاقب بالتعاقب البيئي الأولي Primary succession ويطلق على أول كائن نباتي يظهر في هذه المنطقة بالكائن الرائد Pioneer organism. ويعتبر هذا الكائن وأفراد نوعه الحي التي تظهر بعد فترة من الزمن بالكائنات الممهدة لتعاقب الأنواع الأخرى ،حيث يعمل على تغير الظروف غير الحية في هذه البيئة الجديدة حتى تصبح ملائمة للكائنات المرافقة له بيئيا او ما نسميه بالرقعة الجغرافية (أو رقعة التوزيع الجغرافي للنبات) كما يحصل في الزمر النباتية ذات القرابة أو المتشابهة الموطن Carions group.

٢- التعاقب البيئي الثانوي Secondary succession :

الأنظمة البيئية الناتجة من التعاقب الأولي قد تتعرض بعد بلوغها مرحلة الذروة او في اية مرحلة من بعض مراحل التعاقب الى عملية تحطم او تهديم او تدمير بيئي سوءا من عوامل بيئية حرجة وشديدة التأثير كالحرائق الطبيعية كما يحصل الغابات الاسترالية في صيف ٢٠٠٢ او في هياج البراكين التي تلقى حممها على الأراضي والأنظمة المجاورة او حوادث الانفجارات النووية ، أو التعرض لجفاف كامل نتيجة لانحباس الأمطار او سقوطها بكميات لا تكفي لنمو الغطاء النباتي أو نزول المياه السطحية الى مستويات بعيدة او حدوث الفيضانات المدمرة للأراضي الزراعية ومناطق الغابات كما يحصل في الصين والهند مؤخرا والبرازيل والمكسيك وغيرها من مناطق العالم. كلها عوامل تجعل من هذه الأنظمة البيئية مناطق جرداء عارية خالية من الغطاء النباتي والمجتمع الحيواني أو مدمرة جزئيا ، لذلك فان هذه المواقع البيئية وبعد فترات زمنية سوف تصبح معرضة لهجرة أنواع جديدة من البيئات المجاورة سواءا بالبعثرة النباتية أو بواسطة عوامل النقل والإحلال الجغرافي Viacorance أو تعمل على تكوين مجتمع نباتي جديد يعقبه ظهور مجتمعات حيوانيه بخطوات متعاقبة ولكنها بشكل أسرع مما حصل في الحالة الأولى لأن المدخرات البيئية في هذه الحالة تكون كبيرة كذلك قد يكون أن النظام البيئي المدمر احتفظ لنفسه بأنواع من البذور والابواغ spores والأحياء المجهرية عالية التحمل التي تعمل كمحفزات بيئية لنمو الأنواع النباتية بسرعة كبيرة والعمل على توطين أنواع جديدة لان المتغيرات في التربة وعوامل المناخ تكون موجهه لتجديد النظام البيئي أكثر من حالة التعاقب الأولي. ويسمى هذا النوع من التعاقب الذي يحصل في هذه المواطن البيئية المدمرة بالتعاقب الثانوي Secondary succession لأنه يمثل إعادة الحياة لنظم بيئية كانت مأهولة بأنواع نباتية وحيوانية وأحياء مجهرية سابقة .ويمكن أن يحصل تدهور للنظام البيئي بسبب تدخل الإنسان كما في عمليات حرق الأعشاب والأدغال أوتجفيف التربة الزراعية او قيامه بطرح الفضلات الصناعية والتجارية بكميات كبيرة بحيث يستطيع تغيير على صور الحياة في مناطق طرحها.

٣- <u>التعاقب البيئي الذاتي (الداخلي) Autogenic succession :</u>

هو التعاقب الناتج من التبدل في الأنواع النباتية والحيوانية داخل نفس النظام البيئي أو منطقة التعاقب كأن يكون لدينا مرعى أو منطقة أحراش أو أراضي سهلية تحتوي كل منهم على (١٠) أنواع نباتيه على سبيل المثال يسود منها النوع (x) على الأنواع الأخرى . يرافقها(٣٠) نوع من الحيوانات المختلفة الغلبة فيها للحشرات . نجد ذلك خلال نهاية فصل الربيع وبداية الصيف من سنة ٢٠٠٢ مثلا ، ولكن عند إعادة الدراسة على نفس المواقع عام ٢٠٠٣ على سبيل المثال نجد أن عدد الأنواع النباتية قد أصبح ٧ بدلا من عشرة وأن النوع (y) هو الذي أصبح سائدا بعد أن كان قليل العدد ويحتل مساحه بسيطة ، وكذلك في الحيوانات نجد ان العدد يمكن أن ينخفض الى العشرين وأن الطيور هي التي أصبحت سائده في الوسط ، يسمى هذا النوع من التعاقب الذي يحصل بسبب التغير في عدد وطبيعة الأنواع الحيوية داخل مجتمع التعاقب بالتعاقب الذاتي Autogenic succession . وهو يحصل بسبب تغير العوامل الداخلية من تنافس ، وافتراس وتطفل وتضاد حيوي أو تغير في المغذيات والعوامل المحددة للنمو لبعض الأنواع ، أو التبدل في الظروف المناخيه المحلية كالرطوبة وكمية الأمطار والجفاف القصير المدى أو من جراء الرعي الجائر على النباتات المفضلة كغذاء وغيرها من العوامل .

٤-<u>التعاقب البيئي الخلطي (الخارجي)Allogenic succession :</u>

هو التعاقب الناتج من جراء دخول أنواع حياتيه جديدة على مجتمع التعاقب نتيجة تدهور بعض أنواعه أو موتها لأي سبب من الأسباب المتعلقة بالعوامل البيئية أو العلاقات الحيوية بين الأحياء التي ذكرناها أعلاه ، سواء بالبعثرة النباتية كما يحصل في نباتات القصب والصفصاف salix والجدر Populus او بواسطة حركة المياه كالطحالب أو بواسطة الحيوانات الجديدة التي تستطيع حمل أعداد كبيرة من بذور و سبورات النباتات المختلفة مما يغير من تركيبة الغطاء النباتي ، وظهور هذه الانواع النباتية الجديده يعمل على جلب انواع حيوانية جديده

كذلك مما يعمل على تغيير تركيبة المجتمع الحيواني للمنطقة البيئية الناتجة من التعاقب الأولى أو التعاقب الثانوي ، وقد تعمل هذه الأنواع الجديدة على إزاحة الأنواع القديمة والاستقرار والبقاء لفترات طويلة أو يكون وجودها مؤقتا كما في الحيوانات المهاجرة أو شديدة الحركة والبحث عن الغذاء . والشكل التالي يبين حالة تعاقب خلطي نتيجة لدخول تربة جديدة على شكل رواسب طينية الى احدى المسطحات المائية من بيئات مجاورة.

شكل (١) نموذج لمجتمع بيئي ناتج عن عملية تعاقب مائي وبري مشترك.

مراحل التعاقب الاولي في البيئة:Primery eco.succession stages

يمر التعاقب البيئي الاولي بمراحل نشوء تتلخص بالخطوات أو المراحل المتسلسلة التالية :

اولا- مرحلة التعرية والتجريد Nudation :

نتيجة لعوامل الطبيعة تصبح المنطقة البيئية قاحلة لا تظهر فيها أية صور للحياة المعروفة ولمدة طويلة أو محدوده حسب الظروف البيئية والعوامل السائدة في تلك المنطقة ، لذلك عند توافر ظروف ظهور الحياة من جديد في هذه المواقع فإن هذا النوع من التجدد يمر بعدة مراحل متسلسلة تبدأ بالكائن الرائدPionner organism وتنتهي بتكوين مجتمع الذروة Climax community ، ومن خلال متابعة العديد من المجتمعات التي خضعت لعملية التعاقب البيئي والتي درسها العديد من العلماء والباحين أمثال 1930 Clements، 1953 Good ، 1957 Odum ، 1960 Fisher ، 1977 Marglef ، 1992 Sears وغيرهم في مختلف البيئات والنظم البيئية المتباينة ، تتفق هذه الدراسات بأن التعاقب في الظروف الاعتيادية إذا ترك يسير وفق قوانين الطبيعة والعلاقات البيئية الحيوية المعروفة في عالم الأحياء وبين الأحياء والبيئة فإن التعاقب يبدأ بمرحلة التعرية والتجريد والتجوية لسطح الارض وتكون بدايات التربة الاولية للحياة نتيجة لوصول الماء بمختلف الطرق وتكون وسط رطب نسبيا يعمل على التفتيت التدريجي للصخور وتكون نواة لتربة تصبح مهيأة لإنبات البذور أو الابواغ وغيرها .

ثانيا- مرحلة الغزو والاجتياح Invation stage :

تمثل هذه المرحلة الخطوة الأولى من التعاقب بعد ان تصبح المناطق الجرداء مهيأة لظهور الحياة النباتية التي تظهر فيها الكائنات الممهدة للتعاقب وعادة ما يكون نوع نباتي صغير من الأعشاب أو النباتات الحولية في البيئة البرية الاعتيادية ، او نوع من الحزازيات المنبطحة او الاشنات Lichens ، أو الطحالب Algae في حالة البيئات البرية الصخرية أو سواحل البحار الصخرية وأرصفة الموانئ ، أما في البيئة المائية فيكون الطور الأول متمثلا بالهائمات النباتية من الطحالب وحيدة الخلايا أو عديدة الخلايا ثم يعقبه ظهور الانواع الاخرى . ويسمى هذا النوع الذي يظهر لأول مره في البيئة بالكائن الرائد Pionner organism . وتتميز هذه المرحلة بالنمو الفعال والتكاثر السريع لأن الكائن الحي يحصل على أكبر قدر من المغذيات الموجودة في الوسط وأعلى كميه من الطاقة مع انعدام التنافس ، لذلك فإن الإنتاجية الحيوية تكون بأعلى مستوياتها مقارنة مع الاستهلاك الحيوي للأفراد . وتبدأ هذه النباتات بتكوين تجمعات نباتية متناثرة في الوسط البيئي Aggregations لكي تنتشر في

بعض مساحته بالتدريج، وتعتمد قابلية الاجتياح والتوطن في الموطن البيئي الجديد على قابلية التكيف والمقاومة لدى الكائنات الرائدة وسرعة استحواذها على مكونات الوسط البيئي الجديد.

ثالثا ـ مرحلة التفاعل والتنافس Interaction and competition stage :

تبدأ هذه المرحلة بتكون المستعمرات النباتية Plant associations وانتشارها في الوسط البيئي الجديد بشكل اكثر تنظيما ووضوحا ويرافقها نشوء بداية جيدة كذلك من العلاقات البيئية تتمثل بظهور أنواع متشابهة وأنواع مختلفة من جراء عمليات الإنبات التي تمت لبذور وأبواغ نباتيه مختلفة. وكقاعدة علمية معروفه لدى علماء النبات مفادها أن الأنواع النباتية لا تتواجد بجانب بعضها البعض بصوره عشوائية ، وإنما يعتمد ذلك على ضوء متطلباتها البيئية المتشابهة ، لذلك نجد تجمعات مترافقة تحتوي على أنواع مختلفة وراثيا ولكنها تتماثل في حاجتها للعامل البيئي كعنصر مغذي مثلا ، أو التربة الملحية أو كمية المياه العالية او اعتمادها على الرطوبة أو كونها من الهائمات أو نباتات الشواطيء الساحلية وهكذا حسب نوع الموقع البيئي . هذه العلاقات هي علاقات تفاعل قد تبدو أول الأمر هي نوع من التعاون الأولي لاستثمار أغلب عناصر الوسط البيئي واحتلال أكبر مساحه ممكنة فيه ، لكن هذه العلاقات تتطور الى حالة من التنافس تؤدي الى سيطرة أنواع معينه من النباتات وانحصار نمو وانتشار أنواع أخرى حيث لاحظ الباحثون بأن هنالك أنواع شديدة التنافس وأنواع أخرى لا يمكنها المنافسة ، لذلك نجد أن الأنواع الأولى تبدأ بالسيطرة على التجمع الثاني ومحاصرة نمو وانتشار الأنواع الأخرى . ومن الثابت علميا أن التنافس بين الأنواع النباتية يؤثر بشكل كبير جدا على التوزيع الأفقي للغطاء النباتي وكثافة الانواع التي تعود الى الجماعات السكانية أو الزمر النباتية المشتركة في عملية التعاقب وتشكيل المجتمع . لذلك فان هذه المرحلة يمكن أن تظهر فيها علاقات جديدة وتصبح لها صفات تميزها أكثر ومن أهمها ما يلي :

١. زيادة في عدد الأنواع النباتية نتيجة للتغيرات والتحورات التي تحصل في البيئة الجديدة بعد إنبات وتكاثر الأنواع الرائدة من داخل النظام البيئي أو من دخول أنواع بالبعثرة أو الهجرة النباتية من البيئات المجاورة مما يؤدي الى اشتداد التنافس بين الأنواع المتشابهة والمختلفة .
٢. ظهور الأنواع النباتية الرائدة والجديدة يؤدي الى ظهور بدايات المجتمع الحيواني بالتعاقب في هذه البيئة الجديدة مما يؤدي الى ظهور علاقات غذائية جديدة تؤدي الى تدهور أنواع وزيادة نمو أنواع أخرى غير مرغوبة غذائيا .
٣. الإنتاج النباتي وكمية المادة العضوية لا تزال في هذه المرحلة لصالح النباتات حيث تكون معدلات الإنتاج اعلى من معدلات الاستهلاك وذلك لمحدودية الأنواع الحيوانية ولكنه اقل من المرحلة الأولى .
٤. طرح مواد عضويه وفضلات جديدة لم تكن معروفه في هذا الوسط الجديد مما يشجع على نمو وظهور أنواع حياتيه جديدة من المنتجات والمستهلكات وكذلك بداية فاعله لظهور المحللات والكائنات المتطفلة مما يمثل بداية حقيقية لتكون شبكات غذائية مختلفة تدعم عملية التعاقب وتثبتها في الوسط الجديد .

رابعا ـ مرحلة التوازن والاستقرار Stabilization stage .

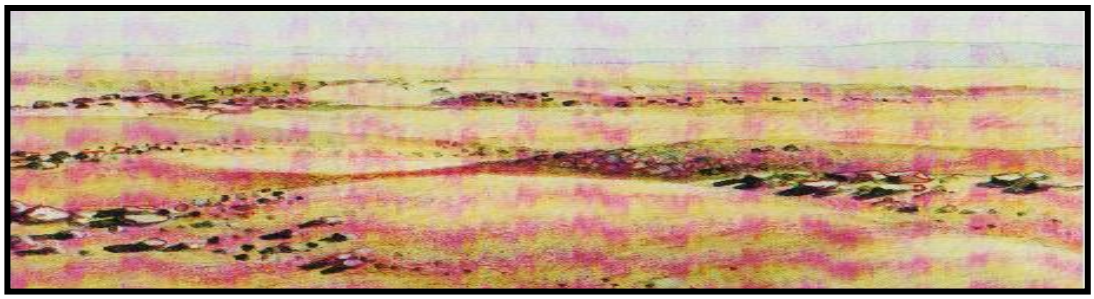
من المعروف بيئيا أن الكائنات الحية تؤثر على الوسط البيئي وتحوره لصالحها ، كما أن الوسط البيئي يحور سلوك هذه الكائنات ويستغله لصالحه . هذه العلاقة المتبادلة بين الكائن الحي وبيئته تنعكس بدورها على تنظيم الحياة الداخلية لمجتمع الأحياء بحيث أن الأحياء الناتجة من التعاقب تستشعر المخاطر البيئية المحيطة بها والتي تهدد مستلزمات بقاءها واستمرارها . واذا علمنا بأن نهاية مرحلة التنافس كانت فيها الغلبة للأفراد التي تمتلك صفة السيادة البيئية Ecological Domenance والقدرة العالية على التنافس وهذه الصفات تنطبق على الأنواع النباتية والأنواع الحيوانية التي تعمل على حفظ التوازن والاستقرار الديناميكي Dynamic equilibrium بين عملية الإنتاج والاستهلاك وذلك بالمحافظة على الغطاء النباتي من خلال تنظيم علاقات التنافس والافتراس بين الأعداء الطبيعيين في الوسط البيئي وتقليل عدد الولادات وتحديد حجم الجماعات السكانية الحيوانية بإنقاص سرعة التكاثر عن طريق استخدام التغذية الاسترجاعية Feedback ومنع دخول الغرباء الى الوسط البيئي واللجوء الى حالة الافتراس ضمن أفراد النوع الواحد كما في القوارض والحشرات والعديد من الطيور كنوع من التنظيم الداخلي وغيرها من وسائل المحافظة على التوازن التي تقوم بها الحيوانات السائدة

في منطقة التعاقب . كذلك فان النباتات تحاول إعطاء اكبر عدد ممكن من الفروع والأوراق والثمار أو الاحتفاظ بأكثر قدر ممكن من الماء وتقليل النتح والاحتفاظ بالطاقة الغذائية والتبكير بعمليات الازهار وزيادة عددها وتكوين البراعم القزميه أو ما يعرف بالنباتات شبه المختبئة وذلك بتكوين براعم بمحاذاة سطح التربة أو تكوين النباتات المختبئة والتي هي عبارة عن براعم تنمو تحت سطح التربة وغيرها من الوسائل التي يمكن بواسطتها حماية المنتجات وإطلاقها عند توفر الظروف الملائمة للمحافظة على عملية التوازن البيئي ومحاكاة المتغيرات البيئية وإيجاد نموذج متوازن من العلاقات البيئية لتؤمن حالة الثبات Stability الفاعل للنظام البيئي الجديد بما يتناسب مع المدخلات البيئية Input المتوفرة في وسطها المحيط والمخرجات Output البيئية من هذا الوسط .

خامسا- مرحلة الذروة أو القمة Climax stage :

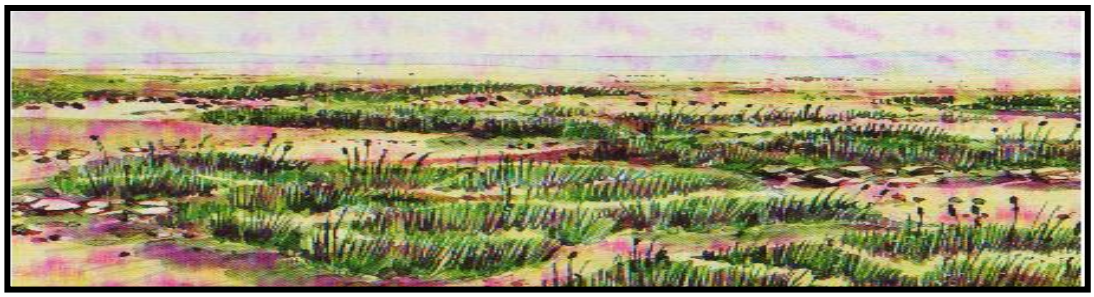
يعمل المجتمع الكلي التعاقبي على تنظيم نفسه الى أن يصل الى حالة أو مرحله يثبت فيها الغطاء النباتي نسبيا ويكون ذلك بظهور النباتات المعمرة وتستغرق هذه العملية وقتا طويلا يمتد في بعض الأنظمة البرية الى أكثر من١٥ ـ ٥٠ عاما أو أكثر اما في الأنظمة البيئية المائية فإن الوقت يكون أقصر من ذلك بكثير أما في مناطق الغابات فيصبح الوقت اللازم لبلوغ مرحلة الذروة زمنا قد يصل الى أكثر من ١٥٠ عاما أحيانا لكي يثبت النوع السائد من الأشجار الذي يطبع المنطقة بطابعه ويصبح ممثلا لها – كغابات أشجار البلوط ، أو الزان ، أو الأشجار المخروطية أو الغابات متساقطة الأوراق وغيرها من الأنظمة التي احتاجت زمن طويل لتصل الى هذه المرحلة من التمييز، و يطلق على المجتمع النباتي النهائي الذي تستقر عليه المنطقة البيئية الخاضعة للتعاقب بمجتمع الذروةcommunity Climax.

وقد وجد الباحثون ان ما ينطبق على النباتات يمكن ملاحظته في أفراد المجتمع الحيواني كذلك لأن مجتمع الذروة النهائي هو عبارة عن نتاج لعملية تطوريه متسلسلة بدأت بأفراد صغيرة الحجم كثيرة العدد ، ثم أصبحت في نهاية التعاقب أفراد كبيرة الحجم قليلة العدد عالية الكتلة الحية حيث لاحظ الباحثون أن النباتات ابتدأت بأعشاب وحشائش ثم نباتات حوليه ثم ظهرت الشجيرات وبعد ذلك نمت الأشجار التي تمثل مجتمع الذروة ، وفي الأنظمة المائية تبدأ بمجتمع الطحالب وحيدة الخلية ثم العديد من الخلايا والمستعمرات الطحلبية وبعد ذلك تظهر النباتات الطافية الصغيرة ثم الغاطسة أو نصف الغاطسة وأخيرا النباتات المعمرة كنبات القصب وبعض الشجيرات المائية ونباتات الحواف الرطبة مثل Calamagrostis وغيرها ، ويرافق ذلك وفي كلا النظامين تسلسل في ظهور الحيوانات الصغيره مثل اللافقاريات وديدان التربة وبعد ذلك الحشرات ثم العناكب ومفترسات الحشرات وبعد ذلك تبدأ السحالي والزواحف بالظهور يعقبها تواجد الطيور ومن ثم اللبونات التي تمثل سكان مجتمع الذروة المتميز . من هنا نجد ان مجتمع الذروة يحاول المحافظة قدر الامكان على حالة من التوازن البيئي بين المدخلات البيئية والمخرجات البيئية داخل نظامه البيئي لأن المادة العضوية في هذا المجتمع والإنتاج الحيوي الصافي يكون بأقل ما يمكن عند مقارنته مع المراحل المبكرة لحصول التعاقب. لذلك نجد أن مكونات مجتمع الذروة تحاول إظهار الكفاءة البيئية لكل نوع في محاولة السيادة البيئية على المساحة واستغلال المواطن والموارد الغذائية، وعليه تحصل عملية تنافس حقيقي وإزاحة بيئية وإقصاء حيوي وافتراس وتطفل وتضاد وغيرها من أساليب كل نوع في الدفاع عن أفراده ومحاولته التكيف والتسيد والبقاء في البيئة الجديدة، وهذه السلسلة من الصراعات تقود بشكل أو بآخر إلى عملية انتخاب طبيعي للأنواع الأكثر حيوية ومقاومة ومرونة بيئية وينتج عنها عملية توازن واستقرار حركي Dynamic equilibrium لفترة طويلة من عمر النظام البيئي حتى يصل مجتمع الذروة النهائي Climax community، وهذا لا يحصل مالم يحدث التعاقب الاولي في جميع المجتمعات الطبيعية. والاشكال التالية تبين مراحل التعاقب الاولي في البيئة الطبيعية.



(أ) مرحلة التعرية والتجريد الممهدة لعملية التعاقب.

(ب) مرحلة الغزو والاجتياح وظهور النبات الرائد Pionner plant وبداية تكون التجمعات النباتية.



(ج) مرحلة التفاعل والتنافس وتكون الزمر النباتية السائدة وبداية مرحلة الاستقرار.

(د) مرحلة تكون اشجيرات والاشجار المعمرة وبداية نشوء مجتمع الذروة أو القمة Climax community.

<u>خصائص مجتمع الذروة التعاقبي:</u>

يختلف علماء البيئة حول حالات ومظاهر الذروة التي يصلها المجتمع النباتي والتي تمثل قاعدة وجود مجتمع الذروة الحيواني الا أن اغلبهم يتفق على أن مرحلة الذروة تتميز بوصول النظام البيئي الى قمة الاتزان وقمة الكفاءة في إيصال طاقة الشمس الى السلاسل والشبكات الغذائية للمجتمع ، كذلك فإن أفراد هذه المجتمعات تميل الى الاحتفاظ العالي بالمواد الغذائية غير العضوية بكفاءة أعلى من أفراد المراحل الأولى للتعاقب. ومن هنا فأن مجتمع الذروة يشكل وحدة بيئية متكاملة تكفل بعضها البعض وتحافظ على استقرارها وتكون أفراده عالية المقاومة للمتغيرات البيئية المحيطة لما تملكه من كتله حيوية كبيرة ومرونة بيئية عالية مستنده على مخزون غذائي داخل وسطها البيئي نتيجة للتراكم الحيوي للمواد

العضوية في التربة او الماء حسب هذا الوسط . وهذا يعني من الناحية التطورية أن أفراد مجتمع الذروة هم أفراد منتخبه بيئيا وتحمل أفضل الصفات الوراثية والتركيبية التي تمنحها القدرة الحيوية الكامنة والكفاءة البيئية العالية في استغلال الطاقة أو تحويل الغذاء والتكيف للمتغيرات البيئية Succession . وانطلاقا من هذه الأسس يمكن وصف التعاقب بأنه تقدمي progressive عندما تتكون عنه مجتمعات معقده التراكيب متعددة الأنواع وعالية الكتلة الحية ، ويوصف بأنه تراجعي Retogressive عندما لا تستطيع مجتمعاته بلوغ مرحلة الذروة المستقرة ، وتكون ذات تنوع قليل وكتله حيوية محدودة وتكون حساسة للتغيرات البيئية الخارجية والداخلية التي تحدث في البيئة المحيطة . وقد وصف علماء البيئة نوعين من مجتمعات الذروة هما مجتمعات أحادية الذروة أو وحيدة الذروة Monoclimax وهي مجتمعات الذروة الخاضعة للظروف المناخيه وتقع تحت سيطرتها بحيث يصبح فيها المناخ هو العامل المسيطر والمنظم لعملية توازن الغطاء النباتي وتحجب دور التربة والتضاريس الموجودة في المنطقة البيئية وهذا ما دعى اليه الباحث Clements عام ١٩٥٠ من خلال دراساته المختلفة على العديد من النظم البرية ومتابعة التغيرات التي تحصل للغطاء النباتي فيها . بينما تنشأ مجتمعات ذروه تحت تأثير نوعية التربة ، او الطبوغرافية الأرضية ويتكون فيها ذروه تربه Edaphic climax او ذروة طبوغرافية Physiograhic climax لا يستطيع المناخ فرض سيطرته على هذين العاملين الذين يطلق عليهما تسمية الصخرة الأم Parent rook وبذلك تنشأ عدة مجتمعات ذروة داخل الإقليم الحيوي الواحد وتسمى عند ذلك بمجتمعات الذروة المتعددة Polyclimax كما يظهر في الاشكال التالية التي توضح ثلاثة مناطق ذروة بيئية تتحكم فيها طبيعة المناخ الدقيق Microclemt ونوعية التربة وطوبوغرافية الارض مما يؤدي الى تكون أونشوء أكثر من مرحلة ذروة اوقمة نمو لاكثرمن مجتمع نباتي في نفس المنطقة البيئية كما يظهر من الشكل .

شكل يمثل حالة تكون اكثر من مرحلة ذروة polyclimax لنفس المنطقة .

مفهوم التعاقب الايجابي والسلبي لمجتمعات الذروة:

من خلال الدراسات البيئية وجد الباحثون حالتين تحدث في مجتمعات الذروة التعاقبية هما:

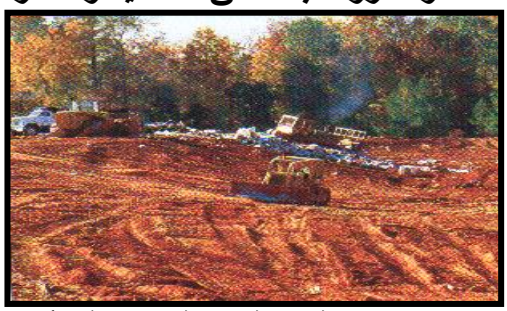
أ- حالة التعاقب البيئي الايجابي لمجتمع الذروة: Progressive succession

عندما يحصل أي تعاقب في بيئة معينة لأول مرة في تكوينها الطبيعي من دون تدخل العامل البشري ويتبع المراحل التسلسلية المعروفة في خطوات التعاقب، حتى بلوغ مرحلة مجتمع الذروة يدعى مثل هذا التعاقب Primary succession التعاقب البيئي الأولي. وهذا النمط من التعاقب إذا سار بشكل متوازن ومتسلسل فأنه عادة ما ينتهي إلى تكوين مجتمع بيئي متميز في مكوناته وهيئته النوعية والتركيبية مثل مجتمع الغابات بأنواعها المعروفة ومجتمع البحيرات الطبيعية المعمرة وغيرها من النظم البيئية المتوازنة فعند ذلك يدعى مثل هذا التعاقب الذي أنتج مجتمع ديناميكي من حيث دوران المادة العضوية وانسياب الطاقة ومتنوع الأحياء بالتعاقب الايجابي أو التقدمي Progressive succession.

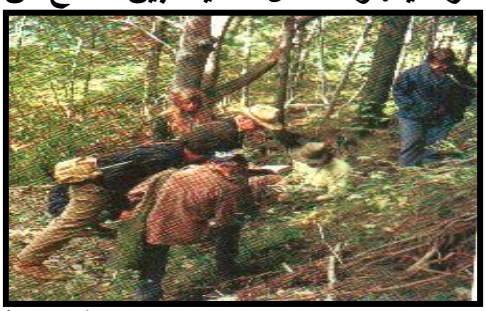
ب- التعاقب البيئي السلبي أو التراجعي لمجتمع الذروة Retrogressive succession:

في عدد من المواقع البيئية تتعرض المجتمعات إلى نوعين من التأثير الذي قد يدفع بمراحل أو خطوات التعاقب الأولي إلى التعثر أو التراجع وعدم اكتمال السلسلة التعاقبية والوصول إلى مرحلة الذروة نتيجة لشحة المغذيات أو النقص الحاد في كمية المياه وتنامي مستويات الجفاف أو التغير الكبير في مستوى الملوحة والدالة الحمضية أو انتشار آفات مدمرة لغطائه النباتي وغيرها من العوامل التي تعمل على أحداث تدهور في البنية التركيبية النوعية لمجتمع الأحياء التعاقبي وتحدث تراجع يسمى Retrogressive

succession كما أن هنالك حالات اخري يصل فيها المجتمع الى الذروة ولكن تعيق استمراره وتقدمه في تحقيق المراحل اللاحقة بعض المؤثرات مما يؤدي لحدوث مايسمى بالتراجع السلبي الزمني أو (التعاقب السلبي)، وهو عبارة عن عملية نزول من مرحلة القمة أو الذروة إلى مجتمع حيوي مفكك وغير متوازن يحاول أن يعيد نفسه مرة أخرى ولكن بنمو وتطور أنواع جديدة أكثر مقاومة للظروف البيئية التي سادت في بيئية هذا المجتمع التعاقبي وهذه العملية تتطلب وقت طويل واستنزاف للمحتوى العضوي المخزون في تربة النظام البيئي وهذا تراجع في خاصية أو قدرة المقاومة البيئية التي يعتمد عليها مجتمع الأحياء في مواجهة المتغيرات البيئية. أما الحاله الثالثة من التأثير فهو ما يحدث بفعل الأنشطة البشرية كما يحصل في عمليات قطع الأشجار الكبيرة من نظم الغابات وبذلك يتحطم مجتمع الذروة أو كما يحصل في تحويل مجتمعات الأهوار والمستنقعات الكبيرة إلى أراضي زراعية أو تحويل بعض المساحات الخضراء إلى أماكن صناعية أو مجمعات سكنية أو سياحية واستبدال الغطاء النباتي الدائم بمساحات مجزئة من نباتات صغيرة محدودة العمر والنمو كما هو معروف بالحدائق الداخلية والمتنزهات الوطنية. والأشكال التالية تبين نماذج من هذه الحالات.



نظام تعرض لعملية إزالة كاملة لمرحلة الأشجار.



نظام تعرض لعملية قطع أشجار غير مبرمج.

حالة تدهور مجتمع تعاقبي بسبب انخفاض مستوى المياه الجوفية.

العوامل البيئية **Ecological Factors**

١- العوامل الطبيعية Physical factors **٢- العوامل الإحيائية Biological factors**

١-العوامل الطبيعية

***العوامل البيئية المحددة فى البيئة الأرضية :**

أولا: الحرارة

- **ما هو العامل المحدد ؟**
- **ما الفرق بين قانون العالم ليبيج وقانون العالم شيلفورد ؟**
- **ماهي المبادئ الاساسية التي تتعلق بقانون العالم شيلفرد (قانون التحمل)**
- **ما هو تأثير الحرارة على توزيع الكائنات الحية؟**
- **ماهي الحرارة ؟**

أثر الحرارة على حياة الحيوان:

- **عند تجلط البروتينات في البروتوبلازم فان الحيوان يموت وذلك عندما ترتفع درجه الحرارة.**
- **عندما يتجمد المحتوى المائي للبروتوبلازم يؤدي ذلك الى موت الحيوان عند انخفاض الحرارة.**

النطاق الحراري المفضل :

- **هو النطاق الذي تسير فيه العمليات الكيميائية على أحسن وجه وهو يتراوح ما بين ٢٠- ٤٠°م.**
- **تتكيف الحيوانات على التغيرات السلبية بعدة طرق هي :**

١- الهجرة ٢- التنظيم الحراري ٣- السبات (البيات الشتوي) ٤- التجنب والتعلم

التغيرات في درجات الحرارة :

هناك ثلاثة أنواع من التغيرات في درجات الحرارة :

١- التغير الزمني :

- **البيئة الأرضية.**
- **البيئة المائية .**

٢- التغير الافقي.

٣- التغير الرأسي.

أثر الحرارة على درجة حرارة الجسم:

١) الحيوانات ذات درجة الحرارة المتغيرة Poikilothermic animals

٢) الحيوانات ذات درجة الحرارة الثابتة Homeothermic animals

ثانيا : الضوء **Light**

- **هو المصدر الأول لجميع المناشط الحيوية ولولا وجود الضوء لانعدمت الحياة على الأرض.**

العوامل التي تؤثر على توزيع الضوء في البيئة :

١) خط العرض
٢) الارتفاع عن سطح البحر
٣) فصول السنة
٤) الوقت من النهار
٥) مقدار الرطوبة الجوية
٦) نقاء الوسط (الماء أو الهواء)

تأثير الضوء على سلوكيات الحيوان :

- **ماهي النقاط الثلاثة الأساسية التي يهتم بها علماء البيئة فيما يتعلق بالضوء؟**
- **ما الفرق بين الحيوانات النهارية والحيوانات الليلية؟**

تأثير الضوء على فسيولوجيا الحيوان :

- **تكوين فيتامين (د) المضاد لمرض الكساح.**

الضوء وتكوين الصبغات:

- **تكوين الأصباغ الجلدية في سمك Flounders .**
- **الصبغيات في الانسان.**

الضوء وعملية الإبصار:

- **الحيوانات بواسطة الضوء تستطيع أن ترى أو تُرى وقد وجد أن الفقاريات بلغت الذروة في هذا المضمار حيث توجد لها أعين غاية في التعقيد.**

ثالثا : الرطوبة Humidity

- **لا تقل الرطوبة أهمية بالنسبة للكائنات الحية عن أهمية العوامل البيئية الأخرى، علل ذلك؟**

حالة التوازن المائي :

- **ماهي مصادر الحصول على الماء ؟**
- **ماهي مصادر فقدان الماء؟**
- **ماهي حالة التوازن المائي ؟**

تؤثر الرطوبة على الكائنات الحية فيما يلي :

١- معدل حدوث عملية النتح في النباتات .
٢- توزيع الكائنات الحية حسب البيئات المختلفة (السرخسيات والزواحف).
٣- زيادة نمو بعض الكائنات الحية التي تستطيع امتصاص الرطوبة (الفطريات والأشنات).

تتكيف حيوانات الصحاري للرطوبة فيما يلي :

١- الغذاء
٢- انتاج البول المركز
٣- الغطاء الخارجي (الحراشف والكيتين)
٤- السلوك
٥- سرعة الأيض
٦- التحوصل

العوامل البيئية المحددة في البيئة المائية :

١- درجة الحرارة
٢- الشفافية
٣- التيار
٤- تركيز الغازات الذائبة
٥- تركيز الأملاح

العوامل البيئية

هناك عدة عوامل تؤثر في حياة الكائن الحي وقد تؤدي إلى نموه وانتشاره أو تعمل على تضييق سبل الحياة أمامه فيتناقص تدريجياً وقد يختفي تماماً، هذه العوامل يمكن تقسيمها إلى مجموعتين:-

١ - العوامل الطبيعية

٢ - العوامل الإحيائية

أ - العوامل الطبيعية :

وهي تشمل الرطوبة والحرارة والضوء ودرجة الملوحة (الأحياء المائية) ويؤثر كل من هذه العوامل تأثيراً مباشراً أو غير مباشر على مختلف أنواع الحيوان وقد يستطيع البعض من هذه الحيوانات أن يتواجد ويتلائم مع مجموعة من العوامل الطبيعية كما أن هناك أيضاً بعض الحيوانات التي لا تستطيع العيش أو التواجد مع مثل هذه العوامل السابقة.

ب - العوامل الأحيائية :

وهي بمعنى وجود حيوانات أخرى بنفس المنطقة التي يستوطنها الحيوان وقد يكون وجود هذه الحيوانات من العوامل الأساسية التي تساعد على أنتشار هذا الحيوان الخاص أو أنها قد تكون معاكسة له فتعمل على الحد من إنتشاره وقد تقضي عليه تدريجياً.

العوامل الطبيعية

العوامل البيئية المحددة في البيئة الأرضية:

العامل المحدد : هو المدى الذي يستطيع أن يعيش فيه الكائن الحي وعندما يتغير هذا المدى زيادة أو نقصان فأن الكائن الحي يموت.

قانون ليبيج (١٨٤٠م) : لكل كائن حي متطلبات محددة للحياة لابد من توفر الحد الأدنى منها على الأقل حتى يستمر نموها وتكاثر هذا الكائن.

قانون شيلفورد (١٩١٣م) : أن أي مؤثر يقع تحت الحد الأدنى أو يتعدى الحد الأقصى الحرج يدفع بعض الكائنات الحية الى الاختفاء من تلك المنطقة طالما كان هذا الظرف موجوداً.

- **المبادئ الاساسية التي تتعلق بقانون التحمل :**

١- أن لكل كائن حي مدى تحمل للظروف البيئية فقد يكون ذو مدى ضيق أو واسع.

٢- قد يكون أحد الكائنات واسع التحمل لعامل معين وضيق التحمل لعامل آخر.

٣- الكائن الحي الذي له مدى واسع لتحمل الظروف البيئية يكون واسع الانتشار.

٤- لا تعيش الكائنات الحية في ظروف مثالية في مجال التحمل لتداخل عوامل بيئية أخرى.

٥- مرحلة التكاثر هي المرحلة الحرجة التي يحتاج فيها الحيوان الى ظروف قريبة من الحد المثالي.

أولا : الحرارة

تلعب الحرارة دوراً رئيسياً في الحياة الحيوانية من حيث توزيع هذه الحيوانات في المناطق المختلفة أو من حيث نشاطها وأستمرارها فقد وجد علماء البيئة أن درجة الحرارة تؤثر تأثيراً واضحاً على الفونا (Fauna) وهي مجموعة الحيوانات التي تعيش في بيئة محدودة.

وهناك عدة حالات يظهر فيها التأثير واضحاً تماماً مثال ذلك إنتشار المرجانيات أو الحيوانات المرجانية وهي الحيوانات التي تعمل على تكوين الصخور المرجانية في مختلف البحار.. هذه المرجانيات كثيرة الأنتشار على الساحل الشرقي للقارة الأفريقية وهو الساحل الذي يقع على ساحل البحر الأحمر حيث المياة الدافئة وهي منتشرة بوفرة على هذا الساحل الشرقي وعلى النقيض من ذلك فنجد أن الحيوانات المرجانية لا تعيش على الساحل الغربي للقارة الأفريقية وذلك لأن هذا الشاطيء معرض للتيارات الهوائية الباردة التي تصل من الشمال.. لوحظ أيضاً أن الزواحف تكاد تكون قاصرة في انتشارها على الأقاليم الدافئة من الكرة الأرضية ويقل في حدها الأقصى من ناحيتي الكثرة والنشاط في المناطق الإستوائية ثم يقل هذا الانتشار بالتدريج من حيث التنوع ووفرة الأعداد كلما اتجهنا نحو الشمال... وهذا القول ينطبق ايضا على الحيوانات الأخرى كثيرة مثل البرمائيات والفراشات وغيرها.

ما هي الحرارة:-

النشاط الإشعاعي (الضوء أو الحرارة) الذي يؤثر على الحيوانات يختلف اختلافاً كبيراً في مختلف أرجاء الأرض كما أن هذا النشاط يختلف في المنطقة الواحدة تبعاً لإختلاف الأوقات في دورات سنوية ودورات يوميه وهو يتأثر أيضاً بدرجة كبيرة على الوسط الذي تمر به هذه الأشعة الشمسية وهذه الأشعاعات مثلاً قادرة على أختراق الوسط الحيوي بسهولة كبيرة أما الوسط المائي فنجد أن الأشعاعات الفوق البنفسجية وتحت الحمراء تمتص بصورة كبيرة من الطبقات السطحية ثم يتولى بعد ذلك امتصاص الأنواع الأخرى من الأشعة الضوئية وبعد ذلك تصبح الطبقات التالية من العمق مظلمة تماماً حيث لا تصل إليها أية أشعة ضوئية ولذلك فأن الحيوانات القاعية تعيش في ظلام دامس وبرودة تامة.

أثر الحرارة على حياة الحيوان:-

هناك عدة عمليات كيميائية معقدة تحدث باستمرار داخل المادة البروتوبلازمية للجسم هذه العمليات الكيميائية مستمرة ولا ينقطع حدوثها طالما كان الحيوان حيا والواقع أن سرعة هذه العمليات الكيميائية تتوقف على درجة حرارة الجسم وإذا ارتفعت هذه الدرجة زادت سرعة العمليات الكيميائية الحيوية داخل البروتوبلازم فإذا وصل هذا الارتفاع إلى مستوى خاص فأن البروتينات التي يحتوي عليها البروتوبلازم تتجلط وعند ذلك تنتهي حياة الحيوان نهائياً ويتراوح الحد الأعلى لدرجة الحرارة التي تستطيع الحيوانات أن تتحملها دون أن تؤثر على حياتها ما بين ٤٥ ــ ٥٥° م تبعاً لنوع الحيوان.

هذا فيما يتعلق بالارتفاع في درجات الحرارة أما فيما يتعلق في الأنخفاض في درجة الحرارة فنرى أن العكس يحدث حيث أن العمليات الكيميائية التي تتم داخل البروتوبلازم تتباطيء تدريجياً كلما انخفضت درجة الحرارة وتستمر هذا التباطيء إلى أن تتوقف هذه العمليات الكيميائية عندما يتجمد المحتوى المائي البروتوبلازم.

النطاق الحراري المفضل:

وهو النطاق التي تسير فيه العمليات الكيميائية الحيوية على أحسن وجه وهو يختلف اختلافاً كبيراً عند مختلف الحيوانات ولكنه يتراوح بين ٢٠ – ٤٠° م وهناك عدة طرق تستخدمها مختلف الحيوانات لكي تحتفظ بدرجة حرارة أجسامها داخل هذه النطاق إذا ما تجاوزته الحرارة الخارجية ارتفاعاً وانخفاضاً.

التكيفات البيئية للتغيرات السلبية :

١- الهجرة :

تستطيع الحيوانات أن تترك المكان الذي تعيش فيه وتهاجر الى مكان آخر اذا حدثت تغيرات سلبية لوقت طويل. والهجرة تكون غالبا غريزية أو فطرية قد تلعب درجة الحرارة أو الضوء في حدوثها مثل هجرة الطيور والجراد والحيتان والغزلان ... الخ.

وهناك بعض الامور المهمة فيما يتعلق بالهجرة :

أ- أنواع محددة من الطيور أو الحيوانات التي تهاجر من موطنها وليس جميع الحيوانات بالرغم من أنها تعيش في نفس المكان.

ب- تحدث رغبة الهجرة فقط في مرحلة معينة من الحياة، وغالباً قبل النضوج الجنسي.

جـ- لا يكون هناك تكاثر و تناول الغذاء أثناء الهجرة .

د- توجد علاقة عكسية بين الهجرة ومدى توافر الغذاء والأماكن الشتوية فكلما توفر الغذاء والأماكن الشتوية في الموطن قل حافز الهجرة.

٢- التنظيم الحراري :

تمتص الكائنات الحية الحرارة من أشعة الشمس أو سطح التربة أو ملاصقة الأجسام الأخرى كما تستمد طاقتها من الغذاء.

٣- السبات (البيات الشتوي) :

تقلل بعض الكائنات الحية من نشاطها الحيوي الى الحد الأدنى عند تعرضها لظروف سلبية مثل انخفاض درجة الحرارة أثناء الشتاء، وعادة ما تختفي أثناء هذه الفترة وتخرج ثانية عند زوال الظروف.

٤- التجنب والتعلم :

يمكن للكائن الحي من التكيف مع التغيرات البيئية بواسطة التعلم بالمحاولة والخطأ والتعلم بالتبصر.

التغيرات في درجات الحرارة:

يمكن تميز ثلاثة أنواع من التغيرات في درجة الحرارة هي:-

١ - التغير الزمني:

هناك عوامل فلكية ومناخية (حالات الطقس) مختلفة تتحكم في الوقت.

بالنسبة للبيئة المائية: فأنها تتعرض لتقلبات طفيفة في درجات الحرارة أثناء النهار ويتضح ذلك إذا علم أن أعلى تغير في درجة حرارة المحيط أثناء النهار حوالي ٤° م في الطبقات السطحية وبزيادة

العمق فأن مدى التغير يتناقص. وربما لا يلاحظ أي تغير في درجة حرارة بين الليل والنهار لأي مساحة مائية كبيرة لا تتجاوز الدرجة المئوية الواحدة.
أما بالنسبة الأرضية توجد تقلبات كبيرة في درجة الحرارة أثناء الليل والنهار فمثلاً تكون درجة حارة الهواء قرب سطح الأرض خلال النهار أعلى من ١٧° م وفي المناطق الصحراوية يزداد الفرق في درجات الحرارة بين الليل والنهار إلى ٤٠° م. إلى جانب التغيرات اليوميه في درجة الحرارة فهناك التغيرات الفصلية للحرارة ففي البحار الإستوائية والقطبية لا تتغير درجة الحرارة طول السنة لأكثر من ٥° م. أما البحار المعتدلة فأن معدل التغير في الحرارة بين الصيف والشتاء يتراوح عادة ما بين ١٠ – ١٥° م وأحياناً يزداد هذا المعدل إلى أكثر من ٢٣° م.

أما بالنسبة للبيئة الأرضية: تكون التغيرات الفصلية في درجة الحرارة واضحة وملموسة وهي ذات أهمية بيئية وتحدث أكثرها في المناطق المعتدلة وتكون أقل في المناطق الإستوائية فمثلا في مناطق التبت تتغير الحرارة من – ٣٧° م في الشتاء إلى + ٤٠° م في الصيف (بفارق ٧٧° م) بين الفصلين.
هناك بيئات أرضية لا يكاد الفارق بين الدرجات الموسية يذكر بين الفصلين في كلورادو (لا يزيد معدل التغير عن نصف درجة مئوية).

٢ - التغير الأفقي للحرارة:

يختلف فمعدل درجات الحرارة اختلافاً كبيراً من مكان إلى آخر على سطح الكرة فتكون درجة حرارة الطبقة الهوائية القريبة من الأرض على ما يمكن عن خط الاستواء وتقل تدريجيا كلما ابتعدنا عن هذا الخط.

٣ - التغير الرأسي للحرارة:

تختلف درجة حرارة الهواء تبعاً للظروف المحلية فكلما زاد الارتفاع كلما نقصت الحرارة، كذلك تختلف الحرارة تبعاً لشدة الانحدار لأن تأثير أشعة الشمس في رفع درجة الحرارة يكون أكبر ما يكون عندما تكون الشمس عمودية وكلما قلت زاوية السقوط كلما قل تأثير أشعة الشمس.

أثر الحرارة على درجة حرارة الجسم:

تنقسم الحيوانات إلى مجموعتين:

١ - **الحيوانات ذات الدرجة المتغيرة : Poikilothermic animals**

في هذه الحيوانات نجد أنه ليست لها ميكانيكية خاصة تجعل أجسامها تحتفظ بدرجة ثابتة من الحرارة ولذلك فأن درجة حرارة أجسام هذه الحيوانات تتغير ارتفاعاً أو انخفاضاً تبعاً للتغيرات الحرارية اليومية أو درجة حرارة البيئة التي تحيط بها.

٢ - **الحيوانات ذات الحرارة الثابتة: Homeothermic animals**

في أجسام هذه الحيوانات ميكانيكية خاصة تجعلها تحتفظ دائماً بدرجة حرارة ثابتة لا تتغير تبعاً للمؤثرات الحيوية بمعنى أن حرارة الجو أو البيئة التي تحيط بها مهما ارتفعت حرارتها أو انخفضت فأن أجسام هذه الحيوانات تظل محتفظة بدرجة الحرارة الخاصة هذه الدرجة عند الإنسان ٣٧° م وعند معظم الثدييات حوالي ٣٨° م وفي الطيور تكون درجة الحرارة حوالي ٤٢° م. ومن ذلك نرى أن جميع حيوانات المملكة الحيوانية ما عدا الطيور والثدييات تتأثر درجة حرارة أجسامها بدرجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه.

ثانيا : الضـــوء

ليس هناك بين العوامل الطبيعية ما هو أكثر إثارة لعلماء البيئة واهتماماتهم من الضوء وذلك لأن الضوء هو المصدر الأول لجميع المناشط الحيوية ولولا وجود الضوء لأنعدمت الحياة على الأرض، فالمعروف أن الأساس في عملية التمثيل الضوئي التي تؤديها النباتات الخضراء هو وجود الضوء وعن طريق هذه العملية تقوم النباتات الخضراء بصنع غذائها وذلك تعتمد الحياة النباتية اعتماداً مباشراً على وجود الضوء ولما كانت الحياة الحيوانية تعتمد أساسا في وجودها على الحياة النباتية فأننا نستطيع أن ندرك بسهولة أن الحياة الحيوانية نفسها تعتمد أيضاً على الضوء بطريقة غير مباشرة.

العوامل التي تؤثر على توزيع الضوء في البيئـة:

هناك عدة عوامل أساسية تعمل على توزيع الضوء في بيئة ما وقد يكون وجود البعض منها سبباً في حجب أو منع كمية كبيرة من الضوء من الوصول إلى البيئة وأهم هذه العوامل هي:-

١ - **خط العرض Latitude**

الأشعة الضوئية تكون كميتها أكثر ما تكون عند خط الاستواء وأقل ما تكون عند القطبين الشمالي أو الجنوبي وهناك تدرج واضح في التوزيع الضوئي بين خط الاستواء وكل من القطبين.

٢ - **الارتفاع عن سطح البحر Altitude**

كلما ارتفع المكان إلى أعلى كلما زادت كمية الأشعة الضوئية التي تغمر البيئة فمثلاً كمية الضوء في أعالي الجبال أكثر منها على الأراضي المنبسطة.

٣ - فصول السنـة

في فصل الصيف مثلاً نجد أن الأشعة الضوئية التي تغمر بيئة ما أكثر من تلك التي تغمرها في فصل الشتاء.

٤ - **الوقت من النهار**

الأشعة الضوئية في الصباح مثلاً أقل منها عند الظهيرة وفي وقت الظهيرة تكون الأشعة الضوئية أكثر منها عند الغروب.

٥ - **مقدار الرطوبة الجويـة**

كلما ازدادت الرطوبة في الجو كلما قلت الأشعة الضوئية التي تصل إلى بيئة ما.

٦ - **نقاء الوسط (الماء أو الهواء)**

نقاء الوسط المائي أو الهوائي الذي يمر خلاله الضوء عامل أساسي في تنظيم كمية الضوء التي تصل إلى مكان ما، أما إذا كان الجو صافياً فأن كمية الضوء التي تصل إلى سطح الأرض تكون أعلى بكثير مما لو كان الهواء مملوءا بالغبار وقد تصل ذرات الغبار في الهواء لي ٤٠٠.٠٠ ذره في السنتمتر المكعب وهذه الذرات من الغبار هي التي تعمل كأنوية لتكوين الشبورة والضباب والثلج والبرد والأمطار.

تأثير الضوء على سلوك الحيوان :

يعتبر الضوء منظماً على جانب كبير من الأهمية بالنسبة للمناشط اليومية والموسمية لعدد كبير من الكائنات الحية سواء كانت من النباتات أو من الحيوانات وهناك ثلاثة موضوعات مختلفة يهتم بها علماء البيئة فيما يتعلق بالضوء وهي:

كثافة الضوء، طول الموجات الضوئية، والفترة اليومية لبقاء الضوء في مختلف الفصول. وقد أتاحت هذه الدراسات التعرف على كثير من المشكلات أو الحقائق التي تتعلق بسلوك الحيوان.

أمثلـة:

هناك عدد من الحيوانات يطلق عليها اسم ***الحيوانات النهارية*** وهذه الحيوانات تخرج نهاراً للسعي وراء الغذاء مثل معظم الطيور وبعض الثدييات وقد لوحظ أن كثير من هذه الحيوانات النهارية تتخذ أوضاع النوم عند كسوف الشمس بدلاً من بقاءها نشطه طول اليوم كالمعتاد أثناء النهار كما لوحظ أيضا أن اسراب الجراد المهاجر ينقطع عن الطيران مباشرة وتهبط إلى الأرض إذا ما حدث أن اختفت الشمس وراء السحب الكثيفة واظلم الجو ولكنها سرعان ما تواصل الطيران مرة أخرى عندما تظهر الشمس من وارء السحب الكثيفة.

وهناك أيضاً عديد من الحيوانات التي يطلق عليها ***الحيوانات الليلية*** وهي تختبىء في مخابئها في ضوء النهار فإذا اظلم الجو وأقبل الليل فإنها تخرج من هذه المخابىء سعياً وراء غذائها ومن هذه الحيوانات الليلية عدداً كبيراً من الثدييات والخفافيش وبعض الطيور مثل البوم. وأيضاً وجد أن بعض الحيوانات مثل العلق الطبي (الأعلاق) تسعى إلى الظل كما أن هناك حيوانات مثل السرطان الناسك تتحاشى الظل كما اثبت الباحثون أن نحل العسل عندما درس سلوكه وعلاقته بالضوء وجد أن ضوء الشمس هو العامل الأساسي في خروج النحل من خلاياه حتى يتسنى له جمع الرحيق من الأزهار وتستمر هذه العملية طوال اليوم فإذا اقبل الليل دخل النحل إلى خلاياه واستكان بها إلى أن تشرق الشمس في اليوم التالي وهكذا...

تأثير الضوء على فسيولوجيا الحيوان :

قد يكون للضوء أهمية فسيولوجية كبيرة فيما يتعلق ببعض العمليات الحيوية التي تتم داخل الجسم فقد اثبت الباحثون مثلاً في الطيور والثدييات أن فيتامين (د) ويسمى أيضاً الفيتامين المضاد لمرض الكساح هذا الفيتامين يتكون طبيعياً في الجسم بواسطة الأشعة الفوق بنفسجية على مادة كيميائية خاصة توجد في الجلد وهي مادة (الأرجسترول)، وهذه المادة منتشرة في الجلد ولهذه العملية أهمية كبيرة وخصوصاً الأطفال وصغار الحيوانات إذ أنها تساعدها على تكوين العظام ونموها طبيعياً وتظهر أهمية هذه العملية إذا عرفنا أن الأغذية التي نتناولها لا تحتوي عادة إلا على قدر ضئيل من فيتامين (د). ولذلك يعتقد على أنها تحصل على معظم احتياجاتها من هذا الفيتامين بفعل أشعة الشمس. وقد وجد أن مرض الكساح نادر الوجود في المناطق الحارة والإستوائية التي تغمرها أشعة الشمس بوفرة وبذلك يتعرض الإنسان بقدر كاف من أشعة الشمس الفوق بنفسجية وعلى العكس. من ذلك نجد أن مرض الكساح كثير الإنتشار في المناطق الشمالية والمناطق الباردة وخصوصاً في الأحياء المزدحمة والفقيرة وذلك لأن الشمس قد لا تظهر كثيراً وخصوصاً في الشتاء.

الضوء وتكوين الأصباغ

لقد وجد الباحثون أن الضوء هو السبب الأساسي في تكوين الحبيبات الصبغيه في الجلد فمثلاً أجريت بعض التجارب الضوئية على سمك فلوندرز Flounders فوجد أن الأصباغ تتكون على السطح الذي يعرض للضوء وفي عدة تجارب أمكن جعلها تكتسب لون على السطح العلوي للجسم أو على السطح السفلي فقط أو على أي من الجانبين الأيمن والأيسر وذلك تبعاً لتوجيه الأشعة الضوئية إلى أحد هذه الجهات على الجسم، أيضا وجد أن حيوانات الكهوف وهي التي تقضي حياتها داخل الكهوف المظلمة وجد أن هذه الحيوانات تكون أجسامها خالية من الأصباغ وذلك لأنها تعيش بعيدة عن الضوء وأيضاً في الإنسان لوحظ أن كمية الصبغ الموجودة في الجلد تختلف اختلافاً تدريجياً واضحاً إذ انتقلنا من الأصقاع الشمالية إلى الأصقاع الاستوائية وبالعكس فعند خط الاستواء نجد أن الإنسان الذي يعيش في هذه المناطق يحتوي جسمه على كمية كبيرة من الصبغ وتقل هذه الكمية بالتدريج كلما تقدمنا نحو الشمال حيث يكاد يكون الجلد في المناطق التي في أقصى الشمال خالياً من تلك الأصباغ الجلدية. وأيضاً فأن التلون الوقائي الذي يشاهد في كثير من الحيوانات ويعمل على إخفائها عن الأنظار هذا التلون الوقائي ينتج من تكوين أصباغ مختلفة في الجلد بفعل الأشعة الضوئية، هذه الأصباغ المختلفة تنتشر على سطح الجلد بطريقة تجعل الحيوان منسجماً في لونه مع لون البيئات الطبيعية التي يعيش فيها ولولا وجود الضوء ما أمكن امتلاك مثل هذا التلون الوقائي الذي يجعل الحيوانات التي تمتلكه بعيدة عن الإخطار إلى درجة ما.

الضوء وعمليـة الأبصار :

الواقع أن هناك أهمية كبيرة للأشعة الضوئية فيما يتعلق بعملية الأبصار فعن طريق هذا الضوء نجد أن الحيوانات ترى أو تُرى ولذلك تستطيع هذه الحيوانات أن تحصل على غذائها كما أنها أيضاً تستطيع أن تهرب من أعدائها ولكل من هذين العمليتين أهميتهما القصوى في حياة الحيوان وقد وجد أن الفقاريات قد بلغت الذروة في هذا المضمار حيث تكونت عندها أعين غاية في التعقيد وتستطيع الأبصار الدقيق. على الناحية الأخرى نجد أن بعض الأوليات لها بقع عينية صغيرة لا تستطيع سوى التمييز بين الضوء والظلام وبين هذين الطرفين نجد أن هناك أنواع عديدة من الأعضاء الأبصارية التي تستخدمها الحيوانات في عملية الأبصار أو الرؤيا والتي تختلف بساطة وتعقيدا طبقاً لنوع الحيوان وربما لا توجد أعضاء ابصارية على الإطلاق كما هي الحال في كثير من الحيوانات الدنيا كالاميبا والهيدرا ودودة الأيض وغيرها ومع ذلك فأن البروتوبلازم في هذه الحيوانات له حساسية واضحة نحو الضوء.

ثالثا: الرطوبــة

لا تقل أهمية الرطوبة بالنسبة للكائنات الحية عن أهمية العوامل الطبيعية الأخرى فالمعروف أن وجود الماء ضروري لجميع أنواع الكائنات النباتية والحيوانية على السواء وهو يدخل في تركيب البروتوبلازم المكون لإجساد هذه الكائنات وهو في الحقيقة لا يدخل في تركيب هذه المادة فحسب بل أنه يكون جزء أساسي في ماء البروتوبلازم الذي يتكون من محلول لزج لعدد من المركبات العضوية المعقدة وخصوصاً البروتينات مع عدة أملاح معدنية ذائبة في الماء ولاغرو إذا عرفنا أن كمية الماء الموجودة في جسم الإنسان البالغ هي حوالي ٧٠٪ من وزن الجسم.

حالة التوازن المائـي :

لكي يحتفظ الإنسان بحالته الصحية جيداً فلا بد من أن تتوافر له الحالة التي تسمى بحالة التوازن المائي ومعناها:-

أنه لابد له أن يحصل على كمية من الماء تساوي ما يفقده من هذا السائل. أجريت بعض التجارب فوجد أن كمية الماء الموجودة في الجسم إذا فقد منها ١٠٪ فأن ذلك يؤثر في الوظائف الفسيولوجية في الجسم فتبدأ هذه الوظائف في الاختلال فإذا زاد فقدان الماء من الجسم وارتفعت هذه النسبة إلى ٢٠٪ فإن ذلك يؤدي إلى الوفاة، وهذا هو السبب في أن الإنسان يستطيع أن يمتنع عن تناول الطعام عدة أسابيع (ولكنه في نفس الوقت يحصل على الماء) ولكنه لا يستطيع الامتناع عن شرب الماء إلا أيام قليلة.

تؤثر الرطوبة على الكائنات الحية فيما يلى :

١- معدل حدوث عملية النتح في النباتات، اذ يقل حدوث هذه العملية بزيادة رطوبة الهواء.
٢- توزيع الكائنات الحية حسب البيئات المختلفة ، فالسرخسيات تتواجد في مناطق ذات رطوبة عالية والزواحف تكثر في الصحراء.
٣- زيادة نمو بعض الكائنات الحية التي تستطيع إمتصاص الرطوبة كما في الفطريات والاشنات والحزازيات .

تكيفات حيوانات الصحاري للرطوبة :

١- تعتمد في غذائها على النباتات والحيوانات التي تخزن في انسجتها كمية كبيرة من الماء.
٢- تنتج حيوانات الصحراء بولاً مركزاً وذلك لتوفير الماء في اجسامها.
٣- تمتلك بعض حيوانات الصحراء غطاءً خارجياً على هيئة حراشف تمتع تبحر الماء .
٤- تمتاز بعض حيوانات الصحراء بنشاط ليلي هرباً من الحرارة.
٥- تقل سرعة الايض في حيوانات الصحراء.
٦- تتحوصل بعض الاوليات وذلك بأن تحيط نفسها بحوصلة تحميها من الجفاف.

العوامل البيئية المحددة في البيئة المائية:

توجد بعض العوامل البيئية التي تعتبر محددة أو مؤثرة فيما لو حدث تغير لها وأهم هذه العوامل:

(١) درجة الحرارة

يمتلك الماء بعض الصفات الحرارية مثل الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للأنصهار والحرارة الكامنة للتبخر. وبالرغم من التغير الذي يحصل في درجة الحرارة في الماء إلا أنها تعتبر عامل مؤثر على حياتية الكائنات الحية التي تعيش في الماء وذلك لأن أغلب هذه الكائنات يكون لها مدى قصير لتحمل التغير في درجات الحرارة. وعليه فأن أي تغير في درجة الحرارة ينتج عن فعاليات الإنسان قد يؤدي إلى تأثير كبير في حياة هذه الكائنات. كما أن التغير في درجات الحرارة يؤدي إلى تغيرات في الكتل المائية حيث يحدث دوران للكتل المائية. كما يحدث نوع من التدرج في طبقات الماء وهذه التغيرات في الكتل المائية لها تأثير كبير على الحياة المائية. هذا وتؤثر كتل المياه العذبة الكبيرة على مناخ اليابسة المحيطة بها.

(٢) الشفافية:

تقوم المواد العالقة على تحديد أختراق أشعة الضوء لطبقات الماء كما أن الكدرة المتسببة عن الطمي تعتبر من العوامل البيئية المؤثرة على الكائنات الحية. أما إذا كانت الكدرة متسببة عن الكائنات الحية نفسها فأن قياس الشفافية يصبح مؤشراً للكتلة الحية. أن قياس الشفافية يتم بواسطة جهاز بسيط جداً يدعى **ساكي دسك أو قرص ساكي** وهذا الأسم أطلق على القرص من قبل العالم الأيطالي الذي أوجده في سنة ١٨٦٥. وهو ذا قطر يبلغ ٢٥ سم ويدلى في الماء المراد قياس شفافيته وتحسب الشفافية من معدل المسافة التي يختفي فيها القرص وتلك التي يظهر فيها القرص مرة أخرى لعين الناظر. وتتراوح هذه المسافة بين بضع سنتمترات في الأماكن ذات الكدرة العالية وقد يصل إلى أكثر من ٤٠ متراً في المياه الصافية.

ويلعب الضوء دوراً مهماً في نمو النباتات وبما أنها تعتبر الحلقة الأساسية في سلسلة تغذية الحيوانات فأن كتلة صغيرة من الماء غنية بالنباتات قد تكفي لمعيشة مجموعة كبيرة من الحيوانات. كذلك يعتبر الضوء عاملاً مهماً بالنسبة للحيوانات حيث يساعدها على الرؤيا والتي بدورها تعتبر عاملاً مهماً ومؤثراً في علاقات الغذاء.

(٣) التيـار:

يعتبر التيار أحد العوامل المحددة في معيشة الكائنات الحية المائية وبالخصوص تلك التي تعيش في الأنهار والينابيع. كما أن التيار يلعب دوراً مهماً في توزيع الغازات الحيوية والأملاح والكائنات الحية الصغيرة الحجم.

(٤) تركيز الغازات الذائبـة:

على العكس من البيئة البحرية يعتبر كل من الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون من العوامل المحددة والمؤثرة على حياة الكائنات المائية. ففي الوقت الحاضر وهو الوقت الذي يتحدث فيه الجميع عن التلوث البيئي أصبحت متطلبات الأوكسجين المذاب من العوامل المهمة والتي تقاس دائماً في درجة البيئة ومؤشراً لتلوثها. وتقل كمية الأوكسجين كلما أزدادت درجة الحرارة وتحدث حالة النقصان في كمية الأوكسجين عندما توجد كميات من النباتـات والحـيوانات المتفسخة حيث يتم استخدام معظم الأوكسجين في عملية التحليل العضوي.

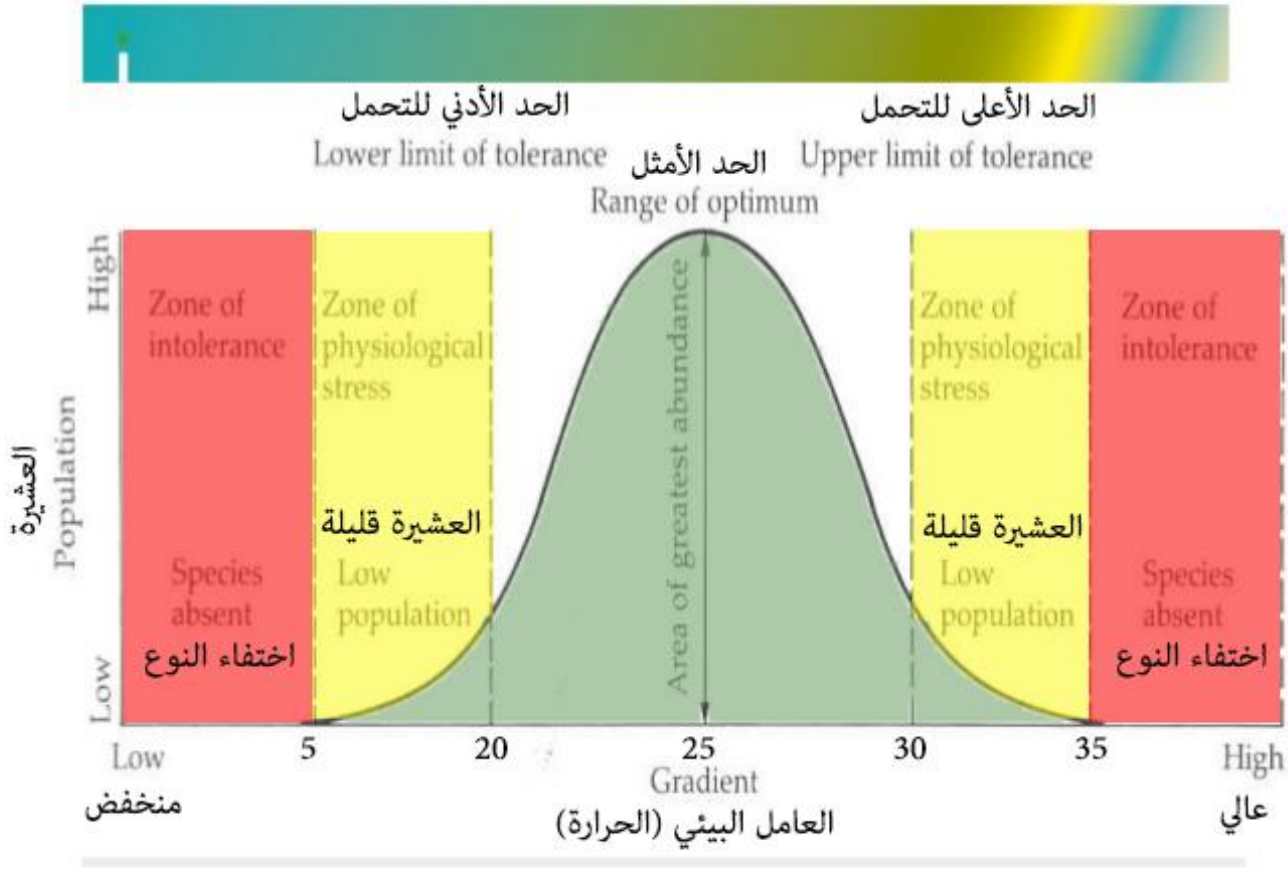
(٥) تركيز الأملاح:

أن طبيعة الأملاح وكميتها الموجودة في بقعة من المياه العذبة يعتمد بصورة رئيسية على جيولوجية الأرض المحيطة بها والسبب في ذلك يعود إلى أن نسبة كبيرة من تربة هذه الأراضي تنجرف إلى بقعة الماء العذب في أوقات مختلفة من السنة.

من أهم الأملاح الموجودة في المياه العذبة **بيكاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم** التي لا تكون دائمة الوجود أما الأملاح الموجودة على شكل كاربونات فتترسب هذه إلى القاع وتمتزج مع الطين. ويكون مصدر أملاح البيكاربونات والكاربونات من أتحاد غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي تكون له القابلية الكبيرة للذوبان في الماء حيث يدخله عن طريق الجو. كما يوجد مصدر آخر له وهو التحليل العضوي من قبل البكتيريا أو كنتيجة لتنفس الكائنات المائية.

ويوجد العدد الكبير من الكائنات الحية التي تفضل الماء العسر ومثالها أنواع الأسفنج وأغلب القشريات وأنواع النواعم التي تكون أصدافها متكونة من حامض كاربونات الكالسيوم وبصورة عامة تكون المياه ذات النسبة العالية من الكالسيوم محتوية على أنواع مختلفة من الكائنات الحية (Brown, 1971) . كما وتعتبر أملاح النترات والفوسفات عندما تختل تراكيزها في المياه العذبة من العوامل المؤثرة والمحددة للكائنات المائية.

هذا وتلعب الأملاح دوراً مهماً في حياة الكائنات المائية من ناحية التنظيم الأسموزي (Osmoregulation) لجسمها. ففي المياه العذبة يكون تركيز الأملاح في داخل جسم هذه الكائنات أعلى من المحيط الخارجي وعليه أما أن يدخل الجسم في حالة سماح جدار الجسم له بالدخول أو يزداد تركيز الملح في حالة عدم السماح للماء بالدخول عن طريق جدار الجسم. وعليه فأن الكائنات المائية مثل الابتدائيات ذات جدار الخلية الرقيق والأسماك بغلاصمها يجب أن تجد لها الواسطة للتخلص من الماء الزائد عن حاجة الجسم. فالحيوانات الابتدائية تقوم بالتخلص من الماء بواسطة الفجوات المتقلصة (Contractile vacuoles) أما الأسماك فتقوم بالتخلص من الماء الزائد عن حاجة جسمها بواسطة الكليتين وبدون هذه العمليات للتخلص من الماء لأصبح الجسم منتفخاً حتى درجة الانفجار. ولصعوبة التنظيم الأسموزي في كثير من الأسماك جعل هذه الأنواع لا تستطيع الدخول في المياه العذبة.



قانون العوامل المحددة

الدورة المائية

العوامل اللاحياتية Abiotic Factors

تعد دراسة العوامل اللااحيائية في علم البيئة من الامور الاساسية لفهم ودراسة توزيع وانتشار الكائنات الحية حيث تشكل جزءا هاما من المحيط (Environment) التي تتداخل وتتاثر وتتفاعل مع جميع الكائنات الحية بضمنها الانسان . وتشمل هذه العوامل انواعا عديدة تشترك بعضها في تاثيرها على البيئة اليابسة منها والمائية مثل درجة الحرارة والضوء والرياح في حين تنفرد بعضها في التاثير فعامل التربة والرطوبة والامطار على سبيل المثال تؤثر في بيئة اليابسة في حين يؤثر عامل الضغط (ضغط عمود الماء) وتوافر الاوكسجين والتيار واختراق الضوء في البيئة المائية . وتؤدي هذه العوامل الى تغيرات نوعية وكمية في كثافة النباتات . فضلا عن وجود وتوزيع الحيوانات والكائنات الحية الاخرى . وتشمل العوامل الاحيائية كلا من العوامل المناخية والعوامل اللامناخية .

العوامل المناخية Climatic Factors

اولا- درجة الحرارة Temperature

تتحكم درجة الحرارة في توزيع وانتشار الكائنات الحية حيث ان لكل كائن حي درجة حرارة مثلى للنمو Optimum temperature فضلا عن مدى معين من درجات الحرارة . وهذا المدى غير متجانس لجميع الكائنات الحية او مختلف مراحل حياتها . كما ان المدى الحراري يعتمد على عدد من العوامل الداخلية والخارجية كالصفات الوراثية والعمر والعوامل الفيزياوية المحيطة بالكائن الحي وقد تتأقلم بعض انواع الكائنات في بيئات ذات درجة حرارة عالية او منخفضة خارج نطاق المدى المحدد لذلك النوع فعلى سبيل المثال لا الحصر ينمو نبات الحنطة في درجات حرارة تتراوح بين الصفر المئوي و ٣٧ درجة مئوية .

وفي المناطق المعتدلة ، تعد درجة الحرارة ٦ درجات مئوية للنباتات معادلة لدرجة الصفر للنمو من حيث الحرارة Zero point growth التي تمثل الحد الادنى لنمو النباتات . وعندما يؤخذ بنظر الاعتبار المناطق الباردة او الحارة ، فالدرجة اعلاه سوف تختلف تباعا . ويتحدد فصل النمو الحراري الذي يختلف في فترته من منطقة الى اخرى في ضوء صفر النمو الحراري . فانه يتضمن السنة كلها في المناطق الاستوائية المدارية ثم ياخذ في القصر كلما اقترب من المنطقة القطبية حتى يكاد يختفي تماما في المناطق القطبية المتطرفة . ونتيجة لهذا التباين الحراري وعلاقته بطول فصل النمو الحراري ، اصبحت درجة الحرارة في خطوط العرض العليا تمثل العامل المناخي الحرج في نمو الاحياء وتوزيعها بينما يقل الاثر الحراري الى اقل مايمكن في خطوط العرض المدارية . فما يحصل من تدرج للغطاء النباتي في الغابات الصنوبرية الى نباتات التندرا ماهو الا نتيجة للتغيرات الحرارية وماله علاقة بقصر فصل النمو الحراري بحيث لايسمح بنمو الغابات الصنوبرية ليحل محلها الشجيرات القزمية ثم نباتات التندرا في تتابع من الجنوب الى الشمال .

ان انخفاض درجة الحرارة عن الحد الادنى للنمو يؤثر سلبا على نمو النبات ، فعندما يحدث الصقيع على سبيل الثال في المناطق المعتدلة فانه يقضي على الانتاج النباتي عند حدوثه خلال فترة الازدهار وبذلك يطلق عليه بالصقيع القاتل Killing frost . وفي المناطق الباردة التي يكثر فيها تساقط الثلوج يلاحظ انتشار النباتات القزمية التي تنمو عند سطح التربة . وقد تغطى بطبقة عازلة من الثلوج اثناء فترة البرد القارص الطويلة . كما ان انخفاض درجة الحرارة الشديدة يؤثر سلبا على نمو جذور النباتات حيث تكون قليلة العمق في التربة .
وتعد الحرارة من العوامل المهمة في العمليات الايضية كالبناء الضوئي في النباتات الخضراء والتنفس والتفاعلات الانزيمية المختلفة في الكائنات الحية . ان ارتفاعها ينشط من تلك العمليات ولحدود معينة . وكما هو معلوم فان درجة حرارة (٤٠) درجة مئوية واكثر تؤثر سلبا على البنية الثانوية للبروتينات secondary structure ومن ضمنها الانزيمات بحيث تشل عملها وهذا مايشار اليه بعملية تغير طبيعة البروتينات denaturation of proteins . وتستطيع الكائنات الحية تقليل درجة حرارتها من خلال عملية التبخر كما في عملية النتح عند النباتات او التعرق عند الحيوانات حيث تتبدد الحرارة من اجسامها . فالغرام الواحد من الماء السائل لكي يتحول الى غرام واحد من الماء بالحالة الغازية (بخار ماء) يحتاج الى (٥٤٠) سعرة حرارية التي توفره اجسام الكائنات الحية لعملية التبخر . فضلا عن ان الحيوانات تستطيع ان تغير اماكنها بانتقالها الى مناطق ذات درجة حرارة اقل كما تعمل بعضها من خلال بقائها في الظل او في الانفاق بعيدا عن حرارة الجو العالية .

وفي البيئة المائية يلاحظ ان الحرارة ذات توزيع متفاوت فالمياه السطحية تتراوح درجة حرارة معضمها بين ٥-٣٠ درجة مئوية ، في حين تتراوح في اعماق البحار والمحيطات بين واحد تحت الصفر الى (٤) درجة مئوية فضلا عن المديات الواسعة افقيا خاصة في المحيطات . وتزداد درجة الحرارة في المياه الضحلة كما هو الحال في الاهوار الجنوبية في العراق ومياه الخليج العربي التي تصل حرارتها الى (٣٥) درجة مئوية وقد تمثل اكثر المياه حرارة في العالم . ولهذا التفاوت الواضح في درجات الحرارة للمسطحات المائية اثر في تواجد وازدهار انواع الاحياء المائية وتحديد المتغلبة منها افقيا وعموديا .

وتتأثر درجة الحرارة لاى موقع فصليا ويوميا بعوامل مختلفة من اهمها مايأتي :

١- خطوط العرض

لزاوية سقوط الشمس على سطح الارض اهمية في تحديد طول الفترة الضوئية خلال اليوم الواحد في الفصل المعين . وتستقبل خطوط العرض العليا اشعة الشمس بزاوية اكبر من الزاوية التي يستقبلها خط الاستواء مما يعطي فرصة اكبر للهواء الجوي لامتصاص كمية اكبر من الحرارة مما يجعلها تصل سطح الارض بكمية اقل اذا ماقورنت مع المنطقة الاستوائية .

٢- مستوى سطح البحر

تنخفض درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع بما يعادل درجة مئوية واحدة لكل (١٥٠) مترا مع الاخذ بنظر الاعتبار سرعة الرياح ونسبة الرطوبة الجوية . والمثال هنا واضح في المنطقة الجبلية فعلى قمم الجبال ذات الهواء البارد بالمقارنة مع الوديان والسهول المنخفضة .

٣- الغيوم

تعمل السطوح العليا للغيوم على انعكاس اشعة الشمس اثناء النهار مما يسبب انخفاضا في درجة حرارة سطح اليابسة في الايام الغائمة .

٤- الرياح

تلعب الرياح دورا واضحا في تغيرات درجة الحرارة فالرياح القادمة من مكان بارد تؤدي الى خفض درجة الحرارة كما يلاحظ في جنوب العراق عند هبوب الرياح الشمالية في ايام الصيف الحارة . كما ان للرياح دورا واضحا في تكوين الامواج والتيارات المختلفة في المسطحات المائية مما يساعد في خلط عمود الماء وبالتالي تجانس درجة الحرارة فيه .

٥- المحتوى المائي للتربة

ان درجة حرارة الترب الرطبة تكون اعلى من الترب الجافة وذلك لان الحرارة النوعية للماء اعلى منها للتربة .

٦- الكساء الخضري

يلاحظ ان المناطق ذات الكساء الخضري الكثيف كالغابات تكون درجة حرارتها بحدود (١٠) درجة مئوية اقل من المناطق التي تفتقر لمثل هذا الكساء كما في الصحاري . والسبب يكمن بان النباتات تقوم بامتصاص جزء من الحرارة المنعكسة من سطح التربة .

درجة الحرارة ونمو النباتات

تعد درجة الحرارة من العوامل الاساسية والمحددة لمراحل نمو النبات المختلفة ابتداء من عملية الانبات . ويمكن اعتبار المدى الحراري بين ٥-٣٥ درجة مئوية ملائما لانبات معظم بذور النباتات . وعلى المستوى الخلوي فان العمليات الايضية كالتنفس والبناء الضوئي والتفاعلات الانزيمية الاخرى تتاثر كثيرا بدرجات الحرارة فانها تزداد او تسرع في تفاعلاتها ولغاية درجة مئوية معينة (عادةاقل من ٤٠ درجة مئوية) . وكما ذكر في اعلاه فان درجة الحرارة اكثر من ٤٠ درجة مئوية تؤدي الى ابطال مفعول الانزيمات مما يسبب عدم اكتمال ذلك التفاعل المعني .
والمعروف ان درجة حرارة الجو تصل احيانا الى قيما عالية اكثر من (٤٠) درجة مئوية ، ففي فصل الصيف على سبيل المثال تصل درجة الحرارة نهارا الى اكثر من (٥٠) درجة مئوية في المناطق الصحراوية والجافة كما في جنوب العراق . لكن النباتات تحافظ على درجة الحرارة داخل اجسامها بحيث لاترتفع عن الحد المؤثر وذلك من خلال عدد من الامور من اهمها ماتقوم به من تبديد الحرارة في عملية النتح Transpiration التي يفقد جسم النبات حرارة كبيرة كما تم توضيحه سابقا . كما ان ارتفاع الحرارة يسبب زيادة في عملية النتح في النبات فضلا عن التبخر بشكل عام مما يؤدي الى الجفاف الذي قد يهلك النباتات .

ان زيادة درجات الحرارة يؤدي احيانا الى اندلاع الحرائق خاصة مايحدث في بعض الغابات مما يلحق كوارث كبيرة في الغطاء النباتي فضلا عن الكائنات الحية الاخرى في منطقة الحريق . كما ان انخفاض درجات الحرارة هو الاخر له تاثيرات سلبية على نمو النباتات خاصة عند وصولها درجة الانجماد التي تؤدي الى تحديد نمو النباتات وبطىء العمليات الايضية فضلا عن تاثيرات اخرى كانسداد الاوعية الخشبية من خلال تجميد الماء فيها مما يسبب توقف انسياب الماء الى اعالي النبات في تلك الاوعية وبذلك تموت تلك الاطراف من النبات .

ان لدرجة الحرارة علاقة بالمظهر الخارجي للنبات ، فالاشجار المدارية التي تنمو في المناطق الرطبة وشبه الجافة ميل لان تكون على شكل مظلة مما يساعدها على تقليل الحرارة التي تصل الى سطح الارض وتقليل تبخر وفقدان المياه . ويلاحظ على مستوى التشريح الداخلي للنبات وجود انسجة دعامية صلبة في النباتات الموجودة في المناطق الحارة وعكسها صحيح في اتجاه المنطقة القطبية . لذا فان حشائش منطقة السفانا المدارية تكون خشنة في حين تكون غضة في المناطق المعتدلة ومنطقة البراري وهذا بدوره ينعكس على نوعية المراعي الطبيعية مما يؤثر على الثروة الحيوانية لتلك المناطق .

وتبعا لتأثر نمو النباتات وعلاقته بدرجة الحرارة يمكن تقسيمها الى ثلاث مجموعات رئيسة هي :

١- نباتات الحرارة المرتفعة Mega thermal plant

وتشمل النباتات التي يتطلب نموها درجات حرارة عالية حيث لايقل المعدل السنوي عن (٢٠) درجة مئوية .ان معظم النباتات النتشرة في العراق تعود لهذه المجموعة .

٢- نباتات الحرارة المعتدلة Meso thermal plants

وتشمل النباتات التي تنتشر في خطوط العرض المتوسطة التي أقلمت نفسها لماجهة التغيرات الفصلية في درجات الحرارة بين فصول السنة المختلفة .

٣- نباتات الحرارة الواطئة Micro thermal plants

وتشمل النباتات التي تنتشر في خطوط العرض العليا حيث يكون متوسط درجات الحرارة الشهرية اقل من (١٠) درجات مئوية . وتضم كذلك النباتات التي تغطى المناطق القطبية مثل بعض انواع الطحالب .
ويتضح مما تقدم ان درجة الحرارة عامل مهم في نمو النبات وتطوره وبالتالي تأثيرها يصبح واضحا على نوع الغطاء النباتي وانتشاره وغزارته . وبذلك يمكن فهم جانب من اسباب تنوع الاقاليم الحياتية الموجودة على الكرة الارضية كالغابات المدارية والحشائش ونباتات المنطقة القطبية والسفوح الجبلية وغيرها .

واعتمادا على قدرة الحيوانات على تحمل درجات الحرارة يمكن تقسيمها الى مجموعتين اساسيتين :

١ - مجموعة Homeotherms ذوات درجة حرارة الدم الثابتة وتشمل الحيوانات التي تحافظ على درجات حرارة جسمها الثابتة كالحيوانات الثدية .

٢- مجموعة Poikiliotherms (ذوات درجة حرارة الدم المتغيرة) وتشمل الحيوانات التي لها القدرة على تغير درجة حرارة اجسامها بالزيادة لملائمة ماهو الحال من حرارة في البيئة المحلية . وتمارس الحيوانات في بعض الحالات نوعا من السبات كالدب الرمادي Grizzly Bear والبرمائيات .

يتبين من ماذكر ان توزيع وانتشار الكائنات الحية في بقاع العالم المختلفة يتاثر بصورة مباشرة بالحرارة والتي تبرز تاثيرها بصورة كبيرة في المعدل السنوي لدرجة الحرارة في المنطقة وبهذا تتباين المناطق الحيوية المختلفة على سطح الكرة الارضية مثل التندرا والمناطق المعتدلة والاستوائية في حين ان الاختلاف في عدد وكثافة الكائنات الحية ضمن المناطق الحيوية المتشابهة في الكرة الارضية يتباين باختلاف مديات التغاير السنوي لدرجات الحرارة حيث انه يلاحظ على الرغم من تشابه المعدل السنوي لدرجة الحرارة بين منطقتين تختلف مديات التغاير وعدد الايام الحارة والباردة والتي بالطبع تؤثر في اختلاف الكائنات الحية .

ثانيا- الرطوبة والامطار Humidity and precipitations

للرطوبة مفهوم واسع يضم توافر جزيئات الماء سواء في الغلاف الجوي ام على سطح التربة او في اعماقها . وتشمل الرطوبة في الجو التساقط بانواعه المختلفة كالامطار والجليد والثلوج والبرد التي تعد مصدرا لرطوبة التربة . ففي الغلاف الجوي تتواجد الرطوبة على هيأة بخار ماء او جزيئات الماء السائل او الصلب كالغيوم والثلوج والبرد التي جميعها من اشكال التساقط precipitation تصل الى الارض فضلا عن الامطار Rains بكمياتها واوقات سقوطها المختلفة ، وقد تكون غزيرة في فترات قصيرة او كميات قليلة وفي فترات متقطعة او دائمية . وهذه الاشكال تعتمد على عوامل مناخية اخرى كدرجة الحرارة والرياح والضغط وغيرها .

ان معدلات التساقط وتوزيعها في بقاع الارض له اهمية خاصة في انتشار الكائنات الحية المختلفة من نباتات وحيوانات فضلا عن الانسان . فالمناطق الاستوائية تحصل على امطار غزيرة في جميع الفصول في حين ان هناك امطارا فصلية واخرى مناطق جافة في الاقاليم المدارية المجاورة للمناطق الاستوائية الرطبة . ويلاحظ من ذلك علاقة فترة النمو بطول فترة توزيع الامطار . اما المناطق الشبه مدارية عموما يكون صيفها جافا وشتاؤها ممطرا مع وجود بعض الاختلافات في بعض الاحيان في فصلية سقوط الامطار . وعلى اساس فهم التوزيع الفصلي للامطار يمكن اعتماده في استخدامات الارض زراعيا او لاغراض اخرى .

كما ان للانسان نصيبه في استغلاله لفصلية سقوط الامطار فانه يكون اكثر استقرارا في المناطق التي تتوافر فيها الامطار بشكل يسمح له باستغلال الارض زراعيا والعيش منها ويبتعد عن المناطق القاحلة او الجافة او الصحارى التي لايقطنها الانسان كثيرا اذا ماقورنت بالاراضي الزراعية والسهول الخضر التي يستفيد منها لقوته مباشرة او تربية حيواناته الداجنة .

وللرطوبة علاقة متينة مع درجة الحرارة والرياح والاشعاع الشمسي فالهواء على سبيل المثال يستطيع حمل بخار الماء بكمية اكبر عند ارتفاع درجة الحرارة . كما ان الرياح الجافة تقلل من الرطوبة من خلال طردها للهواء الرطب او خلطه مع الهواء الجاف والعكس صحيح . اما الاشعاع الشمسي الساقط فان تأثيره غير مباشر وذلك من خلال ما يؤثر في زيادة درجة الحرارة . وللكساء الخضري تاثيره في زيادة الرطوبة النسبية حيث يزود الهواء بالرطوبة (بخار الماء الناتج من عملية النتح) من قبل النباتات فضلا عن ان الكساء الخضري يقلل من تاثير درجة الحرارة والرياح .

وتعتبر الرطوبة من العوامل المحددة لنمو النباتات وانتشارها في بيئة اليابسة . فالمياه تستخدم في المشاريع الاروائية في الزراعة لضمان نمو المحاصيل الزراعية كما هو الحال في المناطق الوسطى والجنوبية في القطر حيث يكون معدل سقوط الامطار السنوي بحدود (١٠٠) مليمتر سنويا او اقل في حين تعتمد الزراعة في المناطق الجبلية في شمال العراق على الطريقة الديمية التي تعتمد على توافر الرطوبة من التساقط كالامطار التي يصل معدل سقوطها السنوي الى اكثر من (١٠٠) مليمتر خاصة في المناطق المجاورة الى تركيا وايران .

ويمكن اعتماد معدل سقوط الامطار في تقسيم العراق الى اربعة مناطق رئيسة وهي :

١ـ الصحارى

وتوجد في الجنوب والغرب ويكون معدل السقوط السنوي اقل من (١٠٠) مليمتر مثل المناطق الواقعة في جنوب غرب العراق .

٢ـ السهول المنبسطة

التي توجد في منطقة مابين النهرين في وسط العراق ويتراوح معدل السقوط السنوي بين ١٠٠ـ٢٠٠ مليمتر مثل محافظات بغداد وبابل وديالى .

٣ـ المنطقة المتموجة

وتلاحظ في شمال منطقة السهول والتي يتراوح معدل السقوط السنوي فيها بين ٢٠٠ـ٥٠٠ مليمتر مثل نينوى واربيل وكركوك .

٤ـ المنطقة الجبلية

وتنتشر السلاسل الجبلية اساسا في اتجاه الشمال والشمال الشرقي من القطر الذي يتراوح معدل سقوط الامطار فيها بين ١٠٠٠ـ١٣٠٠ مليمتر وتمتد من شمال خط ٣٦ عرض في كردستان العراق .

الرطوبة ونمو النباتات

تشارك الرطوبة درجة الحرارة في اهميتها بوصفها عوامل محددة لنمو النباتات وازدهارها وانتشارها فضلا عن عامل التربة . وتسهم هذه العوامل الثلاثة في اهميتها في تحديد نوعية النباتات وتوزيعها كما يلاحظ في الغابات والسهول والصحارى . فالغابات تنمو في المناطق التي يبلغ معدل التساقط فيها اكثر من ٢٥٠ مليمتر في حين تنمو الحشائش في مناطق لايتجاوز فيها التساقط عن ذلك ولايقل عن ١٠٠مليمتر . اما النباتات الصحراوية فانها تتكيف للظروف الجافة من خلال مظهرها الخارجي او تشريحها الداخلي .

وبناء على ماتقدم يمكن القول بان للرطوبة تاثيرا على المظهر الخارجي للنباتات وتشريحها الداخلي فعلى سبيل المثال تلعب الخلايا المحركة Motor cells في نسيج البشرة لاوراق النجيليات دورا في انبساط الاوراق في الجو الرطب وانطباقها في الجو الجاف لتفادي فقدان الماء عن طريق النتح . كما تنتشر الخلايا الحارسة الغائرة Sunken stomata في بشرة اوراق النباتات الصحراوية لتقليل عملية النتح ايضا . وتمتاز اوراق الغابات المدارية الرطبة باتساع سطحها عكس المناطق الجافة . كما ان الطبقة الشمعية (الادمة Cuticle) التي تغطي بشرة الاوراق يكون سمكها عادة اكثر في النباتات التي تعيش في المناطق الجافة . وتتحور بعض النباتات في شكلها الظاهري لتلافي الاجواء الحارة او الجافة فالجزء الخضري للنباتات الصحراوية يكون عادة ذات مساحة سطحية صغيرة واوراق مختزلة قد تكون على هيئة اشواك كما في نبات التين الشوكي Optuntia sp. في حين يمتد مجموعها الجذري الى اعماق كبيرة في التربة بحثا عن الماء ، كما ان بعض النباتات الصحراوية تحتفظ بنسبة كبيرة من الماء في انسجتها العصيرية Succulent tissues تصل الى اكثر من ٩٥% من خلال وجود النسيج البرنكيمي الخازن للماء المنتشر في اعضائها الخضرية الغضة كما في ثمار نباتات الرقي والخيار .

ويمكن تقسيم النباتات تبعا لوجود الرطوبة وحاجتها للماء الى ثلاثة مجاميع رئيسة وهي كالاتي :

١ـ النباتات المائية Hydrophytes

تعيش هذه النباتات في وسط مائي وتمتاز بان مجموعها الجذري يكون صغيرا او مختزلا ويكون قسما منها طافيا على سطح الماء . ويلاحظ طبقة الادمة رقيقة او معدومة ووجود عدد من البلاستيدات الخضراء في خلايا البشرة في الورقة لاستغلال الضوء في عملية البناء الضوئي مع وجود انسجة تهوية في نسيجها المتوسط في الاوراق الذي يمتاز بمسافات بينية واسعة بين خلاياها . وقد يلاحظ ان المساحة السطحية لاوراق بعض هذه النبات تكون كبيرة . ومن الامثلة على النباتات المائية هي نبات حشيش السمك Nymphaea alba والشمبلان Ceratophyllum demersum والخويصة Vallisneria spiralis فضلا عن نباتي القصب والبردي المنتشرة في المسطحات المائية في جنوب القطر كالاهوار .

٢- النباتات الوسطية Mesophytes

التي تعيش في وسط بيئي تحتاج الى كمية معتدلة من الماء احيانا كما هو الحال في معظم نباتات المحاصيل الحقلية كالحنطة والشعير والشوفان ، والخضراوات كالباقلاء والباذنجان والخيار والكماطة ، ونباتات الزينة كالورد وعين البزون والقرنفل والرازقي ونباتات الفاكهة كالتفاح والعنب والبرتقال وغيرها . وتمتاز هذه النباتات بوجود طبقة الادمة بسمك محدود على سطح اوراقها يحيط بالبشرة التي تخلو من البلاستيدات الخضراء فيما عدا الخلايا الحارسة . وهناك توازن بين مجموعها الخضري ومجموعها الجذري .

٣-النباتات الصحراوية Herophytes

تعيش هذه النباتات في بيئة صحراوية قاحلة مما تحتاج الى بعض التحورات لتقليل فقدان الماء من اجسامها مثل تكوين طبقة سميكة من الادمة في بشرتها مع وجود الخلايا الحرسة من النوع الغئر فضلا عن اختزال في مساحتها السطحية الكلية للساق والاوراق وتحور بعض اجزائها كالاوراق الى اشواك لتقليل فقدان الماء من اجسامها . كما تعمل النباتات الصحراوية على خزن الماء في انسجتها كما في النباتات العصيرية كنبات الصبير Cactus . ويكون نمو المجموع الجذري كبيرا حيث يمتد الى عمق كبير في التربة بحثا عن الماء كما في نبات الشوك Prosopis stephaniana والعاقول Alhagi maurorum .

الرطوبة ونمو الحيوانات

ترتبط الحيوانات اساسا مع وجود النباتات في احيان كثيرة لما تعتمد عليها كمصدر لغذائها او موطنها او حمايتها من مخاطر مختلفة . لذا فان ماذكر من تاثير الرطوبة على النباتات وانتشارها وتحديد نوعيتها يمكن ان يؤثر على الحيوانات كذلك . وتنتشر بعض الحيوانات في المناطق الرطبة كالحشرات مثل البعوض . وتعد المناطق الرطبة موطنا لانواع اخرى من الحيوانات كالجاموس والتماسيح والثعبان المائية والديدان والقواقع في حين يعيش البعض الاخر في المسطحات المائية المختلفة كالاسماك والحيتان . بينما لايحتاج بعض الحيوانات الى توافر المياه بصورة كبيرة فالفأر الصحراوي لايشرب الماء بينما يحصل عليه من خلال تغذيته على جذور النباتات ، كما تتحمل الجمال العطش ، ويمكن لبعض الحشرات كالجراد الهجرة بحثا عن الماء والغذاء .

ان الرطوبة بوصفها عاملا بيئيا تختلف باختلاف المناطق المتباينة على سطح الكرة الارضية وانها تعبر بالرطوبة النسبية حيث تختلف الرطوبة النسبية في البصرة عن الرطوبة النسبية في السليمانية حيث تتاثر ببعد او قرب المنطقة عن المسطحات المائية الطبيعية . كما ان مدى عمل الكائن الحي للحرارة يختلف باختلاف الرطوبة.

اما الامطار فان معدل سقوطها السنوي ومديات التغير في كميتها وعدد الايام الممطرة وفترات الجفاف يعتبر من احد الاسباب الرئيسة في توزيع وانتشار المجتمعات النباتية والحيوانية على الكرة الارضية . والتباين الواضح في مكوناتها حسب المناطق قد اثر حتى في التحورات والتكيفات الظاهرية والفسلجية في جسم الكائن

الحي والمجتمعات بصورة عامة . فما اختلاف منطقة الغابات النفضية عن منطقة الغابات الاستوائية او التندرا (السفافا) الا انعكاس واضح لهذه الظاهرة .

ثالثا – الضوء Ligt

تعتبر الشمس مصدرا للطاقة الكلية للارض تقريبا . وتستلم الطاقة الاشعاعية على هيأة موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic مختلفة الاطوال تتراوح بين ٢٩٠-٥٠٠٠ مليمايكرون ضمنها الضوء المرئي . فالضوء اذن هو الجزء من الطاقة الاشعاعية المنتقلة بموجات كهرومغناطيسية مرئية وبطول يتراوح بين ٣٩٠-٧٦٠ مليمايكرون .

ان امتصاص ضوء الشمس يختلف حسب نوعية السطح فالتربة المغطاة بالثلج على سبيل المثال تمتص حوالي ٢٥% من الكمية التي تصل الى سطح الارض . وتمتص الاعشاب ٨٠-٩٠% وقد تصل الى ٩٥% في الغابات الكثيفة في حين تمتص المسطحات المائية بنسبة تتراوح بين ٦٠-٩٦% من اشعة الشمس حسب الزاوية الساقطة . وتمتص الرمال الجافة ٧٥% والحقول الزراعية المحروثة بين ٧٠-٩٥% .

ويشمل الاشعاع الشمسي الامواج الاكثر طولا (٧٥٠ مليمايكرون فاطول) كالاشعة تحت الحمراء Infra red التي لاترى بالعين المجردة ، لكن الانسان يحس بها كاشعة حرارية ، وكلما طالت الموجة كان تأثيرها الحراري اكثر . وهذه الاشعة لها اهميتها في التاثير على الهرمونات المحددة للانبات واستجابة النبات لطول الفترة الضوئية . كما يشمل الاشعة فوق البنفسج Ultra violet (380مليمايكرون) التي تعتبر ذات تاثير مهلك لخلايا الكائنات الحية ، وتصل كمياتها الى الضعف في المرتفعات العالية في الجبال (٤٠٠٠متر) مقارنة مع مستوى سطح البحر مما يجعلها ذات اهمية خاصة في بيئات قمم الجبال الشاهقة . ويمتص معظم هذه الاشاعات وغيرها قصيرة الموجة في منطقة الاوزون التي تبعد حوالي(١٠) كيلومترات في طبقات الجو العليا . هذه الاشعة قصيرة جدا لاترى من قبل العين البشرية ولاتحتاجها النباتات في نموها وليست مضرة لها لوجودها بنسب ضئيلة جدا على سطح الكرة الارضية وتقدر بحوالي ١% من مجموع الاشعة الشمسية .

هناك بعض الاشاعات ذات الطاقة العالية تدخل محيط الكرة الارضية من خارج المجموعة الشمسية لاتسهم كثيرا في سريان الطاقة في المحيط الحيوي لكنه لها تاثيرات بايولوجية من خلال تاثيرات بايولوجية من خلال تاثيرها التايني على تركيب الصبغيات (chromosomes) وهذه تسمى بالاشعة الكونية Cosmic radiation .

كما ان هناك اشعاعات اخرى تسببها بعض الصخور المشعة والغبار الذري المتساقط ومنابع المياه المعدنية والبراكين توجد في مواقع معينة يطلق عليها الاشعة المحلية Local radiation . فضلا عن وجود انواع اخرى من الاشعاعات تتواجد بنسب ضئيلة بالمقارنة ، وتلاحظ في طبقات الجو العليا كالاشعة السينية (X- ray) التي يمتص معظمها من قبل الغزات في طبقات الجو العليا .

ويطلق على الضوء بالاشعاع المرئي Visible radiation كونه يرى بالعين البشرية المجردة والذي هو جزء من الاشعاع الشمسي الذي يصل سطح الارض . ويعد الضوء من العوامل المهمة في النظام البيئي من خلال تأثيره على حرارة المحيط الجوي Biosphere فضلا عن استغلاله كطاقة اساسية للكائنات الحية بوصفه مصدرا للطاقة الضوئية Light energy لعملية البناء الضوئي Photosynthesis . ويضم الضوء مجموعة الوان عند مروره بموشور زجاجي لكن هذه الالوان لاتستخدم جميعها في عملية البناء الضوئي . فاللون الاخضر ينعكس او ينفذ خلال الاوراق النباتية الخضراء ولايمتص منه الا قليلا بينما تمتص الموجات الحمراء والزرقاء من قبل الصبغات النباتية المسؤولة في تلك العملية كاليخضور (الكلوروفيل) والكاروتينات والفايكوبلينات وغيرها وتتفاوت نسب امتصاصها حسب الانواع النباتية وعمر الورقة وامور اخرى . وتقوم هذه الصبغات بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيمياوية تسهم في تثبيت غاز ثنائي اوكسيد الكاربون على شكل مادة عضوية تستخدمها بعدئذ الحيوانات التي تتغذى على هذه النباتات كمصدر للطاقة .
ويصل سطح الارض كميات كبيرة من الطاقة الضوئية تفوق قابلية استغلال الكائنات الحية . فالنباتات الخضر الكائنات الوحيدة التي تستطيع امتصاص هذه الطاقة الضوئية المتاحة .وعلى هذا الاساس تعد النباتات كائنات حية ذاتية التغذية Autotrophic تعتمد على الطاقة الضوئية اعتمادا كبيرا في نموها وازدهارها . وقد يكون الضوء عاملا محددا لنمو النباتات كما يحدث في النباتات النامية على تربة الغابات كالحشائش او النباتات التي تغطى بطبقة من الثلوج تحجب عنها الضوء او الهائمات النباتية المتواجدة في مسطح مائي مغطى بطبقة عازلة للضوء كالنفط ومخلفاته التي تعد احدى انواع الملوثات في النظام البيئي المائي .

للضوء اهميته للكائنات الحية اساسا لسببين مختلفين الاول هو انه يستخدم محفزا للتواقت اليومي او الفصلي لكل من النباتات والحيوانات . فالحيوانات الصحراوية الناشطة في الليل على سبيل المثال تستخدم الضوء كمنبه لدورات انشطتها . وتكون مواسم التكاثر لعدد من النباتات والحيوانات مرتبطة بتغيرات طول النهار . ان دراسة تأثير الموسم لطول النهار على الاستجابات الفسيولوجية تدعى التواقت الضوئي photoperiodism التي سلط عليها الضوء في الدراسات البيئية الفسيولوجية . والسبب الرئيس الاخر هو اهميته في عملية البناء الضوئي .

وفي البيئة المائية تحتاج المنتجات producers كالهائمات النباتية phytoplankton الى الضوء لاكمال عملية البناء الضوئي وتصنيع المادة العضوية التي تشكل القاعدة الاساسية للهرم الغذائي التي تعتمد عليه بقية المستويات الاغتذائية Trophical levels . لذا تكون دراسة الضوء واختراقه لعمود الماء ذو اهمية في تحديد نمو تلك المنتجات لاي مسطح مائي وبالتالي الاحياء المائية الاخرى .

الضوء ونمو النباتات

للضوء تاثيرات عديدة ومختلفة على نمو النبات واكمال دورة حياته . ولابد من الاخذ بنظر الاعتبار الامور الاتية قبل التطرق الى الفعاليات الفسيولوجية ذات العلاقة :

اولا- شدة الضوء وكميته Light intensity and quantity

يعبر عن شدة الضوء بكميته الستلمة في وحدة المساحة ولفترة معينة من الزمن . وتتاثر بعوامل مختلفة تشمل مكونات الهواء الجوي حيث تقوم الغازات الموجودة كالنتروجين والاوكسجين (اللذان يمثلان النسبة العظمى من مكونات الهواء) بامتصاص كميات من الاشعاعات الضوئية ذات الامواج القصيرة الطول ، لذا يلاحظ بان الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolate ذات اطوال موجية اقل من (٢٩٠) مليمايكرون لاتصل الى سطح الارض . فضلا عن رطوبة الهواء التي هي الاخرى تمتص جزءا من الاشعاعات ذات الموجات الطويلة والاشعة تحت الحمراء ، لذا فان شدة الضوء تقل حوالي ٤% في الايام الغائمة . كما ان الجزيئات الصلبة الموجودة في الهواء كدقائق الغبار والدخان وغيرها تقوم هي الاخرى بحجب جزءا من الاشعة الضوئية مما يقلل من شدته .

ان لزاوية سقوط الاشعة الشمسية تأثيرا على شدة الضوء حيث كلما كان مسار الضوء بمسافة اطول سوف تقل شدته من خلال مروره بطبقات اكثر من الغلاف الجوي . لذا تكون شدة الضوء في المناطق الاستوائية عالية بسبب الوضع العمودي للشمس وكلما كان التوجه نحو القطبين قلت شدة الضوء . كما ان لطوبوغرافية الارض تاثيرا على شدة الضوء من خلال اتجاه سطح الارض بالنسبة لمسار الاشعة الشمسية وكمية الضوء المستلمة .

ثانيا- نوعية الضوء Light quality

ويقصد بنوعية الضوء تركيب طول الموجة المؤثرة ، فالبناء الضوئي على سبيل المثال يتاثر باللونين الاحمر والازرق من الضوء بدرجة كبيرة مقارنة بالالوان الاخرى . ويكون اعلى امتصاص للصبغات النباتية المسؤولة عن امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها الى طاقة كيمياوية كالخيضور يقع على اللونين المذكورين . وفي عملية انبات البذور فيلاحظ بان اللون الاحمر بطول موجة ٧٣٠ مليمايكرون و٦٦٦ مليمايكرون هما المؤثران في صبغة الفايتوكروم phytochrome التي لها علاقة بعملية الانبات . حيث يبلغ اعلى امتصاص لهذه الصبغة عند طول موجي (٦٦٦) مليمايكرون التي تعرف بصبغة الفايتوكروم الحمراء (Pr) ، وكذلك عند طول موجي (٧٣٠) مليمايكرون التي تعرف بصبغة الفايتوكروم فوق الحمراء (Pfr) . وتلعب هاتان الصبغتان دورا كبيرا في عمليات ايضية اخرى مثل تزهير النباتات واستطالة السلاميات .

وفي البيئات المائية يلاحظ ان الموجات الحمراء اقل نفاذية من الموجات القصيرة كالموجات الزرقاء لذا يلاحظ ان بعض الطحالب كالحمراء تتمكن من العيش في مناطق عميقة لقدرتها من الاستفادة من الموجات الزرقاء من الضوء في عملية استمرار نموها .

ثالثا- طول الفترة الضوئية Photoperiod

في الوقت الذي يستمر ضوء النهار اثنتي عشرة ساعة عند خط الاستواء فانه يختلف باختلاف خطوط العرض . فقد يصل عند خطوط العرض العليا اربع وعشرين ساعة في اليوم لفترة من السنة . وللفترة الضوئية اهمية لبعض العمليات الفسيولوجية مثل عملية التزهير Flowering . ولكل نبات فترة ضوئية حرجة Critical photoperiod التي يزهر النبات عند التعرض لها . وعليه تقسم النباتات الى ثلاثة مجاميع رئيسة هي :

١- نباتات طويلة النهار Long-day plants
وهذه النباتات تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية اطول من الفترة الضوئية الحرجة لها كالقمح والشعير والبرسيم الاحمر والشوفان والشوندر واللفت والسبانخ والفجل .

٢- نباتات قصيرة النهار Short-day plants
وتزهر هذه النباتات عند تعرضها لفترات ضوئية يومية اقصر من الفترة الضوئية الحرجة لها كالرز والذرة الصفراء والدخن والتبغ وقصب السكر وفول الصويا .

٣- نباتات معتدلة النهار Day-neutral plants
وتتمثل بتلك النباتات التي ليس لها فترة ضوئية حرجة أي بمعنى ان عملية التزهير لاعلاقة لها بطول تلك الفترة كالطماطة والخيار والفاصوليا وعباد الشمس والقطن .

ويمكن استعراض عدد من الفعاليات الفسيولوجية والمظهرية التي لها علاقة بالضوء :

١- عملية البناء الضوئي Photosynthesis

يعد الضوء المصدر الاساسي للطاقة التي تمتصها الصبغات النباتية كاليخضور والكاروتينات والفايكوبلينات المنتشرة في الاجزاء النباتية الخضراء . وتتحول هذه الطاقة الممتصة الى طاقة كيمياوية يستفاد منها في تحويل ثنائي اوكسيد الكاربون الجوي بوجود الماء الى مادة عضوية على شكل مركبات كاربوهيدراتية . وتحتاج عملية البناء الضوئي اساسا الموجات الحمراء والزرقاء من الطيف الضوئي والتي تمتصها الصبغات النباتية بنسب متفاوتة . ان معظم النباتات لاتستخدم اكثر من ١ % من مجموع الاشعاع الكلي في هذه العملية ، كما انها تختلف فيما بينها في نسب ماتحوله من ثنائي اوكسيد الكاربون مع الاخذ بنظر الاعتبار شدة الضوء .

٢- الانبات Germination

تحتاج بعض بذور النباتات الى التعرض للضوء لكي تنبت ويحتاج البعض الاخر الى الظلام في حين ان اكثر النباتات لاتحتاج بذورها الضوء او بعبارة اخرى ليس للضوء او الظلام أي تأثير على انباتها التي من امثلتها معظم المحاصيل الزراعية . وهناك صبغات حساسة للضوء الاحمر كالفايتوكروم التي تلعب دورا في عملية انبات بعض بذور النباتات . ان بذور نبات الخس يتم انباتها بعد تعرضها للضوء ، كما يفضل تعريض بذور نباتي التبغ والجزر للضوء لتحفيزها على الانبات بينما تثبط عملية الانبات لبذور بعض النباتات كانواع من العائلة القثائية والعئلة البصلية . وعلى هذا الاساس يتم اختيار العمق المناسب عند عملية البذر بالنسبة الى قرب او بعد البذور عن مصدر الضوء .

٣- تكوين صبغة اليخضور Chlorophyll synthesis

تتكون صبغة اليخضور (الكلوروفيل) من تحول مركب البروتوكلوروفيل protochlorophyll بعد تعرضه الى الضوء لذا يلاحظ ان البادرات او النباتات التي يحجز عنها الضوء سيتعذر تكون صبغة اليخضور مما يجعلها بلون شاحب يميل الى الاصفرار .

٤- تكوين الهرمونات Hormones' formation

تتأثر بعض الهرمونات في تكوينها وانتشارها عند تعرض الجزع النباتي الذي يحويها الى شدة اضاءة عالية كما يحدث لهرمون الاوكسجين Auxin المتواجد في القمة النامية للنباتات مما يثبط عمله في نموذلك الجزء المضيء او المرض

للضوء العالي او يسبب في انتقال الهرمون الى الجزء البعيد عن مصدر تلك الاضاءة العالية وبذلك يكون نمو الجزء البعيد افضل واسرع مما يسبب انحناء القمة النامية الى اتجاه الضوء وهذه الظاهرة تسمى بالانحناء الضوئي Phototropism .

٥- نمو الاوراق وتشريحها Leave growth and anatomy

للضوء كعامل بيئي تأثير على نمو الاوراق حيث يلاحظ انها تكون اكثر سمكا واصغر مساحة واكثر خشونة عند تعرضها الى ضوء اشعة الشمس اذا ماقورنت عن تلك التي تعيش في الظل . وقد يلاحظ مثل هذا الاختلاف في النبات نفسه بين الاوراق العلوية والاوراق السفلية وللسبب ذاته . كما ان شدة الضوء العالية تجعل من بعض النباتات باحتواء اوراقها على خلايا عمادية وباكثر من صف من الخلايا في العكس من ذلك يصاحبه ظهور الخلايا الاسفنجية بكثرة . وكما هو معروف في تشريح النبات بان الخلايا العمادية ذات الوجود الكبير من البلاستيدات الخضر سوف تستغل الطاقة الضوئية بصورة اكثر كفاءة من خلايا النسيج الاسفنجي . ومن هذا المفهوم يلاحظ ان للضوء تاثيرا ليس فقط على المظهر الخارجي للورقة وانما على تشريحها الداخلي ايضا .

٦- التواقت الضوئي Photoperiodism

للفترة الضوئية اليومية اهمية واضحة في نمو معظم النباتات . ويطلق على تجاوب النباتات لمثل هذه الفترة بالتواقت الضوئي . فعلى سبيل المثال تتاثر عملية الازهار في بعض النباتات بطول الفترة الضوئية photoperiod
وعلى اساسها قسمت النباتات الى مجاميع ثلاث رئيسة كما وضحت سابقا . مما ان توزيع النباتات جغرافيا يتاثر وفق متطلبات الفترة الضوئية للمجاميع النباتية التي تخضع ازهارها للفترة الضوئية المعينة وبذلك تتمكن من نشر بذورها بكفاءة عالية .

فضلا عما ذكر اعلاه فان الضوء له تاثير واضح في تكوين الاعضاء التكاثرية وفتح وغلق الثغور في النباتات .

الضوء وتأثيره على الحيوانات

تختلف الحيوانات في مدى تأثرها بعامل الضوء . فمنها من يستطيع العيش بعيدا عن الضوء كما تعيش بعض الاحياء البحرية كحيوانات القاع في اعماق المحيطات والبحار في ظلام دامس او في اعماق التربة والكهوف المظلمة . وبعضها يحتاج الضوء لحياته . وتتأثر الحيوانات بالضوء بطرائق مختلفة فمنها تتاثر بصورة مباشرة لوجود اعضاء حسية ضوئية او بصورة غير مباشرة من خلال اعتمادها في غذائها على النباتات .

ولما كان عامل الضوء له ارتباط بعامل الحرارة لذا فان الضوء يؤثر بصورة غير مباشرة على نمو وتكيف الحيوانات من خلال تاثيره على درجة حرارة المحيط . فالحيوانات التي تعيش في المنطقة القطبية تختلف في اشكالها ومظهرها وسرعة نموها وفعاليتها الحيوية عن تلك التي تعيش عند منطقة خط الاستواء المتميزة بحرارتها المرتفعة المنتظمة فضلا عن تساوي نهارها وليلها في الطول . كما ان للفترة الضوئية تاثيرها على الحيوانات فيلاحظ بان لهذه الفترة علاقة ببعض الفعاليات الفسيولوجية كالطيور تشمل تغير ريشها ولونه وترسيب الدهن او وضع البيض والهجرة من مكان لاخر . فالطيور تهاجر شمالا عندما يطول النهار وجنوبا عندما يقصر .

كما ان اعضاء البصر عند الحيوانات تتاثر سلبا عند انعدام الضوء لذا يلاحظ بان بعضها الذي يعيش في ظلام دامس يكون اعمى او ضعيف البصر كما هو الحال في مناطق اعماق البحار والمحيطات والكهوف المظلمة فضلا عن ظهور صبغات على هيأة بقع على جلدها بلون الوسط الذي يعيش فيه . فيلاحظ ان الحيوانات في اعماق البحار يكون لون جلدها اسود او احمر قاتم . ويتغير لون فراء الارانب القطبية من اللون البني صيفا الى اللون الابيض شتاءً .

وللضوء تأثير على بعض الصفات الوراثية من خلال تاثيره على عامل الحرارة كذلك . فقد لوحظ بان النهار الطويل او الضوء الدائم او الظلام المستمر تكون افراد حشرة المن Aphids غير مجنحة عذرية ولودة في حين تنتج افراد مجنحة

جنسية بيوضة اذا كان النهار قصيرا او وضعت في جو يتبادل فيه الضوء والظلام بالتساوي . كما ان للضوء تاثيرا واضحا في التمنطق Stratification في الغابات حيث تتركز نباتات الظل في الاسفل والنباتات الشجرية ذات الاوراق العريضة الى الاعلى وينعكس هذا على اختلاف وجود الحيوانات حيث تتوزع الطيور والزواحف ضمن الغابة باختلاف الاضاءة . وما اختلاف النباتات الموسمية (الشتوية والصيفية) الا انعكاس واضح على مديات الاضاءة .

رابعا – الرياح Wind

ان لعامل الرياح تأثيرا ايجابيا واخر سلبا على بنية النظام البيئي . فالتاثير الايجابي يمكن ان يكون من خلال تاثيره على رفع درجة الحرارة على السفوح الجبلية المغطاة بالثلوج مما يساعد على ذوبان الثلوج وتوفير المياه مما يدعم نمو الحشائش والنباتات الاخرى في الوديان والسهول . كما ان للرياح اهمية في نقل حبوب اللقاح لاتمام عملية التلقيح بين النباتات فضلا عن نقل بذور بعضها الى مواقع مختلفة مما تساعد في انتشار النباتات وتوزيعها . وتساعد الرياح البطيئة السرعة في ازالة الطبقة المستقرة Boundary layer من الهواء الرطب الوجود على سطح الاوراق النباتية مما تسهم في زيادة عملية النتح وبالتالي تدعم نمو النبات من خلال تبديد الحرارة من جسمه فضلا عن استمرارية صعود عمود الماء الى اجزاء النبات العليا .

اما الرياح الشديدة فان تاثيرها يكون سلبيا على بعض مكونات النظام البيئي . فقد تسهم في ازالة الطبقة العليا السطحية من التربة الغنية بالعناصر الغذائية مما يؤدي الى فقدان تلك المغذيات . فضلا عن نقل حبيبات التربة من منطقة الى اخرى مما يسبب تغيرا في صفات التربة . كما تحدث الرياح اضرارا ميكانيكية مثل كسر او ثني اجزاء من النبات واحيانا تكون الرياح اكثر شدة (اكثر من ١٢٠ كيلو متر بالساعة) فتؤدي الى اقتلاع الاشجار حتى الكبيرة منها من جذورها كما يحدث في الاعاصير التي تهب في مناطق مختلفة من العالم واحدث مثال هو اعصار اندرو في ولايتي فلوريدا ولويزيانا في الولايات المتحدة الامريكية اواخر اب ١٩٩٢ ، حيث وصلت سرعته الى اكثر من ٢٤٠ كيلو متر في الساعة مما سبب خسائر بلغت حوالي ٣٠ مليار دولار . وتحمل الرياح الرذاذ الملحي المتناثر من الامواج في البحار والمحيطات مما يحدد نمو الاجزاء النباتية التي تتعرض لذلك والواقعة قرب السواحل .

وللرياح علاقة واضحة مع الضغط الجوي حيث انها تهب من منطقة الى اخرى نتيجة لاختلاف الضغط الجوي بين تلك المنطقتين ويكون اتجاهها من منطقة الضغط العالي الى منطقة الضغط الواطيء وبصورة غير مباشرة نحو مركز الضغط الواطيء حيث تدور حوله وفق حركة الارض الدورانية حول نفسها . ويكون اتجاه الرياح حول منطقة الضغط الواطيء عكس اتجاه عقرب الساعة في النصف الشمالي للكرة الارضية وعكسه في النصف الجنوبي والعكس صحيح عند اتجاه الرياح حول مناطق الضغط العالي وذلك يرجع الى الحقيقة بان سرعة دوران اية نقطة فوق سطح الارض عند خط الاستواء تكون اعظم من سرعة دوران نقطة اخرى بعيدة عنه ، وتتناقص هذه السرعة تدريجيا كلما اقترب من القطبين . لذا يلاحظ ان هبوب الرياح نحو القطبين تنقل من جهات سريعة الدوران الى اخرى ابطيء نسبيا فتسبق الجهات الاخيرة في دورانها وتنحرف نحو الشرق باعتبار ان دوران الارض حول نفسها يكون من الغرب الى الشرق . اما الرياح التي تهب نحو خط الاستواء فتنتقل من جهات بطيئة الى جهات سريعة وبذلك تنحرف نحو الغرب .
واعتمادا على توزيع الضغط الجوي يمكن تقسيم الرياح الى عدة انواع من اهمها ما ياتي :

١- الرياح الدائمية Permenant winds : وتهب طوال السنة تقريبا لكن تختلف في سرعتها وانتشارها من فصل لاخر .
٢- الياح الموسمية The monosoons : ويكون اتجاهها متغيرا في معظم الاحيان مابين فصلي الصيف والشتاء . وتظهر غالبا بين المدارين على المناطق الشرقية للقارات . وتعد قارة اسيا من المناطق المشهورة جدا في مثل هذا النوع من الرياح .
٣- الرياح اليومية Daily winds : وتهب بصورة خفيفة نتيجة للاختلافات المحلية في درجات الحرارة وتؤثر عادة على مناخ مناطق صغيرة نسبيا ومن امثلتها نسيم البر ونسيم البحر ونسيم الجبل ونسيم الوادي .
٤- الرياح المحلية Local winds : وتهب هذه الرياح بنظام ثابت ولفترات قصيرة (بضعة ايام) . وقد تنشط في بعض الفصول . ومن امثلتها تلك التي تهب بسبب الانخفاضات الجوية كما هو الحال في البحر الابيض المتوسط ، وتهب من جنوب اوربا او شمال افريقيا باتجاه هذه الانخفاضات .

مستويات التحمل والعوامل المحددة Tolerance Levels and Limiting Factors

ان ملاحظة توزيع وانتشار الكائنات الحية (نباتية كانت ام حيوانية) وكثافتها في المناطق المختلفة على سطح الكرة الارضية جديرة باهتمام علماء البيئة وفي حالات كثيرة يكون من السهل تفهم انماط الوفرة والانتشار للمجاميع الحياتية او الانواع من حيث مستويات تحملها للتغيرات المناخية او الطبيعية بصورة عامة مثل الحرارة والرطوبة والضوء والمفترسات وغيرها .

لقد نشات بعض الانواع بمستويات تحمل عالية للعديد من العوامل ، عليه يلاحظ انها تمتلك القدرة على الانتشار الواسع من الناحيتين الجغرافية والبيئية ، ومن امثلة هذه الحيوانات الزرزور والعصفور المنزلي والفأر المنزلي والقطط اما الامثلة على النباتات فهي الثيل واليوكالبتوس وورد الجوري وغيرها بينما هناك كائنات محدودة الانتشار تعيش في منطقة محددة دون غيرها مثل الشادي الذهبي الوجنات والجمال والنخيل والبلوط والدببة .
ولما كان ليس بالامكان رسم خط فاصل واضح في الطبيعة بين المظاهر الحياتية المتباينة في البيئة لوجود الاستثناءات العديدة في البيئة الطبيعية حيث هناك الكثير من العوامل المعقدة المتداخلة ضمن أي نظام بيئي ، عليه فان احتمال وضوح التباين في عامل او مجموعة من العوامل قد يكون كبيرا او صغيرا وهذا بالضرورة يختلف باختلاف الانواع وحتى المجتمعات من حيث اختلاف مواقعها وتركيبها الجيني وغيرها من العوامل ، عليه فيمكن ان نقر بصورة عامة انه وجود وديمومة أي كائن او مجموعة من الكائنات تعتمد اساسا على مجموعة متداخلة من الظروف وان أي عامل يقترب حدود وجوده في ذلك المكان وفي تلك الفترة من حدود تحمل الكائن الحي او يتعداه انه (العامل المحدد لوجود ذلك الكائن) .

تتطلب العديد من مشكلات علم البيئة بعض التفهم للظروف والعوامل المؤثرة على توافر الكائنات الحية وانتشارها منها : لماذا تكون المحاصيل المختلفة متوافرة جدا في بعض السنوات ونادرة نسبيا في سنوات اخرى ؟ لماذا توجد النمور في الهند ولاتوجد في افريقيا ؟ لماذا تختلف النباتات الصحراوية عن الغابات ؟ لماذا توجد طفيليات البلهارزيا في حوض النيل ومنطقة الاهوار في العراق ولاتوجد في الراين او التايمس ؟ لماذا يوجد اكثر من الف نوع من الطيور في بنما في حين يوجد اقل من 200 نوع في منطقة مماثلة لها في بنسلفانيا ؟ لماذا يوجد الفستق والجوز واللوز في شمال العراق ولايوجد في الجنوب ؟ لماذا يوجد الروبيان في الخليج ولايوجد في الشمال ؟ مثل هذه الاسئلة وكثير غيرها تمثل بعض المشكلات المليئة المحيرة من حيث وفرة النباتات والحيوانات وتوزيعها في دراسة علم البيئة .

ان بقاء البراغيث التي تحمل الطاعون في شمال الهند يمثل مثالا واضحا للعوامل المحددة التي تؤثر على ناقل المرض ، ولقد وجد ان قدرة البراغيث على البقاء حية بعيدة عن الفئران (العائل) تظهر كونها مرتبطة ارتباطا مباشرا بعامل الرطوبة فعند الرطوبة العالية (مثلا 80-89%) فان قدرة الصمود للبرغوث تزيد بسبع مرات مقارنة مع قدرتها على البقاء في جو من الرطوبة النسبية الواطئة (20-27%) ،عليه يلاحظ ان احتمال نقل المرض يقل بنفس النسبة حيث ان مدة بقائه وانتقاله تقل بصورة ملحوظة ، عليه يلاحظ ان الطاعون نادرا جدا او غير موجود في المناطق الصحراوية لغرب الهند ذات الرطوبة المنخفضة جدا .

**قانون ليبج للحد الأدنى Liebig law (law of minimum)

قبل اكثر من 100 سنة عبر العالم الالماني ليبج (1840) Liebig . j بوضوح عن المواد الكيمياوية اللازمة لنمو وديمومة النباتات والحيوانات في بيئتها الطبيعية حيث اوضح ان غلة المحاصيل كثيرا مالا تتحدد بتوفر الظروف والعوامل التي يحتاجها بكميات كبيرة مثل الاوكسجين والماء وثنائي اوكسيد الكاربون حيث تكون متوافرة عادة في البيئة الطبيعية ولكنها تتحدد ببعض المواد الاولية التي يحتاجها الكائن الحي بكميات قليلة
جدا مثل البورون او بعض الفيتامينات او الانزيمات او الخارصين والتي تكون كمياتها نادرة وفي نفس الوقت يحتاج اليها الكائن الحي في نموها وديمومتها .
ان قانون ليبج ينص على ان المواد الاساسية المتوافرة في مواطن وجود الكائن الحي (Habitat) بكميات ضئيلة تتقارب مقدارها من الحد الادنى الحرج الضروري للكائن الحي في حياته ونموه تكون هي العامل المحدد اذلك النوع من الكائنات . ومنذ ذلك الحين يسمى قانون ليبج بقانون الحد الادنى (Law of mininmum) الذي اعتمد على عبارته المشهورة (ان نمو النباتات يعتمد على كمية المادة الغذائية التي توفر له بمقدار الحد الادنى) . لقد وسع كثير من الباحثين عبارة ليبج لتشمل الكائنات الحية بصورة عامة وتضمنت عوامل اخرى غير المواد الغذائية مثل العوامل الفيزياوية(الحرارة ، الضوء ، الرطوبة وغيرها) والعوامل الكيمياوية والبايولوجية يضاف اليها عامل الزمن .

ان العوامل المحددة للنمو والتكاثر تختلف باختلاف الكائنات الحية فمثلا يتبين من المنشورات والدراسات العلمية ان السليكا هو المحدد للانتاجية في كثير من بحيرات بريطانيا وخاصة لانواع من اجناس الطحالب مثل ال ، Asterionella Tebelaria ، Melosira ، Cyclotella حيث ان تكاثر أي نوع من الانواع الاربعة يتحدد بتوفر السليكا وبتراكيز مختلفة بينما في المياه العراقية يلاحظ ان تراكيز السليكا لايؤثر في نمو وتكاثر هذه الانواع في حين ان الفوسفات والنتروجين تحدد الانتاجية فضلا عن الملوحة في المناطق الجنوبية .

**قانون شيلفورد للحد الاعلى Shelford law (law of maximum)

لقد قام شيلفورد في عام 1913 بتوسيع قانون الحد الادنى واعلن عن قانونه الجديد المسمى قانون شيلفورد للتحمل Shlford's law of tolerance او قانون الحد الاعلى law of maximum حيث ذكر ان اية كمية او عامل يفوق الحد الاقصى الحرج يستطيع ان يوقف نمو وتكاثر الكائن الحي في بيئته الطبيعية وبالتالي يخرجه من المنطقة ، وان قيمة العامل وكميته يجب ان تبقى دون الحد الاقصى الحرج لتحمل الكائن الحي فاذا حدث أي تعد عن حدود التحمل لنوع معين فانه يؤدي الى اختفاء هذا النوع من المنطقة طالما كانت الظروف قائمة . وبصورة مبسطة يمكن القول بان قانون شيلفورد يمكن ان يعرف بما يلي : (ان بقاء اوعدم بقاء الكائن الحي في منطقة ما يعتمد على عدد من العوامل المتداخلة والمعقدة وان زيادة كمية او نسبة أي من العوامل لتقترب من حدود تحمل الكائن الحي تحدد بقاءه) .

عليه فان قانون التحمل يناقض قانون ليبج الى حد ما حيث يذكر ان بقاء او عدم بقاء الكائن الحي لايحدده ندرة العامل او وجوده بكميات قليلة جدا فحسب بل ان الكثرة ايضا تحدد وجود الكائن الحي . فارتفاع درجات الحرارة او الضوء او زيادة كمية الامطار غالبا ما تكون المسبب الرئيس لمحو كثير من الكائنات الحية في مناطق مختلفة .

ان تطبيقات قانون التحمل قد مهد الطريق الى فهم الحدود التي يمكن ان تعيش ضمنها الحيوانات والنباتات المتنوعة في الطبيعة وهذا ساعد على ادراك توزيع وانتشار الكائنات الحية في الطبيعة .

وبغض النظر عن ما سبق يمكن الوصول الى بعض المفاهيم الاساسية المهمة من نتائج تطبيقات قانون التحمل تجريبيا في الطبيعة بحيث يلاحظ ان اوسع الكائنات انتشارا في الطبيعة هي الكائنات ذات التحمل الواسع لجميع العوامل مع العلم انه ينكن ان يمتلك الكائن الحي مديات واسعة للتحمل لبعض العوامل ومديات ضيقة لعوامل راخرى وان نقص كمية او تاثير عامل واحد او اكثر في الطبيعة يؤثر ايجابيا او سلبيا على مدى التحمل بالنسبة الى عامل ثان فمثلا ان مدى التحمل للعطش يزيد بانخفاض درجة الحرارة والعكس صحيح بالنسبة الى الملوحة . ان للتفاعلات السكانية (العلاقات الحياتية مثل : التنافس والمفترسات والتطفل وغيرها) تاثيرا كبيرا على انتشار الكائنات الحية في مديات تحملها بالاضافة الى عوامل اخرى مثل نباتات الظل في المناطق الاستوائية .
ان فترة التكاثر تكون الفترة الحرجة عادة بالنسبة الى نمو الكائنات الحية حيث انه من المعروف ان حدود التحمل للاعضاء التكاثرية كالبيوض والبذور والبادرات والاجنة واليرقات ... الخ تكون اضيق من حدود تحمل الكائن البالغ فيلاحظ ان البادرات او الصغار من الكائنات تحدد انتشار الاحياء اساسا من حيث الظروف المناخية القاسية التي تطرأ احيانا .
وتختلف الكائنات بمدى تحملها فبيوض سمك السلمون مثلا تنمو بين درجة صفر و 12 م ^{0} بينما بيوض الضفدع Rana pipiens المنتشر في العراق تنمو بين درجتي صفر و 30 م ^{0} وهذا يعني ان بيوض الضفدع لها مدى تحمل اوسع من بيوض سمك السلمون .

ان مديات التحمل بالنسبة للكثير من العوامل تستعمل بشكل واسع في علم البيئة واهم هذه المديات هي :

العوامل	مدى واسع	مدى ضيق
تشير الى الحرارة	Eurythermal	Stenothermal
تشير الى الملوحة	Euryhalic	Stenohalic
تشير الى الغذاء	Euryphagic	Stenophagic
تشير الى الموطن	Euryecious	Stenoecious
تشير الى الماء	Euryhydric	Stenohydric

**مفهوم الجمع بين قانوني الحد الاعلى والحد الادنى للعوامل المحددة
Combined concept of limiting factors

ينص القانون الثالث المتعلق بالعوامل المحددة ومستويات التحمل ان بقاء او عدم بقاء الكائن الحي يعتمد على جملة من الظروف والعوامل المتباينة وان أي من العوامل اذا اقترب من حدود التحمل او تعداه يقال عنه انه العامل المحدد . عليه توجد الكائنات المختلفة كمجموعات او انواع في الطبيعة في هذا المجال بالنسبة الى العوامل المحددة فانتشار وتوزيع الكائنات الحية على الكرة الارضية تحدد بالضرورة على هذا النمط أي ان العوامل المختلفة من حيث الكمية والنوعية يجب ان تتواجد بحد ادنى على الاقل في المحيط الذي يتواجد فيه الكائن الحي اون يكون ضمن مدى تحمل الكائن الحي في ذلك النظام البيئي .

ان اختلاف اهمية العوامل باختلاف الكائنات الحية من جهة وباختلاف المواطن البيئية من جهة اخرى تؤثر في تطبيقات علم البيئة من جهة والتوزيع الجغرافي للكائنات الحية فعلى سبيل المثال يكون الاوكسجين متوفرا بالنسبة الى الكائنات الارضية ةلايحتمل ان يكون محددا بصورة عامة في حين يلاحظ ان اهميته كبيرة بالنسبة الى البحيرات والبيئة المائية بصورة عامة . فضلا عن اختلاف تأثيرات العوامل البيئية باختلاف فترات دورات المياه بالنسبة للكائنات الحية وخير مثال هي دورة حياة الحشرات اذ يلاحظ ان الظروف التي تعتمد عليها الشرنقة في نموها تختلف عن الفراشة البالغة وعن البيضة او الحورية وكذلك الحال بالنسبة الى الانسان يعد البيضة المخصبة والجنين البالغ .

عند ملاحظة توزيع الكائنات الحية الحية على بقاع الارض المختلفة نجد ان هناك كائنات متمركزة في مناطق محددة من الكرة الارضية في حين هناك كائنات اخرى تلاحظ في مناطق واسعة بل حتى هناك من الكائنات ماتنتشر في جميع بقاع الارض وهذا ينطبق على علم بيئة اليابسة والبيئة المائية فعلى سبيل المثال يلاحظ البطريق في المناطق القطبية فقط والجمال في الصحارى والغزلان في البراري ، كما ان الكائنات الحية في المناطق الاستوائية تختلف عن الكائنات الحية في المناطق المعتدلة او القطبية وينطبق هذا حتى في مناطق محددة المساحة ايضا فيلاحظ البلوط في شمال العراق بينما النخيل في الجنوب والوسط . هذا بالنسبة للكائنات المتمركزة في مناطق محددة بينما عند ملاحظة وردة الجوري او الانسان نجد ان انتشاره في جميع هذه المناطق من الاقطاب الى الغابات الاستوائية وعند تعليل هذا التوزيع الطبيعي يلاحظ انه كلما زاد تحمل الكائن الحي للظروف البيئية المحيطة به ازداد انتشاره ومقاومته والعكس صحيح عليه فان مقاومة البطريق والبلوط للظروف البيئية هي اقل من مقاومة وردة الجوري والانسان .

وهناك نقطة اخرى جديرة بالملاحظة وهي ان مدى تحمل الكائن الحي للظروف البيئية يختلف باختلاف الكائن فيلاحظ ان البطريق والجمل هما من الكائنات قليلة التحمل ولكن باختلاف واضح حيث يلاحظ البطريق في المناطق الباردة ولايتحمل الحرارة العالية بينما الجمل يتمركز في المناطق الحارة ولايتحمل البرودة مع العلم ان انتشار الاثنين يكون محددا .
اما بالنسبة الى البيئة المائية فيلاحظ وجود كائنات بحرية محددة لاتوجد في المياه العذبة مثل الزبيدي والحوت بينما توجد كائنات محددة بالمياه العذبة مثل الشبوط والبز وهذا يعني ان مدى تحمل الزبيدي للتغيرات في الملوحة قليلة جدا وكذلك الشبوط والقطان بينما يلاحظ وجود السلمون في جميع البيئات وكذلك انواع الهائمات الحيوانية والنباتية مثل الدايتومات والطحالب الاخرى والهدبيات .
ان اختلاف الكائنات في المناطق المختلفة تشكل دلائل على مدى التحمل وعندما يراد توفير الخضراوات الصيفية في الشتاء يجب التفكير بايجاد ظروف بيئية ملائمة تشبه الصيف والعكس صحيح عليه فان البيوت الزجاجية ماهي الا وسائل كفيلة بايجاد الظروف البيئية المناسبة لنمو المحاصيل الصيفية في الشتاء . ان مدى التحمل يشمل جميع العوامل الفيزياوية والكيمياوية المحيطة بالكائن الحي فهناك كائنات واسعة التحمل او ضيقة التحمل بالنسبة الى عوامل محددة فكلما كان الكائن الحي واسع التحمل لعدد من العوامل كلما زاد انتشاره وتواجده في المناطق المختلفة
وبما ان تاثير العوامل على الكائن الحي يختلف باختلاف الكائن من جهة وتوفر العوامل المحيطة ومدياتها المختلفة من جهة اخرى فضلا عن تواجد مجاميع اخرى من الاحياء ان تطبيق هذه النظرية في الانتاجية يكون معقدا جدا وانه من الضروري ان يكون المطبق داركا للكثير من القواعد والاسس البيئية الثابتة بغية الحصول على انتاج ومحصول افضل في تطبيقاته العملية او على الاقل ان يستشير عالما او ممارس بيئيا في عمله . فمثلا انه من المعروف ان الحاجة الى المياه بالنسبة للانسان تزداد بزيادة ملوحة غذائه من جهة وارتفاع درجة حرارة الجو من جهة اخرى كعوامل خارجية فضلا عن ازدياد الحاجة اليها بازدياد مجهوده العضلي وهذا ينطبق على النباتات ، حيث ان توفر النتروجين يتطلب زيادة في الفسفور وزيادة قوة الرياح تتطلب سقيا زائدا وهكذا .

العوامل اللاحياتية Abiotic Factors

تعد دراسة العوامل اللااحيائية في علم البيئة من الامور الاساسية لفهم ودراسة توزيع وانتشار الكائنات الحية حيث تشكل جزءا هاما من المحيط (Environment) التي تتداخل وتتاثر وتتفاعل مع جميع الكائنات الحية بضمنها الانسان . وتشمل هذه العوامل انواعا عديدة تشترك بعضها في تاثيرها على البيئة اليابسة منها والمائية مثل درجة الحرارة والضوء والرياح في حين تنفرد بعضها في التاثير فعامل التربة والرطوبة والامطار على سبيل المثال تؤثر في بيئة اليابسة في حين يؤثر عامل الضغط (ضغط عمود الماء) وتوافر الاوكسجين والتيار واختراق الضوء في البيئة المائية . وتؤدي هذه العوامل الى تغيرات نوعية وكمية في كثافة النباتات . فضلا عن وجود وتوزيع الحيوانات والكائنات الحية الاخرى . وتشمل العوامل الاحيائية كلا من العوامل المناخية والعوامل اللامناخية .

العوامل المناخية Climatic Factors

اولا- درجة الحرارة Temperature

تتحكم درجة الحرارة في توزيع وانتشار الكائنات الحية حيث ان لكل كائن حي درجة حرارة مثلى للنمو Optimum temperature فضلا عن مدى معين من درجات الحرارة . وهذا المدى غير متجانس لجميع الكائنات الحية او مختلف مراحل حياتها . كما ان المدى الحراري يعتمد على عدد من العوامل الداخلية والخارجية كالصفات الوراثية والعمر والعوامل الفيزياوية المحيطة بالكائن الحي وقد تتأقلم بعض انواع الكائنات في بيئات ذات درجة حرارة عالية او منخفضة خارج نطاق المدى المحدد لذلك النوع فعلى سبيل المثال لا الحصر ينمو نبات الحنطة في درجات حرارة تتراوح بين الصفر المئوي و 37 درجة مئوية .

وتعد الحرارة من العوامل المهمة في العمليات الايضية كالبناء الضوئي في النباتات الخضراء والتنفس والتفاعلات الانزيمية المختلفة في الكائنات الحية . ان ارتفاعها ينشط من تلك العمليات ولحدود معينة . وكما هو معلوم فان درجة حرارة (40) درجة مئوية واكثر تؤثر سلبا على البنية الثانوية للبروتينات secondary structure ومن ضمنها الانزيمات بحيث تشل عملها وهذا مايشار اليه بعملية تغير طبيعة البروتينات denaturation of proteins . وتستطيع الكائنات الحية تقليل درجة حرارتها من خلال عملية التبخر كما في عملية النتح عند النباتات او التعرق عند الحيوانات حيث تتبدد الحرارة من اجسامها . فالغرام الواحد من الماء السائل لكي يتحول الى غرام واحد من الماء بالحالة الغازية (بخار ماء) يحتاج الى (540) سعرة حرارية التي توفره اجسام الكائنات الحية لعملية التبخر . فضلا عن ان الحيوانات تستطيع ان تغير اماكنها بانتقالها الى مناطق ذات درجة حرارة اقل كما تعمل بعضها من خلال بقائها في الظل او في الاتفاق بعيدا عن حرارة الجو العالية .

وفي البيئة المائية يلاحظ ان الحرارة ذات توزيع متفاوت فالمياه السطحية تتراوح درجة حرارة معضمها بين 5-30 درجة مئوية ، في حين تتراوح في اعماق البحار والمحيطات بين واحد تحت الصفر الى (4) درجة مئوية فضلا عن المديات الواسعة افقيا خاصة في المحيطات . وتزداد درجة الحرارة في المياه الضحلة كما هو الحال في الاهوار الجنوبية في العراق ومياه الخليج العربي التي تصل حرارتها الى (35) درجة مئوية وقد تمثل اكثر المياه حرارة في العالم . ولهذا التفاوت الواضح في درجات الحرارة للمسطحات المائية اثر في تواجد وازدهار انواع الاحياء المائية وتحديد المتغلبة منها افقيا وعموديا .

وتتأثر درجة الحرارة لاي موقع فصليا ويوميا بعوامل مختلفة من اهمها مايأتي :

1- خطوط العرض

لزاوية سقوط الشمس على سطح الارض اهمية في تحديد طول الفترة الضوئية خلال اليوم الواحد في الفصل المعين . وتستقبل خطوط العرض العليا اشعة الشمس بزاوية اكبر من الزاوية التي يستقبلها خط الاستواء مما يعطي فرصة اكبر للهواء الجوي لامتصاص كمية اكبر من الحرارة مما يجعلها تصل سطح الارض بكمية اقل اذا ماقورنت مع المنطقة الاستوائية .

2- مستوى سطح البحر

تنخفض درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع بما يعادل درجة مئوية واحدة لكل (150) مترا مع الاخذ بنظر الاعتبار سرعة الرياح ونسبة الرطوبة الجوية . والمثال هنا واضح في المنطقة الجبلية فعلى قمم الجبال ذات الهواء البارد بالمقارنة مع الوديان والسهول المنخفضة .

3- الغيوم

تعمل السطوح العليا للغيوم على انعكاس اشعة الشمس اثناء النهار مما يسبب انخفاضا في درجة حرارة سطح اليابسة في الايام الغائمة .

4- الرياح

تلعب الرياح دورا واضحا في تغيرات درجة الحرارة فالرياح القادمة من مكان بارد تؤدي الى خفض درجة الحرارة كما يلاحظ في جنوب العراق عند هبوب الرياح الشمالية في ايام الصيف الحارة . كما ان للرياح دورا واضحا في تكوين الامواج والتيارات المختلفة في المسطحات المائية مما يساعد في خلط عمود الماء وبالتالي تجانس درجة الحرارة فيه .

5- المحتوى المائي للتربة

ان درجة حرارة الترب الرطبة تكون اعلى من الترب الجافة وذلك لان الحرارة النوعية للماء اعلى منها للتربة .

6- الكساء الخضري

يلاحظ ان المناطق ذات الكساء الخضري الكثيف كالغابات تكون درجة حرارتها بحدود (10) درجة مئوية اقل من المناطق التي تفتقر لمثل هذا الكساء كما في الصحاري . والسبب يكمن بان النباتات تقوم بامتصاص جزء من الحرارة المنعكسة من سطح التربة .

وتبعا لتأثر نمو النباتات وعلاقته بدرجة الحرارة يمكن تقسيمها الى ثلاث مجموعات رئيسة هي :

1- نباتات الحرارة المرتفعة Mega thermal plant

وتشمل النباتات التي يتطلب نموها درجات حرارة عالية حيث لايقل المعدل السنوي عن (20) درجة مئوية .ان معظم النباتات المنتشرة في العراق تعود لهذه المجموعة .

2- نباتات الحرارة المعتدلة Meso thermal plants

وتشمل النباتات التي تنتشر في خطوط العرض المتوسطة التي أقلمت نفسها لماجهة التغيرات الفصلية في درجات الحرارة بين فصول السنة المختلفة .

3- نباتات الحرارة الواطئة Micro thermal plants

وتشمل النباتات التي تنتشر في خطوط العرض العليا حيث يكون متوسط درجات الحرارة الشهرية اقل من (10) درجات مئوية . وتضم كذلك النباتات التي تغطى المناطق القطبية مثل بعض انواع الطحالب

واعتمادا على قدرة الحيوانات على تحمل درجات الحرارة يمكن تقسيمها الى مجموعتين اساسيتين :

1 - مجموعة Homeotherms ذوات درجة حرارة الدم الثابتة وتشمل الحيوانات التي تحافظ على درجات حرارة جسمها الثابتة كالحيوانات الثدية .

2- مجموعة Poikiliotherms (ذوات درجة حرارة الدم المتغيرة) وتشمل الحيوانات التي لها القدرة على تغير درجة حرارة اجسامها بالزيادة لملائمة ماهو الحال من حرارة في البيئة المحلية . وتمارس الحيوانات في بعض الحالات نوعا من السبات كالدب الرمادي Grizzly Bear والبرمائيات .

الرطوبة والامطار Humidity and precipitations

للرطوبة مفهوم واسع يضم توافر جزيئات الماء سواء في الغلاف الجوي ام على سطح التربة او في اعماقها . وتشمل الرطوبة في الجو التساقط بانواعه المختلفة كالامطار والجليد والثلوج والبرد التي تعد مصدرا لرطوبة التربة . ففي الغلاف الجوي تتواجد الرطوبة على هيأة بخار ماء او جزيئات الماء السائل او الصلب كالغيوم والثلوج والبرد التي جميعها من اشكال التساقط precipitation تصل الى الارض فضلا عن الامطار Rains بكمياتها واوقات سقوطها المختلفة ، وقد تكون غزيرة في فترات قصيرة او كميات قليلة وفي فترات متقطعة او دائمية . وهذه الاشكال تعتمد على عوامل مناخية اخرى كدرجة الحرارة والرياح والضغط وغيرها .

ان معدلات التساقط وتوزيعها في بقاع الارض له اهمية خاصة في انتشار الكائنات الحية المختلفة من نباتات وحيوانات فضلا عن الانسان . فالمناطق الاستوائية تحصل على امطار غزيرة في جميع الفصول في حين ان هناك امطارا فصلية واخرى مناطق جافة في الاقاليم المدارية المجاورة للمناطق الاستوائية الرطبة . ويلاحظ من ذلك علاقة فترة النمو بطول فترة توزيع الامطار . اما المناطق الشبه مدارية عموما يكون صيفها جافا وشتاؤها ممطرا مع وجود بعض الاختلافات في بعض الاحيان في فصلية سقوط الامطار . وعلى اساس فهم التوزيع الفصلي للامطار يمكن اعتماده في استخدامات الارض زراعيا او لاغراض اخرى كما ان للانسان نصيبه في استغلاله لفصلية سقوط الامطار فانه يكون اكثر استقرارا في المناطق التي تتوافر فيها الامطار بشكل يسمح له باستغلال الارض زراعيا والعيش منها ويبتعد عن المناطق القاحلة او الجافة او الصحارى التي لايقطنها الانسان كثيرا اذا ماقورنت بالاراضي الزراعية والسهول الخضر التي يستفيد منها لقوته مباشرة او تربية حيواناته الداجنة .

وللرطوبة علاقة متينة مع درجة الحرارة والرياح والاشعاع الشمسي فالهواء على سبيل المثال يستطيع حمل بخار الماء بكمية اكبر عند ارتفاع درجة الحرارة . كما ان الرياح الجافة تقلل من الرطوبة من خلال طردها للهواء الرطب او خلطه مع الهواء الجاف والعكس صحيح . اما الاشعاع الشمسي الساقط فان تأثيره غير مباشر وذلك من خلال ما يؤثر في زيادة درجة الحرارة . وللكساء الخضري تاثيره في زيادة الرطوبة النسبية حيث يزود الهواء بالرطوبة (بخار الماء الناتج من عملية النتح) من قبل النباتات فضلا عن ان الكساء الخضري يقلل من تاثير درجة الحرارة والرياح

ويمكن اعتماد معدل سقوط الامطار في تقسيم العراق الى اربعة مناطق رئيسة وهي:

1- الصحارى

وتوجد في الجنوب والغرب ويكون معدل السقوط السنوي اقل من (100) مليمتر مثل المناطق الواقعة في جنوب غرب العراق .

2- السهول المنبسطة

التي توجد في منطقة مابين النهرين في وسط العراق ويتراوح معدل السقوط السنوي بين 100-200 مليمتر مثل محافظات بغداد وبابل وديالى .

3- المنطقة المتموجة

وتلاحظ في شمال منطقة السهول والتي يتراوح معدل السقوط السنوي فيها بين 200-500 مليمتر مثل نينوى واربيل وكركوك .

4- المنطقة الجبلية

وتنتشر السلاسل الجبلية اساسا في اتجاه الشمال والشمال الشرقي من القطر الذي يتراوح معدل سقوط الامطار فيها بين 1000-1300 مليمتر وتمتد من شمال خط 36 عرض في كردستان العراق .

وبناء على ماتقدم يمكن القول بان للرطوبة تاثيرا على المظهر الخارجي للنباتات وتشريحها الداخلي فعلى سبيل المثال تلعب الخلايا المحركة Motor cells في نسيج البشرة لاوراق النجيليات دورا في انبساط الاوراق في الجو الرطب وانطباقها في الجو الجاف لتفادي فقدان الماء عن طريق النتح . كما تنتشر الخلايا الحارسة الغائرة Sunken stomata في بشرة اوراق النباتات الصحراوية لتقليل عملية النتح ايضا.

ويمكن تقسيم النباتات تبعا لوجود الرطوبة وحاجتها للماء الى ثلاثة مجاميع رئيسة وهي كالاتي :

1- النباتات المائية Hydrophytes

تعيش هذه النباتات في وسط مائي وتمتاز بان مجموعها الجذري يكون صغيرا او مختزلا ويكون قسما منها طافيا على سطح الماء .مثل عن نباتي القصب والبردي المنتشرة في المسطحات المائية في جنوب القطر كالاهوار

2- النباتات الوسطية Mesophytes

التي تعيش في وسط بيئي تحتاج الى كمية معتدلة من الماء احيانا كما هو الحال في معظم نباتات المحاصيل الحقلية كالحنطة والشعير والشوفان, وهناك توازن بين مجموعها الخضري ومجموعها الجذري .

3-النباتات الصحراوية Herophytes

تعيش هذه النباتات في بيئة صحراوية قاحلة مما تحتاج الى بعض التحورات لتقليل فقدان الماء من اجسامها مثل تكوين طبقة سميكة من الادمة في بشرتها مع وجود الخلايا الحرسة من النوع الغئر فضلا عن اختزال في مساحتها السطحية الكلية للساق والاوراق وتحور بعض اجزائها كالاوراق الى اشواك لتقليل فقدان الماء من اجسامها

الرطوبة ونمو الحيوانات

ترتبط الحيوانات اساسا مع وجود النباتات في احيان كثيرة لما تعتمد عليها كمصدر لغذائها او موطنها او حمايتها من مخاطر مختلفة . لذا فان ماذكر من تاثير الرطوبة على النباتات وانتشارها وتحديد نوعيتها يمكن ان يؤثر على الحيوانات كذلك . وتنتشر بعض الحيوانات في المناطق الرطبة كالحشرات مثل البعوض . وتعد المناطق الرطبة موطنا لانواع اخرى من الحيوانات كالجاموس والتماسيح والثعبان المائية والديدان والقواقع في حين يعيش البعض الاخر في المسطحات المائية المختلفة كالاسماك والحيتان . بينما لايحتاج بعض الحيوانات الى توافر المياه بصورة كبيرة فالفأر الصحراوي لايشرب الماء بينما يحصل عليه من خلال تغذيته على جذور النباتات ، كما تتحمل الجمال العطش ، ويمكن لبعض الحشرات كالجراد الهجرة بحثا عن الماء والغذاء .

تاثير الضوء Ligt

تعتبر الشمس مصدرا للطاقة الكلية للارض تقريبا . وتستلم الطاقة الاشعاعية على هيأة موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic مختلفة الاطوال تتراوح بين 290-5000 مليمايكرون ضمنها الضوء المرئي . فالضوء اذن هو الجزء من الطاقة الاشعاعية المنتقلة بموجات كهرومغناطيسية مرئية وبطول يتراوح بين 390-760 مليمايكرون .

ان امتصاص ضوء الشمس يختلف حسب نوعية السطح فالتربة المغطاة بالثلج على سبيل المثال تمتص حوالي 25% من الكمية التي تصل الى سطح الارض . وتمتص الاعشاب 80-90% وقد تصل الى 95% في الغابات الكثيفة في حين تمتص المسطحات المائية بنسبة تتراوح بين 60-96% من اشعة الشمس حسب الزاوية الساقطة . وتمتص الرمال الجافة 75% والحقول الزراعية المحروثة بين 70-95% .

. فالنباتات الخضر الكائنات الوحيدة التي تستطيع امتصاص هذه الطاقة الضوئية المتاحة .وعلى هذا الاساس تعد النباتات كائنات حية ذاتية التغذية Autotrophic تعتمد على الطاقة الضوئية اعتمادا كبيرا في نموها وازدهارها . وقد يكون الضوء عاملا محددا لنمو النباتات كما يحدث في النباتات النامية على تربة الغابات كالحشائش او النباتات التي تغطى بطبقة من الثلوج تحجب عنها الضوء او الهائمات النباتية المتواجدة في مسطح مائي مغطى بطبقة عازلة للضوء كالنفط ومخلفاته التي تعد احدى انواع الملوثات في النظام البيئي المائي .

للضوء اهميته للكائنات الحية اساسا لسببين مختلفين الاول هو انه يستخدم محفزا للتواقت اليومي او الفصلي لكل من النباتات والحيوانات . فالحيوانات الصحراوية الناشطة في الليل على سبيل المثال تستخدم الضوء كمنبه لدورات انشطتها . وتكون مواسم التكاثر لعدد من النباتات والحيوانات مرتبطة بتغيرات طول النهار . ان دراسة تأثير الموسم لطول النهار على الاستجابات الفسيولوجية تدعى التواقت الضوئي photoperiodism التي سلط عليها الضوء في الدراسات البيئية الفسيولوجية . والسبب الرئيس الاخر هو اهميته في عملية البناء الضوئي .وفي البيئة المائية تحتاج المنتجات producers كالهائمات النباتية phytoplankton الى الضوء لاكمال عملية البناء الضوئي وتصنيع المادة العضوية التي تشكل القاعدة الاساسية للهرم الغذائي التي تعتمد عليه بقية المستويات الاغتذائية Trophical levels .

للضوء تاثيرات عديدة ومختلفة على نمو النبات واكمال دورة حياته . ولابد من الاخذ بنظر الاعتبار الامور الاتية قبل التطرق الى الفعاليات الفسيولوجية ذات العلاقة :

اولا- شدة الضوء وكميته Light intensity and quantity

ثانيا- نوعية الضوء Light quality

ثالثا- طول الفترة الضوئية Photoperiod

وعليه تقسم النباتات الى ثلاثة مجاميع رئيسة هي :

1- نباتات طويلة النهار Long-day plants
وهذه النباتات تزهر عندما تتعرض لفترات ضوئية يومية اطول من الفترة الضوئية الحرجة لها كالقمح والشعير والبرسيم الاحمر والشوفان والشوندر واللفت والسبانخ والفجل .

2- نباتات قصيرة النهار Short-day plants
وتزهر هذه النباتات عند تعرضها لفترات ضوئية يومية اقصر من الفترة الضوئية الحرجة لها كالرز والذرة الصفراء والدخن والتبغ وقصب السكر وفول الصويا .

3- نباتات معتدلة النهار Day-neutral plants
وتتمثل بتلك النباتات التي ليس لها فترة ضوئية حرجة أي بمعنى ان عملية التزهير لاعلاقة لها بطول تلك الفترة كالطماطة والخيار والفاصوليا وعباد الشمس والقطن .

ويمكن استعراض عدد من الفعاليات الفسيولوجية والمظهرية التي لها علاقة بالضوء :
1- عملية البناء الضوئي Photosynthesis
2- الانبات Germination
3- تكوين صبغة اليخضور Chlorophyll synthesis
4- تكوين الهرمونات Hormones' formation
5- نمو الاوراق وتشريحها Leave growth and anatomy
6- التواقت الضوئي Photoperiodism

الضوء وتأثيره على الحيوانات
ولما كان عامل الضوء له ارتباط بعامل الحرارة لذا فان الضوء يؤثر بصورة غير مباشرة على نمو وتكيف الحيوانات من خلال تاثيره على درجة حرارة المحيط . فالحيوانات التي تعيش في المنطقة القطبية تختلف في اشكالها ومظهرها وسرعة نموها وفعاليتها الحيوية عن تلك التي تعيش عند منطقة خط الاستواء المتميزة بحرارتها المرتفعة المنتظمة فضلا عن تساوي نهارها وليلها في الطول . كما ان للفترة الضوئية تاثيرها على الحيوانات فيلاحظ بان لهذه الفترة علاقة ببعض الفعاليات الفسيولوجية كالطيور تشمل تغير ريشها ولونه وترسيب الدهن او وضع البيض والهجرة من مكان لاخر . فالطيور تهاجر شمالا عندما يطول النهار وجنوبا عندما يقصر

رابعا : الرياح Wind
ان لعامل الرياح تأثيرا ايجابيا واخر سلبا على بنية النظام البيئي . فالتاثير الايجابي يمكن ان يكون من خلال تاثيره على رفع درجة الحرارة على السفوح الجبلية المغطاة بالثلوج مما يساعد على ذوبان الثلوج وتوفير المياه مما يدعم نمو الحشائش والنباتات الاخرى في الوديان والسهول . كما ان للرياح اهمية في نقل حبوب اللقاح لاتمام عملية التلقيح بين النباتات فضلا عن نقل بذور بعضها الى مواقع مختلفة مما تساعد في انتشار النباتات وتوزيعها . وتساعد الرياح البطيئة السرعة في ازالة الطبقة المستقرة Boundary layer من الهواء الرطب الوجود على سطح الاوراق النباتية مما تسهم في زيادة عملية النتح وبالتالي تدعم نمو النبات من خلال تبديد الحرارة من جسمه فضلا عن استمرارية صعود عمود الماء الى اجزاء النبات العليا . اما الرياح الشديدة فان تاثيرها يكون سلبيا على بعض مكونات النظام البيئي . فقد تسهم في ازالة الطبقة العليا السطحية من التربة الغنية بالعناصر الغذائية مما يؤدي الى فقدان تلك المغذيات . فضلا عن نقل حبيبات التربة من منطقة الى اخرى مما يسبب تغيرا في صفات التربة . كما تحدث الرياح اضرارا ميكانيكية مثل كسر او ثني اجزاء من النبات واحيانا تكون الرياح اكثر شدة (اكثر من 120 كيلو متر بالساعة) فتؤدي الى اقتلاع الاشجار حتى الكبيرة منها من جذورها
واعتمادا على توزيع الضغط الجوي يمكن تقسيم الرياح الى عدة انواع من اهمها ما ياتي :

1- الرياح الدائمية Permenant winds : وتهب طوال السنة تقريبا لكن تختلف في سرعتها وانتشارها من فصل لاخر .
2- الرياح الموسمية The monosoons : ويكون اتجاهها متغيرا في معظم الاحيان مابين فصلي الصيف والشتاء
3- الرياح اليومية Daily winds : وتهب بصورة خفيفة نتيجة للاختلافات المحلية في درجات الحرارة وتؤثر عادة على مناخ مناطق صغيرة نسبيا ومن امثلتها نسيم البر ونسيم البحر ونسيم الجبل ونسيم الوادي .
4- الرياح المحلية Local winds : وتهب هذه الرياح بنظام ثابت ولفترات قصيرة (بضعة ايام) . وقد تنشط في بعض الفصول
خامسا : التربه

الاقاليم الحيوية أو المناطق البيئية Biomes

مفهوم الإقليم الحيوي والمنطقة البيئية
الضوابط المناخيه المحدد للإقليم الحيوي
تصنيف الأقاليم المناخيه الأساسية
الأقاليم الحيوية البرية الأساسية (إقليم التندرا،إقليم الغابات، إقليم أراضي الحشائش والمراعي،أقليم الصحارى)

مفهوم الإقليم الحيوي أو المنطقة البيئية Biome :

يشير الباحث هيكمان ومساعدوه (1989) إلى أن وجود الحياة بمختلف صورها يقتصر على الحدود بين الجزء اليابس من الأرض وأغلفة الهواء والماء ضمن مديات محدودة يعبر عنها بيئيا بالغلاف الحيوي . ومعنى ذلك أن الأحياء في هذا الغلاف يمكن دراستها بعدة مستويات مختلفة من التنظيم ، حيث يتشكل الغلاف البيئي Ecosphere من عدة نظم بيئية Ecosystems وهذه الأنظمة تحتوي على عدة مستويات هي الكائن الحي Organism والعشيرة البيئية أو المجموعة السكانية Population ثم المستوى الأعلى والمتمثل بالمستعمرة أو المجتمع Community والتي تكوُن مع الجزء غير الحي(الوسط المحيط) النظام البيئي Ecosystem . لذلك فإن المستوى الأدنى من التنظيم يتمثل بالكائن الحي أو الفرد Individual والمستوى التنظيمي الأكثر شمولاً هو النظام البيئي Ecosystem . ولكن عدد آخر من العلماء أمثال العالم البيوكيميائي Hinderson 1956 وغيره يرون من خلال دراستهم لمفهوم البيئة الملائمة أو ملائمة البيئة للكائن الحي (The fitness of environment) بأن الغلاف البيئي Ecosphere والأرض بشكل خاص ، تعتبر أفضل البيئات الملائمة للحياة واستمرارها، وهذا التصور مبني على أساس العلاقة المتبادلة بين الكائن الحي ووسطه البيئي, هذا التبادل المشترك الذي أدى إلى تغير في صور الكائن الحي من جهة وتغير طبيعة البيئة ذاتها من جهة أخرى، هذا التغير استند عليه العلماء في توصيف تبدل أشكال الأرض , والتطور الحاصل في عالم النباتات والحيوانات من خلال ظهور أنواع جديدة وانقراض أنواع أخرى أقل مقاومة لظروف البيئة المختلفة، وبمعنى أشمل أن الغلاف الحيوي قد تطور وكذلك الكائنات الموجودة فيه، الأمر الذي قاد إلى إحداث تغيرات في البيئة بمختلف المستويات أدت إلى الاختلاف في توزيع العناصر الأساسية للحياة وكذلك الاختلاف في توزيع عناصر المناخ مثل الحرارة والرطوبة والأمطار والعوامل الفيزيائية كالضغط والضوء وغيرها.هذا التغير في النتيجة أدى إلى نشوء مناطق متميزة في العالم تتكون من عدة أنظمة بيئية صغيرة أو كبيرة مائية أو برية أوصحراوية مختلفة ولكنها تقع في نفس المنطقة البيئية، هذا التكوين الجديد المتميز أطلق عليه اسم المنطقة البيئية أو الإقليم الحيوي أو البيئي Environmental biome .

الأقاليم الحيوية وعلاقتها بتنوع الأحياء :

عند دراسة الطبيعة نجد أنها تتكون من عدة نظم بيئية متنوعة وتشكل مجموعتين أساسيتين من الأقاليم الحيوية المفتوحة والمغلقة حيث تتمثل المجموعة الأولى بمناطق التندر Tundra (الصحارى الباردة) والسافانا وأراضي الأعشاب Savanna and grassland والصحارى الحارة Deserts . بينما تتمثل الأقاليم الحيوية المغلقة بالمناطق التالية : الغابات المخروطية Coniferous forestsغابات المناطق المعتدلة Temperate Forests غابات حوض البحر المتوسط Mediterranean Forests الغابات الاستوائية Tropical Forests . ومن خلال ما تقدم نجد أن هناك عاملين أساسين في تحديد طبيعة المنطقة البيئية هما "

- **شكل الغطاء النباتي**
- **وطبيعة المناخ الإقليمي Climate .**

واعتمادا على هذه العوامل برزت إلى الوجود فكرة المناطق النباتية الجغرافية Plant geographic regions أو ما يدعي بالـ (Plytochoria) التي اقترحت عام 1817 من قبل الباحث Humbolt . وهنا تعتمد عملية تحديدها على الكتله النباتية (Flora) من حيث الأنواع النباتية الطبيعية ومميزات الغطاء النباتي Vegetation والمناخ Climate وعوامله، ويمكن تحديد هذه المناطق بحساب كمية الأمطار وتوزيعها على أشهر السنة ، وكذلك السواقط والثلوج والبرد وتوزيع درجات الحرارة والرطوبة وذلك باستخدام التشكلات المناخية Climatic diagrams أو المنحنيات المائية الحرارية Hydrometric curves ، حيث يمكن من خلال استخدام هذه المؤشرات المناخية معرفة وتقسيم أشهر السنة إلى أشهر رطبة وأشهر جافة وباردة ومعرفة متوسط درجات الحرارة السنوية والارتفاع عن مستوى سطح البحر كما يمكن التمييز بين المناطق المناخية المختلفة.

أما عندما نستخدم مفهوم الفلورا Flora في تحديد المناطق الجغرافية فإننا نعتمد بذلك على الإحصاء الحيوي للأنواع بالدرجة الأولى وخاصة النباتات الزهرية والفصائل المهمة الأخرى، من خلال معرفة عدد الأنواع النباتية والأجناس، وعدد الأنواع في كل جنس، أي ما يدعى بتباين الأنواع Diversity ، كذلك تشخيص بعض الأنواع السائدة في المنطقة Dominants species

التي يفضل العديد من علماء البيئة استخدامها في تحديد المناطق الجغرافية، حيث يعتبر هؤلاء الباحثون بأن حدود توزيع هذه الأنواع تمثل حدوداً للمنطقة الجغرافية ، كاعتبار أشجار النخيل محددة للمناطق الصحراوية ، وأشجار الزيتون محدد لمنطقة حوض البحر الأبيض المتوسط على سبيل المثال. ويستند أصحاب هذا الرأي على أن هذه الأنواع المتميزة والسائدة هي كدلائل حيوية على ظروف بيئية خاصة بهذه المناطق استطاعت هذه الأنواع التكيف معها وأصبحت أنواع مستوطنة فيها Endemics وصفة مميزة للمنطقة الجغرافية كنباتات المناطق الملحية Halophytes والنباتات الرملية Psmmophytes والنباتات الصحراوية Xerophytes والنباتات القطبية وغيرها .

الضوابط المناخية Climatic controls :

تتفق جميع الدراسات البيئية والجغرافية وعلوم المناخ على أن طبيعة المناخ وشكل التضاريس ودرجات الحرارة وكمية الأمطار هي التي تحدد شكل الغطاء النباتي Vegetation الذي يشكل القاعدة الأساسية لصورة المجتمع الحيوي Biocommunity الذي تنشأ عنه الأنظمة البيئية المتخصصة Ecosystems والتي تكون بمجموعها المنطقة البيئية Biome أو ما يسمى (الحيومات). لذلك فأن عنصر المناخ هو الركن الأساسي الذي يعتمد عليه توزيع هذه الأقاليم الحيوية، ونشوءه هذا المناخ يستند على مجموعه من الضوابط المناخية أهمها مايلي:

1. الموقع من دائرة العرض : حيث يلعب هذا الموقع دور مهم في التباين المكاني ومقدار اكتساب الحرارة من أشعة الشمس ويتحدد عليها طول النهار وعدد ساعات الشروق الشمسي وتمايز فصول النمو الأربعة المعروفة .
2. توزيع الماء واليابسة على الكره الأرضية : يشير الباحثين Neman 1966 و Gross 1971بأن الغلافين المائي والبري متباينين في توزيعهما بين نصف الكرة الأرضية الشمالي الذي يشكل 67% من الجزء اليابس أما الجزء الجنوبي فلا يشكل أكثر من 10% وهذا التوزيع يفرض ظروف مناخيه خاصة بكل جزء ويحدد طبيعة أقاليمه الحيوية ، وبذلك يمثل الشمالي الجزء اليابس بينما الجزء الجنوبي يسمى بالجزء المائي.
3. الموقع الجغرافي والرياح السائدة : يتأثر المناخ لأية منطقه بيئية من العالم بطبيعة موقعه في القارة الموجود فيها عندما يكون مواجها لرياح القارة Windward أو يقع في الجهة المعاكسة من القارة Leeward ، حيث يستقبل الموقع الأول الرياح البحرية المحملة بالرطوبة ، بينما الجزء الثاني تهب منه الرياح باتجاه المحيط Ocean .
4. السلاسل الجبلية والمرتفعات : تلعب السلاسل الجبلية والمرتفعات دور كبير في تحديد شكل المناخ السائد في منطقتها حيث تعمل على حجز وتقليل التأثير الملطف للرياح البحرية العالية الرطوبة من الامتداد الى اليابسة وبذلك تحدد حجم الغطاء النباتي وتوزيع المناخ الرطب ، بالإضافة الى ذلك فلها تأثير آخر هو حجز السواقط falling من ثلوج وأمطار على السفوح المقابلة للرياح ، مما يؤثر على المناطق المعاكسة حتى في نفس السلسلة الجبلية وخير مثال على ذلك ما تقوم به سلسلة جبال (الهمالايا) في شبه القارة الهندية حيث يصبح المناخ موسمي في الهند بينما مناخ قاري شبه جاف في هضبة (التبت) كما ان هذه المرتفعات تكون مناخات محليه شديدة التباين كما في مرتفعات شرق أفريقيا ومناطق السلاسل الجبلية في العراق .
5. التيارات المائية البحرية : تقوم التيارات الناشئة من البحار بد ور كبير في تحديد شكل المناخ على سطح الارض، لأن المياه تتوزع في جميع مساحة الكرة الأرضية وتشغل أكثر من 67% من مجموع مساحتها. وسبب هذا التأثير يعود الى كمية الطاقة الحرارية الهائلة التي تحملها هذه التيارات من منطقة الى أخرى، فتشير التقديرات الى ان كل ميل مكعب من المياه الدافئة يستطيع ان يحمل 184 سعر حرارية وأن تيار بحري عرضه 100 ميل وعمقه ربع ميل وسرعته ميل واحد بالساعة يستطيع ان يحرك 25 ميل مكعب من المياه في الساعة وهذه العملية تعادل كمية الحرارة الموجودة في 175 طن من الفحم (كربل ، محمد 1986) لذلك فإن مرور هذا التيار المصحوب برياح باتجاه اليابسة يؤثر بشكل كبير في درجات الحرارة والرطوبة حسب نوعه، هل كونه دافيء أو بارد، فالدافئ يتحرك باتجاه القطب أما البارد فيتحرك نحو خط الاستواء .
6. أنظمة الضغط والرياح: أثبتت الدراسات المناخيه وجود علاقة كبيرة بين أنظمة الضغط الجوي وحركة الرياح الرئيسية في العالم ، فالمناطق التي يحصل فيها حالة التقابل Convergence مع وجود منخفضات جوية يؤدي تكون ذات أمطار غزيرة ، كما في المنطقة الاستوائية ، بينما المناطق التي يحصل فيها ما يسمى بالافتراق Divergence وضغط عالي تتكون فيها الظروف الجافة كما في البيئات الصحراوية كالصحراء الأفريقية الكبرى وصحاري الجزيرة العربية ، بينما المناطق ذات الضغوط الجوية المتنقلة في المواقع تكون فيها الأمطار متوسطه، ونتيجة للتغير بمقادير الضغط الجوي وحركة الرياح يمكن ان تقع بعض الأقاليم في حالة وسطيه بين الأقاليم الجافة والرطبة حسب فصول السنة (كما في أقاليم مناخ البحر المتوسط) ومعظم الدول العربية والبلدان المجاورة كتركيا وإيران وغيرها .

تصنيف الأقاليم المناخية :

رغم الصعوبة الحقيقية في وضع أسس تتناول جميع التأثيرات التي ذكرناها لتوصيف المناخ في أية منطقة من العالم ، إلا أن هنالك العديد من النظم التصنيفية التي ظهرت بدراسات وآراء للعديد من الباحثين في هذا المجال امثال Strahler , Koeppen Demartonne, Meler وغيرهم إلا أن أكثر هذه النظم المناخيه هي ما وضعه كلا من العالم الروسي Koppen والأمريكي Thornthwait كلا على انفراد حيث قسم (كوبن) مناخ الكره الأرضية الى خمسة أنماط رئيسيه هي :

المناخ المداري المطير

المناخ الجاف
المناخ المعتدل الدفيء الرطب
المناخ المعتدل البارد
المناخ المتجمد E

ومما يجعل تصنيف الباحث (كوبن) مهماً هو وصفه للحدود الحرارية لكل من هذه الأنظمة وتضمينه أقاليم ثانوية داخل هذه المناخات الرئيسية هو معالجته للتداخل الذي يحصل في العديد من العوامل المؤثرة في المناخ العالمي.

العلاقة بين عوامل المناخ وطبيعة الغطاء النباتي:

بعد ظهور أبحاث وتصنيفات الباحث البيولوجي الروسي (فلاديمير كوبن) بعد عام 1900 حول المناخ وتصنيف الأقاليم المناخية جاءت دراسات الباحث الأمريكي Thornthwait الذي كان من المهتمين في مجال الزراعة وحماية التربة، وبدأت أبحاثه للظهور في أعوام 1933 و 1942 حيث وضع تصنيفا يحمل اسمه ومعتمدا في المراجع العلمية منذ عام 1948 . حيث اعتمد هذا الباحث في أفكاره على مبدأ كفاءة التساقط Effectiveness of precipitation في تقسيم ووصف الأقاليم المناخيه في العالم وربطها بتوزيع الغطاء النباتي الطبيعي Natural vegetation وذلك من خلال وضعه لعلاقة رياضية لحساب كفاءة التساقط ، والتي تعني في علم الجغرافيا المناخيه والأرصاد النسبة المئوية لكمية التساقط ومقدار التبخر المطروح منها أو المحسوب في منطقة محدده من الأرض أي المنطقة المستهدفة بالدراسة والتحليل. وعلى ضوء هذه الدراسات تم وصف الاقاليم التالية:

الأقاليم الحيوية البرية Terrestrial Biomes:

1- إقليم التندرا Tundra biome أو الصحراء الثلجية القطبية .

2- إقليم الغابات Forests ويشمل :

أ- منطقة الغابات المخروطية أو (التيغا) Coniferous forests Taiga

or

ب- منطقة الغابات المطيرة والمعتدلة Temperate and rain forests

ج- منطقة الغابات المتساقطة الأوراق أو النفظية Deciduous forests

د- منطقة الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forests

ه- منطقة الغابات المتوسطية Mediterranean forests

و- منطقة الغابات المدارية الحرجة (ألقزميه) Tropical scrub forests

3- إقليم أراضي الحشائش والمراعي Grasslands biome ويشمل :

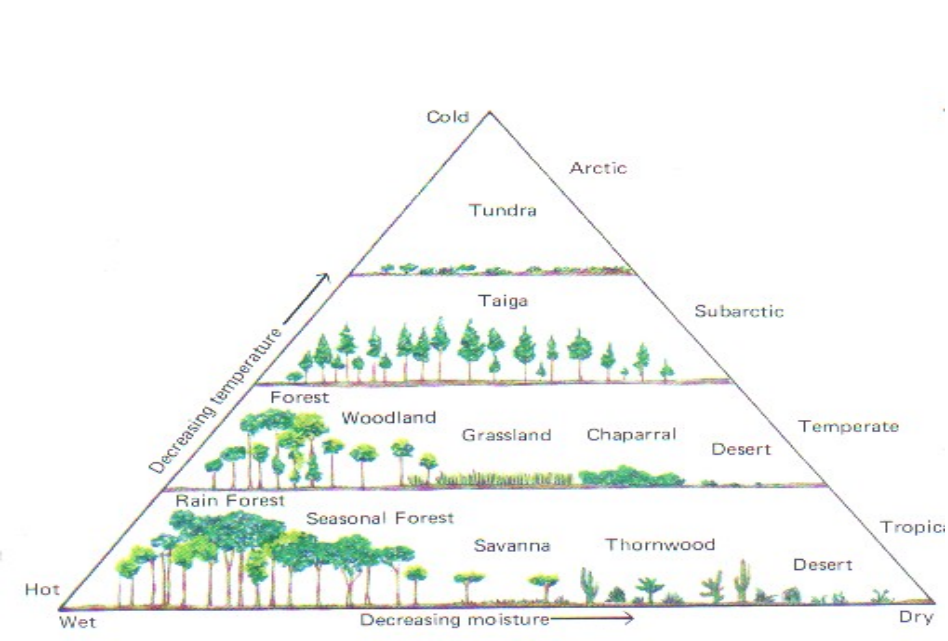
حشائش المناطق الاستوائية (السفانا) Savanna

ي حشائش المناطق المعتدلة Temperate

grassl

م المراعي Grassland

م الصحارى الحارة . Desert biome



شكل يبين التكوينات الحيوية Biomes الأساسية في مناطق العالم وعلاقتها مع عاملي الحرارة والرطوبة (Arms 1990).

الأقاليم الحيوية وعلاقتها بتنوع الأحياء :

من وجهة نظر بيئية و حيويه يؤكد علماء البيئة والبيولوجيا يؤكدون على أنه لا يمكن تحديد أنواع التكوينات الحيوية أو الأقاليم Biomes الحيوية المختلفة بشكل دقيق ، ويعود سبب ذلك بكل بساطه الى أنه لا توجد منطقة بيئة او جغرافيه متجانسة تماما من حيث الغطاء النباتي Vegetation أو المجتمع الحيواني المرافق له Animal community لذلك فإننا سنستخدم في هذا الكتاب أسلوب الاعتماد على توزيع درجات الحرارة وكمية الأمطار وطول موسم النمو وطبيعة الغطاء النباتي السائد وشكل المجتمع الحيواني السائد أي (طبيعة السكان) كعوامل مشتركة في تقسيم هذه الأقاليم كبيئات متميزة أو تكوينات حيوية رئيسيه أهمها :

1- إقليم التندرا القطبية :

تقع هذه المنطقة ضمن مناخ التندرا حيث تصل درجة الحرارة في الأول من فصل الصيف الى حوالي 10 ^{0}م ولا تزيد درجة الحرارة عن درجة الانجماد او الصفر المئوي للمنطقة طيلة العام ، لذا فأن التندرا القطبية تمثل ذلك المجتمع الحيوي الذي يحتل خطوط العرض الشمالية وبصورة عامة فوق خط العرض الشمالي 60 درجة ، وتكون النباتات السائدة هي الاشنات (اتحاد بين الطحلب والفطر) ومن أهمها اشنة التربة وحشائش البردي القطبي وبعض الشجيرات ألقزميه وبصوره خاصة الصفصاف القزمي *Salix sp* والتوت البردي *Vaccinium sp* والبتولا ألقزميه *Betula sp* وأنواع من الحزازيات ، وخلال فترة الصيف القصيرة التي تتراوح بين 50-190 يوم تقريبا يكون موسم الإزهار فجائيا وذو ألوان زاهية وتكون الخضرة مبطنة بكتلة اسفنجيه سميكة من النباتات الميتة . كما ان فعل الأحياء المختلفة بطيئا نظرا لدرجات الحرارة المنخفضة حيث تكون اغلب أراضيها متجمدة بصوره مستمرة وتكون هذه الحالة ما يسمى بالـ Permaforst) طبقة التجمد) ولهذا يطلق على مساحه كبيرة منها بالصحراء الجليدية . أما المجتمع الحيواني فيكون محدود بأنواع قليلة نسبيا من الطيور أو الثدييات والحشرات وتشمل الثدييات المتواجدة والسائدة أنواع الأيائل المتعددة مثل أيل الرنة *Rengifer tarandus* و الأرنب القطبي *Lepus arcticus* وحيوان اللاموس *Lemmus sp* والثعلب القطبي *Alopex lagous* وتتضمن الطيور السائدة الترجمان *Lagopus lagopus* وأنواع أخرى من الطيور مثل المانشو ، البطريق ، وطيور شبيهة بالدجاج وطير شبيه بالعصفور وأنواع من البوم ، أما الحشرات فأغلبها من رتبة ثنائيات الأجنحة Diptera مثل الذباب الأسود والبعوض ، وتبدو التندرا معدومة الحياة نسبيا خلال فصل الشتاء الطويل المظلم البارد والذي يمتد لفترة حوالي تسعة أشهر . وفيه تكون النباتات في طور سكون وتبقى الحيوانات على قيد الحياة إما بالاختفاء تحت الجليد أو بالهجرة الى مناطق تتمتع بمناخ اقل برودة . وخلال فصل الصيف تصبح التندرا ذات إنتاجيه عالية للحياة النباتية والحيوانية معا وذلك كنتيجة طبيعية للساعات الطويلة من النهار وارتفاع درجة الحرارة الى حد الدفيء وربما تكمن الميزة الواضحة في بيئة التندرا أن إنتاجيتها تكون مفاجئه في الفترة الوجيزة ويظهر اثر هذه الإنتاجية الى ما وراء حدود التندرا نفسها لمسافات بعيده حيث تهاجر الطيور التي تناسلت فيها باتجاه الجنوب الى المناطق المعتدلة في فصل الخريف وبداية الشتاء . ويشكل أيل الرنة الذي يعيش على الاشنات وحشائش التندرا مصدر رئيسي لغذاء الإنسان القطبي حول العالم . وتشكل التندرا منطقه مهمة للإنسان من نواحي عديدة حيث تم اكتشاف العديد من الخامات والمعادن المهمة في العديد من المواقع البيئية المختلفة منها بالإضافة الى حيواناتها النادرة كالحيتان وعجول البحر والدب الأبيض والحيوانات ذات الفراء الثمين . ويمكن أن نجد مجتمع التندرا على ارتفاعات عالية في المناطق المعتدلة مثل تواجدها في جبال روكي وجبال الألب فهي تتواجد على ارتفاعات تتراوح بين 1200- 8000 قدم معتمدة على خطوط العرض فعند هذه الارتفاعات تتواجد الأنواع القطبية للنباتات والحيوانات الفقارية أيضا .

ونظرا لأن مجتمع التندرا بسيط نسبيا فأنه يكون حساساً بصورة خاصة ومعرضاً لخلل التوازن البيئي باستمرار وتواجه التندرا حاليا قلقا شديدا نظرا لازدهار صناعات النفط على المنحدر الشمالي في اللآسكا وهذا ما يؤدي الى تدمير بعض الأوجه والملامح

الأساسية لمجمع التندرا بالرغم من بذل الجهود الملموسة من قبل منظمات البيئة المختلفة لمنع حدوث أضرار بيئية واضحة على هذه المواقع .

2- إقليم الغابات :

تشكل مناطق الغابات ما مقداره (57 مليون كم ^{2}) من مساحة الكرة الأرضية وهو ما يعادل حوالي ثلث اليابسة وتغطي كتله حيوية تقدر بـ (أكثر من 1000 طن هكتار وأكثر من 1700 مليار طن كتله حيوية لمجموع أنظمتها أو غاباتها) تتمثل بالمدارات المعتدلة ،والشمالية والمتفرقة وبمعدل إنتاج أولى يبلغ حوالي 47 طن /هكتار /السنة . ويعتمد تقسيم الغطاء النباتي الى أقاليم ثانوية مثل الغابات الصنوبرية أو التيغا والغابات المطيرة المعتدلة وغابات متساقطة الأوراق والغابات الاستوائية والغابات المتوسطة والاستوائية الحرجة أو القزمية على أساس طبيعة المناخ ونوعية التربة وطبيعة الغطاء النباتي السائد فيها ومن أهمها ما يلي :

أ- منطقة الغابات المخروطية الصنوبرية أو(التيغا) Coniferous forests :

تبدأ حدود هذه الغابات في جنوب منطقة التندرا القطبية ، وكذلك تجاور الغابات متساقطة الأوراق في الارتفاعات العالية في نصف الكره الشمالي ، حيث تلتقي في هذه المنطقة ثلاثة أقاليم هي التندرا ، الغابات المخروطية ، الغابات متساقطة الأوراق ، أهم مميزات هذه المنطقة هو كون الشتاء البارد فيها طويل يمتد الى حوالي 9 اشهر من السنة وبقية الفصول تتمثل بالأشهر الثلاثة الباقية ، ومعنى ذلك أن درجات الحرارة فيها منخفضة ، وأعلى درجات الحرارة التي يمكن ان تحصل في فصل الصيف لا تتجاوز 20 ^{0}م ويكون النهار فيها قصير . لذلك فأن الغطاء النباتي فيها يكون بطيء النمو بسبب هذا الانخفاض الحراري ، كذلك فأن كمية الأمطار قليلة مقارنة مع المناطق المعتدلة والاستوائية حيث تكون بحدود 250-1000 ملم مطري في السنة معظمه يسقط بهيئة ثلج كما ان التربة فيها تكون من النوع الحامضي نتيجة لقلة التبخر قياسا الى التساقط وانخفاض كبير في نسبة الملوحة والمواد العضوية ، لهذا نجد أنواع محدده من النباتات تتمثل بأنواع محدودة من الأشجار المخروطية مثل السرو Spruce والتنوب Fir ، والصنوبر والشوكران واللاركس ، ولذلك تسمى بمنطقة التيجا Taiga ، وتظهر هذه الغابات بشكل واضح كلما تقدمنا باتجاه الشمال البارد في الكره الأرضية كالمناطق الكندية ، والأسكا ، والدول الأسكندنافيه ، ومناطق سيبريا في روسيا الاتحادية وخاصة المناطق الواقعة بين خطي عرض 50- 60 درجة شمالا وكذلك تظهر في هذه الغابات أنواع من الاشنات والحشائش والإعشاب المتكيفة للبرودة كذلك تنتشر في أراضي هذا الإقليم البحيرات المائية المختلفة الإحجام مثل بحيرة البايكال lake Baikal في منطقة سيبريا الروسية وبحيرة lake Superior في أمريكا الشمالية وتمتاز هذه البحيرات بكونها كبيرة وعميقة ذات مياه نقيه ولكنها تصنف من ضمن البحيرات قليلة الإنتاجية Oligotrophic lake .

يتميز المجتمع الحيواني في هذه الغابات بأنه يتكون من أنواع مقيمه تتميز بها المنطقة كأنواع من الطيور وعجول الموسى Mosse والأيائل Rangifers بحيث يطيب لبعض الباحثين بتسميته الإقليم بإقليم الموسى والأيائل Moose-biomes ، أما الأنواع الأخرى اما تعيش فيها او تنتقل بينها وبين الأقاليم المجاورة كما هو الحال في حيوانات الدب البني والذائب والثعالب والسناجب كما تدخلها طيور الوشق المهاجرة خاصة في فصل الشتاء مع العديد من حيوانات التندرا Tundra Biomeومن أهم حيوانات هذه المنطقة السناجب Scinrus الدب الأسود *Ursus americana* الذئاب ,*Canis lupus* وأرانب ذو القباب الثلجي *Lepus americans* والسنسار *americana Martes* والوعل *sp Odocoilens* وغيرها من الأحياء .

ب- منطقة الغابات المعتدلة المطيرة (Temperate rain forests) :

يتميز مناخ هذه المنطقة بتباين موضعي واضح في درجات الحرارة ، ويمكن أن نجده على الجوانب الاستوائية في منطقة العروض الوسطي من الجهات القارية أو أنه يبتعد باتجاه القطبين في الأقاليم البحرية ، وهذه المنطقة في جميع الأحوال ذات موقع متوسط بين المناخ المدارى ومناخ داخل القارات لذلك تتميز فيها فصول النمو الأربعة ، ولكنها جميعاً تمتاز برطوبة عالية تتوزع بشكل منتظم بين مناطق الإقليم على مدار السنة ، وهذه الصفة المهمة تعطى فرصة أفضل لنمو النباتات الدائمية والتي يساعد وجودها بكثافة عالية على سيادة الأجواء الرطبة . تظهر هذه المنطقة في جنوب منطقة الغابات المخروطية coniferous forests الى حدود المنطقة التي يتوقف فيها حدوث الصقيع ، ويتمثل هذا المناخ في المناطق التالية :

1. الجوانب الشرقية للقارات في مناطق العروض الوسطي الدنيا .
2. الجوانب الغربية للقارات بشكل أشرطة ساحلية ضيقة في قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية وأراضى منبسطة واسعة في منطقة غرب أوربا .
3. مناطق داخل القارات بالعروض الدنيا والوسطي خاصة في المناطق المرتفعة نسبياً حيث تقل الحرارة وتزداد الرطوبة كما في شرق أسيا ، والساحل الجنوبي في استراليا وغربها .

وتشكل هذه المناطق ما مقداره (13 مليون كيلو متر مربع) من مساحة الكرة الأرضية وتعطى كتلة حيوية تقدر بحوالى 300 طن/ هكتار/ سنوياً ، وهى من المناطق ذات الإنتاجية العالية نسبياً حيث تقدر إنتاجيتها بحوالى 13 طن / هكتار/ السنة . أهم نباتاتها من أجناس النباتات الخشبية القوية مثل أشجار الاسفندان Maple ، والجوز Hickory وأشجار البلوط oak ، وأشجار الزان Beech ، بالإضافة الى أجناس أشجار السنديان quercus المختلفة الأنواع . كما في الجنوب الشرقي من أمريكا الشمالية وبشكل خاص في ولاية فلوريدا ، والساحل الجنوبي الشرقي للبرازيل ، ونيوزيلندا ومناطق في شرق آسيا وغيرها .

ويختلف توزيع هذه الأشجار حسب درجات الحرارة والرطوبة والجفاف فمثلاً لاحظ الباحثون انتشار أشجار الزان في مناطق شرق الولايات المتحدة ، بينما تنشر الصنوبريات والسنديان في المناطق القليلة الرطوبة في ولاية تكساس بينما تصبح الصنوبريات هي السائدة في مناطق الوسط وغرب أمريكا . كما تظهر في بعض مناطق هذه الغابات النباتات السائدة عريضة الأوراق دائمة الخضرة مثل البلوط الحي *Quercus virginrana* في الجهات الشمالية والمنغولية Magnatias والكستنائيات Bays والايلكس Hoilies وأنواع من التين المعلق *Ficus aurea* والتمر الهندي ايرى *Lysilema* والسابال النخيلى *Sabal palme* وغيرها من المجاميع الأكثر ميلاً للظروف الدافئة ، أما بالنسبة للحياة الحيوانية فيها فتكون هي الأخرى متناسبة مع طبيعة الغطاء النباتي المتكون من النباتات القارية وعريضة الأوراق والعديد من السرخسيات والسحلبيات ، ومن اشهر حيوانات هذه المنطقة هي الغزلان Deer والراكون Raccoon والسلمندرات Salamander ، والقوارض والضفادع والطيور المائية والعديد من الحشرات مثل حفارات الخشب وآكلات الرحيق والبذور كذلك فإن التربة تكون غنية بالمواد الدبالية والديدان المختلفة ويرقات الأحياء المختلفة التي تعيش بين طبقات هذه التربة ، نتيجة لتوفر الرطوبة في أغلب أوقات السنة مما يساعد على التحلل ويزيد من عمق التربة الملائم لتوزيع المجاميع والأنواع الحيوية المتباينة .

ج- منطقة الغابات النفظية (متساقطة الاوراق) Deciduous forests:

تقع هذه الغابات ضمن مناطق المناخ المعتدل على الجانب الغربي من القارات وفي منطقة العروض الوسطى وتمتد بشكل تقريبي بين المداريين حتى حوالي 40^0 شمالاً وجنوباً . وتمثل منطقة الجنوب الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية أوسع مناطق هذه المنطقة ، كما يمكن أن توجد في امريكا الجنوبية في أجزاء من الأرجنتين حتى جنوب البرازيل ، كما توجد في أجزاء من قارة آسيا في قسم من أراضي اليابان والصين وكوريا ، كذلك يظهر مناخ هذه المنطقة في الجزء الشرقي من قارة أستراليا ، وعلى شكل شريط ضيق من الجنوب الشرقي من افريقيا ، ومناطق محدودة من أوروبا وبعض سواحل البحر الأسود لذلك نلاحظ تداخل في بعض أطرافها مع المناطق المدارية والمناطق المعتدلة ونجد بذلك نوعين من الغابات النفطية ، هما الغابات النفظية المدارية Tropical deciduous forests والغابات النفظية المعتدلة Temperate deciduous forests ، توجد الأولى في نصفي الكرة الأرضية في المناطق ذات المناخ المداري والأمطار الصيفية كما في أغلب مناطق استراليا والأجزاء الجنوبية الشرقية في الولايات المتحدة المتحدة الامريكية ، وأمريكا الجنوبية ، ومناطق الصين واليابان وكوريا والتي تتوزع فيها الأمطار الصيفية بشكل منتظم وتصل إلى حوالي (100 سم) . أما النوع الثاني من الغابات فيمكن أن نجده في مناطق المناخ الواقع على الجوانب الغربية المواجهة للرياح من القارات ابتداءً من دائرة عرض 40^0 باتجاه القطبين ، كما في الجزر البريطانية ، ونيوزلندة ، والساحل الأفريقي ، وسواحل امريكا الشمالية والجنوبية ، يتميز هذا المناخ بعدم وجود فترة جفاف بسبب بعده عن خط الاستواء ، ويكون فيه الصيف معتدل والمناخ رطب طوال العام وتصل الأمطار فيه من 500 – 890 ملم وفي مناطق السواحل تصبح بين 2500 – 3800 ملم ، وتتوزع الأمطار فيه توزيعاً منتظماً على جميع فصول السنة .

ولذلك فإن منطقة الغابات المتساقطة الأوراق تتميز بتنوع نباتي وحيواني جيد نتيجة لتنوع المناخ فيها وتباين مستوى سقوط الامطار ومواسمها ، وأن عملية سقوط الأوراق فيها مناسباً مع تبدل هذه الفصول الواضحة التغاير الحراري ، وهذه الكميات الكبيرة من الأوراق المتساقطة تضيف للتربة كميات كبيرة من (الدبال والمواد العضوية والمغذيات النباتية المهمة مما يساعد على نمو غطاء نباتي كيف من الأعشاب و الحشائش المختلفة والأشجار المعمرة ، كما أن عملية التساقط هذه تسمح للضوء أن يصل إلى مستويات الغابة المختلفة وتستفيد منها النباتات الواطنة لذلك نجد الطحالب والأشنات و أنواع مختلفة من الحزازيات والفطريات (الكبيرة الحجم) التي تستخدم للأكل حيث تنمو قرب المجاميع الجذرية للأشجار . ومن أهم نباتات هذه المنطقة من الأشجار الكبيرة والمعمرة ، الزان الحرجي *Fagus sivesteres* والتوارق (لسان العصفور) والقسطل والجوز والعرعر وأشجار البلوط .

كذلك تمتاز هذه المناطق بتنوع حيواني عالي بسبب توفر المواد الغذائية وتوفر الرطوبة مما يسمح للعديد من الحيوانات بالاستفادة منها ، لذلك تظهر مجاميع جديدة من الأحياء لم نشاهدها في المناطق الاخرى من اقليم الغابات ، أهمها ظهور لافقريات التربة العضوية كديدان الأرض والحشرات الزاحفة ومجاميع من قواقع الغابات والأفاعي والسحالي ، التي تتواجد بكثافات عالية مقارنة مع المناطق الأخرى نتيجة لتوفر غذائها من الحشرات والضفادع . كما تبرز مجاميع مختلفة من القوارض وحافرات التربة والثديات المختلفة الصغيرة كالثعالب و الذئاب ،والثديات واللبائن الكبيرة الحجم كالخنازير البرية والدببة وحيوانات الأيل واليحمور ، كذلك تقطن هذه الغابات أنواع معينة من الطيور مثل نقار الخشب ، الديك الرومي ، الغراب ، وأنواع من البوم وغيرها .

د- منطقة الغابات الاستوائية المطيرة Tropical rain forests biome :

يبدأ ظهور هذه الغابات في المناطق المناخية الواقعة بين درجتي 5-10 درجة شمالاً وجنوبا من خط الاستواء ويزداد في هذه المناطق عند الجهات الشرقية المقابلة للرياح الرطبة حيث يصل امتدادها من 15-25 درجة شمالاً وجنوباً وتشكل منطقة مناخية متميزة تسمى (بمناطق الضغط الاستوائي المنخفض Doldrum) ولذلك فأن مناخ هذه الغابات يتميز بخاصيتين أساسيتين هما :

1. الارتفاع المتواصل بدرجات الحرارة حيث لا تقل عن 18-20مْ طول السنة .
2. الهطول المستمر للأمطار على طول السنة وتوزيعها على باقي الإقليم وبكميات كبيرة تتراوح من 1500-4300 ملم) .

وهاتين الصفتين تؤمنان رطوبة عالية وعدم وجود فصل جفاف على مدار العام وتوفر نباتات دائمة الخضرة ، ولهذا فإن هذه المنطقة تتميز بغطاء نباتي كثيف ذو إنتاجية بيولوجية مرتفعة جداً مقارنة مع بقية المناطق التى تم ذكرها حيث تبلغ انتياجاتها 900 جرام / م ^{2}/ السنة وتعطى كمية حيوية مقدارها مليار طن . وتشكل ما مقداره 34 .3 % من مجموعة مساحة الغابات في العالم . لذلك نجد أن تنوع الحياة يصل ذروته في هذه الغابات نتيجة لهذه العوامل ، وكما يشير الباحثون Scot , 1973 2000 Odum, 1955 Studhalter & Miller الى إن مثل هذه الغابات توجد في مناطق رئيسية من العالم هي :

1- مناطق حوضي الأمازون والأوربنوكو في أمريكا الجنوبية وأمريكا الوسطي .
2- مناطق أحواض نهر الكونغو والنيجر في وسط أفريقيا ومناطق مدغشقر .
3- مناطق الهند ، الملايو ، بورنيو ، غينيا الجديدة .

ورغم ان هذه المناطق جغرافيا و حيويا تمثل مناطق مختلفة إلا أن التركيب البيئي للغابات فيها متشابه لدرجة كبيرة رغم التباينات البسيطة في كميات تساقط الأمطار والتوزيع الحراري ، لذلك نشاهد أن بعض العوائل الشجرية تنمو بشكل سريع كما في أفراد عائلة Winteraceae بينما أنواع أخرى منها تعطى نمو متقطع حسب موقعها . كذلك تشير الدراسات البيئية لطبيعة الغطاء النباتي في هذه الغابات بأن التطبق العمودي لنباتاتها يظهر بشكل واضح جداً ، حيث تكون الطبقة الأولى من أشجار عالية الارتفاع جداً وتكون متباعدة ومبعثرة ،وتمثل أشجار طبقة الخيمة وتتراوح ارتفاعاتها بين 20-100 قدم وتمثل الغطاء النباتي السائد ونباتات الطبقة السفلية وهى ايضاً قليلة الكثافة إلا في المناطق المكشوفة ، كذلك تظهر بين أشجار هذه الغابة طبقتي الأحراش والأعشاب متمثلة بالخنشاريات والنباتات النجيلية وتكون قليلة الكثافة في المناطق المظللة ، وتنمو بشكل كثيف في مناطق الفسحات الضوئية في الغابة كما توجد العديد من النباتات المتسلقة والملتفة كالتين الخانق والعديد من النباتات الفوقية العرائش Liana مثل نبات التوت Rubus بالإضافة الى انتشار فطريات المايكورايزا mycorhizae التعايشية التي تحافظ على خصوبة التربة وهذه الخصوبة العالية والرطوبة العالية كذلك هي من أسباب التنوع العالي حيث تشير المراجع العلمية بأن الأنواع الشجرية فيها تصل الى حوالى 40-100 نوع في الهكتار الواحد ومن اشهر نباتاتها أشجار المانكا وأشجار التيك *Tectona grandis* وأشجار القهوة ، كما وصلت تلك الأشجار الى هذه المناطق وخاصة في مناطق الجبال المدارية وأصبحت متكيفة للمعيشة فيها كنباتات البلوط ، والتفاح Pyrus واللوز Amygdallus والزان Fayus وغيرها . ونتيجة لهذا التكيف الشجري العمودي نجد أن نسبة كبيرة من المواطن البيئية تظهر في هذه الغابات وتؤدى الى تنوع حيواني كبير فمثلا وجد في منطقة من غابات بنما انها تحتوى على 1200نوعاً من الأشجار وأكثر من 30000 نوع من الحشرات و 310 نوع من الطيور و 32 نوع من البرمائيات و 68 نوع من الزواحف و 70 نوع من من الثديات جميعها تتواجد على مساحة تقدر بحوالي 6 أميال مربعة فقط (C .H Southwick 1984) كما تظهر في الغابات الاستوائية المطيرة العديد من أنواع الزواحف والسحالي والحربائيات Iguanas والاجوانات والضفادع بشكل غيرمتجانس وتتوزع في مكانات كبيرة من هذه الغابات نتيجة لانتشار العديد من الحشرات التي تمثل غذاءً جيداً لها . كذلك يظهر فيها تنوع واضح في مجتمع الطيور نتيجة لتنوع الثمار والبذور وأنتشار دودة الأرض والأرضة التى تمثل غذاءً مفضلاً للعديد من هذه الطيور ومن أهم مجاميع طيورها الببغاوات ، الطوقان ، أبو قرن ، طيور الفردوس العاشق ، وغيرها من الحيوانات المختلفة التغذية .

ه- <u>إقليم الغابات المتوسطية Mediterranean forests biome</u> :

تقع هذه الغابات ضمن منطقة مناخ البحر المتوسط أو المناخ شبه المداري ، ويتميز هذا المناخ بمجموعة من الخصائص أهما أن الامطار الساقطة في مناطقه تكون أعلى كمية في فصل الشتاء ، أما الصيف فيكون جافاً أو قريباً من حالة الجفاف ويتميز بارتفاع درجات حرارته وشدة الاشعاع الشمسي ، أما الشتاء فيكون معتدل الحرارة كذلك يمتاز بظاهرة تتابع فترات المطر والجفاف في بعض أجزائه ، ويشمل هذا المناخ مامقداره 1 .7 % من مساحة اليابسة ويمتد على طول الجهات الغربية للقارات بين دائرتي عرض (30^0 - 45^0) ويقع بين مناخ السواحل الغربية البحري ومناخ السهوب المدارية من الجانب الاستوائي ولذلك يوصف بالمناخ الانتقالي (كربل ومحمد 1986) وهو يقع في نوعين أساسيين :

1. مناخ البحر المتوسط ذو الصيف الحار : ويوجد هذا المناخ حول البحر المتوسط ويمتد إلى داخل اليابسة كما في مناطق آسيا الغربية سواحل كالفورنيا في أمريكا الشمالية ، والحوض العظيم في جنوب استراليا ، حيث يتميز بدرجات حرارة تتراوح بين 8 – 28م ^{0} حسب البعد عن ساحل البحري . أما الشتاء فيتميز برطوبة نسبية عالية مصحوبة بإشعاع شمسي وتصل كمية الامطار فيه بين 350 – 750 ملم حسب الموقع من البحر . أما في الوطن العربي فيتمثل في سواحل سوريا ، لبنان ، الجزائر ، المغرب ، تونس ، المناطق الشاطئية في ليبيا ومصر ، وخاصة في الأجزاء الساحلية المنبسطة والجبال القريبة من الساحل في هذه الأقطار .
2. مناخ البحر المتوسط ذو الصيف المعتدل : يتمثل هذا المناخ مناطق الساحل الغربي من الولايات المتحدة والأجزاء الشمالية الغربية من شبه جزيرة ايبيريا (أوربا) وسط تشيلي والركن الجنوبي الغربي من افريقيا والركن الجنوبي الغربي من

استراليا ومناطق شرق سوريا وبعض مناطق داخل اسبانيا وغيرها من مناطق العالم ، ويكون الشتاء فيه جيد الحرارة حيث يبلغ متوسطها اقل من في العام و تتراوح درجات حرارته بين 15 – 21م ^{0} كحد أعلى ، وتزداد الأمطار شتاءً وتصل إلى 250 – 1500 ملم كحد أعلى . وكذلك يظهر الضباب اثناء الشتاء في أغلب المناطق الساحلية .

إن هذه الصفات من التباين الفصلي والتتابع في فترات هطول الامطار والجفاف أدت إلى تتابع منتظم في أدوار حياة الغطاء النباتي لهذه المنطقة (مقيلي وآخرون 1993) حيث تنمو ضمن المواقع الجافة اشجار و شجيرات دائمة الخضرة ذات أوراق جلدية سميكة مشكلة غابة مفتوحة نسبياً تسمى هذه الغابات باسماء مختلفة فتسمى Maqius ماكي في منطقة البحر المتوسط ، و Chaparral في كالفورينا والمكسيك و Mattoral في تشيلي و Mallee في استراليا (الخوري ، عبدو 1990) .

وأهم نباتاتها اشجار الصنوبر *Pinus sp* ، الارز *Cedrus atlentica* ، السرور *Abies* sp الكافور ، الجور *Juglans regia* ، البلوط *Quercus sp* ، الغازات *Laldrus nobilis* وأنواع من الرقوق *prunies sp* والشوح Abies ، وبعض الاشجار متساقطة الأوراق كالعذر *Ruercus cerris* ، والسنديان شبه العذري *Quercuy pseudo – cerris* ، البلوط *Qurecus ithapu- renisis* ، ولكن بالرغم من هذا التنوع الجيد والتباين بين هذه الأنواع إلا أن الباحثين في مجال البيئة والجغرافيا الحيوية يشيرون إلى كون هذا الإقليم قد أصبح في السنوات الاخيرة من المناطق التي تتصف بتدهور الغابات في أغلب أجزائه بسبب سوء استعمال موارده وخاصة الأشجار في الصناعات الخشبية ، بالاضافه الى الزحف العمراني والصناعي في أغلب مناطقه ، وهذا ينعكس على مجتمع الحيوانات التي تمتاز بها المنطقة فهو بالمقابل قليل التنوع وتتمثل بالعديد من أنواع الزواحف والحشرات مع أنواع محدودة من اللبائن كالغزلان والماعز الجبلي والأرانب والخنازير البرية وأنواع مختلفة من الطيور المقيمة ، كما يدخلها العديد من الطيور المهاجرة من المناطق المجاورة والبعيدة أثناء فترات الشتاء المعتدل وخاصة النوارس .

3- <u>إقليم أراضي الحشائش والمراعي Grassland biome</u>:

يطلق على إقليم هذه المناطق تسمية مناخ السافانا (savanna) وهو يمتاز بحصوله على كمية أمطار أقل من مناخ الغابات الاستوائية وأن هذه الأمطار لا تتوزع بشكل منتظم على اشهر السنة بل يتميز فيه فصلي نمو هما الصيف المطير والشتاء الجاف ويعتبر هذا المناخ انتقاليا بين مناخ الغابة الاستوائية المطيرة طول الهام من جهة ومناخ الاستبس الصحراوي الجاف من جهة أخرى . وفي قارة أفريقيا يحيط هذا المناخ بمناخ الغابات المدارية المطيرة من جوانبه الشمالية والشرقية والجنوبية ، أما في أمريكا اللاتينية فيقع جنوب هذه الغابات وشمال منطقة المناخ المدارى المطير ويظهر بوضوح في فنزويلا ، وأجزاء في كولومبيا ، شمال البرازيل و الأكوادور ، كذلك يمتد هذا المناخ في الجانب المطل على المحيط الهادي في أمريكا الوسطي ويمتد الى الشم الحتى مدار السرطان وكذلك يشمل العديد من مناطق الجانب الشرقي من هذا الأقليم ليظم معظم جزر الهند الغربية وبنجلادش وأجزاء كبيرة من جنوب شرقي أسيا وكذلك أجزاء صغير من جزر اندونيسيا والأقسام الجنوبية من الفلبين ومعظم شمال استراليا .

يتميز مناخ هذه المناطق بمستويات تساقط تتروح فيها الأمطار بين 10-15 سم في السنة ولكن كمياته غير منتظمة حيث تستلم بعضها كميات كبيرة كالمناطق المجاورة للمناخ الرطب بينما تستلم المناطق المجاور للمناخ الجاف كميات قليلة ، كذلك يتميز هذا المناخ بأن الأمطار تتركز في فصل الصيف ، أما الشتاء فيكون بارد نسبيا وجاف وهذه الخصائص تجعل من الغطاء النباتي لهذا الإقليم الحيوي متباين ولذلك يمكن أن نجد فيه المناطق التالية :

أ . <u>منطقة السفانا الاستوائية (السفانا الحارة (Savanna:</u>

يقع هذا الإقليم بين درجتي 8-18 درجة شمالاً وجنوباً وتعتبر هذه المنطقة بيئة انتقالية تقع بين منطقة الغابات المدارية وأراضى الحشائش grassland ولذلك فهي تحصل على معدلات جيدة من الأمطار وتصل الى حوالي 1250 ملم في فصل الصيف بشكل خاص ، وهذه الكمية تكفى لنمو أنواع مختلفة من الشجيرات (ذات التاج المفتوح) وعلى مسافات متباعدة بين الأعشاب والحشائش وبذلك يظهر التمنطق في الغطاء النباتي في هذه المنطقة . وعموماً تحتل السفانا حوالى 15 مليون كيلو متر مربع من مجموع الغطاء النباتي في العالم وتعطى كتلة حيوية مقدارها 40 طن / هكتار وتقدر إنتاجيتها البيولوجية بحوالى 7 طن/ هكتار / السنة ، وتعطى مجموع إنتاج حيوي يقدر بـ 10 .5 مليار طن سنوياً ، ومما يميز مناطق السفانا الحقيقية كما يشير الى ذلك الباحث بركوده (1987) هو وجود النباتات المتخشبة التى تمتلك جهازاً جذريا واسع الانتشار يمتد الى مسافات بعيدة في التربة وهو بذلك يتناسب مع الترب التى يكون فيها توزيع الماء غير متجانس سواءً في مناطق شتوية الأمطار أو صيفية الأمطار ، وهذا النوع من الترب يسمى بالترب المتحجرة وهى لا تصلح لنمو ألنجيلات ولذلك تظهر السفانا (أو الحشائش) التى يكون ارتفاعها من مترين الى ثلاثة وفى بعض الأماكن يكون أكثر من ذلك حسب كمية المطر ونوع التربة كما في المناطق التى يكون المطر فيها بحدود (200 ملم) حيث تصل فيها الرطوبة الى أعماق متوسطة من التربة . وعندما تصل الأمطار الى مستوى (300 ملم) فأن التربة تصبح ملائمة لنمو السفانا الشجيرية من الشجيرات القصيرة ، أما عندما تصل الأمطار الى حوالى (400 ملم) سنويا فإن كمية الرطوبة في التربة تصبح جيدة وتسمح بنمو أشجار متفرقة أى (السفانا الشجرية) كما يظهر في الشكل (10-5) ومن أهم نباتات هذه المناطق هي ، *Zizibhus sp* ، *Capparis sp* ، *sp Acacia*، *sp Salsola* ، *sp Artemesia* ، *sp Aristida*، *Panicum sp* ، *Chloris sp* ، *Cymbopogon sp* وغيرها الكثير من الأنواع .

أما مجتمعها الحيواني فيتميز بالحيوانات آكلة الشجيرات والحشائش الكبيرة أمثال الغزلان والظباء والوعول والحمار الوحشي والجاموس الأمريكي وبعض الزرافات والقطط البرية وأنوع من الفيلة ، كذلك تتواجد بعض أنواع الطيور الراقصة مثل النائدو Nandou في السفانا الأمريكية والنعامة Dstrick في المناطق الأفريقية ، كذلك تنتشر فيها أنواع عديدة من الحشرات وخاصة النمل والجراد والذباب وبالاخص نوع ذباب تسى تسى .

ب . أقاليم الحشائش المعتدلة :

تقع مناطق هذا الإقليم بين دائرتي عرض 30-40 شمالاً وجنوبا بحيث يكون موقعها داخل القارات ويمتد من إقليم البحر المتوسط غربا وال الإقليم الصيني شرقا ويمكن أن نجده في مناطق أوكرانيا وأجزاء من رومانيا والمجر في أوربا وفي منطقة البراري الأمريكية وشمال شرق الأرجنتين والعديد من أراضي البرغواي والأرغواي وفي منطقة الهضبة الجنوبية في أفريقيا (منطقة الفلد) والسهول الوسطي في استراليا وغيرها من المناطق حيث يتراوح تساقط الأمطار فيها بين 250-750 ملم/السنة وهذه الكميه من الناحية البيئية تكون كافيه لنمو الحشائش الجافة (الموسمية) ولا تكفي لنمو الأشجار وتكون الغابات ، لذلك نجد أن معظم الغطاء النباتي فيها تسوده الأنواع الجفافية Xerophytes التي تظهر خلال موسم المطر ، ومن أهمها أنواع العائلة النجيليه بالدرجة الأساسية من اهم أجناسها *Ferstuca, Koeleria*, كما هو في السهول الأسيوية والأفريقية ، ومناطق البامبا في أمريكا الجنوبية ، وأراضي البراري في الولايات المتحدة الأمريكية ، وتتميز حشائش هذه المنطقة عن نباتات السفانا الأستوائية بانها اقل ارتفاعا وسمكا ، وكذلك تتميز بخشونتها وتدبب أطرافها كنوع من المقاومة للجفاف وتنتشر فيها بعض الشجيرات والأشجار القليلة العدد مثل اللوز البري *Amygdalus* والاجاص البري *Pyrus* وغيرها ، اما الحياة الحيوانية في هذا الإقليم فإنها تتناسب مع شكل الغطاء النباتي وتنوع البيئة حيث تنتشر الأغنام والماشية ، الخيول ، الخنازير في سهول أمريكا الشمالية والأرجنتين والهضاب التابعة لهذه المناطق ، ويربى حيوان اللاما والياك ، كذلك تظهر الغزلان والظباء وأنواع من الطيور الجارحة وبعض الحيوانات من آكلات اللحوم كالثعالب ، كما تظهر بعض القوارض السريعة الحركة . والشكل (10-5) يبين حالة التدرج والتداخل بين مناطق السفانا المختلفة والمناطق الجافة وتبدل شكل ونوعية الغطاء النباتي بسبب تغير كمية الأمطار والرطوبة .

ج- إقليم المراعي Grassland biome :

تظهر مثل هذه المناطق البيئية في منطقة البراري Prairie في أواسط الولايات المتحدة الأمريكية ، وفي ولاية داكوتا الجنوبية بشكل متميز في الوقت الحاضر لأنها مناطق محميات بيئية بإشراف الدولة .

يبلغ متوسط الأمطار في هذه المناطق (مناطق المراعي) حوالي 20 بوصه سنويا هذه الكميه من الأمطار تشجع نمو العديد من النباتات النجيلية . وتشير الدراسات البيئية بأن أغلب هذه المناطق كانت عبارة عن غابات تعرضت الى الحرائق المتواصلة وتحولت تدريجيا الى حشائش المراعي ، لأن الحرائق سواء كانت طبيعية بفعل البرق أو بتدخل الإنسان قد قضت على معظم الأشجار والشجيرات في هذه الغابات وحفزت النباتات النجيلية ذات السيقان والبراعم التحت أرضيه التي تؤمن لها الحماية من التأثير المباشر للنيران وبذلك سادت تدريجيا أراضي هذه المناطق وبكميات كبيرة الأمر الذي جعل هذه المنطقة مكشوفة نسبيا للحيوانات المفترسة مما ادى الى انسحابها واختفائها تدريجيا تحت تأثير عوامل الصيد والعوامل البيئية المطلوبة لمعيشتها مما جعل انتشار الحيوانات الرعوية ممكنه في هذه المناطق .

ونجد مثل هذه الأراضي في العديد من دول العالم ، حيث يتميز مناخ المناطق العشبية بالصيف الحار نسبيا وهطول كميه من الأمطار تكفي لنمو الأعشاب ولكنها لا تكفي لنمو الأشجار ، وتأخذ هذه المناطق تسميات مختلفة في مختلف مناطق من العالم ، ففي الوطن العربي تسمى بمناطق البادية التي تقل فيها الأمطار عن 250 ملم سنويا كما في بادية الموصل في العراق ، والبادية السورية ، وفي أمريكا اللاتينية بالبامبس Pampas وغيرها من التسميات ، إلا ان الصفة المميزة لهذه المنطقة هو سيادة نباتات العائلة النجيلية مع وجود العديد من الأعشاب مثل نباتات السيخ Arteme والروتا Salsa والسعد Carex وغيرها من الأنواع المتباينة الأطوال والأحجام حسب كمية الأمطار المتساقطة . اما المجتمع الحيواني فيكون أغلبه من الفقاريات الرعوية مثل ذوات الحافر Ungulates من سريعات الحركة ، البيسون Bison ، والظبي Antelpe أما في مناطق الوطن العربي فتنتشر في هذه المناطق أجناس الثعابين وأنواع من السنجاب والفئران والأرانب وأنواع من الطيور كطائر الحجل Quail والغزل العربي *Arabian gazeua* كذلك انتشر العديد من أنواع الحشرات ومجاميع مختلفة من نمل الحقول وديدان الأرض ، ومن الملاحظ حاليا تحول العديد من أراضي المراعي الى حقول خاضعة للتقنيات الزراعية وبذلك أصبحت في العديد من دول العالم أراضي زراعية عالية الإنتاجية ولكن في نفس الوقت أدى ذلك الى تدهور واختفاء العديد من حيوانات هذه المناطق كذلك أن سوء استعمالها أدى الى زيادة التصحر في العديد من مناطق العالم وتغير في طبيعة المناخات الدقيقة و المحلية .

4- إقليم الصحارى :

تعد الصحارى من المجتمعات الحيوية الجافة بحيث يكون فيها معدل سقوط الأمطار عادةً اقل من 10 بوصه سنويا . وتقع الصحارى في مناطق الضغط العالي كما في حالة (الصحراء الكبرى) أو في الظلال المطرية للجبال مثل (صحراء موهاف ، الصحراء الإيرانية) أو عند الارتفاعات العالية كما في (صحراء التبت ، وصحراء غوبي والصحراء البوليفيه) وتكون المناطق الصحراوية طبيعية بصورة تامة وما يحدث فيها من تغير يكون ناتج عن التأثيرات المناخيه بصفه أساسيه بينما هناك مناطق

أخرى ناشئة بدرجه كبيرة من عواقب فعل ونشاط الإنسان . وفي بعض الصحارى الشديدة الجفاف يندر سقوط الأمطار وقد لا تسقط لعدة سنوات كما وجد في احد المناطق من صحراء تشيلي حيث لم تسقط فيها ألامطار لفترة دامت أكثر من عشرين عاما ، وقد تكون هذه الصحاري خالية من الكائنات الحية بصورة فعلية على امتداد مساحات شاسعة كما في الصحراء الكبرى جنوب ليبيا إذ يمكن للمرء ان ينتقل لمئات الأميال دون ان يرى نبات حي أو أي مظهر من مظاهر الحياة . ومن ناحية أخرى يكون لمعظم الصحاري بعض الموارد المائية الناتجة عن الأمطار الموسمية او من المياه الجوفية ويكون حولها تشكيله كبيرة من الكائنات الحية تبعا لهذه الموارد المائية وتتمثل النباتات السائدة في الصحارى من الأنواع العصاريه ذات السطوح الشمعية مثل الصبار الذي يمكن ان يحتفظ بالماء لفترات زمنيه طويلة أو بعض أنواع الشجيرات التي تتغطى أوراقها بطبقه شمعيه أيضا ، ويكون موسم النمو قصير للغاية وتكون فترة الأزهار فيها مفاجئه بصورة مذهله تحدث على حين غره بعد عدة زخات من الأمطار وهناك عديد من الصحارى لها حياة نباتيه فقيرة أو تكون معدومة النباتات على مدى مسافات شاسعة والصورة التالية تبين أحدى هذه المواقع الصحراوية .

ويقتصر المجتمع الحيواني على المناطق التي تتواجد فيها الحياة النباتية وتسود هذا المجتمع (الأنواع الحفرية) والأنواع الليلية من القوارض والزواحف والحشرات ورتبة العنكبوتيات **Arachnida** مثل العناكب والعقارب ، وتتحاشى هذه الحيوانات درجات الحرارة العالية المتطرفة وجفاف هواء الصحراء بالعيش تحت سطح التربة خلال فترة النهار وتبدأ حركتها ونشاطها خلال فترة الليل فقط كما أن لمعظمها تحورات استثنائية لكي تحتفظ بالماء لمده طويلة . فقوارض الصحراء مثل ***Gerbellus sp*** ويطلق عليه الفأر العضل وجرد الكنغز ***Dipodomys sp*** تستخدم ماء الإيض اي الماء الناتج من عمليات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية الذي ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون والماء في المعادلة التنفسية الأساسية التي سبق الإشارة إليها ، كما أنها تنتج بولا مركزا للغاية وبهذا تنتج فضلات أكثر لكل وحده حجميه من الماء الذي تتبرزه وتمتلك العديد من العنكبوتيات والحشرات أغطيه شمعيه وانها تقلص او تقلل من كمية الماء المفقودة عن طريق الجليد (الكيوتيكل أو جدار الجسم) وعلى الرغم من أن الماء يعد العامل المحدد الرئيسي في الصحراء إلا أن وجود ونسبة المعادن المفرطة والملوحة بالتربة وفقدان المادة العضوية يمكن ان تكون عوامل محدده أيضا .

ولذلك فليس من الضروري جعل الصحارى منتجه عن طريق توصيل مياه الري إليها ففي منتصف الخمسينات أنفقت الولايات المتحدة الأمريكية ملايين الدولارات في برنامج الري لأراضي مستصلحه في صحراء أفغانستان وقد ازدهرت الصحراء لفترة سنه أو سنتين بعد توفير الماء إلا أن المواد المغذية القليلة استنفدت بسرعة كبيرة وتركزت الملوحة العالية للتربة على السطح من جراء البخر ، وحدث تثبيط للنمو النباتي وفشل المشروع فشلا ذريعاً . فلم يكن هناك تقييم دقيق للبيئة الكلية للمنطقة كما لم يتم إعطاء تقدير كافي للعوامل المساعدة والمحددة للماء ولما كانت الصحارى متواجدة على سطح الكرة الأرضية بنسبة تصل الى حوالي 18 لذا فيجب على الإنسان ان يفكر تفكيرا علميا سليما ومجديا في استغلال تلك المساحات عن طريق إقامة المشاريع الاستثمارية الملائمة .وهناك العديد من أنواع الصحارى المشهورة على مستوى العالم وهي تتبع الأقسام الخمسة السابقة التي ذكرناها على حسب موقعها الجغرافي على سطح الكرة الأرضية . أما الباحث Ginnies 1968 في كتابه (Deserts of the World) فقد قسم المناطق الصحراوية الى أكثر من هذا العدد مستنداً على تفاصيل فرعية دقيقة حيث قسمها الى مايلي :

- ***Kalahari - Namibia (South Africa) .***
- ***Sahara (Northern Africa) .***
- ***Somali – Chalbi (Northern Africa) .***
- ***Arabian Desert (Western Asia) .***
- ***Iranian Desert (Western Asia) .***
- ***Thar (Western Asia) .***
- ***Turkistan desert (Central Asia) .***
- ***Takla – Makan & Goli (Central & Eastern Asia) .***
- ***Australian deserts .***

<u>الأهمية البيئية لدراسة الإقليم الحيوي :</u>

يعرف الإقليم الحيوي بأنه الوحدة العضوية من البيئة التي تتميز بحياة نباتية معينة . ولذلك أظهرت كتابات علماء بيئة النبات تقسيمات عديدة للبيئة اليابسة **Terrestrial Environment** إلى وحدات ذات غطاء نباتي متميز مثل الصحاري والغابات و المراعي والأحراش والمروج والهضاب وغيرها .

أما بالنسبة لعلماء بيئة الحيوان فإن الأمر يصبح أكثر صعوبة وذلك لعدم وجود تطابق كامل بين توزيع النباتات والحيوانات في البيئة . لذلك فإن النظرة الجديدة التي توحد بين وجهات نظر علماء البيولوجي والبيئة والجغرافية الحيوية **Biogeography,** هي قبول فكرة اعتماد النباتات كوحدات حيوية أساسية لوصف المناطق والأقاليم البيئية, وبذلك وضعوا تعريف أكثر شمولية باعتبار أن الإقليم (أتحادات واضحة من النباتات والحيوانات تتكون من عدة أنظمة بيئية تخضع لظروف بيئية متشابهة) . وظهر من الدراسات البيئية العديدة بأنه رغم تميز المناطق البيئية بكائناتها النباتية والحيوانية عن غيرها لكنها غير متميزة الحدود

البيئية بشكل مطلق, حيث لاحظ العلماء وجود تداخل وامتدادات بين مجتمعات الأحياء للمناطق المتجاورة وخاصةً الحافية Edeje Area منها سواءً في مجتمع النباتات أو مجتمع الحيوانات ويظهر ذلك بوضوح عند دراسة التعاقب البيئي أو توزيع الحيوانات والنباتات في البيئة . ففي إحدى الدراسات التي طبقت لمتابعة هذا التداخل في مناطق الغابات مثلاً وجد بأن غابات مناطق الرطوبة تمتد لتغطي غابات أشجار البلوط, ثم أراضي خشب البلوط, بعد ذلك تمتد لتغطي الأراضي الشجيرية وهي تتداخل مع أراضي الأعشاب السفانا, وهذه بدورها تتداخل مع المراعي, التي تمتد لتتداخل مع الأراضي الزراعية والتي بدورها تتداخل مع الصحاري المجاورة, مكونة نظام متدرج من العلاقات في توزيع الغطاء النباتي ومجتمع الحيوانات يعرف في علم البيئة (بالانحدار البيئي Ecocline) وهذا الانحدار من وجهة نظر علماء البيئة يتحدد بعاملين أساسيين هما درجات الحرارة المتداخلة بين حدود الأقاليم المشتركة ، والترسبات الأرضية الناتجة من عملية الانجراف وحركة أجزاء من التربة أثناء سقوط الأمطار الغزيرة أو حدوث السيول والعواصف القوية التي تؤدي الى انتقال أجزاء من تربة منطقة بيئية الى المناطق البيئية المتجاورة سواءً كتربة مجردة أو مع مكوناتها النباتية والحيوانية الكاملة أو كبذور وأبواغ أو بيوض أو أحياء دقيقة .

\ولهذا يؤكد علماء البيئة بأن معرفة الإقليم الحيوي وفهم خصائصه ومكوناته ونوعية الغطاء النباتي وطبيعة التداخلات الناشئة مع الأنظمة البيئية المكونة له, تعطي فكرة جيدة أو طريق مناسب يمكن من خلاله افتراض أو توقع طبيعة الأنواع الحيوانية التي يمكن أن نجدها في هذه المنطقة أو التي ستظهر في المستقبل من خلال معرفة الغذاء المفضل والظروف البيئية الملائمة لتواجدها أو ظهورها من جهة كما إن معرفة خصائص الإقليم الحيوي نفسه قد ساعدت على إمكانية توزيع الكرة الأرضية بيئياً إلى أقاليم حيوية أساسية متميزة في غطائها النباتي أو مجتمعها الحيواني وظروفها المناخية التي تحدد شكل الحياة وطبيعة الأنظمة المتكونة بداخلها وأطلق عليها الأقاليم الحيوية الأساسية الطبيعية المفتوحة والمغلقة .

علم بيئة النوع أو الافرد Individual ecology or *Autecology*

1. **تطور علم بيئة الفرد Development of Autecology**
2. **مفهوم النوع الحيوي Concept of Biological species**
3. **التسلسل داخل النوع (النويع) Species clines**
4. **قواعد تفسير النويع Rules of subspecies explaining**
5. **التنوع Speciation**
6. **تباين الانواع Diversity Species**
7. **فرضيات تفسير تباين الانواع. Hypothesis of Sp- Di**

مراحل تطور علم بيئة الفرد :

من خلال دراستنا لعلم البيئة عبر المراحل التاريخية التي اوردناها تباعا في مقدمة هذا الكتاب يتضح لنا بان جميع المحاولات التي قام بها علماء الاحياء على مختلف توجهاتهم سواءً في دراسة سلوك الحيوان وتصنيفه واضراره وفوائده وعلاقاته مع اقرانه ، او دراسة النباتات لمختلف الاغراض العلمية ، نجد ان جميع هذه المحاولات بنيت على دراسة النوع (اي دراسة الكائنات الحية على شكل افراد او انواع حيوية بصورة مستقلة) . لذلك فان اول تعريف وضع لعلم البيئة Ecology كان حرفيا يعني (دراسة الكائن الحي في موطنه Habitat) . وعند التمعن في اغلب الدراسات القديمة التي وصلت الينا بالتناقل التاريخي للمعلومة عبر الاجيال البشرية ابتداءً من الحضارات القديمة ، نلاحظ ان ما ورد فيها من دراسات بيئية انصب اغلبها على دراسته الانواع البيئية المختلفة ، فوصفت الحيوانات على اساس كونها اليفة ، متوحشة ، مفترسة ، برية مائية ، تعطي روائح زكية ، او تستخدم اجزائها كدواء كذلك بالنسبة للنباتات وصفت على انها اعشاب طبية ، نباتات مرّة المذاق ، سامة ، شجيرات ، اشجار مثمرة ، غير مثمرة ، على اساس الشكل الخارجي او الطعم ولون الازهار الى اخره من الصفات التي يتصف بها الافراد للتميز بينهم ، وهذا ما نجده في جميع الدراسات القديمة سواءً باسلوب الرسم على الطين او النحت والحفر على الصخور لتخليد هذه الاعمال او على شكل تخطيطات باللغات القديمة عندما تعلم الانسان بداية الكتابة باللغة السومرية القديمه . وهكذا يمكن القول بان الدراسات القديمة اهتمت بالتاريخ الطبيعي للاحياء ابتداءً من دراسات ارسطو طاليس Aristotle (384-322 قبل الميلاد) مرورا بدراسات ثيوفراستس Theophrastus (-287 372 قبل الميلاد) وصولا الى بلايني الاكبر Pliny The Elder (23- 79 بعد الميلاد) . الى ان بدات كتابات العلماء العرب والمسلمين في الحضارة العربية الاسلامية التي تمثل بداية حقيقية لنشوء علم بيئة الفرد Autecology لدخولها مرحلة التجريب والربط بين سلوك وحياة وبيئة هذه الاحياء من خلال الاستناد على الدراسة الميدانية في البيئة واتباع اسلوب البحث العلمي المبني على الملاحظة ومن ثم ا لاختبار والتحقق وهكذا ظهرت دراسات الاصمعي ، الجاحظ ، الدينوري ، المجريطي ، ابن سينا ، ابن البيطار ، القزويني ، الدميري ، والرازي وغيرهم من العلماء الاجلاء في مختلف حقول المعرفة البيئية التطبيقية .

الا ان المراجع الغربية تشير الى ان التاريخ الطبيعي للاحياء بدا يتطور بشكل بطيء خلال القرن الثاني عشر وتقدم بشكل سريع خلال القرن السادس عشر بعد ان تكونت جماعات من المهتمين بهذا الحقل من المعرفة ولذلك يصفون الباحث (البرتو ماكنوس Albertus Magnus 1280-1193) بانه رائد علم التاريخ الطبيعي وفي هذا تجنى كبير على الحقيقية لاننا لو رجعنا الى التاريخ العلمي الموثق نجد ان العديد من العلماء الذين ذكرناهم قد سبقوا هذا الباحث بمئات السنين لان دراساتهم ظهرت في الفترة من (740 حتى ابن سينا 980) ميلادية ونلاحظ من ذلك ان الفترة تبلغ حوالي (400 سنة) . الا ان البداية الديناميكية لهذا الحقل في البيئة اي علم التاريخ الطبيعي للاحياء اصبح اكثر انتشارا في بدايات القرن السادس عشر على

يد العلماء كونراد جسنر K.Gesner 1544-1516 ، الدروفاندي Aldrovandi 1605-1522 ، كوردس Gordus 1565-1515 روبرت بويل Robert Boyle 1627-1691 ومحاولة ربطهم بين علم الاحياء Biology وعلم التاريخ الطبيعي Natural History . وفي اواخر القرن السابع عشر حتى اواخر القرن التاسع عشر ظهرت خمسة حقول دراسية كما يشير الى ذلك الباحث Southwick, 1980 تمثل بدايات ظهور علم البيئة كفرع مستقل بين العلوم الحيوية اهمها :

1. التاريخ الطبيعي واستكشاف المجموعة الحيوانية .
2. الفسلجة البيئية ودراسة التغيرات البيئة .
3. النشوء ونظريات الانتخاب الطبيعي .
4. دراسة الجماعات السكانية .
5. الجغرافيا البيئية والحفاظ على البيئة .

ومن اهم علماء هذه المرحلة رينيه رومر Karl Linner, Rene Reaumer ، لويس بانوم ، جلبرت وايت ، تشارلس دارون ، الفريد رسل Russel وولاس Wallas Bates 1825-1892 . ومع نهاية القرن التاسع عشر نشر هنري فابري 1823-1915 في فرنسا عشرة مجلدات عن التاريخ الطبيعي للحشرات والباحث ريم في المانيا نشرة ثلاثة عشر مجلدا عن حياة الحيوان ، وهكذا اخذت تظهر بدايات مفهوم المجتمعات الحيوية Biocommunity في كتابات الباحث فوربس (1844-1930) لتفسير العلاقة بين اكثر من نوع من الاحياء وهذا ما يؤكد بان بداية نشوء علم البيئة هي دراسة النوع (او الفرد) وتاريخ تطوره للتعرف على الجماعات السكانية ومن ثم دراسة المجتمعات البيئية Environmental Communities التي تشلكها هذه الانواع المختلفة ، اذا فما هو النوع من الناحية البيئية والحيوية ؟

مفهوم النوع : Concept of biological species

لقد عرف النوع من قبل عالم الحيوان (Ernist Mayer 1940) بانه مجموعة من الاحياء لها القدرة القائمة او الكامنة على التزاوج والانجاب لمجتمعات طبيعية ولكنها معزولة تكاثريا عن المجموعات الاخرى . ويرى الباحثون بان التعريف ياخذ اشكال وتسميات مختلفة بناءً على الغرض الذي تستخدم فيه كلمة النوع ، لغرض التصنيف او دراسة المتحجرات ، او دراسة الفئات الشكلية وغيرها ولذلك نجد تسميات مختلفةاستخدمت في المراجع العلمية مثل : Morphological Species, Palaeontological Species, Taxonomical Species .

ولكن لكي نبحث بالطريقة التي تكوّن فيها النوع علينا ان نستخدم تعريف النوع الحيوي (Biological Species) كما ذكره ماير Mayer . وعند الوقوف على ما ذكره هذا الباحث يصبح من الاهمية التاكيد على القدرة الكامنة التي يمتلكها النوع او القدرة القائمة كشرط اساسي لتعريف النوع . لان ذلك يخدم في التمييز بين الانعزال التزاوجي الذي يحصل في افراد الجماعات والمجتمعات الحيوية نتيجة لتكون انواع منفصلة جغرافيا او طبيعيا بحيث تصبح هذه الانواع غير قادرة على انتاج افراد ذات خصوبة جيدة او لا تستطيع التزاوج نهائيا بسبب هذا الانعزال ، وبين الافراد الناتجة عن الانعزال المتسبب عن البعد الزماني او المكان مع احتفاظ الافراد ذات صلة القربى بخواصها الوراثية المظهرية والسلوكية المتشابهة والتي تتمثل بالافراد التي تستطيع التزاوج وانتاج افراد مشابهة للاباء في خواصها عند التقائها مرة اخرى في البيئة .

على سبيل المثال وجد بان (ذبابة الفاكهة *sp Drosophylla*) عندما كونت مجتمع لها في عام 1965 ، وحصل انعزال لافرادها لمدة 10 سنوات ، كونت مجتمع اخر في عام 1975 ، فالبرغم من هذا الحاجز الزمني الا ان هذه الحشرات لاتزال تكون افراد من نفس النوع اي انها

احتفظت بقدرتها الكامنة . كذلك فان البعد المكاني يكون احيانا غير كافي لوجود نوعين متميزين بايولوجيا في البيئة . كما هو في حالة الاسود في الهند وافريقيا ، كلا المجموعتين لا تزال تحتفظ بالشكل الخارجي المتشابهة مما يدل على ان التركيب الوراثي لها لا يزال متشابها ولو اتيحت الفرصة لها للتزاوج لربما تعطي افراد من نفس النوع .

وهذا يؤدي الى حقيقة مهمة في تكون الانواع الحيوية Biological Species والانواع المنفصلة او المتباعدة Dergencel Species مفادها ان افراد المجتمعات الحيوية Bio-community القادرة على تبادل الجينات والتزاوج فيما بينها ماتزال تكون وتنتج نوعا واحدا من الاحياء حتى لو عانت من انعزال زماني او مكاني ، ولكن عند وضعها في بيئة ملائمة لها تستطيع التزاوج والانتاج المتشابهة مع الاباء اما المجتمعات التي لا يمكن حدوث تبادل بين تراكيبها الوراثية فانها تعطي انواعا بيولوجية متميزة او منفصلة (اي يحدث فيها التنوع) ومعنى ذلك انها بلغت مرحلة التنوع speciation اي تكوين الانواع المنعزله وراثيا .

ولكن ما يجب الانتباه اليه هنا هو ليس امتلاك الكائن الحي القدرة على التزاوج فقط والتي هى مقياس للاحتفاظ بالقدره الكامنة للنوع بل يجب ان يكون النسل الناتج من التزاوج والاخصاب حاملا لنفس التركيبات الوراثية التي يحملها الاباء . وفي البيئة نلاحظ بان هناك زواج اضطراري او بحكم الانعزال البيئي بين مجاميع منفصلة نتج عنها افراد غير قادرة على الانتاج او حتى لا يحدث ذلك في البيئة بشكل طبيعي بل تحت ظروف معينة كما حصل في عدة تجارب في ظروف بيئية خاصه دفعت الى تزاوجات غير طبيعية كما حصل داخل بعض حدائق الحيوان ومنها :

- زواج او اخصاب الاسود والنمور يعطي سمورا .
- زواج او اخصاب النمر واللبوة يعطي نمرا .

وما حدث في الولايات المتحدة من تجارب تخصيب بين الابقار وحيوان البايزون (Bison) لانتاج لحم جيد المذاق . كذلك الحالة التي تحدث بين الخيول - والحمير لتعطي (بغالا) والبغال حيوانات عقيمة في الغالب لا تستطيع الانجـاب . ويحدث كذلك في مجال النبات العديد من الاختلاطات بين الانواع ، ولكن هذا التزاوج او التكاثر لا يحدث في الطبيعة في الظروف العاديه وانما تحت تاثير ظروف معينه او داخل نظم محمية ومحددة .

ومعنى ذلك ان القدرة على التزاوج الطبيعي ليست مفهوما مرادفا للتهجين الذي يحدث في الكائنات الحية والذي ينتج عنه افرادا وانواع مختلفة وراثيا عن الاباء في العديد من الصفات . لذلك فان تحديد او تعريف النوع الحيوي مهم في البيئة للمقارنة بين المجتمعات المختلفة ومعرفة كونها معزولة مكانيا وزمانيا وحتى طبيعيا من خلال مراقبة الصفات الشكلية والسلوكية لافرادها التي هي مصاحبة لتغيرات وراثية تعطينا تصورا لتحديد النوع في هذه المجتمعات .

كما ان دراسة ومعرفة النوع الحيوي تزيد من امكانية دراسة المجتمعات بشكل اوسع وادق وتخدم علم التصنيف للتفريق بين الافراد المتشابهة جدا في الصفات المظهرية والسلوكية والتي يصعب فصلها بالطرق التقليدية حيث تكون افرادا تسمى بالانواع الماخية (او المتناسبة) (Sibling Species) ، حيث يمكن اعتماد صفة القدرة الكامنة او التعريف الحيوي للنوع والعزل التزاوجي (Reproductive Isolation) في التفريق بين الانواع المتشابهة كما في نوعين من حشرة الدروسوفلا (ذبابة الفاكهة) . *Drosophilla Pseudoobsdcura & D. Persimilus* المتشابهتين جدا بالمظهر الخارجي حيث كانتا في السابق توضعان ضمن نوع واحد او تحت نوعين Subspecies . ولكن التجارب التي اجريت على تزاوجهما اثبتت فشلهما في تكوين افراد قادرة على الخصوبة والانتاج سواءً في الطبيعة اوحتى عند اخضاعها للظروف

الاصطناعية حيث لم تعطي افرادا خصبة . وعلى العكس من ذلك ما يخص افراد الخروف الاروي المبين في الشكل (11- 1) فبالرغم من تباعدها في مناطق مختلفة في اسيا وافريقيا او داخل ليبيا كما تشير المراجع العلمية الا انها قد احتفظت بخواصها الوراثية وقدرتها على التزاوج

شكل (1) الخروف الاروي (pallas) *Ammotragus lervia* واحدا من انواع الثدييات القديمة .

<u>التسلسل ضمن النوع وتحت النوع (النويع)</u> :
من خلال دراستنا لمعنى النوع الحيوي اكدنا بانه مجموعة الافراد التي لها القدرة على التزاوج فيما بينها وانتاج افراد جديدة ومشابهة للاباء وراثيا . وكلما زاد التباعد والانعزال تكون افراد منفصلة وتعطي نوع جديد . ولكن الملاحظ في البيئة ان هذه العملية لا تتم بصورة سريعة بل تحتاج الى وقت طويل احيانا يصل الى ملايين السنين في بعض الكائنات المتطورة . وضمن سلسلة التطور هذه والانعزال الزماني او المكاني او الجغرافي يحدث ان تختلف المجتمعات بصفة او اكثر في تدرج منتظم من منطقة بيئية الى المنطقة التي تليها ، وهذا التدرج يعطي افرادا تتميز ببعض الصفات عن اصولها ولكن يبقى لها القدرة على التزاوج وهذا يشكل ما يسمى (بالتسلسل ضمن النوع (Species clines وافراد التسلسل ضمن النوع يمكن ان تتزاوج بحرية وتتميز هذه الافراد بانها تختلف اختلافات متسلسلة تبعا لاختلافات البيئة وهى تسير ضمن قواعد عامة كالاختلافات الجغرافية مثلا التي تسري من مجتمع الى اخر . ودرست هذه الصفات والتسلسلات (Clines) من قبل العديد من الباحثين ووضعوا لها قواعد حملت اسمائهم .
<u>قواعد تفسير النويعات</u> :
نتيجة للتداخل بين الانواع المتشابهة من جهة والتداخل بين العوامل البيئية التي تضفي بعض التغيرات المظهرية على العديد من الانواع الحيوية حاول كثير من العلماء وضع فرضيات وقواعد لتفسير هذه التداخلات ومن اهم القواعد التي وضعت لتفسير تسلسل النوع والنويعات هي:
(1) قاعدة بيرجمان Bergmann's Rule :
التي تشير او تنص على ان حجم الجسم للافراد التي تعيش في المناطق الباردة يميل الى ان يكون اضخم منه في الافراد الذين يعيشون في المناطق الحارة ، مثال ذلك العصافير الدورية في منطقة New England والولايات الجنوبية الحارة وكذلك الثدييات التي تعيش في اوكار مثل *Lemmings* وفئران الحقل *Volcs* .
(2) قاعدة الين Allen's Rule :
تنص هذه القاعدة على ان بروز بعض اعضاء الجسم كالاذان ، الذنب ، والمنقار وغيرها هو نسبيا اقصر في الجو البارد مقارنة مع ما موجود في الافراد التي تقطن الجو الحار وذلك لغرض حفظ الحرارة ، ويستثنى من ذلك اجنحة وذيول الطيور لانها لا تساهم في فقدان الحرارة
(3) قاعدة جلوجر Gloger's Rule :
تشير هذه القاعدة الى ان الاصباغ الجسمية تكون داكنة في الجو الحار الرطب وباهتة في المناطق الباردة او الجافة الباردة ،
كما ان هنالك مشاهدات في البيئة على الطيور من حيث كمية البيوض فهي

كثيرة في شمال خط الاستواء وقليلة جنوبه . اما ثدييات المناخ البارد فييكون فيها الفرد اكبر واطول جسما .

ومن الجدير بالاهتمام ان هذه القوانين تنطبق على المجتمعات وليس على الانواع فمثلا ليس جميع الحيوانات الضخمة تعيش في المناطق الباردة وليس الصغيرة في المناطق الحارة فقط . كما ان هذه الاختلافات المتواصلة بين الاحياء تميز المجتمعات ضمن النوع وليس المجتمعات بحد ذاتها . ولوحظ في البيئة كذلك ان الصفات غير المتسلسلة تحدث بكلتا الحالتين (ضمن المجتمع الواحد ، ومن مجتمع الى اخر شبنفس النوع) . وعندما تحدث فجوات فجائية (ابتعاد زماني او مكاني) او اختلافات حادة غير متتابعة (متسلسلة) لعدة صفات بين مجتمعين من نوع

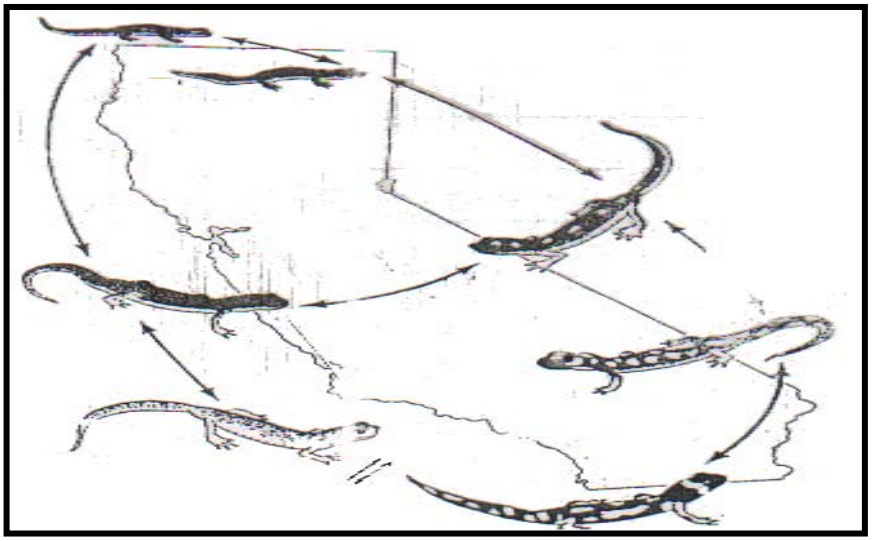
واحد مع بقاء حريص في حرية التزاوج ، تسمى المجتمعات المتكونة من هذه الانواع بالنويعات او تحت الانواع او الاعراق Sub-Species .

وهكذا يعرف النويع او العرق بانه مجتمع ذو نسل مميز بجينات ذات تكرار يختلف عنه في المجتمعات الاخرى التابعة لنفس النوع ، والنويعات هي مجتمعات متوالدة وليس افراد لهذه المجتمعات . ولذلك احيانا لا يظهر كل الافراد بالنويع كل سمة تميز المجموعة وبعض الانواع ذات المدى الواسع من التكرار الجيني تشمل ثلاثين نويعا او اكثر كلها قابلة للتزاوج فيما بينها وكل عرق او نويع من هذه النويعات يتميز عن الاعراق الاخرى بصفات خصائصية مجتمعة او على مستوى معدل جماعي . كما ان الاختلافات الفردية في العرق غالبا ما تتداخل مع اعراق اخرى رغم ان مستوى المجتمع قد يختلف كليا .

ومن التجارب التي اجريت اوشوهدت في البيئة على هذه القاعدة ما اكتشفه الباحث الجيولوجي (روبرت ستيبنز Robert Stebbins) من ان مجتمعات حيوانية كمجتمعات السلمندر في ولاية كاليفورنيا في امريكا وخاصة الجنس المسمى *Ensatina eschschitzi* حيث لاحظ الباحث وجود اختلافات حادة بين مجتمعات السلمندر - تاخذ تتابع منظم عبر التسلسل ضمن النوع (cline) ولاحظ كذلك بالرغم من امكانية التبادل الجيني بين كل مجتمعين متتابعين الا ان السلمندرات التي تقع في طرفي السلسلة الدائرية لا يتزاوجان رغم ان توزيعهما يتداخل بيئيا وهذا ما اسماه الباحث Mayer فيما بعد بالتداخل الدائري Circular overlap للاعراق الجغرافية . ولكن رغم تباعد اطراف الدائرة فان كائنات وسيطة تستطيع ان تنقل الجينات بينها بطريقة غير مباشرة تسمى (بالنويعات الوسيطة) . وعند انقراض هذه النويعات الوسيطة تحت اي ظرف بيئي حاد فان الحلقة او الدائرة تنفصل تماما ، وبذلك ينقطع اتصال الجينات ويتكون لدينا تدريجيا التنوع speciation اي ظهور انواع بصفات مستقلة عن اسلافها . ولذلك ليس بالضرورة ان تكون كل النويعات تنوع او انواع جديدة ، فهى مؤهلة ان تصبح انواع جديدة ، ولكن ليس عليها ان تصبح انواعا مالم يحصل لها انقطاع لسلسلة النويعات ، ومن هنا فان عملية تحول النويع الى نوع سوف تعتمد على عدة عوامل منها :

1. درجة الانعزال في البيئة .
2. عملية الانتخاب وقوة التطور .
3. الطفرات الوراثية .
4. النزعة او الانسياق الجيني (Genetic draft) .
5. الانتقال الجيني

وفي ضوء هذه العوامل فـ
يكون مجتمعا واحدا ذو مد
2) .



شـكل (2) يـبين مراحـل تكـون النويعـات Subspecies والانـواع الجديـدة (التنـوع Speciation) في افراد حيوان السلمندر *Ensatina eschschitzi* كما جاء بدراسات الباحث Stebbins .

النوع والتنوع Species and Speciation :

يشير الباحثون الى ان طراز التطور في مجتمع ما ينكشف من خلال التفاعل بين التراكيب الجديدة وتطور التركيبات الوراثية القائمة . ولكن هذا المفهوم لا يعالج الا جانب واحدا من مشكلة التنوع (الجانب الوراثي) اما الجوانب الاخرى فهى تخضع الى عوامل اخرى فعلى سبيل المثال ، عندما يبدا مجتمع معين للتكيف بطرق مختلفة تنشا من جراء ذلك عدة موانع اوعوائق تهدف الى تحديد التزاوج بين الافراد والانواع في هذا المجتمع وبذلك تعمل على تحديد حصول تركيبات وراثية جديدة .

كما لاحظ الباحثون ان تكيف المجتمع الحيوي Bio-community حسب البيئة المحلية يؤدي بالضرورة الى حدوث تغيرات وراثية فيه قد يسبب بعضها تركيبات جديدة لا تستطيع الاندماج مع التركيبات الوراثية في مجتمعات محلية اخرى في نفس المنطقة البيئية . وعندما يكون انتقال الجينات (Gene flow) ما بين

مجتمعين حيويين محدودا بحيث يظهر دور ما يسمى بالطفرات الوراثية mutations التي تحدث في كل من المجتمعين بصورة منفردة فانها تؤثر في ذلك المجتمع لوحده ولا تاثير لها على المجتمع الثاني . وعندما تبدا قوى الانتخاب الطبيعي والاتجاه الوراثي (Gene drift) بالتاثير في كل من هذين المجتمعين على نحوين مختلفين فان المجموعات السكانية لهذين المجتمعين تصبح معزولة وراثيا عن بعضها البعض تدريجيا رغم وجودهما في نفس البيئة المحلية وهذه العملية تؤدي الى تكوين انواع منفصلة وتعرف هذه العملية من وجهة نظر علماء البيولوجيا والتطور بالتنوع Speciation .

ومن الملاحظ في البيئة ان المجتمعات التي تتكون من نوع واحد قادرة على التزاوج ومؤكدة لانتقال الجينات فيما بينها ، بينما المجتمعات التي تتبع انواعا مختلفة لا تقدر على التزاوج مع بعضها البعض وبشكل خاص في بيئاتها الطبيعية فان هذه المجتمعات الاخيرة تكون انواعا منفصلة عن بعضها وراثيا ، وان التغيرات التطورية في المجتمع الحيوي وعزله يؤديان الى ظهور انواع جديده .

والسؤال المطروح .. ماذا يعني التنوع ، وكيف ينشا ؟ .

ان عملية التنوع من الناحية النظرية تعني تجزئة المجتمع الحيوي Biocommunity الى مجموعات سكانية منفصلة تزاوجيا تحت تاثيرات جغرافية (العزل الجغرافي) او العزل الطبيعي . وعلى هذا الاساس تكون نوعية المجتمعات الحيوية ذات التنوع البايولوجي مستندة على نوعية وطبيعة العوامل التي ادت الى تكونها وهى :

1. مجتمعات التنوع بالعزل (او التنوع بالعزل association Allopatric
2. مجتمعات التنوع الطبيعي(او العزل الطبيعي) association Sympatric

ويحصل النوع الاول من جراء نشوء وتكون افراد في المجتمع عزلت جغرافيا تحت تاثير عامل بيئي معين (كالرياح الشديدة او تيارات الماء او الفيضانات او الهجرة الاجبارية او التشتت وغيرها من العوامل) او تكون حواجز طبيعية كالجبال والممرات المائية وتكون الصحارى التي ينشا عنها فصل بين افراد المجتمع الاصلي ويحصل تباعد مكاني وزماني وبيئي جديد يجعل من هذه الافراد غير قادرة على التزاوج من اسلافها او تظهر عليها صفات وراثية جديدة ، هذا التكيف والانعزال يجعل منها غير قادرة على التزاوج حتى لو اعيدت الى المجتمع والبيئة الاصلية وغير قادرة على انتاج نفس الانواع الاصلية . تسمى هذه الحالة بالانواع المنعزلة بيئيا او Allopatric ويعتبر علماء البيئة والتطور ان انفصال الكائنات الحية بواسطة الحواجز الطبيعية وعوامل البيئة والمناخ الخطوة الاساسية في التنوع بجميع المخلوقات التي تنتج تزاوجيا (الاخصاب) ، ويعتبر هؤلاء الباحثون بان التنوع الطبيعي Sympatric speciation يعتبر تنوعا ثانويا قياسا لتاثير النوع الاول وانتشاره في البيئة وهو من وجهة نظرهم يحدث اما في حالة التعدد الكروموسومي وتضاعف الجينات (polyploidy) الناتج من فشل خلايا الاباء اثناء الانقسام لسبب ما يؤدي الى ان يحمل الابناء خلايا مضاعفة العدد الكروموسومي تؤدي الى عدم اكتمال النمو الجيني للافراد الناتجة من هذه الزيجات او الاخصابات او التلقيحات المختلفة ، او ظهور اجنة مشوهة او افراد تختلف في صفاتها الوراثية عن الاباء كما في ظاهرة المنغوليا . كذلك تشير بعض الدراسات الى ان حالات التزاوج غير العشوائي (الزواج المقيد) ضمن بعض العوائل او السلالات والجماعات السكانية

بحكم الانحصار او الانعزال البيئي او بحكم الاعراف الاجتماعية يحدث من جراء هذا التزاوج انتخابا تعطيليا او ضارا يسمى disruptive Selection وهذا التعطيل متعمدا قد ينتج عنه مجموعتين منفصلتين في مجتمع واحد ويبقيهما متباعدتين وذلك بازالة الافراد الوسط (Intermediate) والذين يمثلون مجموعة الافراد التي تحتفظ بالصفات المشتركة بين الجيل القديم (الاسلاف) والميل الناتج من التنوع (الجيل الجديد) الذي يحمل صفات مطوّرة ، ورغم ان حدوث مثل هذا التنوع قليل في البيئة ولكن مقاومة الاختيار التعطيلي تزيد من امكانية حدوثه .

ومن الملاحظات التي سجلت في البيئة ظاهرة تبدل اشكال وتاقلم المناقير في (14) نوعا من العصافير التي تسمى عصافير داروين Darwin's Finches التي درسها في جزيرة (الكلاباجوس) المقابلة لشواطئ الاكوادور كمثال واقعي على التنوع بالعزل كما يظهر بالشكل (11-3) وكذلك ما حصل للطائر المتسلق المسمى *Honey creepers* في جزر الهاواي ، وطائر متسلق العسل مثال اخر على التنوع بالعزل لنفس الكائن تحت تغير مصادر الحصول على الغذاء حيث وجد حوالي 39 نوع يعتقد انها نشات من نوع واحد تحت مبدا تحويل الصفات (Characters Displacement) الذي يحصل عندما ينشا تنوع جديد ، وهذا التنوع او تحويل الصفات يحصل بطريقتين او سببين هما :

1. يحصل التحول في الصفات عندما يتكون او يلتقي في المنطقة البيئية مجتمعان متباعدان وراثيا ولكنهما يشتركان في الغذاء والموطن البيئي ، مما يؤدي الى حصول تنافس ، ولكي يستمر كلا منهما في البيئة فان عوامل الانتخاب الطبيعي تعمل على تشجيع المجموعات الجينية (Gene Combinations) الاكثر تباعدا لان تعمل على تحوير بعض الصفات المساعدة .
2. تحصل الحالة في مجتمعين لم يتمكنا من تطوير البنية البيئية والسلوك بصورة كافية مما يسمح بالتزاوج بين افرادهما بدرجة معينة ، ينتج عنه افراد فاشلة بيئيا ، مما يضطر الافراد الاخرى التي لم تختلط الى انتاج

انواع منفصلة نحو التنوع الكامل . وبمرور الوقت تستمر هذه العملية في تكوين افراد كاملة التنوع

وبذلك ينتج لدينا حالة خاصة من التنوع بالعزل تسمى (بالانتشار الاقليمي Adaptive relation) وهو يعني تكوين عدد كبير من الانواع المختلفة ببعض الصفات ولكنها تنحدر من اصل واحد .

اما فيما يخص التنوع الطبيعي Sympatric speciation فانه لابد من توفر شرطين اساسين لحدوثه هما :

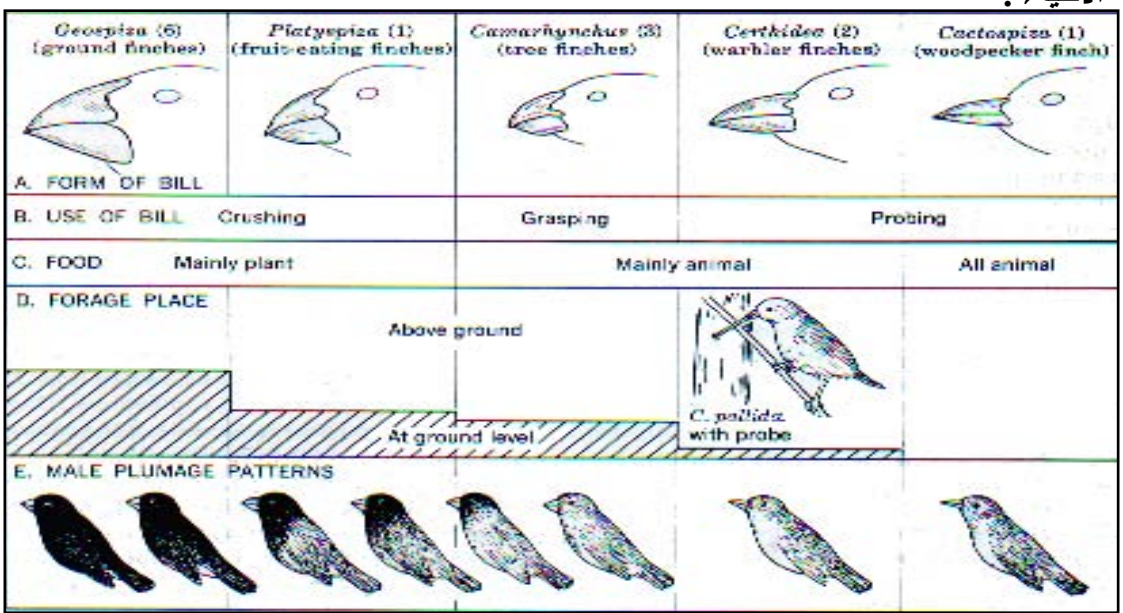
ا. ظهور رغبة متعمدة للتزاوج ما بين افراد ذات اشكال متعددة في المجتمع .
ب. وجود قوة انتخابية (انتخاب طبيعي) تعمل ضد تكوين وحيوية الهجين الناتج من المتزاوجين في الشكلين .

مثال على ذلك ما لوحظ في (كندا) من تجارب ميدانية حصلت في طيور الاوز الابيض والازرق ، فقد لوحظ ان هذه الكائنات لو ترك لها الاختيار بالتزاوج يحدث ما يلي :

- اللون الابيض (ذكر) يختار اللون الابيض (انثى)
- اللون الازرق (ذكر) يختار اللون الازرق (انثى)

وبرغم حصول بعض حالات التزاوج بين اللونين ولكن عند حدوث تلوث في البيئة المائية مثلا نلاحظ ان كلا المجتمعين يصبح غير قادر على انتاج الصفة النقية (فتنتج افراد مختلطة) وهذه الافراد تكون منعزلة بيئيا عند عودة الظروف مما يؤدي الى نشوء ثلاثة مجتمعات جديدة تمتاز بتنوع بيولوجي من جراء تغير الظروف البيئية .
واغلب الباحثين الذين يدافعون عن نظرية التنوع الطبيعي يعتقدون ان التزاوج المقيد (غير العشوائي) المبني على تفضيل البيئة او الغذاء او المسكن سوف يؤدي الى تباين اكثر في عدد الصفات الخارجية كاللون والشكل ينتج عنه ما يسمى بالتعطيل الضار (او الاختيار التعطيلي) ويؤدي الى ظهور صفات تختلف عن ما هو عند الابوين وينتج عنه تنوع ، وتم تشخيص مثل هذه الحالات في حشرات الاشجار في عدة اماكن من بريطانيا ، حيث تضع بيوضها في حفر

على اشجار التفاح او الزعرور وبعد فقس البيض تكون يرقات تقتات على هذه الاشجار كبيئة مفضلة لها ، وبمرور الزمن ينحصر التزاوج في هذه البيئات في افراد نفس النسل وهذا يؤدي الى تباعد في التراكيب الوراثية (بمرور الوقت) . وكذلك سجل نجاح التنوع الناتج في التركيب الزوجي (diploid) في النباتات الراقية وكذلك في بعض الحيوانات الرخوية وبعض الحلزونيات والمحار ، والديدان الحلقية وبعض الاسماك والضفادع وغيرها من مستويات الاحياء .



شكل (3) يبين حالة تغير المنقار في عصافير دارون كحالة تاقلم مع تغير البيئة و نوع الغذاء .
. (Storer 1979)

بيئة الجماعات / العشائر البيئية
Population Ecology

1. **أهمية علم البيئة السكانية**
2. **مفهوم الجماعة السكانية أو العشيرة البيئية**
3. **كيفية نشوء وتكون الجماعة السكانية**
4. **خصائص الجماعة السكانية .**
5. **أنماط الانتخاب وتأثيريه على أشكال النمو**
6. **العوامل المحددة لنمو الجماعات السكانية**

علم البيئة السكانية : Population Ecology :

من خلال دراستنا لعلم البيئة العام General Ecology وبيئة النوع Autecology أصبح من المعروف لدينا بان الكائن الحي مهما كان نوعه أو حجمه لا يمكن أن يعيش بمفرده منعزلاً عن أقرانه أو الكائنات الأخرى التي تتواجد معه في نفس البيئة أو البيئات المجاورة وعليه فإن أفراد كل نوع يجب أن تتواجد في تنظيم عضوي واحد وشكل ما في البيئة مكونا تجمع من أفراد نوعه بعد التكاثر **ويعرف هذا التنظيم الذي يكون أعلى مستوى من تنظيم الفرد في بيئته بالجماعة السكانية Population أو العشيرة البيئية** . ولهذه الجماعة خصائص بيئية ووراثية قابلة للقياس والإحصاء مثل معدلات الولادات والوفيات ونسبه الجنس ومعدلات النمو وتركيب وتوزيع الأعمار والتوزيع والانتشار ومستوى الخصوبة والتكاثر الغريزي إلى غير ذلك من الصفات .

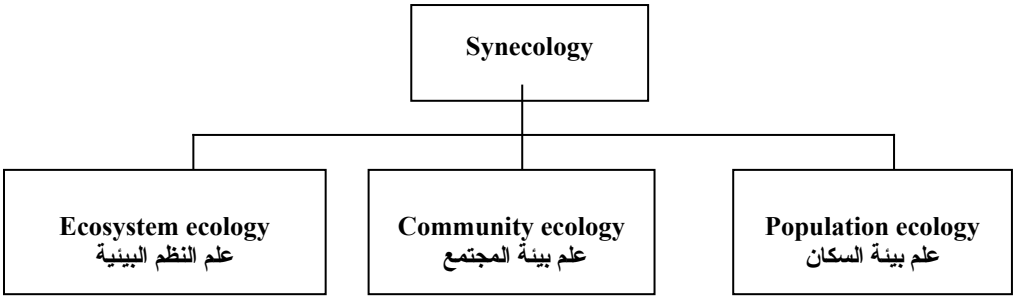
وهذه الجماعة السكانية شانها شان الأفراد والأنواع الحيوية من حيث لا يمكنها أن تكون بمعزل في البيئة عن غيرها من الأحياء فهي تكون مضطرة بيئيا إلي التعايش أو مرافقة لمجاميع أخرى أو مجاورتها ، وبالضرورة أن تنشأ علاقات بين أفرادها وأفراد هذه الجماعات وتأخذ هذه العلاقات صورا عديدة كالتنافس والافتراس والتطفل وتبادل المنفعة وغير ذلك من العلاقات . **وهنا ينشأ مستوى تنظيم عضوي أعلى من الحالة الأولي مقامه مجاميع حيوانية ونباتيه مختلفة** في أحجامها وعدد أفرادها وسلوك هذه الأفراد وطرق تغذيتها وتكاثرها ومواطنها البيئة Habitats ومراكزها البيئية Ecological Niches وهذا بدوره يؤدى إلى ظهور مستوى جديد من العلاقات البيئية التي تتمثل بنوعين من العلاقات إحداها تنشأ بين أفراد الجماعة الواحدة وتتمثل بالتكافل وتبادل المنفعة والتنافس النوعي على الغذاء والمواطن البيئية يطلق عليها العلاقات داخل النوع او العلاقات الضمننوعية **Interaspecific Relationships** بالاضافه إلى نوع آخر من العلاقات تنشأ بين الأنواع المختلفة ولكن بين أفراد الجماعات المتقاربة بيئيا أو ذات الموطن المشترك Sympatric populations هذه العلاقات تتمثل بالتنافس والافتراس والتطفل التضاد والتضاد الحيوي ويطلق على هذا النوع من العلاقات بالعلاقات بين الأنواع **Interspecific relationships**.

وكما نعلم بان الجماعات السكانية الطبيعية من مختلف المستويات لعوالم الأحياء المعروفة ابتدأت من البدائيات حتى اللبائن العليا تحاول المحافظة على عميلة التوازن البيئي بين الإنتاج والاستهلاك وكذلك ما يطرح إلى البيئة من فضلات كنتائج عرضية لعملية النمو و الاستهلاك الغذائي الذي يصل في العديد من الكائنات الحية إلى حوالي 90 % من مجموع الغذاء المستهلك . ومن هنا يبدو الدور المهم لمجاميع الأحياء المحللة من بكتريا وفطريات ولذلك نجد أن العلاقات الحيوية الناشئة بالإضافة الى العلاقات داخل النوع وبين الأنواع التي ذكرناها تصبح أكثر تعقيدا وتختلف سلبا أو إيجابا حسب فصول السنة وأعمار الكائنات المشاركة فيها وهذا يتطلب من علماء البيئة التفكير في دراسة الكائنات على شكل مجاميع سكانية من اجل فهم هذه العلاقات

وكيفيـة توجيههـا لصـالح الأحيـاء والبيئـة ، وبـذلك تكـونت بـدايات علـم البيئـة الاجتمـاعي Synecology هذا العلم الواسع لابد أن يستند على علوم فرعية أكثر تخصصا تشكل قواعد معلوماتية للوصول الـى درجـة المجتمـع الحيـوي لأن هـذا المجتمـع هـو ناتـج مـن عـدة فاعليـات أهمها :

1- **جماعـات سـكانية فـي مجتمـع واحـد أو جماعـات سـكانية مختلفـة الأنـواع متشـابهة المـوطن الـبيئي Sympatric populations . .**
2- **النظم البيئة المختلفة Ecosystem .**
3- **الأقاليم الحيوية Biomes التي تتشكل من هذه الأنظمة وجماعاتها السكانية .**

ولذلك فان هذا العلم يشمل دراسة المستويات البيئية الثلاثة التالية :



إذا مـا هـي الجماعـة السـكانية ؟ ومـا هـو علـم بيئـة الجماعـات أو البيئـة السـكانية ؟ ومـاذا يدرس ؟ وما هي خواص الجماعة السكانية أو العشائر البيئية التي يدرسها ؟

مفهوم الجماعة السكانية : CONCEPT OF POPULATION

الجماعة السكانية Population تعنى تجمع الكائنات التي تنتمي إلى نفس النوع الحيوي Biological species وتحتل بيئة محددة في زمن محدد . أو إنها مجموعة أفراد تعود إلى نفس النوع الحيوي تشغل مكان محدد في زمن محدد وتمتلك خصائص قابلة للقياس والاحصاء . وهذا يعنى ان الجماعة السكانية في البيئة تشكل نظام ديناميكيا تتداخل مكوناته المتفاعلة مع بعضها البعض لتعطي وحده بيئية حيويه يعبر عنها بالسكان أو العشيرة البيئية ويسمى النظام الناتج عنها بنظام الجماعة السكانية Population system وهذا النظام يتألف من العناصر والخصائص التالية :

1. **خصائص متعلقة بالأفراد Individuals properties**
2. **خصائص متعلقة بالوسط المحيط properties Environmental**
3. **فعاليات ونشطات الجماعة Population processes**
4. **حالة أو نظام الجماعة Population System**

ويتركز اهتمام علماء البيئة السكانية على فهم أسباب الاختلاف أو التباين Diversity أو التغيرات Variations في التوزيع Distribution ووفرة أو غزارة الأنواع Abundance لهذه الجماعات المختلفة من الأحياء وأوجه الاختلاف مكانيا وزمانياً في الوسط البيئي وما يترتب على ذلك من تبدلات في شكل وحجم وتركيبة هذه الجماعات أو ما يطلق عليه بديناميكية الجماعة السكانية Population dynamics ولهذا يرى الباحثان Odum و Southwick بأن الجماعة السكانية هي مجموعة تعاونية Collective group يمكن أن تتبادل أفرادها المعلومات الوراثية وتحتل مكانا معينا ولها صفات متنوعة من الأفضل التعبير عنها كخصائص أو كوظائف إحصائية مرتبطة بالجماعة السكانية ولا يشترط أن تكون من صفات جميع الأفراد المكونة لهذه الجماعة السكانية . ومن أهم هذه الخصائص والصفات معدل الولادات والوفيات Natality and mortality rate الكثافة Density القدرة الحيوية الكامنة Biopotential والتفرق Dispersal وشكل النمو Growth shape و نسبة الجنس Six ratio توزيع العمر Age distribution

وغيرها . أما الباحثون (هيكمان وآخرون 1989) فيؤكدون إن لهذه الجماعات مجموعة أخرى من الصفات الوراثية المرتبطة ببيئتها مثل التكيف Adaptation والملائمة التكاثرية Ecological attributes (أي إمكانية ترك نسل على مر الزمن) .

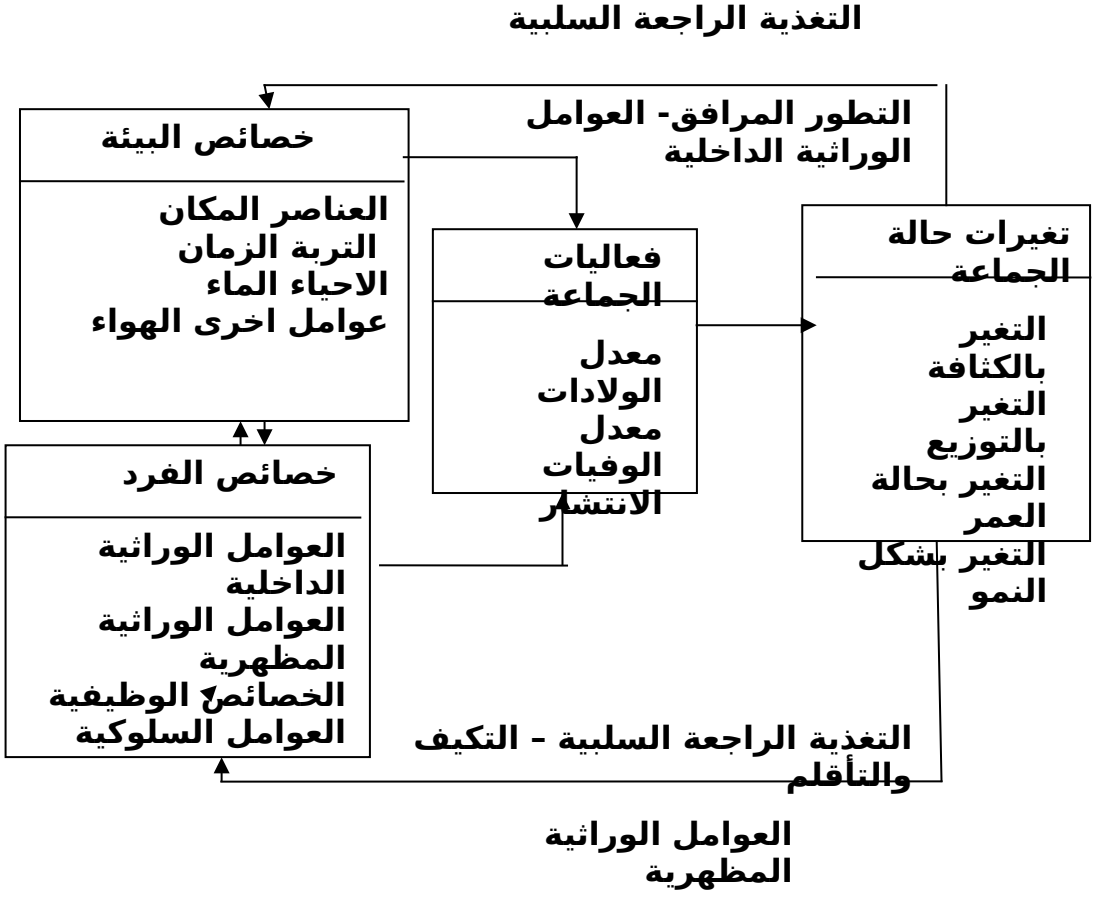
ويؤكد الباحث Thomas Park على أن للجماعة السكانية صفات أو خصائص حيوية تشارك فيها الأفراد المكونة لهذه المجموعة ومن هذه الصفات المشتركة هي :

1. **إن المجموعة السكانية تملك تاريخ حياة من حيث أنها تنمو وتحفظ نفسها كما يفعل الكائن الحي المفرد كما إنها تمتلك تركيب وتنظيم ثابت يمكن أن يوصف ويدرس .**
2. **إن بعض هذه الصفات تنطبق على المجموعة فقط ولا يشترك فيها الأفراد وهى معدل الولادات والإهلاك ، نسبة العمر وتوزيع الجنس والملائمة الوراثية والتكيف وغيرها ، وهذه الصفات لا تنطبق على الفرد .**

وعموما فإن خصائص الجماعة من وجهة نظر Thomas Park تكون في قرينتين هما :

- **الصفات التي تتعامل مع العلاقات العددية والتركيب .**
- **الصفات التي تتعامل مع العلاقات الوراثية .**

ويرى الباحثان Coulson and Witter أن الفرد Individualأو الكائن الحي هو المكون الأساسي للجماعة السكانية ، بحيث تكون هذه الأفراد قادرة على التزاوج فيما بينها . وهى التي تشكل حدود وشكل الجماعة مكانيا وزمنيا رغم إن ذلك من الأمور الصعبة في البيئة ، لان حدود الجماعة تتغير بسبب التغير المستمر لهذه الكائنات، **لذلك يجب معرفة التغيرات في التوزيع المكاني والزماني ووفرة الغذاء لتلك الجماعات السكانية أو ما يعرف بديناميكية السكان population dynamics ، حيث وضع هذان الباحثان عنصرين أساسيين هم المتغيرات variables والفعاليات processes باعتبارهما عوامل أساسية تحدد توزيع الجماعة وغذائها حتى فيما يسمى بمفهوم نظام الجماعة population system كما يمكن ملاحظته من الشكل (1.) .**



شكل (1) مكونات النظام السكاني population system **ودور المتغيرات والفعاليات في تركيبه وديناميكيته**

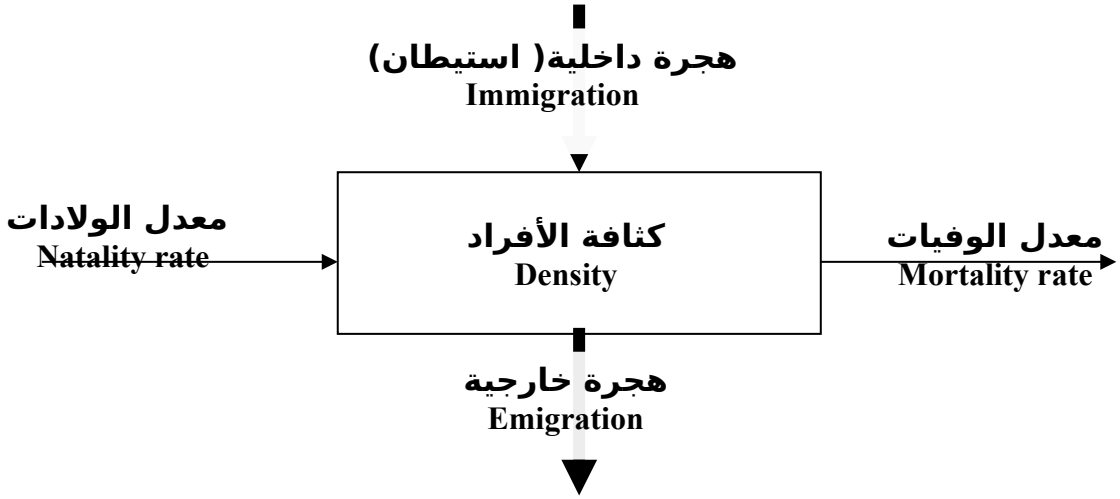
ونلاحظ من الشكل السابق انه يمكن التعبير عن وضع أو حالة الجماعة السكانية من خلال دراسة صفات متغيرة فيها مثل الكثافة Density ، شكل أو نظام التوزيع Pattern of distribution والتركيب ألعمري Age structure وشكل النمو Growth form ، حيث أن هذه المتغيرات تختلف زمانيا ومكانيا . لذلك تسمى بمتغيرات الحالة Population state variable للجماعة السكانية وسبب هذا الاختلاف حسب وجهة نظر coulson و Witter يعود إلى تأثر هذه المتغيرات بفعاليات الجماعة السكانية المختلفة مثل معدل المواليد Natality والانتشار Dispersal والهجرة Immigration والهجرة المعاكسة Emigration .

من هنا نجد ان فعاليات الجماعة تخضع لتأثير عوامل مختلفة منها ما هو مرتبط بخصائص الأفراد المكونة لها Individual properties ومنها ما هو مرتبط بعوامل الوسط Environmental properties ، وبما أن خواص الأفراد مثل التركيب الجيني الداخلي و الشكل الظاهري وخواص الوسط بعوامله الحيايتة واللاحيوية في تغير مستمر بسبب تغير عوامل المكان والزمان طبقا لتغير حالة وطبع الجماعة السكانية Population state variable من خلال ميكانيكية خاصة تعرف بالتغذية الرجعية (Negative feed back) وهذه العملية تسلك طريقين في تأثيرها على ديناميكية السكان هما :

1. **التأثير على خواص الأفراد وهذا التأثير ينسحب على فعاليات الجماعة وهو بدورة يؤثر على حالة الجماعة السكانية والوسط المحيط Environment .**
2. **التأثير على خواص الوسط وهذا التأثير ينسحب على فعاليات الأفراد وبدورة يؤثر على حالة الجماعة.**

على سبيل المثال زيادة عدد أفراد الجماعة يؤدى الى موت أفراد أخريين بسبب قلة الغذاء أو يضطر البعض الى الهجرة وبذلك ينخفض النشاط التكاثري أو أن ضغط البيئة يؤدى الى تغير مظهري للأفراد أو قد يؤدى الى حصول مجموعة انتخاب Selection ، أو طفرات Mutations وهذا بدوره يؤدى الى ما يسمى بالتأقلم التطوري Adaptive evolution للنوع نتيجة للتأثير على ميكانيكية الانسياب الجينى مما يؤدى الى ظهور صفات جديدة على الأفراد تنسحب على سلوك وديناميكية الجماعة بالكامل ، كذلك في حالة التغذية المرتدة (الراجعة) المؤثرة على الوسط كنقص الغذاء أو عدم توفره أو زيادة الأعداء الطبيعيين سوف تتأثر بذلك فعاليات الجماعة وبدورها ستؤثر على وضع الجماعة ككل ، وأحيانا تنسحب التأثيرات على الجماعات المرافقة للجماعة السكانية الخاضعة لهذه التغييرات بحيث ينسحب عليها التأثير على الصفات الوراثية فيحصل ما يسمى بالتطور المرافق Coevolution كما في حالات الرعي الجائر على بعض المجاميع النباتية أو عندما تهاجم الآفات بعض المجاميع النباتية فان هذه النباتات تكون أشواك أو تفرز مواد غير طيبة المذاق ، كذلك تقوم بعض المجاميع الحيوانية بأساليب مختلفة لتقليل عمليات الافتراس كتكوين أشواك أو فرز مواد لاذعة على سطح الجسم أو القيام بتغيير اللون أو التكور وغيرها من الوسائل ، وهذا التغير فيما يرى الباحثون Krebs و Odum و Southwick يصلح بان يكون وحدة دراسية Unit of biocommunities study لخصائص الأنظمة البيئية والمجتمعات الحيوية المتكونة من جماعات متشابهة الموطن Sympatric population أو مختلفة الموطن Allopatric population ، حيث يؤكدون بأن الدراسة الأولية للجماعات السكانية تصبح أكثر فائدة عندما يتم التركيز على الصفات التي تميزها عن الأفراد فمن جهة تتشابه مع هذه الأفراد في خصائص التركيب ووحدة الوظيفة وطراز النمو والتطور ولكنها تمتلك خصائص جماعية وصفات إحصائية لا يمتلكها الأفراد كلاً على حدة ، ولذلك يؤكد هؤلاء الباحثون على إمكانية تحديد تركيب الجماعة السكانية من حيث الحجم ووفرة الأعداد ، الكثافة ، النمو ، حدود الانتشار المكاني ، الفئات العمرية ، نسبة الجنس بين أفرادها ، قياس تباين الأنواع ، تنظيم التوالد وغيرها من الصفات التي تخضع للقياس الإحصائي ولا يمكن تطبيقها على الأفراد.

كما يؤكد هؤلاء الباحثين على كون فسلجة الجماعة السكانية تكون محددة بمعدل الولادات Natality rate ومعدل الوفيات Mortality rate ومقدار الهجرة الداخلية الاستيطان Immigration والهجرة الخارجية من الوسط Emigration ويمكن وصف هذه العلاقة كما يلي :



لذلك يرى هؤلاء العلماء بان الجماعات السكانية تمثل مستوى تنظيمي أرقى وأكثر تطوراً من مجموع أجزاؤها لأنها تمثل الخصائص المتفوقة لهذه الأجزاء (المتمثلة بالأفراد الجيدة بيئيا) ومن هنا فان فهم هذه الخصائص والصفات تمثل نموذجاً أكثر سعه وشمولية في تفهم المتغيرات الحاصلة في البيئة المحيطة بالأحياء وما يحصل لأفراد الجماعات نفسها .

نشوء الجماعة السكانية (العشيرة البيئية) :

من خلال دراستنا لمفهوم التعاقب البيئي في الفصل العاشر تبين لنا كيفية دخول الكائنات الرائدة إلى البيئات والمناطق الجديدة وعمل هذه الأحياء سواء كانت نباتات سابقة Pioneer organisms بتواجدها أو حيوانات ظهرت فيما بعد كما تم توضيح ذلك في عملية تكوين تجمعات صغيرة أو كبيرة من الأنواع المتشابهة أو الأنواع المتوافقة بيئيا والتي هي فى حقيقتها عبارة عن جماعات سكانية أو عشائر بيئية وعملية التشكل هذه يرى علماء البيئة والتطور بأنها حصلت بأحد الطرق التالية :

1. **من جراء عملية التكاثر المباشر للأنواع الرائدة .**
2. **بواسطة الانتقال والتغير بعوامل الوسط البيئي المختلفة .**
3. **عن طريق انتقال الأنواع وحركتها في البيئات الجديدة .**

تختلف الكائنات الحية في قدرتها على التكاثر وكذلك بأسلوب هذا التكاثر في الأنواع الرائدة التي غزت البيئات الجديدة فمثلا تتكاثر بتكوين البذور أو الابواغ كما في العديد من النباتات والفطريات حيث **يستطيع نبات عشبي مثل *Epilobinm angustifolium*** إعطاء ما مقداره (30 آلف بذرة في الزهرة الواحدة) أما بعض **الفطريات البازيدية** أو العراهين فإنها تعطى ملايين من الابواغ لكل فطر .

وبنفس الأسلوب **يستطيع البرامسيوم** الواحد وهو (حيوان هدبي من الاوالي) الانشطار كل ستة ساعات ويضاعف المقدار ليصل إلى حوالي 4096 فرد في ثلاثة أيام . كذلك يمكن ملاحظة هذه القابلية الكبيرة للتكاثر في العديد من أنواع الحشرات فان الجراد يعطى حوالي 500 فرد في الكيس الواحد من البيض وكذلك الأسماك تستطيع أن تعطى مئات الآلاف من البيوض في مواسم التكاثر بينما لا تستطيع اللبائن العليا كالأغنام و الأبقار و الخيول والإنسان إعطاء أكثر من فردين خلال سنة واحدة إلا في بعض الحالات الخاصة

(التوائم المتكررة) بينما تستطيع أنواع أخرى من الثدييات كأنواع من القوارض كالفأر المنزلي وأنواع من الجرذان من التكاثر السريع وتكوين جماعات كبيرة خلال فترات بسيطة قياساً باللبائن العليا .

كذلك قد تنشأ الجماعة بواسطة العوامل المحيطة فكثير من الأحياء الموجودة في البحار تقوم التيارات المائية بنقلها لأماكن مختلفة كذلك تقوم **الرياح** بنقل الكثير من الأحياء كالطحالب والحشرات أو بذور وأبواغ النباتات المختلفة من منطقة إلى منطقة أخرى ، كما يمكن مشاهدة هذه الحالة في أحواض الأنهار حيث يقوم النهر بنقل الأحياء نتيجة لتيار الماء من المنبع إلى المصب لذلك يمكن أن نشاهد مجاميع مختلفة في منطقة المصب تعود لأنواع مختلفة كما يمكن أن تتكون الجماعة نتيجة الى حركة الكائن الحي نفسه ، وهذه الحركة تكون باتجاهين هما :

1. توجه الأفراد نحو منطقة معينة من البيئة عن طريق الاستجابة للعناصر المحيطة غير الحية كالضوء والحرارة والرطوبة وغيرها كما يشاهد ذلك في عالم الطيور والحشرات والكثير من الأحياء المائية كالحركة اليومية لأنواع عديدة من القشريات نتيجة لتغير الحرارة وشدة الضوء .
2. جذب الأفراد لبعضها حيث أن اغلب الكائنات الحية تميل الى تكوين جماعات أو وأسراب وكائنات النوع الواحد تستجيب بنفس الطريقة الى المحفزات الطبيعية في المحيط وتأتى الى نفس المكان مما ينجم عن ذلك تكون الجماعة المؤقتة كما يحصل في أوقات التكاثر أو تزهر النباتات أو تكوين الثمار التي تجلب العديد من الكائنات عن طريق ما يسمى بالفرمونات (pheromones) والتي هي عبارة عن مواد كيميائية تفرز من الجسم تعطى رائحة خاصة تحسها الأنواع المتقاربة بيئيا أو من أفراد النوع الواحد . وتنجذب الى المكان مما يزيد من حجم الجماعة السكانية عن طريق حركة هذه الأفراد إلى أماكن تجمع الإناث أو تفتح الأزهار النباتية وغيرها من عوامل الجذب .

خصائص الجماعة السكانية Population characteristics :

تمتلك الجماعات السكانية أو العشائر البيئية خصائص متعددة تمثل المجموع العام لخصائص ومميزات أفرادها ولذلك فهي ممكنة القياس الإحصائي لتوفر عوامل التكرار ونشوء علاقات الارتباط والتغاير بين هذه الخصائص مما يجعل دراسة التجمعات الحيوية والأنظمة البيئية أكثر وضوحا من خلال دراسة خصائص الجماعة السكانية ومن أهم هذه الخصائص :

1. حجم الجماعة السكانية	**Population size**
2. معدل الولادات	**Natality rate**
3. معدل الوفيات	**Mortality rate**
4. القدرة الحيوية الكامنة للتكاثر	**Potential reproduction**
5. أشكال النمو	**Growth shape**
6. نسبة الجنس وتوزيع العمر	**Sex ratio and age distribution**
7. المقاومة والتكيف البيئي	**Environmental adaptation**
8. الكثافة	**Density**
9. الانتشار	**Dispersal**

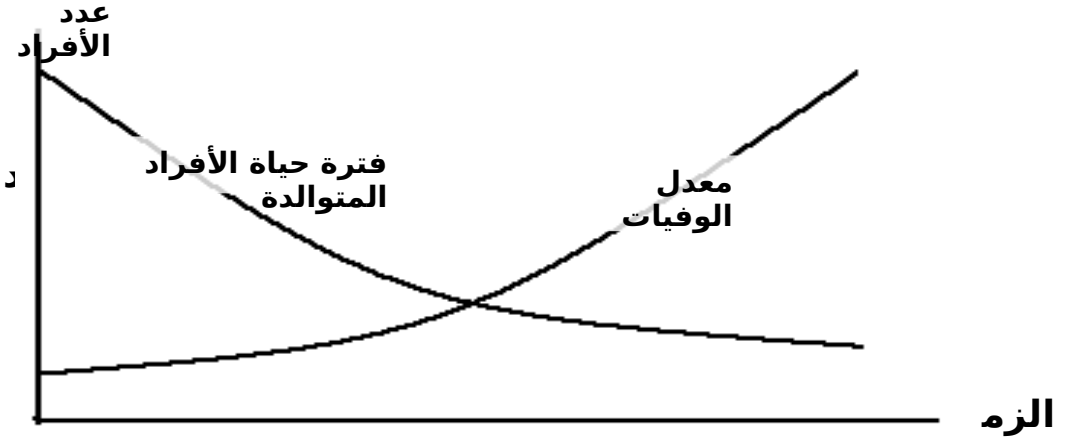
وغيرها من الصفات الأساسية في دراسة مفهوم تركيب وديناميكية الجماعات السكانية في البيئة وسنتعرض لأهم هذه الخصائص :

1- حجم الجماعات السكانية : Size of Population :

تختلف الجماعات البيئية في أحجامها وهذا من وجهة نظر علماء البيئة مثل Fischer و Cuggisbergو Sakalov بناءً على صيغة السلوك الاجتماعي من جهة ودرجة تطور أفراد هذه المجموعة من جهة أخرى فقد وجد من خلال الأبحاث الميدانية المختلفة بان اغلب الكائنات الصعبة التكيف البيئي وذات المصدر الغذائي المحدود عادة ما تتمثل بمجموعات صغيرة الحجم محدودة الأعداد ومن الأمثلة على ذلك طيور (الكركي الناعق *Gurus americana*) حيث يشكل مجاميع بحوالي 70 فردا ، وعادة ما تكون هذه المجاميع الصغيرة من الأحياء المهددة بالانقراض أو الانحصار البيئي في مواقع محددة من العالم فمثلا الأسد الهندي *Pont her* لا يتجاوز حوالي 200 فرد تعيش في غابة (جيد) غرب الهند ، كذلك نجد نفس الشيء في مجموعة نسر كاليفورنيا *Gymmogyps californi*a وحيوان القرد الذهبي الصغير *Leotidewrosol*a وبقر الوحش العربي *Oryx leocary* كذلك يمكن اعتبار خروف الودان (الآروي) من ضمن هذه المجاميع البيئية المحدودة الحجم وغير ذلك من المجاميع الحيوانية التي تعتبر أثرية في البيئة و هي تقع على حافة الاندثار والانقراض التدريجي إذا لم تحصل على حماية بيئية جديه .

لكن نجد من جهة أخرى إن البيئة تنظم مجاميع أخرى رئيسية كبيرة الحجم تضم أنواع عديدة وذات وفرة هائلة وتتميز بنجاح بيئي كبير سواء في غزوها للبيئات المختلفة أو تنوع مصادر غذائها أو في سلوكها الاجتماعي المنتظم وكمثال على ذلك طائر الزرزور حيث نجده في بيئات مختلفة في الشتاء شرق أمريكا بشكل أسراب وجماعات تصل تعدادها إلى خمسة ملايين طائر كما سجلت البحوث بأن الغزلان بيضاء الذيل تشكل جماعات بحجم مليون فرد ، وفى الهند تشكل القرود مجاميع بيئية قدرها 800000 فرد كذلك تعتبر مجاميع الجرذ النرويجي والفار المنزلي وحيوانات النيرون في السهول الكبرى وغيرها من الأماكن من الجماعات ذات الحجم الكبير في البيئة .

أما الباحث Dowdeswell فإنه يرى أن حجم الجماعة السكانية ومدى احتلالها لأي موقع بيئي أو مقدار ما تكونه من أفراد بحيث تحتل موقع معين أو تشكل تكتل ذا حجم كبير أو صغير فإنه يخضع إلى طبيعة الموازنة بين معدلات قدرة معيشة الأفراد المتوالدة الجديدة Reproductive survival ومقدار الوفيات (الهالكات) التي تحصل لهذه الأفراد بالدرجة الأساس وخاصة في حالة الجماعات المستقرة أو الثابتة نسبيا في البيئة ولكن الحاصل في البيئية أن حوالي 1% من مجموع الأفراد هو الذي يصل إلى سن النضج كما يشير هذا الباحث ، أما الأفراد الباقية فتتعرض إلى الموت بأعمار مختلفة أو الأمراض أو تستخدم كغذاء من قبل المفترسات المختلفة حسب موقع هذه الأحياء من السلاسل الغذائية وشبكات الغذاء التي تم توضيحها سابقا . ويمكن توضيح أفكار Dowdeswell كما في الشكل (3) .



شكل (3) العلاقة بين حجم الجماعة السكانية وفترة بقاء الأفراد ومعدل الوفيات .

2- معدل الولادات Natality Rate :

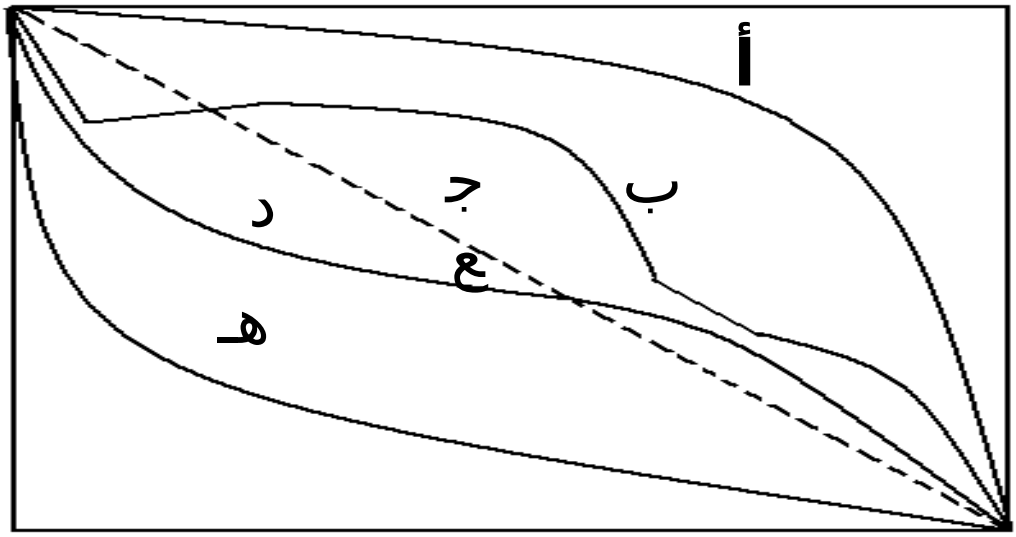
يتحدد شكل الجماعة السكانية بكونها تميل إلى الزيادة بسبب التكاثر في الأعداد (معدل الولادات) والانخفاض والتقلص بسبب معدلات الموت ، ويعرف الفرق بين الحالتين بمعدل النمو الطبيعي وهو يعنى من وجهة النظر البيئة (مقياس الجماعة البيئية الذي يوضح او يصف المعدل الذي تنتج به أفراد جديدة) . ويعتمد معدل التكاثر والتناسل في الجماعة البيئة المعنية على هذا المعدل وعلى معدل الهلاكات المعاكس له على افتراض عدم وجود هجرة داخلية أو هجرة خارجية فان أعلى حد لمعدل التكاثر في جماعة معينة تحت أحسن الظروف الملائمة يدعى بمعدل الولادات الكامن Potential natality rate ولكن هذا المعدل من النادر ان يحصل في الظروف الاعتيادية لأنة لابد وأن يتأثر بعامل أو بآخر من العوامل الحيوية أو اللاحيوية ، ومن عوامل البيئة المحيطة ولهذا فإن المعدل الذي يتحقق تحت الظروف الطبيعية يدعى بمعدل الولادات المتحقق فعلاً Realized natality .

وفى حقيقة الأمر فان القدرة على التكاثر دائما ما تكون تقريبا اكبر بكثير مما هو منجز في حقيقة التكاثر وهذا الموضوع يعتمد على القدرة التناسلية وظروف التكاثر وأسلوب الرعاية والسلوك الجماعي للكائن الحي ، وكذلك الخواص الوظيفية والقدرة على معاودة النشاط طوال فترة الحياة وكذلك القدرة التناسلية الكبيرة في الطبيعة أو القدرة التناسلية الصغيرة في البيئة وأن الكائنات العالية القدرة هي الكائنات العالية التوالد وفيها معدل الولادات مرتفع وتكون مجاميع سكانية كبيرة الحجم وكثيرة الأعداد وفي الغالب تكون أشكال النمو فيها أسية أو متذبذبة كما ثبت ذلك من خلال العديد من التجارب والدراسات الميدانية التي أجريت حقليا ومختبريا لمتابعة هذه الخواص في مختلف المجاميع السكانية . فمثلاً وجد بأن هنالك العديد من الأنواع التي تستطيع الأنثى فيها من إنتاج ملايين البيوض إلا أن معدل الولادات المتحقق ما هو إلا جزء صغير من معدل الولادات الكامن وعلى العكس من ذلك هناك أنواع أخرى لا تنتج إلا القليل من البيوض إلا أن نسبة معدل الولادات المتحقق تكون عالية جدا . فاسماك البلطي الموجودة بكثرة في أفريقيا وفلسطين وسوريا والتي ادخلت إلى مناطق مختلفة من العالم لا تنتج إلا عددا قليلا من البيض في كل مرة إلا أن العناية الأبوية بالبيض تجعل معدل الولادات المتحقق مرتفع جدا على العكس من ذلك ما نجده في العديد من الأسماك المعروفة في المياه الداخلية العربية والمناطق المجاورة لها .

3 - معدل الوفيات Mortality Rate :

يمثل معدل الوفيات عدد الأفراد الذين يموتون في جماعة سكانية في زمن معين وهو يعتمد على درجة تعمير أو طول حياة الكائنات نظريا تحت الظروف المناخية السائدة في المنطقة ، وعليه فإن درجة التعمير الحقيقية هي الفترة التي يعيشها الكائن الحي تحت التأثير الفعلي لظروف البيئة . لذلك فان معدل الهلاكات يستخدم في الدراسات البيئية لمعرفة عدد الأفراد الباقية من مجموع الجماعة السكانية خلال فترة معينة وعلى نفس المنوال الذي اتبع في احتساب معدل الولادات فإن أوطأ معدل الوفيات ممكن لنوع معين في أحسن الأحوال يدعى معدل الهالكات الكامن Potential mortality rate بينما يدعى معدل الهلاكات الحقيقي بمعدل الوفيات المتحقق Realized natality rate ويكون تأثير معدل الوفيات سلبيا على تطور الجماعة لأنه يؤدى إلى نقصانها ، ويختلف معدل الولادات والهلاكات ليس من نوع لأخر ولكن يختلف أيضا طبقا للعمر بالنسبة للأفراد ، فمعدل الولادات يكون عادة مرتفعاً عند منتصف الحياة بعد أن يصبح الفرد بالغا جنسيا (أي له

القدرة على إنتاج أفراد جديدة) وتستمر هذه الزيادة الى فترة ما قبل أن يصبح هرما وتنخفض أو تتوقف خصوبته حسب نوع الكائن الحي واختلاف معدل الهلاكات مع العمر أو دورة الحياة حيث يختلف ذلك اختلافا كبيرا بين أنواع النباتات والحيوانات المختلفة ففي البعض منها يحدث معدل الوفيات المرتفع جدا في أطوار البيضة أو اليرقة أو البذرة ، بينما في أنواع أخرى يلاحظ معدل الوفيات المرتفع في أواخر الحياة ، ويكون معدل الولادات الكامن لكل نوع من النباتات أو الحيوانات اكبر من معدل الوفيات الكامن ، ولذلك يملك كل نوع منها في الظروف البيئية الملائمة القدرة على الزيادة وإذا كان معدل الولادات المتحقق تحت الظروف السائدة كذلك أعظم من معدل الوفيات المتحقق فإن حجم الجماعة السكانية في الوقع يزداد ، أما إذا كان المعدلان متساويان فان الجماعة تكون ثابتة ولكن إذا كان معدل الهلاكات المتحقق أكبر فإن أعداد الأفراد سوف تنقص ويتقلص معها حجم هذه الجماعة السكانية ، ويعبر عن هذه العلاقات بمنحنيات خاصة تسمى منحنيات البقاء كما يستوضح في الشكل(4) .



شكل (4): شكل يبين خمسة طرز من محنيات البقاء .(عن اودم 1990) أ- نمط محدب تكون الولادات هي الأعلى -ب- حالة تحول من مرحلة نمو لأخرى- ج- منحنى افتراضي لحالة عمر نوعي ثابت ، د- نمط النمو السيني -ه- نمو مقعر تكون الهلاكات هي الأعلى .

ونجد من الشكل أن البيئة تحاول باستمرار السيطرة على نمو الجماعة ضمن الطاقة الاستيعابية لها ولكن استمرار حالة تفوق معدل الولادات على معدل الوفيات ضمن السياقات الطبيعية يؤدي غالبا الى زيادة النمو . وقد وجد الباحثون من خلال الدراسات التطبيقية أن القدرة الحيوية الكامنة لا يمكن تحقيقها في معظم الظروف الطبيعية نتيجة للتغير المستمر في ظروف البيئة وتأثير عوامل الوفيات لذلك فإن معدل النمو السكاني في بداياته سيكون سريع إلى الحد الذي تؤدى هذه الزيادة إلى إحداث أضرارا على نفس الجماعة السكانية نتيجة للعوامل المعتمدة على الكثافة وخاصة في الكائنات ذات دورات الحياة القصيرة أو التي ترتبط بمواسم محددة للتكاثر كما سيتم توضيحه لاحقا عند شرح أشكال النمو ، ولهذا فان نموها يبدأ بالتناقص حتى يصل إلى الصفر عندما يصل حجم الجماعة إلى أعلى حد ممكن متجاوزاً الطاقة الاستيعابية للبيئة ضمن الظروف السائدة في المنطقة ويمكن ملاحظة هذه الحالة في الأدوار الأولى من تواجد أفراد جماعة ما في موطن بيئي جديد ، وعموما فان الجماعة السكانية التي يصل نموها إلى الحد الأقصى للنمو يمكن أن تتعرض إلى ما يلي :

1. **إما أن تحافظ على نفسها بنفس المستوى لفترة طويلة .**
2. **أو تأخذ بالاضمحلال وتختفي نهائيا .**
3. **أو تتذبذب بانتظام أو بدون انتظام ولكن بحدود معتدلة .**

5 . أشكال نمو الجماعة Growth types of population :

هنالك نموذجان شائعان للزيادة والنمو في الجماعة يمكن تتبعهما في الكائنات الحية المختلفة من خلال حساب الزيادات الحاصلة في عدد الأفراد الجديدة ونمو حجم هذه المجاميع وهما :

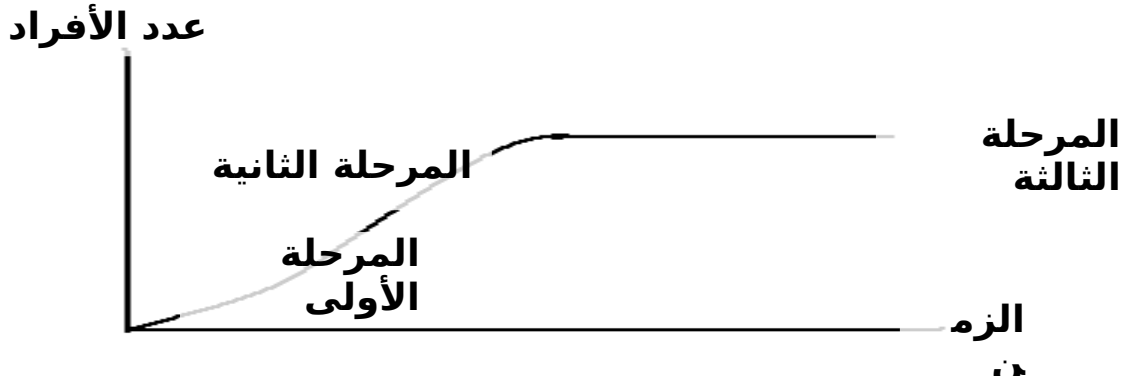
1. منحنيات النمو الأسى Exponential growth curves :

يحصل هذا النوع من النمو في أجزاء من البيئة الطبيعية وفى ظروف معينة ويستمر لزمن محدد كما في فترات ودورات التكاثر ، أو الاستطيان أو الهجرة الداخلية التي تقوم بها هذه الأحياء للموقع البيئي لأول مرة حيث يكون إنتاج أفراد جديدة عملية مستمرة ، يضافون إلى أفراد الجماعة ويكون التكاثر سريع ومستمر وبذلك يزداد حجم الجماعة إلى أن يتجاوز السعة الحملية للبيئة Environmental capacity ولذلك غالبا ما يصاب هذا النمو بالتغير المفاجىء وتتعرض الجماعة للدمار ويحصل مثل هذا النوع من النمو مع النباتات الحولية ، معظم الحشرات والقشريات ، وفي فترات التكاثر في العديد من الحيوانات الصغيرة الحجم ويأخذ الشكل (5) .

شكل(5) منحنى النمو الآسي لبعض الجماعات السكانية.

2. منحنيات النمو النسبي (اللوجيستيكي) Logistic growth curves :

يحصل هذا النوع من النمو في الجماعات المستقرة حيث تعمل العوامل البيئية المؤثرة على القدرة البيولوجية على تحديد مقدار التكاثر والولادات وبذلك تحاول أفراد هذه المجاميع بمرور الزمن بتحديد معدل زيادتها بحيث يكون اقرب إلى الاستقرار أو الصفر أي إنتاج عدد ثابت من الأفراد يتناسب مع قدرات الوسط البيئي التحملية ومصادر الغذاء لذلك نلاحظ أن منحنى النمو يأخذ بالتقلص التدريجي حتى تصل الجماعة بمستوى نمو أشبه بالمستقيم Asymptotic والذي يمثل السعة الحملية للوسط البيئي Environmental capacity . ويمكن تعريفها بأنها المقدار الذي يمثل اكبر عدد من الأفراد التي تستطيع العيش في موطن معين دون حدوث خلل في عملية التوازن والعلاقات البيئية ، ويمر هدا النوع من النمو بمراحل متعددة لبلوغ مرحلة الاستقرار وهي نمو بطيء ثم نمو سريع ثم نمو منخفض تدريجيا على شكل حرف S)) كما في الشكل (6) .



شكل(6) منحنى النمو نوع أللوغاريتمي Logistic growth في بعض المجاميع السكانية .

نظريات نمو الجماعات السكانية :

ظهرت عدة نظريات حاولت تفسير عملية النمو في الجماعات السكانية المختلفة اعتمدت كل منها على وجهة نظر تختلف عن الأخرى ، وسبب هذا الاختلاف هو وجود أنماط وطرز نمو مختلفة تحصل عليها كل باحث أثناء قيامه بالتجارب أو إن الكائنات الحية هي الأخرى أعطت طرز متباينة تحت تأثير الظروف البيئية التي أجريت فيها هذه التجارب أو المشاهدات الحقلية . ومن أهم هذه النظريات مايلي :

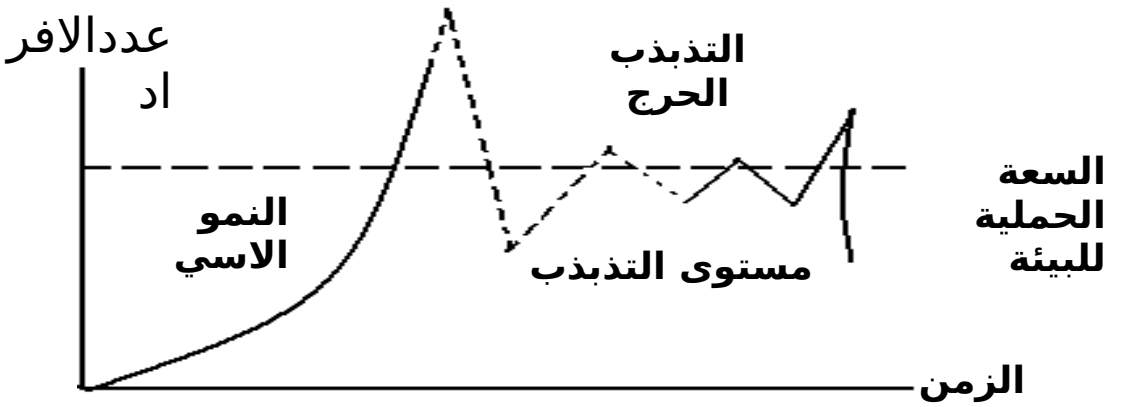
1. نظرية النمو المالثوسي :

طرحت هذه النظرية من قبل عالم الاقتصاد الإنجليزي توماس مالثوس في نهاية القرن الثامن عشر حيث لاحظ هذا الباحث بأن الجماعات السكانية في البيئة تميل نحو الازدياد بصورة سريعة ونشر أفكاره عام 1798 في مقال أو بحث اسماه : Essay on the Principle of Population)) وفيه أشار الى فكرة جديدة مفادها (بأن الجماعات الحيوية تميل الى الازدياد بصورة أسرع من وسطها البيئي أو أماكن معيشتها) أو أن هذه الجماعات تميل الى الازدياد هندسيا أو آسيا بينما مواردها الغذائية ووسائط عيشها تميل للازدياد حسابيا فقط . وحيث ان المتوالية الهندسية هي سلسلة من الأعداد ذات نسبة مشتركة مثل 2 ،4 ، 8 ،16و 32, و 64 يكون فيها العدد التالي ضعف العدد الذي يسبقه . أما المتوالية الحسابية فهي عبارة عن سلسلة من الأعداد ذات فرق مشترك مثل تلك التي يختلف فيها كل العدد عن غيره بنفس القدر (Southwick 1984) .

ولذلك أعتقد الباحث مالثوس بأن الجماعات تعمل بصفة مستمرة الى ان تتعدى مواردها الغذائية في البيئة ثم بعد ذلك تتناقص بالفقر والمرض والحروب وغيرها من الظروف البيئية وبما انه متخصص في مجال الاقتصاد فإنه كان معنيا بالجماعات البشرية بالدرجة الأولى ولذلك فهو يدعو الى تقليص الأعداد البشرية . من هنا لاقت اطروحاته اعتراض المؤسسات الدينية باعتبار ان أفكاره تهديد لعملية التناسل الطبيعى للإنسان ، وكذلك لقي اعتراضا من قبل المجتمع العلمي الذي يرى في ذلك إغفالا لدور العلم والتكنولوجيا وقدرتهما على البحث في السبل الممكنة لزيادة الموارد الطبيعية وتطوير مصادر الغذاء والقدرة على مجابهة الأحداث ، لذلك لاقت هذه النظرية رفض كامل طيلة القرن التاسع عشر وعزز هذا الرفض بظهور العديد من المقالات مثل (العلم سوف يحل كل المشكلات واذهب وأخضع الطبيعية) وغير ذلك من الدعوات العلمية والدينية لمحاربة أراء مالثوس . إلا انه في السنوات الأخيرة وجد العديد من الباحثين وخاصة البيئيون منهم الكثير من الجدية في أراء وتعبيرات مالثوس لان اغلب الشعوب عانت من المرض والفقر والمجاعات رغم التقدم العلمي والتكنولوجي والطب كما حدث في العديد من دول آسيا وأفريقيا من عوامل الفقر والجفاف والأمراض الفتاكة التي أدت الى هجرة أعداد كبيرة أو الوفيات المتكررة ما بين الناس والحيوانات الاقتصادية على مختلف مستوياتها جراء انتشار العديد من الأوبئة والأمراض الفيروسية والطفيلية خاصة وباء الملا ريا مثلا وادي استطاع من القضاء على ملاين البشر في العديد من دول العالم وخاصة في أفريقيا وشبه القارة الهندية ، وكذلك الحال بالنسبة "لمرض النوم" في العديد من مناطق أفريقيا الذي تفاقم بسبب التخلي عن برامج المكافحة من قبل العديد من الحكومات وكذلك انتشار مرض الكوليرا بنسب كبيرة في عام 1971 ووفاة عدة آلاف في الهند وباكستان وتشاد وأوغندا وغيرها من الدول ، أما مرض البلهارسيا فهو مرض عالي الانتشار واثر على حياة أكثر من 200 مليون شخص في جميع أنحاء العالم وغير ذلك من الأوبئة التي تحدث عدم استقرار في نمو الجماعات السكانية وتغير من تركيبة المجتمع .

ويؤكد الباحث Lederberg بان فيروس الأنفلونزا (هونج كونك) قد أصاب من 20 الى 30% من سكان العالم ولو كان هذا المرض مميتا فلنا أن نتصور ماذا يحصل لسكان العالم ، وهكذا فان احتمال أن تؤثر الأمراض المعدية كعامل مسيطر كبير على الجماعات البشرية مازال

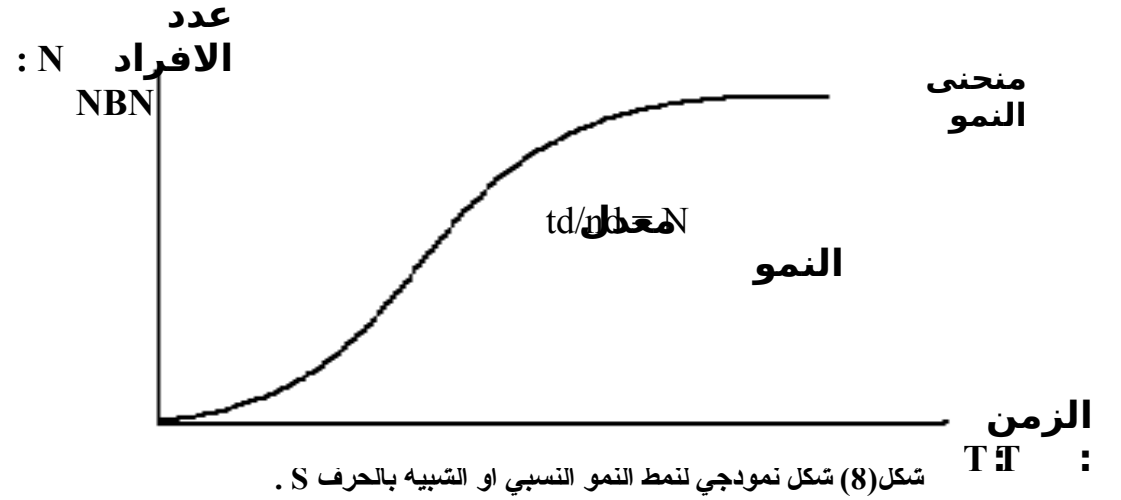
موجودا ويجب أن يأخذ بعين الاعتبار ، لذلك فان هذه الأمور دفعت بالباحث (سبلكر 1969) ان يستنتج ان مخاوف مالثوس قد تتأكد أخيرا بصورة قابلة للعلاج .
وإذا أردنا أن نصور أفكار مالثوس كما أكد ذلك الباحث سبلكر (1969) على شكل منحنى بيئي للنمو فان هذا المنحنى يسير فى بدايته بشكل زيادة اسية أو هندسية ، وخاصة فى المراحل المبكرة فى النمو السكاني للجماعة مع سيطرة سكانية تحققها سلسلة من الأحداث وبعد ذلك تحصل انخفضات فجائية صعودا ونزولا من خلال تأثير آليات المرض والقحط (قلة الموارد الغذائية) أو العنف البيئي أو البشرى والحروب وهكذا تكون الحدود العليا للنمو السكاني متميزة بالوفيات الفجائية والعنيفة بأغلب الأحيان كما في الشكل (7) .



شكل(7) شكل نموذجي لنمط النمو المالثوزى (المتزايد فجائيا) .

2. <u>نظرية النمو النسبي Theory of logistic growth :</u>

أصحاب هذه النظرية يعترضون على نظرية مالثوس باعتبارها لم تفسر علميا أو ما يحصل فعليا فى واقع الأمر خلال دورة حياة السكان ، لذلك قاموا بالعديد من التجارب على العديد من الكائنات الحية ، وظهر أول تحد من قبل العالم Pierre Verhults 1938 حيث افترض أن الجماعات تنمو عادة بشكل منظم اكبر بكثير من ذلك النمو المفترض من قبل مالثوس حيث شبة هذا النمو على شكل منحنى يشبه حرف S كما فى الشكل (8) .



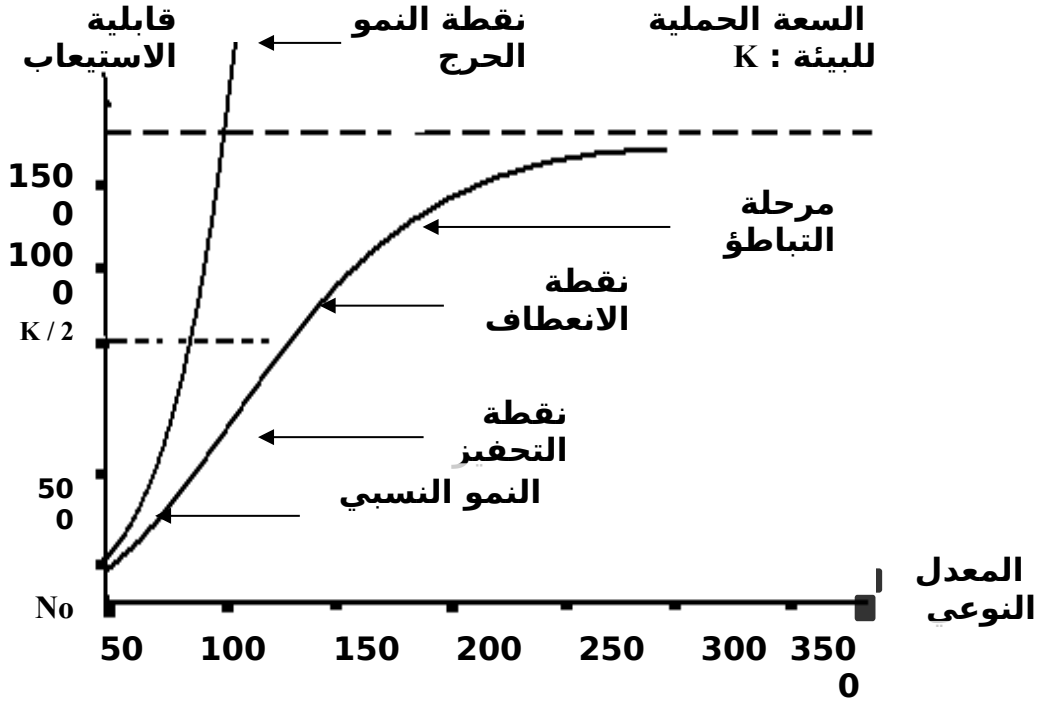
شكل(8) شكل نموذجي لنمط النمو النسبي او الشبيه بالحرف S .

حيث أن :حجم الجماعة السكانية : N و معدل الزيادة في الأفراد : dn وعامل الزمن : dt .

ومنذ ذلك الوقت عرفت هذه النظرية بالنظرية اللوجيستيكية لنمو الجماعات السكانية ومفادها ان للجماعة السكانية فى البيئة معدل نمو بدائي بطيء يزداد رأسياً الى أن يصل حدا أقصى وبعد ذلك يقل تدريجيا عندما تقترب الجماعة من هذا الحد لنموها ، ويكون الوصول الى الحد الأقصى للنمو تدريجيا بأسلوب منظم يمكن التنبؤ به والمنحنى الناتج يعطى النموذج الشهير للنمو الشبيه بحرف S . ومن وجهة نظر مؤيدي هذه النظرية أن ما يحصل هنا هو عبارة عن محاكات بين الكائنات الحية وعوامل الوسط البيئي من حيث القدرة الاستيعابية وتوفير المواطن البيئية لأفراد الجماعات السكانية وكمية الغذاء المطلوب بألاضافة الى عوامل الحرارة والضوء والرطوبة وغيرها من العوامل البيئية المناسبة لحياة الفرد والمجموعة .

وعند تتبع منحنى النمو في كل من المنحنى النسبي أو المالثوسي (المتزايد فجائيا) نجد أن النظريتين أو الشكلين لا يختلفان في المراحل الابتدائية لنمو الجماعة السكانية فهما يظهران بداية بطيئة يعقبها نموا أسيا أو هندسيا ولكن الاختلاف يبدو واضحا في المراحل العليا لهذا النمو حيث تظهر الاختلافات التالية :

1. **فى المنحنى المالثوسي تتميز المرحلة العليا بنمو مفاجيء وجارف يحدد شكل الجماعة بشكل مأساوي لأنه يتجاوز السعة الحملية للبيئة بأعداد غير مسيطر عليها .**
2. **فى المنحنى النسبي تتميز المرحلة العليا بنمو منظم وتدريجي لتحديد نمو الجماعة السكانية يتماشى مع السعة الحملية للبيئة والممثله بالعامل k . وعند التمثيل الرياضي لهذه العلاقة الجديدة يصبح مقدار $N = dn / dt$ مضروبا في $\frac{(k - n)}{k}$ وكلما تقترب (N) حجم الجماعة من k فان قيمة $\frac{(k - n)}{k}$ تصبح اصغر باستمرار وتختزل النمو تدريجيا ويصل منحنى النمو الى الاستقرار . وتشير بعض المصادر الى العامل k الذي يمثل السعة الحملية للبيئة غالبا ما يدعى بالضغط المتزايد ضد نمو الجماعة كما فى الشكل (9) .**

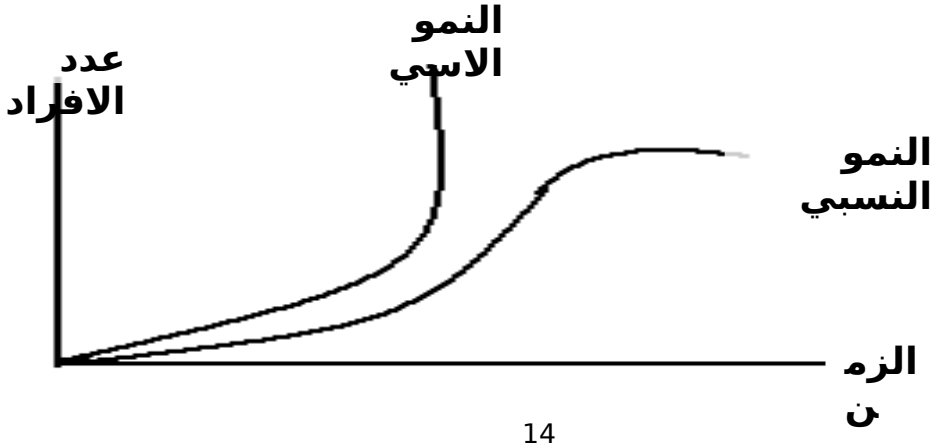


شكل (9) مراحل التأثير والضغط الانتخابي المتزايد على منحنيات النمو .

وقد عانت هذه النظرية الإهمال والنسيان حتى قام العالم بيرل (Pearl) في العشرينات من القرن الماضي بدعم هذه النظرية وتبسيطها بصورة أكثر من خلال تطبيقه لمنحنيات **النمو النسبي على العديد من الجماعات السكانية كالخميرة(yeast) وذبابة الفاكهة *Drosophila* فى عام 1925 . كذلك أدى هذا الى تشجيع الباحثين الآخرين على تطبيق هذه النظرية على نمو جماعات من الأوليات Protozoa كالبرامسيوم وكذلك على القشريات والقواقع وحشرة التريس والنمل والنحل وغيرها من الأحياء . كما إن العديد من التجارب التي أجراها Alle وآخرون عام 1949 قد توصلت الى حقائق علمية مشجعة ، وبذلك حظيت هذه النظرية بقبول كبير لدى الباحثين واعتبرت من قبل بعض علماء الأحياء بأنها قانون نمو الجماعة والتنبؤ بالمستويات المستقبلية الطبيعية والتجريبية وهذا ما ذكره كل من , Yule Udny , Reed ,Pearl وغيرهم وقد لخص الباحث Pearl هذه الآراء بما يلي :**

(إن جميع الكائنات الحية من ابسطها ممثلة في الخميرة إلى أرقاها ممثلة بالإنسان تنمو تبعا للمنحنى النسبي ، كما أشار الى أنه يمكن بعد ذلك وعلى أساس علمي وليس تكهن ، التنبؤ بتعداد جماعات المستقبل أو تقدير جماعات الماضي خارج معدل الإحصائيات المعروفة) .

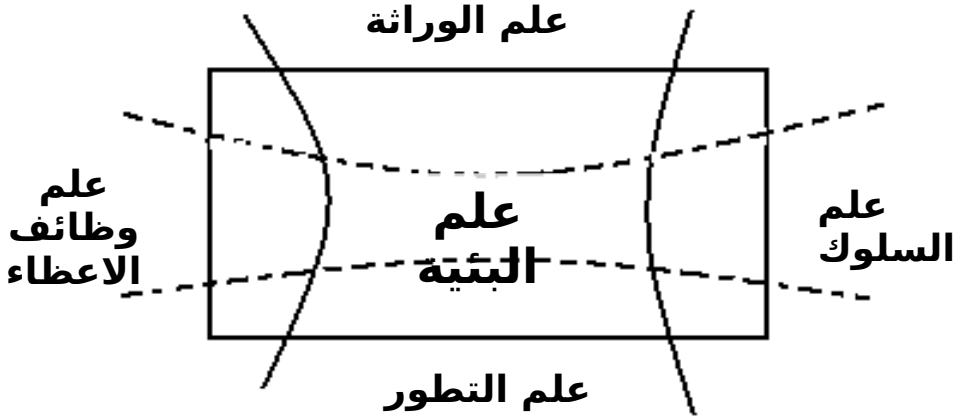
وقد أكد الباحث كلارك عام 1954 بان علماء الأحياء يتقبلون تفسيرات بيرل بصوره مطلقة ، وأشار الى أن جماعات سكانية لكائنات مختلفة متباينة بدرجة كبيرة من البكتريا وحتى الحيتان تتبع المنحى النسبي فى أشكال نموها وكذلك بالنسبة للجماعات البشرية فى مناطق منفصلة أو على مستوى العالم وقد وضع هذا الباحث رسماً بيانياً لنمو السكان فى أمريكا منطبقا على منحنى لوجيستيكى وقد لاحظ بان هنالك سعة حمولة بيئية بمقدار 184 مليون نسمة عام 2100 بعد الميلاد. إلا أن بعض الباحثين مثل كافانج ، ورتشاردس ، وكراى ويلسون سجلوا العديد من الاعتراضات والنقد لهذه النظرية من حيث أنها بشكلها العام يمكن ان تنطبق على منحنيات متباينة بدرجة كبيرة غالبا ما تكون ذات طبائع مختلفة جدا وقد أكدت ذلك دراسات Sang عام 1954 على جماعات من حشرة ذبابة الفاكهة حيث وجد بان تطبيق النظرية اللوجيستيكية يحصل تحت ظروف استثنائية لدرجة كبيرة وفى كثير من الحالات يشذ النمو عن ذلك . وذلك لان الوضع البيئي يكون معقدا الى حد كبير لا يمكن وصفة بقانون أو منحنى ينطبق على الجميع ، وقد وجدت الفروق بشكل واضح عند تطبيق هذه النظرية على الفقريات كما قام بذلك الباحث Davidson من خلال دراسات أجريت على مجاميع من الأغنام فى جنوب استراليا فى ظروف طبيعية أو فى المحميات حيث لاحظ انحرافات كبيرة عن المنحنى النسبي . وكذلك الدراسات التي طبقت على حيوان (الأيل في منطقة كيباب) من قبل Rasmussen . وفى واقع الحال قد تحصل الحالتين من النمو فى الجماعات السكانية نتيجة لتداخل الظروف البيئية من عوامل غير حية كالحرارة والرطوبة والجفاف والعوامل الكيميائية من ملوحة وأكسجين وعناصر مغذية أو ملوثات كيميائية وغيرها أو عوامل حيوية من تنافس وتطفل وافتراس أو تضاد حيوي كما اشرنا الى ذلك سابقا ، ويمكن تمثيل هذه الحالة كما فى الشكل التالي الذي وضعة العالم Krebs شكل (10) .



شكل(10): الشكل النموذجي للنمو الأسى في الظروف البيئية المفتوحة النسبي في حالة الظروف المحدودة .

أنماط انتخاب r-selection & k-selection وتأثيره على أشكال النمو :

يؤكد الباحث هيكمان 1988 ومساعدوه بان دراسة بيولوجية وديناميكية ونمو الجماعة السكانية فى البيئة يجب أن تتناول بشكل متمعن دراسة الجوانب الوراثية والتطورية والوظيفية والتغيرات الموسمية والسلوكية وغيرها من العوامل التي تؤثر على ديناميكية هذه الجماعات ، وهو بذلك يستند على ما جاء فى دراسات الباحثين Elton, 1927 Andrewartha, 1963 Odum, 1972 Krebs 1969 وغيرهم من علماء بيئة السكان الذين أكدوا بأن علم البيئة هو عبارة عن دراسة التاريخ التطوري للبيئة بحد ذاتها وللكائن الحي الموجود عليها سواء أكان فردا أو جماعة سكانية تشكل المستعمرات والمجتمعات الحيوية ، ولذلك فإن علم البيئة يدرس العلاقة المتبادلة بين انتشار ووفرة هذه الكائنات الحية وعلاقاتها مع عوامل البيئة وان هذا العلم يرتبط ارتباطا وثيقا مع العديد من العلوم الحيوية الأساسية الأخرى وتقع نتائجه تحت تأثيرها وهي علم الوراثة وعلم وظائف الاعظاء والتطور وعلم السلوك ، كما يمكن توضيح ذلك بالشكل التالي شكل (11) .



شكل) 11(العلاقة الحيوية بين علم البيئة وعلوم الفسلجة والوراثة والسلوك والتطور وتأثيرها على حيوية الجماعة السكانية . عن Krebs 1972, .

وحيث أن الكائنات الحية كأفراد تختلف فى خصائصها الوراثية التركيبية وفى قدرتها على التطور ، وخصائصها الوظيفية وسلكوها البيئي لذلك فإنها سوف تختلف في طريقة أو طراز النمو الذي سوف تسير عليها في دورات حياتها في الطبيعة بما يتماشى مع المتغيرات البيئية التي تحدث من حولها وبالتالي يتأثر طراز النمو في المجتمعات التي تشكلها هذه الأفراد ، ومن هنا نجد أن هنالك حقيقة الأمر أربع أنماط للنمو تعتمد على خصائص الكائنات الحية في كونها ذات دورات حياة قصيرة كما في العديد من الكائنات الحية الأولية Protozoa ، البكتريا والعديد من الطحالب واللافقاريات الدنيا والعديد من النباتات الدنيا كالأعشاب والأدغال والنباتات البوغية (الجرثومية) والفطريات Fungi وغيرها. أو أن هذه الأحياء ذات دورات حياة منتظمة وطويلة كما في اللبائن العليا وتخضع لعوامل النضج الجنسي وفترات حمل طويلة نسبيا ، كذلك تخضع هذه الاعتبارات إلى كون هذه الأحياء تستطيع استغلال الظروف البيئية الملائمة وتحكم في عمليات طرح البيوض أو زيادة عدد الأجنة والطرحات كما في الكائنات التي يطلق عليها صفة الكائنات لانتهازية بيئياً كما في أنواع مختلفة من الفئران والجرذان وأنواع عديدة من الأسماك والطيور وخاصة المهاجرة منها بالإضافة إلى الآفات الحشرية الواسعة الانتشار ، كما أن بعض الأحياء لها القدرة غير المحدودة على استغلال موارد البيئة الغذائية

كما في الجراد والعديد من النباتات الدنيا البرية والمائية وبذلك نجد أنواعا مختلفة من النمو وتشكل أنماط وأشكال مختلفة لمنحنياته تبعا لهذه الخصائص كما يظهر في الشكل (12) .

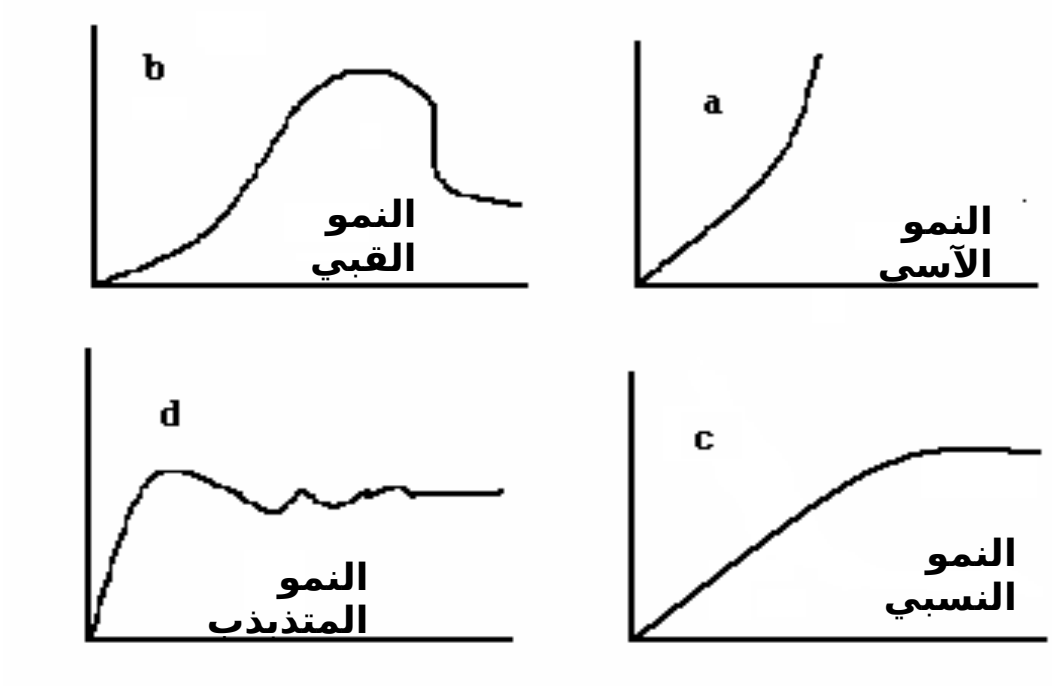
ومن خلال الدراسات المختلفة التي قام بها العديد من الباحثين أمثال Nicloson و Wilson حيث وجدوا أن أشكال النمو في الكائنات الحية تميل الى اتخاذ نمط أو طراز كما فى الشكل a, b يتمثل فيها معدل الانتخاب للعامل (r) وهذا العامل يعنى بيئيا بأنه مقدار امتلاك هذه الأحياء الى معدل موروث للزيادة (قدرة كامنة كبيرة) وبذلك تصبح معادلة النمو العامة فيها :

$$dn / dt = N$$

$$dn / dt = rn$$

حيث :

dn : معدل الولادات ، dt : معدل الهلاكات ، N : حجم الجماعة السكانية
r n : مقدار المعدل الوراثي للزيادة في عدد الأفراد الجديدة لكل عملية تكاثر .



شكل) (12 أنماط النمو المختلفة فى الجماعات السكانية فى دورة حياتها ، وقدرتها الكامنة للتكاثر واستغلال الموارد الغذائية .

وهذه الحالة تظهر فى الجماعات السكانية ذات دورات الحياة الصغيرة والكائنات صغيرة الحجم ، التي تمتلك صفة الانتهازية البيئية واستثمار الموارد البيئية بشكل غير محدود . كما في البكتريا والفطريات والأولى والقشريات وبعض الأسماك والعديد من أنواع الفئران المنزلية والعديد من أنواع الطيور والأرانب وغيرها من الأحياء . أما المجاميع ذات دورات الحياة الطويلة وفترة الحضانة المنتظمة والتي تحتاج إلى عمر وظيفي محدود وطويل نسبيا لغرض التناسل والتكاثر وأن الصغار فيها تتطلب فترة طويلة نسبيا للتعلم واكتساب المهارات الفردية فأنها تميل في الغالب إلى اتخاذ طراز النمو كما في الشكلين (d , c) . وتسمى هذه المجاميع بالمجاميع السكانية ذات معامل الانتخاب من النوع k-selection والعامل k هنا يمثل السعة الحملية للبيئة ، حيث أن النمو النسبي كما بينا في نظريات وأشكال النمو

تخضع لقاعدة التحمل البيئي والسعة الحملية للبيئة Carrying capacity . ولهذا فإن هذه الكائنات تعتبر أكثر ثباتا ومقاومة للمتغيرات البيئية لأن النمو فيها يسير وفق استراتيجية منتظمة للنمو تحاول المحافظة أو الموازنة بين معدل الوفيات ومعدل الولادات لأفرادها كما نجد ذلك فى اللبائن العليا كالخيول والجمال والأغنام والفيلة وغيرها ، كذلك أمكن ملاحظة هذه الأنماط في أنواع عديدة من الطيور كالدواجن وطيور الأخضر ، وكذلك في أنواع مختلفة من القوارض مثل فنران الخشب ، *Promycus* والفئران *Dnychomy* .

وعند دراسة أشكال نمو العشائر أو الجماعات السكانية النباتية plant population نجد بأنها تخضع إلى قياسات وحسابات يمكن تقديرها بالتتابع وهي تسير بشكل منتظم في البيئة في حالة عدم تدخل الإنسان أو حصول الظروف الحرجة كالحرائق والجفاف وانجراف التربة وغيرها من العوامل حيث لاحظ الباحثون أن الفئات العمرية التي تقع بين البادرات الجديدة والأشجار القديمة في غابة مستقرة بلغت مرحلة الذروة Climax ، وتستطيع أن تكون سلسلة حسابية في النمو ، إذا اعتبرنا أن الفترة اللازمة بين كل فئة عمرية وأخرى (50 سنة مثلاً) . حيث نجد أن كل فئة عمرية لكي تنتقل إلى فئة عمرية أعلى مثلا من 51 – 100 تخسر ما مقداره 34% من أفرادها وهذه النسبة تمثل نسبة الوفيات Mortality Rate (بركوده 1987) .

ومن هنا نلاحظ أن عدد الأفراد الجديدة المتوالدة Natality Rate التي تضاف إلى أفراد الفئة الأولى كل خمسين سنة تساوى تقريبا عدد الأفراد التي تموت من جميع الفئات الأخرى لنفس الفترة الزمنية وأن عدد الأفراد المضافة للفئة الثانية مساويا لخسارة الأفراد في جميع الزمر النباتية والتباين من الزمرة الثانية حتى الأخيرة وهكذا . ومعنى ذلك أن العشائر النباتية الطبيعية كالبلوط الأبيض *Quercus alba* تحاول أن تحافظ على أعداد من أفرادها قريبا جدا من السعة الحقلية للوسط البيئي (الغابة) أما العشائر النباتية التي لا تتوفر فيها هذه الصفة من التتابع والتناسب في عدد الأفراد الهالكة والمتوالدة كعشائر النباتات العشبية وطحالب المياه وبعض أنواع الحشائش والنباتات النجيلية وغيرها فإن أنماط النمو فيها يعتمد على أساس القدرة الفعلية على التكاثر الناتج والبعثرة البعيدة المدى ، واستغلال الظروف النمطية والقيام بتكاثر سريع في الأوساط الجديدة المجاورة لبيئتها لذلك فإن شكل النمو في هذه الحالة سيكون من النوع ألأسي Exponential growth .

ومما تقدم ذكره يمكن الاستنتاج بأن حجم الجماعة وشكل النمو فيها يعتمدان على مقدار التوازن بين نجاح فرص التكاثر ومعدل الولادات إلى معدل الوفيات وطبيعة انتخاب العوامل البيئية المؤثرة على نمو هذه المجموعة من كونها تقع ضمن أنماط التكاثر الانتخابي r أو k أو كونها تقع وسط بين الاثنين أو يحصل فيها النمطين في الانتخاب خلال دورات حياة أفرادها كما في الجماعات التي يكون فيها شكل النمو مالثوسي متذبذب كما في الشكل (b).

<u>العوامل المحددة للجماعة السكانية Limiting Factors of Population</u> :

من خلال متابعة العلماء والباحثين المهتمين بدراسة الجماعات السكانية نباتية كانت أو حيوانية أو من علماء الأحياء الأخرى تبين لهؤلاء الباحثين بأن هذه الجماعات لو تركت بدون تدخل الإنسان والطبيعة فإنها تنمو وتتكاثر أفرادها بأي شكل من أشكال النمو التي ذكرنها سابقا ولكن هذا النمو لا يكون غير محدود دائما واغلب هذه المجاميع عند بلوغها خط سعة الحمولة البيئة Carrying capacity تحصل عملية إعاقة أو تثبيط لمعدلات النمو من جراء تأثير عوامل تنشأ في داخل الجماعة السكانية ذاتها ، رغم توفر مصادر الغذاء وعدم وجود عوامل مرضية أو حتى منافسين أو أعداء طبيعيين خارجيين ، و أحيانا أخرى نلاحظ العكس من ذلك حيث يكون حجم الجماعة السكانية وعدد أفرادها دون سعة الحمولة البيئية ، رغم توفر مصادر للغذاء والمواطن البيئية لكن يحصل انكماش لنمو وتعطيل بسبب عوامل لا تعود للجماعة السكانية نفسها بل مرتبطة بالبيئة المحيطة بهذا الكائن . إذا كيف يمكن وصف هذه العوامل وتفسير طرق تأثيرها على الجماعات السكانية . لذلك ظهرت العديد من الآراء في وصف

وتقسيم العوامل المحددة لنمو السكان ، ولكن من أكثر هذه الآراء التي تقسمها إلى مجموعين هما :

1. العوامل معتمدة الكثافة في التأثير factors Density dependent
2. العوامل الغير معتمدة الكثافة Density independent factors

حيث أن هذا التقسيم لا يفرق بين كون هذه العوامل حيوية أو غير حيويه بل يستند على شدة تأثيرها وعلاقة هذا التأثير بالكثافة العددية للأفراد . وعليه فالنوع الأول من هذه العوامل هو عبارة عن مؤثرات بيئية تعتمد في شدة تأثيرها على كثافة أفراد الجماعة السكانية (أي عندما تكون الجماعة السكانية كبيرة الحجم وفيرة الأعداد) فإن شدة العامل تكون اكبر والعكس صحيح فعلى سبيل المثال ، لدينا جماعة سكانية تتكون من 100 فرد وجماعة أخرى تتكون من 10000 فرد وسجل هلاك فيها بنسبة 3% فان العامل المؤثر هنا يكون معتمد على الكثافة factor Density dependent لأنه في الأولى أدى إلى موت ثلاثة أفراد بينما في الثانية 300 فرد وسبب الزيادة هنا هو عامل الكثافة . وهنا يمكن أن يكون العامل المؤثر عامل بيئي محدود أو حتى متوسط التأثير وعليه فإن الجماعة السكانية التي تكون أعدادها قليلة تكون وسائل دفاعها أكثر تنظيما وتتطلب وقت وجهد اقل. بينما لو تمكن تأثير هذا العامل من القضاء على 90% أو أكثر من أفراد الجماعتين السكانيتين بغض النظر عن العدد وهذا ما يحصل في حالة كون العامل شديد التأثير كعامل الحرائق ، الانخفاض المفاجئ والشديد بالبرودة أو ارتفاع الحرارة ووصوله إلى خارج حدود مدى التحمل التي تمتلكها الجماعات السكانية التي أشرنا إليها سابقا ويصبح هنا عاملا غير معتمد على الكثافة Density independent factor ويحصل مثل هذا التأثير كما في حالة حدوث سيول جارفة أو فيضانات تستطيع جرف التربة كاملة مع محتوياتها النباتية والحيوانية والأحياء المجهرية فلا يكون هنا تأثير لحجم وكثافة الجماعة السكانية لأن قوة تأثير العامل أكبر من مقاومة ومرونة النظام البيئي وأفراد الجماعة السكانية ويدعى هذا العامل بأنه عامل لا يعتمد على الكثافة factor Density independent . وما يحصل في البيئة عمليا يعتمد على طبيعة حدوث هذه العوامل وليس على حجم ونوعية الجماعات بل على طبيعة الأفراد والأنواع التي تتشكل منها هذه الجماعات . لذلك فالجماعات السكانية التي تحتوى على أفراد ذات مرونة بيئية عالية وقابلية تكيف واسعة تستطيع التغلب على معظم الظروف البيئية بأقل خسائر ، كذلك تلعب عملية التنظيم الداخلي والسيطرة على القدرة الحيوية الكامنة وتنظيم دورة الحياة ورعاية الصغار والقدرة على استخدام متنوع لمصادر الغذاء والمواطن البيئية البديلة أهمية كبيرة في عملية التوازن مع تأثير العوامل وخاصة المعتمدة الكثافة . حيث يختلف مدى التحمل للأنواع المختلفة من الأحياء تبعاً للظروف المحيطة اختلافاً كبيراً اعتمادا على مختلف مستوياتها التطورية فمثلاً تبدى جماعة سكانية مدى واسع من التحمل نحو ظرف معين ومدى ضيق نحو ظرف أخر ، كما أن مراحل حياة الكائن الحي ليس من الضرورة أن تكون متشابهة في تحملها . أضف إلى ذلك أن مدى التحمل نحو عامل معين قد يتحور بتأثير عامل أخر فمثلا تعتمد مقدرة أو كفاءة أحياء المياه العذبة على غزو المياه المالحة البحرية وبالعكس على حدود التحمل لدى هذه الأحياء لعامل التغير في مقدار الملوحة التي تعتبر من أهم العوامل المحيطة المحددة لوجود الكائنات الحية في هذه البيئات بسبب تداخلها مع العمليات الوظيفية وكون مدى التحمل إلى التغيرات في الملوحة مختلفة بدرجات كبيرة بين هذه الحيوانات فمنها ماهو عالي التحمل ومنها ماهو قليل التحمل ومنها متوسط القدرة ، كما تختلف الأجزاء والأعضاء التي تقوم بتنظيمها . كذلك يكون تأثيرات الحرارة كعامل محدد مرتبط بمدى تحمل النوع وهى تعمل على تنظيم النمو والأيض للأحياء المختلفة وتحدد وقت التكاثر وتعتبر الحرارة مهمة جدا في تحديد معدل الاستفادة من المواد المغذية والضوء من قبل النباتات ومقدار ما يستهلك من غذاء من قبل الحيوانات للمتطلبات الأيضية وهكذا لبقية العوامل البيئة المعتمدة الكثافة .

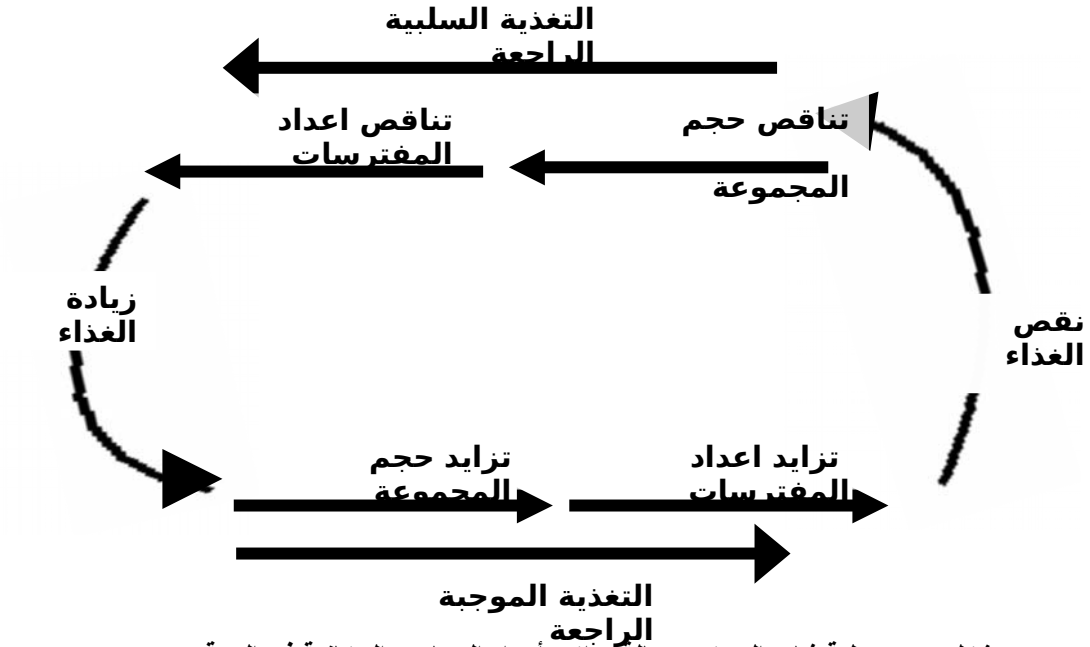
كما أن الباحث (Van Hov) وضع قاعدة سميت بمبدأ (فان هوف) تفسر العلاقة بين كيمياء وفسلجة الجسم لمجاميع سكانية مختلفة وعملية التنظيم الحراري لأفراد هذه المجاميع حيث يشير هذا الباحث إلى أن طبيعة العلاقة بين عديد من الفعاليات الحيوية والارتفاع في درجات الحرارة يعتمد على مقدار المعدل الذي تجرى فيه هذه الفعاليات ، حيث بينت التجارب إن أغلب هذه الفعاليات تتضاعف تقريبا مع كل ارتفاع مقداره (10 درجات مئوية) في درجة حرارة الوسط . وبالطبع فإن هذا المبدأ يعمل هنا ضمن مدى تحمل النوع ويتحدد أيضا بالدرجة المثلى داخل المدى المعطى لأن أفراد الجماعة البيئية تأخذ بالنقصان بعد اجتياز أفرادها للدرجة المقاربة القصوى باتجاه الحد الأدنى أو الأعلى كما مبين في قانون التحمل العام للأحياء ، لذلك فإن الجماعات ذات الأفراد الأكثر تنظيم حراري من ذوات الدم الثابت أو الحار تكون أكثر تحملا وتكيفا من الكائنات أو أفراد الجماعات من ذوات الدم المتغير (البارد) والتي تلجا للانسحاب من البيئة أما بالسبات أو الاختفاء أو التكيس كما يحصل فى العديد من الكائنات الحية الأولية كالاميبا والبدائيات كأنواع من البكتريا والعديد من اللافقاريات وينحسر ذلك على الكائنات الصغيرة بل تلجا العديد من الأسماك والبرمائيات والطيور والحشرات والزواحف واللبائن للاختفاء أو السبات في حالة ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة والضوء والرطوبة وغيرها من العوامل وعلى هذا الأساس يجد علماء البيئة الوظيفية (وظائف الاعظاء) والوراثة بأن العوامل المعتمدة الكثافة تؤثر في نمو الجماعات السكانية بأسلوبين متميزين هما :

1. الضغط على أفراد الجماعات السكانية لغرض تقليل معدلات التكاثر العامة مهما كان نوع التكاثر فيها جنسيا اولاجنسيا عن طريق تقليل عمليات طرح البيوض والأجنة أو الانقسام المباشر وبذلك يقل عدد الولادات والأفراد الجديدة الجيدة كما في حالات خفض إنتاج النباتات من الأزهار أو السبورات (الابواغ) أو خفض معدل طرح البيوض في الحشرات والطيور ، أو تقليل عدد الأجنة كما فى الفئران والثدييات الأخرى عندما تتعرض إلى قلة الغذاء أو ارتفاع أو انخفاض فى درجة الحرارة فمثلا يلاحظ بأن اغلب اسماك مناطق الوطن العربي تبدأ بالتكاثر أواسط الشهر الثاني في كل سنة حتى نهاية الشهر الخامس والسادس ولكن عملية طرح البيوض تكون على عدة مرات ويتناسب عدد البيوض في كل طرحة مع درجات الحرارة وتوفر الغذاء والعوامل الملائمة الأخرى .
2. أما الأسلوب الآخر فهو العمل على رفع مستوى الوفيات (mortality) في أوقات مختلفة من عمر الأفراد فكما هو معروف أن الكائنات الحية تملك عمر وظيفي يضعف أدائها بعد اجتيازه ودخولها مرحلة الشيخوخة والهرم ، لكن الملاحظ في البيئة أن العوامل معتمدة الكثافة تضغط على الجماعات السكانية وخاصة غير المنتظمة النمو والتي تميل للنمو الأسى أو النمو الانفجاري بحيث تصبح فيها الهلاكات كبيرة وفى مختلف الأعمار كأسلوب لمقاومة المتغيرات البيئية كنقص الغذاء أو التهديد بالجفاف والتصحر وغيرها من عوامل البيئة . ومن الجدير بالملاحظة والدراسة أنه في كلا الحالتين يمكن أن تتداخل العوامل سواءً من داخل الجماعة السكانية أوعوامل الوسط المحيط أحيانا للتخفيف من شدة العامل وأحيانا أخرى للتسريع في عملية تقلص الأعداد ورفع مستوى الوفيات ولغرض تفادى شدة تأثير العامل والاحتفاظ بعدد بسيط من الأنواع المنتخبة بيئيا (الأفراد الجيدة الخصوبة) مثلا في حالة انخفاض الحرارة أو قلة الطحالب تقوم براغيث المياه بطرح بيوض عالية الخصوبة محاطة بأغلفة واقية تستطيع مقاومة البرودة والجفاف وعند توفر الظروف تنتج هذه البيوض أفرادا قادرة على التكاثر الفردي بشكل أعلى من الأفراد الاعتيادية الأخرى . كذلك وجدت حالة مشابهة في نباتات الشيخة نوع *Senecio jaobaea* حيث تنمو بشكل سريع جدا عندما تنتشر في الأراضي التي تعرضت لعمليات جرف للمكونات العضوية . كذلك لاحظ العالم Alle في الستينات من القرن الماضي بأن بعض المجاميع السكانية عندما تصل فيها الكثافة العددية إلى مرحلة

فرط الازدحام (Overcrowded) تقوم أفرادها بالهجرة كما في أنواع قوارض اللاموس *Lemmus Myodes* وأنواع الجراد الأفريقي الرحال من نوع *Lucusta migratoria* . بينما تبدى بعض أنواع الطيور كالنوارس عند تعرضها لعامل بيئي ضاغط الى بعثرة عملية التزاوج وتجزئة المستعمرة لغرض تقليل حجم الجماعات السكانية وتفادي المخاطر الشاملة . ومما تقدم نجد ان الجماعات السكانية تخضع في نموها إلى عوامل الوسط البيئي وعوامل داخلية وسلوكية تنشأ في داخل الجماعة السكانية أهمها :

1. التنافس والتزاحم . Competition and crowding
2. عوامل المرض والتطفل . Pathogenic and parasitism
3. بلوغ مرحلة فرط الازدحام . Overcrowded stage
4. التضاد الحيوي وطرح الهرمونات البيئية Antagonism and ectocrine
5. التذبذبات الدورية وتغير فسلجة وأيض الأحياء .
Periodical and physiological changes of organisms
6. عدم انتظام توزيع الفئات العمرية . Irregularity of age

ولذلك فان التأثير الذي تحدثه الجماعات السكانية في المجتمع الحيوي والنظم البيئية الموجود فيها لا يعتمد على أنواع الكائن المشمول بالدراسة فقط بل على كثافة أفراد هذه الجماعة على وحدة المساحة أو الحجم ، ولهذا فان البيئة تعمل جاهدة بكل قواها من اجل حفظ آلية التوازن وذلك من خلال العمل قدر المستطاع على جعل الكثافات المألوفة للمجاميع السكانية المختلفة ضمن حدود ثابتة تتناسب مع القدرة الاستيعابية للنظم البيئية المختلفة بعملية تدعى بثبات المسكن Homeostasis ومن بين أهم هذه الآليات المستخدمة من قبل الطبيعة للمحافظة والتحكم في كثافة المجاميع السكانية هي عملية التغذية الاسترجاعية الإيجابية والسلبية Positive, Negative Feed back والسيطرة على توازن الأعداد من المفترسات والفرائس كما في الشكل (13) .



شكل(13) عملية ثبات المسكن وحالة توازن أعداد المجاميع السكانية في البيئة .

علم بيئة المجتمعات *Community Ecology*

1. **تطور دراسة بيئة المجتمعات**
2. **مفهوم المجتمع الحيوي و حدوده**
3. **أسس دراسة المجتمعات**
4. **تقسيم و أنواع المجتمعات**
5. **التعاقبات والتغيرات الدورية للمجتمعات**
6. **تمنطق أو تنضيد المجتمعات**
7. **تطبيقات دراسة المجتمعات**

بيئة المجتمعات : *Community Ecology*

تعتبر بداية دراسات التاريخ الطبيعي للأحياء الخطوه الاولى لتبلور أساسيات علم البيئة الاجتماعي Synecology خصوصا عندما بدا الاهتمام بدراسة الجماعات السكانية فى مناطق مختلفة من العالم، عندما تكونت مجموعتين متميزتين من الباحثين فى أواخر القرن السابع عشر لدراسة هما:

1- **مجموعة البيئيين الطبيعيين *Continental Naturalist* أي العلماء الذين اهتموا بدراسة توزيع الأحياء على مستوى قارات وربط وتوزيع هذه الأحياء مع الظروف البيئية السائدة من حرارة ورطوبة وكمية أمطار وغيرها.**

2- **ومجموعة أخرى هى مجموعة دراسة بيئة الجزر *Island* أو ما أطلق عليهم بالطبيعيين الجزريين *Island Naturalist* حيث تمثل هذه الجزر بيئات محدودة المساحة ومتشابه العوامل البيئية نسبيا.**

هذا الاستنتاج البيئى الهام جعل علماء البيئ وهذه الدراسات تمثل البداية الجديدة لتشكل علم بيئة المجتمعات ecology Community وتمحورت هذه البدايات بدراسة المجتمعات النباتية اولا Plant community ومن أوائل روادها (Humboldt) الذي يعتبر أول من وضع تسمية المجتمع النباتى Association وتبعه فيما بعد كلا من الباحثين Flahow,و Schrader ، وحتى عام 1902 حيث اعتبر المجتمع النباتي الوحدة الأساسية لأنظمة علم البيئة الاجتماعي Synecology . ثم توالت الدراسات والآراء المتباينة فى كيفية وصف وتسمية المجتمعات النباتية كما جاء فى أراء الباحثين (بروكات ، ياروست ، لوديى ، برا ون وبلانكة) حيث استخدم بعد ذلك مفهوم علم النبات الاجتماعي Phytosociology ، وتطور هذا المفهوم فيما بعد ليحمل اسم علم بيئة النبات Plant ecology . لذلك يعتقد الكثيرون بأن علماء النبات أو المهتمين بدراسة النبات هم أول من درسوا علم البيئة، ولكن الحقيقة التي يتفق عليها جميع المهتمين في شئون البيئة هي أن أي مجتمع نباتي يتكون طبيعياً في البيئة يرافقة تكوُنْ تدريجي لمجتمع حيواني معتمد عليه فى التغذية ، بالإضافة إلي مجاميع الأحياء المحللة للفضلات العضوية لكلا المجتمعين، وبذلك يتكون تجمع حيوي متفاعل ديناميكياً يتطلب مستوى أعلى من شروط الدراسة والتحليل وتفسير العلاقات الجديدة والناشئة بين أفراد النوع الواحد والعلاقات بين الجماعات المتشابهة والجماعات المتباينة، ويشكل المجتمع الحيوي بكافة افراده وتنوعه الحيوي الأساس لعملية التدفق الطاقى Energy flow واستعمال وإعادة تحليل المادة العضوية المعقدةعن طريق السلاسل الغذائية Food chain والشبكات الغذائية Food webs والعلاقات السلبية والايجابية التى تنشأ بين افراده ومستوياته الحيويه المختلفة. ومن المهم هنا أن نشير الى أن علماء البيئة والتطور يؤكدون على أن الكائن الحي كفرد أو مجموعة بيئية وسواء كان نبات أو حيوان أو كائن مجهري لا يمكنه البقاء لمفردة فى الوسط البيئى، لأن هذا الكائن ميال بالفطره للسلوك الاجتماعى (المنتظم أو العشوائي) والذي يحقق له اهداف بيئية في حماية مصادر غذائه بالإضافة الى المواطن البيئية والمراكز البيئية المتنوعة.

من هنا نجد إنه في أواخر القرن الثامن عشر وفى مختلف المدارس البيئية سواءً في أوروبا الغربية متمثلة بالمدرسة الفرنسية والإنجليزية والألمانية والسويدية بشكل أساسي أو في الجانب الشرقي منها والمتمثل بالمدرسة الروسية بالإضافة إلى المدرسة الأمريكية ، أصبح اهتمام العلماء بدراسة بيئة المجتمعات جديا باعتباره يمثل مستوى أعلى من الفهم واستيعاب العلاقات البيئيه المتداخلة بين النبات والحيوان ومجموع عوالم الأحياء الأخرى استناداً على مبدأ التواقف Interdependence (الذي يعنى اعتماد وتوقف شئ على شئ أخر

سابق له) وطبيعة العلاقات المتبادلة Interrelations بين الأحياء ومفهوم البقاء Survival والنمو Growth وغيرها من مقومات تركيب المجتمع الحيوي.

هذه الأسس البيئية التي تؤكد بأن الكائن الحي (الفرد Individual) لا يستطيع البقاء طويلا أو النمو أو التكاثر والتطور بمعزل عن أفراد جماعته وهكذا فالجماعة أو العشيرة البيئية هي بحاجة إلى المجاميع الأخرى وذات الشيء ينطبق على المجتمع الحيوي Biotic community الذي لا يستطيع الصمود طويلا والمحافظة على حالة الذروة Climax stage التي تم وصفها عند دراسة التعاقب ، بدون استقرار ودوران المواد المغذية وأنسياب وتدفق الطاقة بين مكوناته وأفراده. وهذه الحقائق نلمسها في كتابات رواد هذه المدارس كالعالم الألماني Karl Mobs والأمريكي Forbes. **وتتضح هذه الحقائق** من خلال ما جائت به دراسات الباحثين المذكورين تباعاً حيث درس الأول مستعمرات محار الصيد Oyster reef في البيئة البحرية الساحلية وعوامل تجمعها وعلاقتها مع المجاميع الأخرى ، بينما وصف العالم Forbes أحياء البحيرات المائية Lakes حيث أكد على أنها مجتمعات حيويه متكونه من أنواع ومجاميع سكانية مختلفة الأشكال والسلوك إلا إنها موحدة الموطن (وتشكل مجتمع متجانس) . بينما درس الباحث Dokuchaev ومساعدوه بيئة ومجتمع الغابات ووصفوا العلاقات التي تنظم مجتمعات هذه البيئات الكبيرة ، بينما تعرض الباحثون Cows و Clements الى دراسة التعاقب والتذبذب في المجتمعات النباتية وعلاقتها بالمناخ في مختلف المواقع البيئية، ثم ظهرت للوجود دراسات الباحثين Marglef و Goodman وغيرهم عن اشكال التعاقب البيئي في المجتمعات المائية **وهذا ما دعى الباحث اودم Odum الى وصف هذه المرحلة الزمنية بانها تمثل انعطاف تاريخي في تفكير الباحثيين من خلال تاكيدهم على وحدة الطبيعة وشموليتها وهذا ما اكدته كتابات العديد من الباحثين الذين اعقبوا الرعيل الاول من الباحثين الذين تم ذكرهم .**

وتمثلت هذه الآراء في المفاهيم التي طرحها الباحث Friederichs عام 1933 عن مبدأ الشمولية في الدراسات البيئية Holocoen ومفهوم النظام الحيوي الذي طرحه الباحث Thiemann عام 1939 ومفهوم الغلاف الحيوي Biosphere وتداخل الاغلفة الحيوية وتاثيراتها على عوالم الاحياء في دراسات الباحث Vernadiski 1944، حيث أكد هؤلاء الباحثين ومن تبعهم مفهوم الفكر البيئي الشمولي **بأن الأنظمة البيئية ومجتمعاتها الحيوية سواء كانت برية أو مائية (صغيرة أو كبيرة) ولكنها تحتوي على تنوع احيائي جيد تستطيع المحافظة على حالتها من الثبات البيئي من سنة الى أخرى عن طريق تنظيم علاقتها ضمن قاعدة ثبات المسكن Homeostasis بالرغم من حصول تغيرات وتذبذبات وتداخلات معقدة في نمو جماعاتها السكانية ، ولكن بشرط عدم تدخل الانسان ووسائل الطاقة المدمرة للبيئة ومجتماعتها الحيوية .**

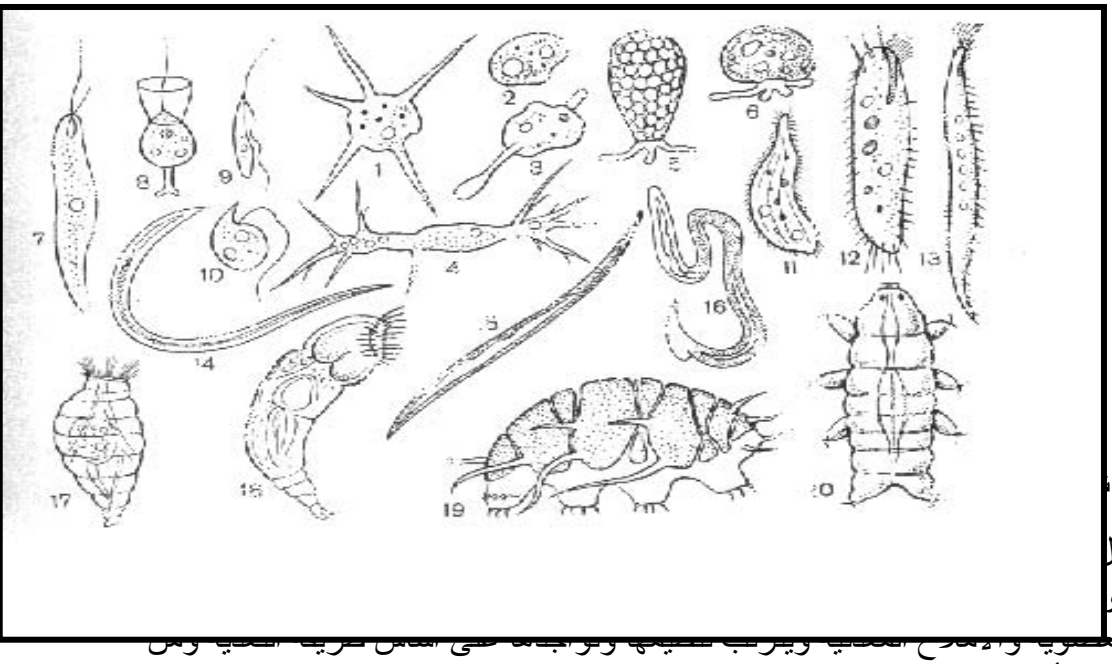
مفهوم المجتمع الحيوي وحدوده The concept of community :

قبل أن نعطي تعريفا محددا لمعنى كلمة المجتمع البيئي Ecology community يجب ان ندرس المجتمع على انه مستوى تنظيمي يتميز بخصائص تركيبية وذات ديناميكية معينة ، تسهل علينا إستيعاب فكرة المجتمع من وجهة نظر بيئية ، فعند النظر الى الاقاليم الحيوية التي تم استعراضها نجد أن هنالك تباين هائل وتنوع كبير في اشكال ومظاهر وتقنيات أفراد هذه المجتمعات حتى ولو كانت تعود الى نفس النوع ولكن تفصل بينها عوامل جغرافية بمسافات كبيرة وتخضعها لظروف بيئية واسعة التباين .

وعلية فان المقصود بمفهوم تركيب المجتمع هو عملية التنظيم المكاني لأفراده من حيث الانتشار والتوزيع والتجمع وتشكيل الهيئة الخارجية لشكل المجتمع هل هو مجتمع مغلق closed كمجتمعات الغابات المخروطية مثلا ، البحيرات الصحراوية ، أو إنها مجتمعات متصلة او مفتوحة كما في الغابات المعتدلة والأحراش والمراعي ومجتمعات الأنهار والمصبات . بينما تتمثل الخصائص الديناميكية بطبيعة العلاقات البيئية المتداخلة الناشئة من أفراد وجماعات هذا المجتمع من تغذيه وتنافس وافتراس وتطفل وتكافل وتبادل منفعة وتأثير هذه العلاقات ودورها في اظهار الهيئة العامة لهذا المجتمع وطبيعة استمراره وثبوتيته .

لذلك فان الباحث هيكمان Hickman يعتبر أن المستوى المتقدم في عملية التنظيم العضوي في النظم البيئية تتمثل بالمستعمرة او المجتمع لأنها من وجه نظرة عبارة عن تجمع لكائنات حية مشاركة في نفس البيئة ولها وحدة مميزة ومحددة . وتتكون هذه المستعمرات من العناصر الحية الموجودة في النظام البيئي ، وهي تكون إما صغيرة الحجم أو كبيرة الحجم ، وقد تكون إمتداداتها على مستوى قارة كاملة كما في مجتمع الغابات الصنوبرية . أو تكون بعدة سنتمترات كما في مجتمع النمل، او الفطريات والبكتيريا المحللة لقطعة من الخشب أو

ثمرة معينة أو مستعمرات الأحياء المجهرية التي تكون متعايشة داخل الامعاء او الاجزاء الخازنة للغذاء فى الانسان او الحيوانات كما فى مستعمرات بكتيريا القولون أو الهدبيات الاوالي الأخرى التعايشية فى منطقة الكرش فى الحيوانات المجترة كالأبقار والإبل وغيرها . ومهما يكن شكل وحجم هذه المستعمرات فإنها تعتمد على بعضها البعض وتشكل مستويات من العلاقة المتسلسلة والمرتبطة هرميا كما يظهر في الشكل(1) .



ونلاحظ من الشكل ان كل
العشائر النباتية و الحيوانية و
غذاء تسمح بدوران المادة العضوية والإملاح المعدنية ويرتب تعقيدها وتوازنها على أساس قربها المعدني ومن هنا نجد أن الأحياء التي تحمل الأرقام من 1 – 10 تمثل الهائمات الحيوانية والنباتية بينما المرقمة 14 ، 15 و 16 تأخذ الموقع الوسطي للماء وتوزعت ألأفراد التي تحمل الأرقام من 17- 20 في الجزء الأسفل من الماء .

ويصبح حجم كل من هذه العشائر مرتبطا بطبيعة العلاقة مع العشائر الأخرى وهكذا يتشكل الهيكل النهائى للمجتمع وحجم المستعمرة البيئية وكذلك تتحدد امكانية استخلاصها للمصادر البيئية المتاحة من غذاء أو ماء أو موطن بيئى .

ولكن علماء البيئة الاجتماعية يستخدمون مصطلح مجتمع او مستعمرة ليدل على معاني متعددة باختلاف آرائهم مع أن أغلب هؤلاء يتفقون **على أن المجتمع هو عبارة عن عدد من المجموعات الحيويه Groups التي تعيش سويا ، أو هو عبارة عن تجمع طبيعى من الأحياء وصل من خلال التفاعل مع الوسط البيئى المحيط به الى مستوى من العيش المستقل نسبياً عن التجمعات الأخرى المجاورة** . وعلى ذلك فان المجتمع يضم كافة الأنواع من الأحياء التى تعيش تحت تأثير عوامل بيئية محددة وهو بذلك يقترب من مفهوم او تعبير النظام البيئي Ecosystem أو Geo-biocoenosis وطبقا لهذه التعاريف فإن المجتمع قد يتكون من عدد قليل من الأفراد التى تنتمى الى انواع متقاربة بيئياً وقد يتكون من مجموعات كبيرة قد تنتمي إلى أنواع متعددة . فمثلاً البركة الصغيرة تحتوى على نباتات وحيوانات يمكن ان تشكل مجتمعا بالرغم من أن هذه الكائنات قد تكون وقتية كما يمكن وصف كائنات المناطق الساحلية وأحياء الأعماق السحيقة بأنها تشكل مجتمعا ايضا كذلك نباتات الصحراء اليابسة والبيئة الجبلية وغيرها تكون مجتمعات متميزة . **وهذا ما دعى العديد من الباحثين أمثال (, Leopold Allen , Niering , Farb,) وغيرهم الى تقسم المجتمعات الحيوية الى مجتمعات رئيسية ومجتمعات ثانوية** . فالمجتمعات الرئيسة تطلق على مجتمعات المحيط والبحر والمصب والبحيرة بالنسبة للبيئة المائية ومجتمعات الغابة والمراعى والصحراء بالنسبة لليابسة ، ولكن فى نفس الوقت نجد مجتمعات ثانوية عديدة داخل كل مجتمع رئيسى فمثلا لو أخذنا مجتمع البحيرة الرئيسى نجده يتضمن مجتمع القاع ومجتمع الهائمات ومجتمع المناطق الساحلية ، وكذلك بالنسبة للبحار والمحيطات كما أن مجتمع النهر يمكن أن يقسم الى مجتمع المسيل Rapids ومجتمع الغدير أو منبع النهر Pool ومجتمع منطقة المصب ، كذلك فإن مجتمع الغابة يمكن تقسيمة الى مجتمع النباتات الكبيرة ، والشجيرات ، الاعشاب والادغال وغيرها، كما أن مجتمع الحيوانات يمكن ان نجد فيه مجتمع كائنات التربة ومجتمع الحيوانات الزاحفة والمتسلقة والملتصقة أوالعواشب وآكلات اللحوم وغيرها .

والفرق بين المجتمع الكبير أوالمجتمع الرئيسى والمجتمع الثانوى هو أن المجتمعات الرئيسة تشمل تلك المجتمعات الح يوية التى تكون ذات حجم وتنظيم كامل بحيث يمكنها الاعتماد على نفسها بصورة كلية دون الاستعانة بالمجتمعات المجاورة وتقتصر حاجتها على الطاقة الشمسية فقط . بينما المجتمعات الثانوية تعتمد على المجتمعات المجاورة بدرجات مختلفة فمثلا مجتمع الكائنات القاعية يعتمد على ما ينتج من مجتمع الكائنات النباتية والحيوانية الهائمة والسابحة ونواتج التحلل العضوي ، أما مجتمع الأسماك فيعتمد على مجتمع اللا فقريات والطحالب والنباتات المائية بالاضافة الى المواد العضوية التي تكون على شكل فتات وهكذا تتشكل العلاقات الاخرى في المجتمعات الثانوية المختلفة .

تجمع لأنواع نباتية بجانب بعضها البعض أو ترافق أنواع نباتية حسب متطلباتها البيئية واعتماد بعضها على البعض الاخر عندما تتوفر الظروف البيئية الملائمة ، كمجتمع النباتات الملحية ومجتمع النباتات العالقة ومجتمع النباتات الشوكية ومجتمع الحشائش والنباتات الرعوية وغيرها من المستعمرات التى تكون طرق تجمعها وتشكيل المجتمع النباتي فيها مبنيا على ظروف متشابهة فى طريقة المعيشة والحصول على المواد الغذائية وكذلك تحمل الظروف المناخية للمنطقة البيئية . لهذا فان الباحث Mdbius وصف هذا التجمع سواء النباتي او الحيواني بالتركيب الحيوي وعرفه كما يلي **(التركيب الحيوي هو عبارة عن مجموعات من المتعضيات الحية بتركيبها وأفرادها وأنواعها مع العوامل الوسطى أو المعتدلة للمحيط الرئيسي ، والتي ترتبط ببعضها البعض بعلاقات متبادلة لكي تحافظ على ديناميكية هذا التركيب وهى بذلك تؤلف وحدة حيوية من جماعات كبيرة الحجم او صغيرة ، تصبح اكثر استقرارا كلما استطاعت البقاء لفترة زمنية طويلة في وسطها وتكيف أفرادها لخصائص هذا الوسط ، وأن تغير هذا التركيب الحيوي هو إنما ينشأ من جراء انحراف عوامل الوسط عن حدود تحمل الأحياء النشطة حيويا والمهمة في تركيب هذا المجتمع) .**

<u>أسس دراسة المجتمعات الحيوية</u> :

من المعروف أن عالم الأحياء ينقسم الى مجموعتين كبيرتين على اساس المظهر الخارجى وبعض الصفات المشتركة ، ويطلق على المجموعة الاولى تعبير (Flora) وهي تمثل جميع الكائنات ذات الصفات القريبة من الخصائص النباتية اعتباراً من الكائنات وحيدة الخلية كالطحالب الخضراء المزرقة الى اكبر الاشجار واكثرها تعميرا على سطح الكرة الارضية كالاشجار الحمراء ، وتسمى المجموعة الثانية (Fauna) والتي يقع ضمنها جميع الاحياء ذات الخصائص الحيوانية المشتركة من الاوليات السوطية فى شعبة ثنائية الاسواط الدوارة مرورا باللا فقريات بمختلف شعبها ثم الفقريات وصولاً الى الانسان الذى يمثل قمة هرم التطور فى عالم الحيوان.

ومن خلال متابعة العلماء والمهتمين بشؤون بيئة وتوزيع وتطور هذه الاحياء المختلفة سواء كانت نباتية أو حيوانية وجد بأن عملية توزيعها لا تتشابهة فى جميع مناطق البيئة فى العالم فمنها ما استطاع ان يغزو اغلب بيئات العالم كالاعشاب والطحالب والنباتات المائية التى تجدها فى مختلف المواقع المتباينة من حيث الحرارة وطبيعة المياه ونوعية التربة والمغذيات ، بينما نجد انواع اخرى قد انحصرت فى مناطق محدودة من العالم كأشجار النخيل (Palms) ونبات الموز (Banana) والعديد من اشجار الفواكة ، وكذلك العديد من النباتات المائية لأن هذه الأحياء تحتاج الى درجات حرارة معينة لانباتها وتطورها وذات الشى نجده عندما نتابع دراسة وتوزيع وتواجد الحيوانات فى مختلف الانظمة البيئية المائية أو البرية حيث هناك مجاميع حيوانية استطاعت الانتشار فى معظم الاقاليم الحيوية وشكلت مع غطائها النباتى مجتمعات بيئية متميزة ومتكررة فى مواقع مختلفة جغرافيا ولكنها متقاربة بيئياً ، كما فى اسماك الكارب (المبروك) التي تنتشر فى مياه اسيا وأفريقيا وأوربا ، كذلك مجاميع القشريات Crustacean التى تعيش فى المياه العذبة والمالحة على السواء ، بينما انكمشت مجاميع اخرى فى مناطق مائية محدودة من العالم كحيوان الفقمة وحيوانات الشعاب المرجانية Corral reef animals وانواع التماسيح ومجاميع مائية اخرى كثيرة ، وكذلك نجد ان هذه المشاهدات والاستنتاجات البيئية تنطبق على العديد من الحيوانات البرية Terrestrial animals. وقد نسب بعض العلماء ذلك الى العلاقات المتداخلة بين مجاميع الكائنات الحية في المجتمع الحي (العلاقات الحيوية Biotic Relationship) والتي تحكمها العلاقات الغذائية (Trophic Relationship) داخل ذلك المجتمع . وتقسم العلاقات الحيوية على اساس المنفعة والضرر :

1. **<u>العلاقات الموجبة (النافعة) :</u>**

1. **المنفعة المتبادلة (Mutualism) : وهي العلاقة التي ينتفع بها كلا الطرفين وتكون هذه العلاقة اساسية في بقاء واستمرار الشريكين ، مثال جيد على ذلك تكون الاشنات (طحلب + فطر) ، ومثال اخر لبعض انواع البكتيريا التي تهضم السيللوز داخل جسم النمل الابيض ، وبكتريا العقد الجذرية المثبتة للنيتروجين احد صور التكافل الموجب .**
2. **الضيافة أو المؤازرة(Commensalism) : وفيها تكون المنفعة لاحد الشريكين ولكنها لا تضر بالشريك الاخر ، كانتقال الكائنات الحية وبذور بعض النباتات من خلال اصواف وريش الحيوانات والطيور (Phoresy) وهنا ينتفع الطرف الاضعف من الشركاء ، اما استفادة الطرف الاقوى فتسمى (Allotrophy) مثال ذلك عندما تفرز حشرات المن عصارة عسلية لاناث النحل وبعض انواع النمل .**
3. **المحايدة (Neutralism) : يعتبر التحايد من العلاقات الموجبة بسبب عدم تضرر اي من الشركاء عند تواجدهما معا ، حيث يفترض نظريا الوفرة في الغذاء والمأوي ، او الاختلاف بينهما في اسلوب ومصادر الغذاء والمسكن .**

2. **<u>العلاقات السلبية (الضارة) :</u>**

1. **التضاد (Amensalism) : التضاد هو محاولة احد الشركاء ايقاف نشاط الاخر (عكس الضيافة) ، ويتم ذلك بافراز المثبطات والمواد السامة اوتوكسينات Toxin لايقاف نمو الشريك الاخر ، ومثال ذلك اختفاء نمو النباتات حول محيط بعض الشجيرات وهذه الظاهرة تسمى Allelopathy . وتشتهر بين الحيوانات في بعض انواع العناكب والعقارب والافاعي .**
2. **الخصومة المتبادلة / التنافس (Mutual Antagonism) : هنا يقوم كلا الشركين بمحاولة ايقاف نشاط الاخر (عكس التكافل) ، والتنافس احد اشهر تلك الامثلة عندما تتقاتل الذكور من اجل سيادة القطيع او اثناء التزاوج او عند دخول الغرباء الى مناطق سيادتها .**
3. **الاستغلال (Exploitation) : وفيه ينتفع احد الطرفين ويتضرر الاخر ، واهم الصور المعروفة للاستغلال السرقة Robbery كسرقة البيض او الفراخ او الغذاء ، والافتراس Predation وهذا تحكمه عدة قوانين وعلاقات بين الفريسة والمفترس ، التطفل Parasitism بجميع اشكاله يتضح حليا في بعض الامراض التي تصيب الانسان كالاميبيا والديدان المعوية وغيرها .**

	+	**0**	-
+	*Mutualism*	-	-
0	*Commensalism*	*Neutralism*	-
-	*Exploitation*	*Amensalism*	*Mutual Antagonism*

والسؤال الذى يطرح نفسه . لماذا تختلف هذه الكائنات فى انتشارها البيئى وكيف ندرسها ونصفها وما هى الاسس التى نعتمدها ؟

وللاجابة على هذا التساؤل وضع علماء الجغرافيا الحيوية وعلماء البيئة والمجتمعات عدة تفسيرات تبين الأسباب التى أدت الى هذا التباين فى شكل المجتمعات وتواجد وانتشار الأنواع الحيوية فيها تتلخص فيما يلي :

1. **وجود الحواجز الطبيعية التى تكونت بعد تشكل القارات المعروفة لدينا ، هذه الحواجز إما سلاسل جبلية ومنحدرات كبيرة وانهار ومحيطات أوصحارى قاحلة وغيرها من العوائق الطبيعية التى عملت على تحديد حركة الأحياء وخاصة الكائنات الغير قادرة على اجتياز هذه الحواجز مما أجبرها على البقاء فى المواقع المحدده ، وبذلك فرض عليها تحديد حجم جماعتها السكانية وأعداد أفرادها ضمن تجمعات محدودة المساحة والموارد وكونت ما يسمى بالمستعمرات الصغيرة أو المحدودة .**
2. **فشل العديد من الانواع البيولجية التى تمثل اسلافا قديمة للعديد من الاحياء فى التأقلم مع البيئات الجديدة حتى فى حالة تمكنها من الانتقال اليها ، مما ادى الى تدهور نموها وانقراضها تدريجيا فى هذه البيئات أو العودة الاضطرارية الى البيئة القديمة وهذا ما يفرض عليها محدودية الانتشار وكذلك تكوين مستعمرات صغيرة غير قادرة على المنافسة القوية .**

3. حصول عملية التداخل بين انواع البيئات المتجاورة.

فإذا عدنا الى مفهوم المناطق البيئية والاقاليم الحيوية فاننا نجد أن ما وضعة العلماء من اسس وتقسيم لدراسة مجتمعات البيئة اليابسة كوصفهم لمجتمعاتها النباتية ودراستها على اساس نوعية وكثافة الغطاء النباتى وشكلة الخارجى أمرا مقبولا بحيث مكننا ان نقول مجتمع الغابات المخروطية او المعتدلة أو الغابات الرطبة ومجتمع السفانا والحشائش وغيرها ، ولكن الأمر يصبح اكثر تعقيدا عندما نريد دراسة ووصف مجتمع حيواني الذي من المفروض أن يرافق نشوء وتكون المجتمع النباتي . حيث لاحظ العديد من البيئيين بأن توزيع وتواجد المجتمع الحيواني لا يتطابق في كثير من الأحيان مع توزيع وشكل المجتمع النباتي ، **ومن هنا تبرز حقيقة بيئية جديدة مفادها (بالرغم من أن كل منطقة بيئية تتميز بخصائص نباتية وحيوانية ينتج عنها مجتمع خاص لكن حدود هذه المنطقة البيئية والمجتمع الحيوي تكون غير واضحة تماما) بل تحصل تداخلات وامتدادات وانتقالات بين افراد هذه المجتمعات المختلفة تتحكم فيها الكثير من العوامل السلوكية للأحياء نفسها وعوامل البيئة والجيولوجيا للمنطقة البيئية .**

ومن هنا ينبغي الأخذ بعين الاعتبار مسالة مهمة فى دراسة المجتمعات ألا وهى دراسة مفاهيم الانحدار والتداخل البيئي والتأثير إلحافيَ (تأثير مناطق الحافات أي الحدود المتاخمة بين كل نظامين بيئيين) وعملية التدرج البيئي التي تظهر بشكل واضح في المجتمعات الكبيرة خاصة ، حيث وجد الباحثون عند دراسة مجتمع الغابات مثلا ومجتمع الصحارى او الغابات ومجتمعات السفانا والحشائش أو مناطق المراعى والأراضي الزراعية بأن جميع هذه النظم البيئية تتداخل وتتواصل فيما بينها وخاصة عند مناطق الحافات أو مناطق الاتصال بين هذه المجتمعات حيث نجد أن النباتات والحيوانات المرافقة لها تتوزع على جانبي هذه المنطقة و لإمتدادات مختلفة تعتمد على عاملين أساسيين هما :

1- **انجراف التربة ومكوناتها على جانبي مناطق الحافات البيئية نتيجة للسيول المائية والأمطار الكبيرة مما يساعد على حمل النباتات الصغيرة والبذور والبراعم ، بالنسبة للنباتات أو البيوض واليرقات أو الحيوانات الصغيرة بالكامل مع حركة هذه السيول بالنسبة للحيوانات .**
2- **درجة الحرارة المتقاربة على جانبي المناطق الحافية التي تشكل بيئة انتقالية تؤمن مواطن بيئية ومصادر غذائية بديلة للعديد من الحيوانات فى حالة نقص الغذاء أو الجفاف الشديد في موطنها الأصلي أو شدة التنافس أوحدوث عوامل بيئية غير مرغوبة.**

وهذا يؤدى إلى تواصل بين البيئات المتجاورة كأوساط ومجتمعات حيوية موجودة فيها من حيث طبيعة الظروف البيئية وتداخل الأنواع وهذا التداخل بين العوامل البيئية والأنواع يطلق علية تسمية (التدرج أو الانحدار البيئي أو التخوم البيئية). هذه المناطق التي يرى العديد من الباحثين بأنها تلعب دور مهم في تحديد الحقيقة الأساسية لشكل المجتمع البيئي من حيث كونه معزول أو متصل ، ويسمى الأول بالمجتمع الحيوي **المغلق** مثال ذلك (المجتمع الحيوي للبحيرات الصحراوية كبحيرة (ساوه) في صحراء محافظة المثنى وبحيرة الرزازة في محافظة كربلاء أو بعض البحيرات الصحراوية في الصحراء الكبرى شكل (2) والعديد من الواحات في الجزيرة العربية التي تحاط بالصحارى الرملية القاحلة ، بينما تطلق تسمية **المجتمعات المفتوحة** على مجتمعات الغابات والأنهار والمجتمعات البحرية والبحيرات المعتدلة وغيرها التي يحصل فيها التواصل عن طريق المناطق الحافية او التخوم البيئية. كما تكون هذه المناطق الفاصلة بين مجتمعين أو اكثر ما يسمى بالمنطقة الانتقالية او منطقة التوتر البيئى وفى هذه المنطقة نجد ثلاثة مجتمعات حيوية تتمثل بسكان المنطقة الأصليين وبعض سكان المنطقة المجاورة الشمالية والجنوبية . والمجتمعات المتجاورة تكون ذات كثافة كبيرة ويؤدى ذلك إلى زيادة الأنواع والتنافس النوعي وضمن النوعي ويكون حالة جديدة ينتج عنها اضطرابات في تركيبة المجتمع الحيوي .

شكل(2) بحيرة قبر عون في الصحراء الليبية نموذج للمجتمعات المغلقة .

تقسيم المجتمعات البيئية Classification of communities :

يؤكد الباحث البيئي Vector Shelford الذى اعتبر من أوائل الذين اهتموا بدراسة المجتمعات الحيوية **، على أن المجتمع البيئي عبارة عن تجمع من الأحياء ذو وحدة تمتلك خصائص تركيبة وتصنيفيه ومظهر خارجى متجانس نسبيا يوصف به المجتمع . ويضيف الباحث Odum على ذلك بان هذا المجتمع يتصف بتنظيم غذائي ونموذج أيض حيوي محددين ومعنى ذلك أن :**

كل مجتمع هو عبارة عن تنظيم بيئي مستقل وتوزيع الأحياء فية لا يتم بطريقة عشوائية وانما تحدده قواعد التغذية وطرق الايض والتبادل التى تحكم أفراده ولهذا فان المجتمع الحيوى يعطى صورة اكثر تعبيرا ومصداقية لطبيعة أفراده وتستطيع فيه الافراد التعبير عن شخصية هذا المجتمع، فمثلاً لا تستطيع شجرة معينة من خلال معرفة عدد أوراقها أن تعبر عن مستوى إنتاج غابة أو جزء من الغابة ، ولكن قياس مستوى الايض وصافى الإنتاجية للمجتمع يعطى انطباعا أو تفسيرا عن مدى كفاءة أشجار هذا النظام فى الإنتاج البيولوجي ، وكذلك فإن المقدار النهائي للمواليد وزيادة الأفراد الجدد لقطيع من الأغنام مثلا او لحقل دواجن يمكن ان يستخدم لقياس كفاءة معدل الولادات Natality rate وعدم إنجاب الأخرى هو مقياس الكفاءة لعموم الأغنام أو عدد الأفراخ أو طرح البيض بالنسبة للدواجن منفردة .

لذلك يجد الباحثون فى مجال بيئة المجتمعات والنظم البيئية أن صفات هذه الأنظمة ومجتمعاتها الحيوية لا يمكن التنبوء بها بشكل دقيق من سجل المعلومات عن جماعاتها السكانية بشكل متفرق ، بل يجب أن ندرس الكل مثلما ندرس الأفراد والمجتمعات لغرض الوقوف على طبيعة التكامل الوظيفي في أفراد هذا المجتمع وحساب تدفق الطاقة ومقدار الايض العام بمكوناته الحية ، وهذا ما أطلق علية الباحث **Fiebleman 1954 بنظرية المستويات المتكاملة Theory of integrative levels وعليه يصبح** مفهوم المجتمع بالتطبيق العلمي يتماشى مع القاعدة العامة التي تقول **(كيفما يكن المجتمع يكون الفرد أو النوع)** معنى ذلك أننا نجد في بيئة ما مجتمعات ذات هيئة مستقلة وحدود واضحة ومفهومة ومتميزة عن المجتمعات الأخرى ، ومجتمعات أخرى تكون متداخلة مع غيرها ولا توجد لها حدود متميزة ولا هيئة مستقلة لأفرادها ضمن التركيب العام للنظام البيئي الموجودة فيه ، وهذا ما دعى علماء البيئة إلى التمييز بين المجتمعات على أساس التنظيم الغذائي ونموذج الايض الحيوي الى نموذجين هما :

1- المجتمعات الأساسية أو الكبيرة Major community .

2- المجتمعات الثانوية الصغيرة Minor community .

ويكون النوع الأول من هذه المجتمعات ذو حجم كبير وتنظيم عالي المستوى بحيث يوفر اكتفاءً ذاتيا لأفراده من حيث استلام الطاقة وانتاج الغذاء وحصول عملية توازن بين الإنتاج والاستهلاك ويتميز بتنوع حيوي جيد لاغلب المجاميع الحيوية المشاركة في تركيبه كما هو في مجتمعات الغابات والبحيرات الكبيرة ومجتمعات السواحل البحرية ومناطق الاحراش والسفانا الدائمية . وكذلك توصف جميع الحيوانات المقيمة أو التي تكون مجتمع حيوانى سائد فى هذه النظم لفترات طويلة بالمجتمعات ألاساسية ، بينما تكون الحشائش والأدغال التى تتبدل باستمرار وحسب التغير فى ظروف الحرارة والرطوبة وشدة الإشعاع الشمسي أو توفر المغذيات بالمجتمعات الثانوية ، وكذلك ينطبق ذات الشئ على الطيور أو الحيوانات الأرضية المهاجرة التى تظهر لفترات معينة نتيجة للبحث عن نوع معين من الغذاء أو موطن بيئي معين للتكاثر أو الحصول على موطن بيئي لفترة محددة كما تفعل بعض الطيور المائية التى تدخل منطقة التندرا لغرض التغذية على الحشرات ، كذلك تفعل أنواع عديدة من اللافقاريات اثناء فترة الصيف أو ظهور أشجار الزيتون والتين البرى فى موطن الادغال على شكل اشجار متفرقة قليلة العدد ، أو وجود طائر النورس ضمن المجتمع الحيواني للعديد من المسطحات المائية اثناء فترة الشتاء المعتدل فى اغلب مناطق الوطن العربي ، كذلك يمكن أن تشكل الضفادع وبعض الحيوانات غير المرغوبة كالقشريات المتطفلة مجتمعات ثانوية فى بحيرات اسماك الكارب وغيرها الكثير من الأمثلة . **ومن الناحية التطبيقية فإن دراسة الباحث (Fautin 1946) تعتبر رائدة في وصف المجتمعات الأساسية والثانوية بمنطقة الشجيرات الصحراوية الشمالية فى غرب ولاية (يوتا) الأمريكية حيث سجل العديد من المشاهدات خلال دراسته لمدة ثلاث سنوات متواصلة لمعرفة مدى استقرارية الانواع ومقدار تكرارها وكثافتها وتوقيت ظهورها في البيئة وخرج بالنتائج التالية :**

1- إن نباتات *Sagebrush* وحرشفة السمكة *Shad scale* هي التي تشكل مجتمعات رئيسية بالرغم من وجود أعداد أخرى من نباتات مختلفة تظهر أو تختفي أو تتدهور حسب معدلات تساقط الأمطار وارتفاع وانخفاض درجات الحرارة والرطوبة وكمية التبخر .

2- المجتمعات الحيوانية من الطيور المقيمة والقوارض والعناكب والنمل والخنافس كانت الأكثر انتشارا وثبوتا بسبب تكيفها العالي وفعاليتها فى الرعي والحصول على مصادر الغذاء .

3 - إن دراسة المجتمعات الحيوانية على مستوى ضيق كما في دراسة الحيوانات والنباتات الكبيرة وإدخال العوامل الأخرى وخاصة الأحياء الدقيقة وعوامل التأثير البيئي المتباينة وتأثير التخوم البيئية وما تسببه من تداخل مع عوامل المجتمع الحيوية ونشاط الأحياء وتعاقب انواع المجتمع البيئي وتبدل النشاط الطاقي في النظام البيئي كلها عوامل تؤدي الى إحداث تبدلات واضحة فى طبيعة وتركيب المجتمع ولذلك ظهرت عدة آراء أخرى في وصف وتقسيم المجتمعات منها :

1- <u>التقسيم على أساس البيئة الرئيسة وطريقة المعيشة</u> : حيث قسمت المجتمعات الحيوية الى ثلاثة مجتمعات أساسية هي :

1. **مجتمعات الحياة البرية Terrestrial communities**
2. **مجتمعات الحياة البحرية Marine communities**
3. **مجتمعات المياه العذبة Communities Freshwater**

ولكن إذا نظرنا الى هذا التقسيم نجد أن تداخلا كبيرا يحصل بين كائنات كل مجتمع من المجتمعات المذكوره ، حيث نجد ان هناك بيئات مشتركة بين هذه البيئات الثلاثة الأساسية تنشأ بداخلها نظم بيئية كثيرة كالمناطق المضيئة والمظلمة والقاع وبيئتي المد والجزر والشعاب المرجانية فى البيئات البحرية مثلا ، وبيئات الأراضي المرتفعة والوديان والمراعى والأحراش والصحارى وغيرها في البيئة اليابسة ، ومعنى ذلك أن كل هذه البيئات والمجتمعات الرئيسة تتضمن نظم بيئية عديدة ومجمعات أو مستعمرات ثانوية وأساسية متميزة ومتداخلة تعتمد بالأساس على درجة تأثير المناخ الواسع النطاق ، ولذلك ظهرت أراء أخرى فى تقسيم المجتمعات الحيوية .

1- <u>تقسيم المجتمعات على أساس الربط بين طبيعة الموطن الدائم وتأثير المناخ</u> :

من مؤيدي هذا التقسيم الباحث اودم Odum الذي يؤكد على أن طبيعة الموطن الدائم للكائنات الحية وتأثير المناخ عليها هو الذي يحدد شكل الحياة النباتية فى الأنظمة البرية ويعمل على تحفيز أو كبح معدلات النمو فى البيئات الأخرى وخاصة عوامل الحرارة ومعدلات الإضاءة المرتبطة بعوامل المناخ وعلى هذه الأسس تقسم المجتمعات إلى ما يلي :

1- **مجتمعات الموطن البحري Community of marine habitat**
2- **مجتمعات موطن المصاب Community of estuarine habitat**
3- **مجتمعات الماء العذب habitat Community of freshwater**
4- **الموطن البري (اليابسة) Community of terrestrial habitat**

وفي السنوات الأخيرة بعد تطور وسائل دراسة الإنتاجية الحيوية وإمكانية حساب تدفق الطاقة والأيض الحيوي للمجتمعات ومراقبة سلوك الأحياء نتيجة لتطور وسائل المراقبة من تصوير جوى أو داخل الأنظمة المائية لأعماق كبيرة ، وتغطية مساحات كبيرة من البيئة البرية ، لاحظ العلماء أن الأفراد من الأحياء المجودة داخل كل مجتمع لا تكون متساوية في أهميتها في تحديد طبيعة ووظيفة هذا المجتمع بالكامل بل يظهر تأثير أنواع محدودة العدد من بين آلاف الأفراد أو حتى الملايين من سكان المجتمع على تركيبه وحجمه ووفرة أعداده وحتى مقدارأو درجةاستقراره ، هذه الأفراد تتميز بالصفات التالية :

1- تكون كبيرة الحجم عالية الإنتاجية أو صغيرة الحجم ولكنها عالية الإنتاجية .
2- تملك هذه الأفراد قدرة عالية فى المرونة البيئية Ecological resilience والتأقلم Adaptation للمتغيرات البيئية .
3- تكون ذات مركز بيئي Ecological niche متميز بين اقرانها وغالبا ما تمتلك صفة الإقليمية أوالسيادة البيئية Ecological Dominance .
4- وبناءً على هذه الحقائق برز رأي آخر يدعو لدراسة وتقسيم المجتمعات على أسس جديدة نلخصها في الآتي :

أولا . <u>التقسيم على أساس طبيعة العلاقات الداخلية للمجتمع والسيادة للأفراد</u> :

و من العلماء الذين اكدوا على هذه الأفكار Shelford و Clements فى أوائل الأربعينيات فى القرن الماضي ، وبعد ذلك ظهرت آراء الباحث Whittbecker فى منتصف السبعينيات ، حيث يشير هؤلاء العلماء الى أن المجتمعات الحيوية وبشكل خاص الرئيسة منها تحتوى على منتجين ومستهلكين ذوي أحجام متباينة منها الكبير ومنها الصغير ، ولكن من بين هذه الانواع والعشائر تبرز كائنات تسيطر بشكل واضح على سريان وانتقال الطاقة ، ويكون تاثيرها واضح على بقية الافراد من جميع الانواع الموجودة معها فى النظام البيئى وبالتالى هى التى تتحكم بشكل وحجم المجتمع الحيوى بالكامل . فعلى سبيل المثال عندما درس الباحث اودم في

عام 1957 الانتاجية وتثبيت استهلاك الطاقة فى ينابيع سلفر في ولاية فلوريدا الامريكية وجد أن نبات الانكليس هو السائد بين النباتات المنتجة وبذلك أصبح النبات المؤثر فى حجم ومقدار الكتلة الحية المتوقع تكونها فى الحيوانات المستهلكة من أكلات الاعشاب . بينما وجد الباحث Clements بان النباتات البذرية هى السائدة فى المجتمعات البرية ليس على باقى النباتات وبل حتى الحيوانات لأنها العنصر الاساسى فى حماية الحجم النهائى للمجتمع .

ويختلف مقدار الانواع السائدة حسب وفرة الانواع ومقدار التباين ، وحجم المجتمع ومن خلال الدراسات فى هذا المجال للباحث Whittbecker وجد بأن الغابات الشمالية مثلاً يكون مستوى السيادة لنوع او نوعين من الاشجار يصل الى 99% من المجموع الكلى بينما فى الغابات الاستوائية قد تصبح الانواع السائدة اكثر من 12 نوع . وعندما طبق ذلك عمليا على بعض الغابات باستخدام معيار دليل السيادة Index of dominance لتوضيح العلاقة بين مساهمة كل نوع من الاشجار الى صافى الانتاجية الاولية (NPP) وجد ان الاشجار الحمراء تشكل ما مقدارة 99% لنوع واحد ، بينما فى غابتين ظليلتين فى منطقة Smokey mountain كان مقدار دليل السياده 0 .12 , 0 .18 لأنها تحتوى على عدد كبير من الانواع ، وعليه فأن دليل السيادة والكفائة فى الانتاجية لافراد المجتمع ويمكن حسابه من العلاقة الرياضية التالية :

$$C = \sum (n i / n)^2$$

حيث C: : دليل السيادة البيئية . ni : مقدار أهمية كل نوع بالنسبة للإنتاجية والكتلة الحية .
n : مجموع قيم الأهمية لمجموع الأنواع .

ثانيا . <u>التقسيم على أساس الوظائف البيئية للأحياء :</u>

اقترح هذا النوع من التقسيم من قبل الباحث أودم Odum الذى يرى فية حلا لمشكلة التداخل بين الاحياء وخاصة فى البيئات المائية حيث يمكننا من خلال معرفة الدور البيئي أو الوظيفة التي تؤديها الأنواع المختلفة فى درجة النمو والتطور ولكنها تشترك فى طبيعة الوظيفة كالإنتاج العضوي مثلاً أو الاستهلاك أو التحليل العضوي ، وبذلك وصف هذه الأحياء مجتمعة على شكل مستعمرات او مجتمعات ثانوية أو أساسية حسب طبيعة دورها المتميز ضمن النظام البيئى ، أو اشتراك كائنات تعود لكلا النوعين من المجتمعات الأساسية والثانوية حتى ولو كان ذلك لفترات محددة من الزمن كما تشارك مثلا الاعشاب والنباتات الحولية بعملية الانتاج والاستهلاك فى الغابات أو اشتراك الفطريات والبكتريا بعمليات التحلل أو اشتراك الحشرات والطيور والقوارض فى استهلاك النباتات الكبيرة والأعشاب مثلا أثناء عمليات الري وغيرها من الأمثلة ، ومن هنا يقسم الباحث اودم أحياء النظام البيئي أوالمنطقة البيئية إلي ثلاثة مجتمعات أساسية هي :

1- <u>مجتمع الأحياء المنتجة Community of producers :</u>

ويشمل جميع الاحياء الوجودة فى النظام البيئى بغض النظر عن حجمها او موطنها البيئى ضمن هذا النظام ، فقد تكون هائمات نباتية Phytoplankton ، أو نباتات قاع أو نباتات طافية Floating plantأو عالقة فى الجسم المائي أو ملتصقه على الاجسام الاخرى كما فى البيئات المائية ، وقد تكون اشجار معمرة اوشجيرات او حشائش او ادغال او حتى طحالب فى الاجزاء الرطبة من التربة او حزازيات قشرية أو قائمة وغيرها من الاحياء القادره على التركيب الضوئى وانتاج المادة العضوية .

2- <u>مجتمع الأحياء المستهلكة Community of consumers :</u>

وينتمي الى مجتمع المستهلكات كافة الأحياء المعتمدة على غيرها في التغذية والتي تدعى بمختلفات التغذية Heterotrophes سواء أكانت آكلات أعشاب أو عواقب أو لواحم أو قوارت (مترممات) وهى بذلك تبدأ من الأوليات الصغيرة مرورا باللافقاريات العديدة ثم الفقريات بمختلف مستوياتها حتى الإنسان .

3- <u>مجتمع الأحياء المحللة Community of decomposers :</u>

يعطى هذا النوع من التقسيم أهمية كبيرة لهذه المجموعة من الأحياء المتمثلة بالأحياء الدقيقة من بكتريا وفطريات والتي تهمل دورها العديد من التقسيمات السابقة التي أشرنا إليها وذلك لدقة حجمها وعدم وضوح معالم الايض فيها ولكن العديد من الباحثين يؤكدون على الدور الفعال لهذه الأحياء في حفظ التوازن من خلال قيامها بإعادة تحليل وامتصاص المواد العضوية والتأثير على حجم المجتمع واستقراره من خلال التاثير المباشر على الاحياء الاخرى . ففي كثير من الدراسات الحديثة أثبت بأن انتشار العديد من الأنواع المرضية من هذه الأحياء يستطيع أن يدمر مجتمع نباتي أو حيواني بدرجة كبيرة جداً خلال فترة وجيزة من الزمن

كانتشار الأوبئة والأمراض كالحمة القلاعية التي أصابت الأغنام قبل سنوات في العديد من دول العالم وأدت إلي القضاء على الملايين من هذه الأحياء وكذلك انتشار بعض الفطريات التي تقضى على العديد من النباتات الحقلية بشكل شبه تام أو تعطل إنتاجها العضوي من خلال تعطيل عمل الجذور والأوعية الناقلة في السيقان أو تخريب المادة الخضراء في الاوراق ، كما تعمل على ذلك فطريات عفن الجذور مثلا أو فطريات الصدأ الأسود وغيرها من الأجناس الخطيرة على النباتات .

التعاقب الدوري فى المجتمعات Community periodicity :

عند متابعة التركيب الديناميكي لأي مجتمع حيوي سواء فى بحيرة أو ساحل بحري أو منطقة صحراوية أو غابة كبيرة أو صغيرة أو فى أي نظام بيئي فى الطبيعة نجد بأن هنالك تبدلات تتكرر بشكل دورى متتابع على الهيئة العامة او الشكل الخارجي لهذا المجتمع يطلق على مثل هذه التغيرات المنتظمة أو غير المنتظمة بالتعاقب الدورى أو دورية المجتمعات community periodicity . وتعرف على أنها مجموع الفاعليات والحركات والتغيرات الدورية فى مجتمع الأحياء التي ينتج عنها تبدلات وتذبذبات متعاقبة على تركيبة هذا المجتمع ضمن النظام البيئى الموجود فيه وتحصل هذه التعاقبات فى بيئة المجتمع الحيوى من وجهة نظر علماء البيئة تحت تأثير العديد من العوامل والاسباب منها :

1. **تأثير الساعة البيولوجية وعمل هرمونات النمو والسلوك وتأثيرها فى نمطية العمل الوظيفى والايض الحيوي لأفراد المجتمع من حيث النشاط والخمول وعمليات التكاثر .**
2. **التبدل المستمر للعمر الوظيفي للأحياء وخاصة الأحياء ذات دورات الحياة القصيرة والتى تمر بعدة أطوار مثل اليرقة ، حورية ، الدور البالغ خلال فترات قصيرة مما يؤثر فى تبدل مواقعها ضمن حركة المجتمع أو عند عمر النضج الجنسى بالنسبة للحيوانات طويلة الحياة نسبيا وما يترتب عن ذلك فى تبدل فى الادوار البيئية وتكرار الولادات وإضافة صغار جدد.**
3. **اختلاف أفراد المجتمع ضمن افراد النوع فى قدرتها للاستجابة للمتغيرات البيئية واختلافها فى مقدار القدرة البيولوجية الكامنة واستغلال الظرف الملائم سواءً فى الحصول على الغذاء والانتشار أو طرح البيوض والأجنة .**
4. **الاختلاف فى قدرة التنظيم الحرارى لأفراد الجماعات المختلفة التى يتشكل منها المجتمع فمنها ما هو من ذوات الدم الحار والتى يمكن لأفرادها أن تتواجد طوال اليوم وطوال العام ومنها ما هو من ذوات الدم المتغير (البارد) والتى تخضع لقواعد السبات اليومى او الفصلى .**
5. **التباين فى اساليب التكاثر ورعاية الصغار أو البيوض فكثير من الكائنات الحية تقوم بعمليات حضانة لفترات مختلفة وكذلك فترات رعاية للصغار مختلفة تتوزع بين الاناث والذكور أو تنحصر على إحدهما ، وبذلك فإن عدد من افراد الجماعة يصبح فى حالة شبة ساكنة من حيث الحركة والمشاركة فى نشاطات المجتمع الكامل ، كما إن العديد من الأحياء تتعرض لعلاقات مباشرة بعد الزواج كما فى العناكب أو بعد الولادات كما فى العقارب أو الانعزال بعد التزاوج كما فى الفيلة والقرود وغيرها من المجاميع مما يؤدى الى تقسيم المجتمع الحيوي .**
6. **التباين فى اسلوب وسلوك التغذية فبعض الكائنات مقيمة فى مواطنها والبعض الاخر يبحث عن غذائه اثناء النهار فى بيئات مجاورة ، والبعض الآخر ينشط ليلاً ويختفى أو يختبئ نهارا وهذا بدورة يؤثر على ديناميكية المجتمع .**

ورغم كل ما ذكر من تباين بين أفراد المجتمع الواحد فى العديد من الخصائص لكن المجتمع يحاول دائماً الحفاظ على ديناميكيته واستقراره وأن ما يحصل من تعاقبات دورية على هذه الديناميكية والتركيب ما هو الا عبارة عن تذبذبات Fluctuations تأتى استجابة لما يحدث داخل البيئة المحيطة لأفراد هذا المجتمع والمتغيرات الفسيلوجية وعمليات الاستقلاب الخلوى لأفراده .

أشكال أو أنماط التعاقب الدوري The type of periods :

من خلال الاهتمام بهذه الظاهرة ودراستها بشكل جيد فى العديد من المجتمعات الطبيعية التى ذكرناها فى بداية توضيح مفهوم التعاقب لاحظ الباحثون أن هنالك تعاقبات قصيرة يمتد تأثيرها لعده ساعات أو تظهر خلال فترات محدودة فى اليوم بينما بعض التبدلات و التعاقبات تظهر خلال مواعيد محددة فى السنة والبعض الاخر لا يخضع لعوامل البيئة وإنما تنجم عن سلوكيات تحددها الكائنات الحية نفسها والبعض الآخر له علاقة بالظواهر الطبيعة كحركة القمر والبرق والرعد أوسقوط الأمطار وغيرها ، لذلك قسم الباحثون هذه التعاقبات استنادا الى مسبباتها وظواهرها الى الأنماط التالية :

1. **التعاقبات أو التذبذبات اليومية .**

2. **التعاقبات المرتبطة بالظواهر القمرية والشمسية .**
3. **التعاقبات أو التذبذبات الفصلية .**
4. **التعاقبات الوراثية (الذاتية) .**

أولا . <u>التعاقبات اليومية Daily periods</u> :

لو تتبعنا الحركة اليومية من الصباح الباكر وأثناء النهار وقبل المساء واثناء الليل على مدار اليوم لأي مجتمع من المجتمعات الحيوية المائية أو البرية سواء كانت من النبات أو الحيوانات أو من الأحياء المجهرية ، سوف نجد أن هنالك العديد من التذبذبات والاختلافات التى تحصل على الشكل العام للعديد من المجتمعات من حيث حركة وتجمع افرادها ، مستوى الايض والانتاجية ، سلوك التغذية وانتشار وكثافة الأفراد بالنسبة للحيوانات وغيرها من العوامل . وينسب علماء البيئة والسلوك هذه التغيرات الى مقدار الاستجابة والتكيف الواسع أوالضعيف والمحدود لهذه الاحياء الى عاملين مهمين هما شدة الاضاءة والحرارة التى تتبدل خلال الاوقات التى اشرنا اليها وما يتبع ذلك من عوامل ثانوية مثل الرطوبة و حركة الرياح ومقدار الضغط الجوي وغيرها من العوامل .

لذلك نلاحظ أن الكائنات ذات المدى الواسع تستطيع التواجد طوال اليوم ، بينما الضعيفة الاستجابة تستطيع التواجد لفترات متفاوتة ، بينما المحدودة نجدها فى ساعات محددة من اليوم فى الصباح الباكر أو أثناء الليل أو لكلا الفترتين فقط من اليوم ، ومن الأمثلة الجيدة التي تحصل فى البيئة ما يحصل للعديد من الكائنات المائية حيث تقوم هذه الاحياء بهجرة عمودية يومية تصل فى بعض افرادها اكثر من 45 متر لشدة الاشعاع الشمسي وخاصة فى البحيرات الصافية ، ويمكن التحقق من ذلك خلال مراقبة انتشار وتوزع العديد من القشريات كالدافينا والعديد من مجدافية القدم مثل *Cyclops sp* والعديد من القشريات ويرقات العديد من الاحياء الاخرى حيث نجدها عند ساعات الصباح الباكر وآخر النهار قرب السطح المائى بينما تبتعد الى داخل الجسم المائى اثناء النهار يشاركها فى ذلك العديد من الاحياء المائية الاكبر حجما كالضفادع والاسماك الصغيرة الحجم حيث نلاحظ اقترابها من سطح الماء فى الجزء الأخير من النهار نتيجة لارتفاع درجة الحرارة التدريجي في العمق وقلة الأوكسجين فى الطبقة السفلي . ونفس التغيرات نجدها فى بعض الجماعات السكانية التى تشكل المجتمعات البرية فعند مراقبة العديد من الحشرات نلاحظ انتشارها فى الحقول اثناء الساعات الاولى من النهار واختفائها نهارا ثم معاودة الانتشار فى الجزء الاخير من النهار عندما تصبح درجة الحرارة والرطوبة وشدة الاضاءة جيدة وينطبق ذلك على العديد من الحيوانات الأخرى كأنواع من كالخفافيش (الوطواط) التى تظهر ليلا وتختفى نهارا أو بعض الثدييات كخروف الودان (الخروف البربرى) الذي نلاحظه فى الساعات الاخيرة من النهار وفى الصباح الباكر بينما يختفي اغلب ساعات النهار ، كما تلاحظ هذه الظواهر بشكل واضح فى الحيوانات الصحراوية التى يبدأ العديد منها بالحركة والفاعلية اثناء الليل ويختبأ أغلب ساعات النهار . إن جميع التغيرات تؤدى بالنتيجة الى تبدل شكل المجتمع من حيث كثافة وانتشار وتوزع الاحياء كما أن هذه التبدلات تؤثر على العلاقات المتداخلة بين الافراد من حيث شدة التنافس والتزاحم خلال الساعات المحدودة التي تنشط فيها هذه الأحياء ، وعموما يمكن ربط المتغيرات والتعاقبات اليومية مع تأثير العوامل البيئية التى اسماها الباحث Mondshsky بالعوامل الدورية المنتظمة والتي تتمثل بضوء الشمس ودرجة الحرارة .

ثانيا .<u>التعاقبات المرتبطة بالظواهر القمرية والشمسية Moon and sun periods</u> .

من المعروف أن حركة القمر تتغير باستمرار كل شهر حيث يبدأ على شكل هلال ثم يدخل مرحلة التربيع الأول بعدها مرحلة البدر والتربيع الأخير وأخيرا المحاق ، ويرتبط بهذه الحركة والدورة القمرية تغاير فى مقدار ضوء القمر الواصل الى الأنظمة البيئية . وقد أثبتت الأبحاث العلمية بأن لطول فترة ضوء القمر تأثيرات مماثلة لتأثير شدة الإضاءة الشمسية على نشاط وفاعلية العديد من الاحياء ، ويطلق على مجموع هذه التأثيرات (بالتوافقات القمرية) وتبرز بشكل واضح فى مناطق السواحل البحرية وفى مناطق المصبات بشكل خاص حيث تحصل فيها ظاهرة المد والجزر والتي تتمثل بتباين حجم ومقدار ارتفاع منسوب المياه وامتدادها الى اعلى منطقة للساحل اثناء الفترات التى يكون فيه القمر فى مرحلة البدر ، حيث سجل العلماء اكبر مقدار للجاذبية الارضية فى هذه الفترات تؤدى الى ارتفاع منسوب المياه فى البحار(ظاهرة المد) مما يؤدى الى تواجد وتنوع اكبر عدد من احياء المناطق الساحلية وبقائها لأطول فترة زمنية بينما يصبح المد أقل ما يمكن عندما يصبح القمر هلالاً أو فى مرحلة المحاق وبذلك تنسحب المياه وتحصل حالة الجزر وتعود اغلب الاحياء الساحلية الى داخل

المياه البحرية أو تختفي داخل تربة الساحل ومكوناتها كنوع من التكيف البيئي نتيجة لتعرضها لأشعة الشمس والجفاف .

كذلك سجلت العديد من الملاحظات من خلال مختلف الدراسات والمشاهدات اليومية عن حصول تغاير فى بعض المناطق فى الكرة الارضية كما فى مناطق الدائرة القطبية حيث تحصل ما يسمى بظاهرة الليالى البيضاء التى يبقى عندها ضوء الشمس مستمرا ليلا ونهارا لفترة طويلة تبلغ حوالي شهرا كاملا كما فى مناطق الغابات الروسية الشمالية والخليج الفنلندى وبعض مناطق بطرس بورغ مما يوفر إضاءة طوال 24 ساعة لأحياء المنطقة التي تظهر فيها العديد من المجاميع السكانية المحبة للاضاءة مثل الطحالب والحشرات والقشريات المختلفة والمحاريات والعديد من الاسماك الصغيرة مما يجلب الى المنطقة أعداد كبيرة من الطيور والحيوانات المفترسة للاحياء المائية مثل طيور النورس والبجع وصائد السمك وغيرها الكثير من الحيوانات بالاضافة الى انتعاش الاعشاب والحشائش والشجيرات الصغيرة الموجودة بين الاشجار فى المناطق المفتوحة بسبب حصولها على درجات كافية من الاضاءة وسرعة تكون الازهار ونضج الثمار الصغيرة مما يؤدى الى تغير كبير فى طبيعة التجمع الغابى ومجتمعة الحيوانى خاصة ، الحشرات ، الطيور ، الحيوانات التى تتغذى على هذه النباتات ، وبعد انتهاء هذه الفترة التى تشترك فيها الإضاءة الشمسية والقمرية في التأثير على هذه المجتمعات تعود المنطقة تدريجيا إلى حالة التوازن التدريجي .

ثالثا : التعاقبات الفصلية Seasonal periods :

من المعروف إن اغلب مناطق العالم تخضع إلى تغير أربع فصول أساسية في كل سنة هي الشتاء ، الربيع ،الصيف ثم الخريف على التوالي ، وتختلف الظروف البيئية في كل فصل من هذه الفصول من حيث التغاير فى درجات الحرارة والرطوبة وكمية الأمطار وطول فترة الإضاءة وسقوط الثلوج في بعض المناطق وحصول العواصف والأعاصير شتاءً ، أو بالمقابل جفاف ورياح شديدة وارتفاع في درجات الحرارة وهبوب زوابع ترابية فى أغلب المواقع البيئية في العالم مما يفرض على الأحياء التعرض إلى هذه التغيرات والتكيف معها الامر الذي يدفع الكثير منها لى الانتشار العشوائي أو التشتت Dispersal وتفكك مجتمعاتها كما يحصل في مجاميع مختلفة من الطيور والحشرات والأحياء الصغيرة التي تحمل مع تيارات الرياح القوية أو تجرفها الأمطار والسيول وتغير من تركيبها . أو ان هذه الأحياء تتعرض إلى تبدلات مناخية اعتيادية تتمثل في انخفاض درجات الحرارة أوارتفاع درجات الرطوبة شتاءً مع حرارة دافئة ورطوبة معتدلة في الربيع وارتفاع درجات الحرارة وقلة الرطوبة صيفا ثم انخفاض نسبى للحرارة مع تيارات هوائية جافة خريفا في اغلب مناطق العالم باستثناء المناطق الاستوائية والمعتدلة ، وإذا أضفنا إلى ذلك فترات التداخل بين هذه الفصول ففي مقدمة كل فصل ونهايته سوف يتعرض الكائن الحي إلى ستة فترات فى السنة تؤثر على سلوكه وطرق تجمعه وأنماط معيشته هي :

1. **فترة الربيع المبكر** **Prevernal Period**
2. **فترة الربيع المتأخر** **Vernal Period**
3. **فترة الصيف المبكر** **Astival Period**
4. **فترة الصيف المتأخر** **Serenity Period**
5. **فترة الخريف** **Period Astival**
6. **فترة الشتاء** **Hymnal Period**

وعندما نتابع التغيرات التى تحصل فى المجتمعات النباتية نلاحظ إن العديد من النباتات تكون البراعم أو الأوراق فى خلال فترة الربيع المبكرة ثم الازهار والثمار غير الناضجة فى فترة الربيع المتأخرة وبعد ذلك تبدأ اغلبها بالنضج خلال فترة الصيف المبكر وقليل منها يمتد الى فترة الصيف المتأخر ثم تبدأ هذه الاوراق والثمار المتبقية بالذبول التدريجى فى الخريف المبكر ثم التيبس والتساقط النهائى فى الخريف المتأخر والدخول فى فترة السكون خلال الفترة الشتوية وهذه الظواهر تحصل لبعض النباتات متساقطة الاوراق والنباتات المثمرة والزهرية وحتى فى دائمة الخضرة . بينما نلاحظ أن العديد من الاشجار تكون الثمار والازهار الصغيرة فى الربيع وفترة الصيف ويتم نضجها فى فترة الشتاء كما فى اشجار الحمضيات (الموالح) ونجد بعض النباتات لا تنمو إلا فى درجات الحرارة الباردة كما فى نبات القمح والشعير والذرة وبعض البقوليات ، وعلى العكس تحتاج العديد من النباتات الى درجات حرارة مرتفعة لكى تنمو كما فى اغلب الخضر والفواكه الصيفية ، وهذه المعايير تنطبق كذلك على النباتات المائية التى نجد بعضها فى الشتاء والخريف الباردين كانواع من الطحالب الخضراء بينما تزدهر الانواع الاخرى عندما ترتفع درجات الحرارة وتكثر المغذيات وخاصة بعض الطحالب

الخضراء المزرقة وحشائش الماء والنباتات الطافية . وهذا التغاير فى المجتمع النباتى يصحابه تغاير فى المجتمع الحيوانى حيث تنشط اغلب الحيوانات فى فترة الربيع وتتكاثر بشكل سريع كما فى أنواع الأسماك التي تعطى الطرحة الاول فى فترة الربيع المبكر كاسماك الكارب ، ومعظم اسماك الوطن العربي وتعطى الطرحة الثانية فى فترة الربيع المتأخر وتكون اعلى الطرحات نتيجة لتوفر المواد الغذائية ودرجات الحرارة الملائمة ، كذلك تنتعش فى نفس الفترة القشريات والضفادع والطيور المائية وديدان القاع كما يمكن ملاحظة ذلك على العديد من الاحياء التى تنشط فى الفترة الربيعية المبكرة بينما تضطر أنواع من الأحياء الى الهجرة خلال فصول السنة بين الماء العذب والماء المالح كما فى أسماك السلمون ، وهجرة طيور النورس شتاءً من المناطق الباردة الى اغلب مناطق آسيا وأفريقيا خلال فترات الشتاء المعتدل مقارنة بالمناطق الشمالية من الكرة الارضية الباردة جدا كما في شمال روسيا وكندا وبعض دول بحر البلطيق ، وكذلك هجرة طائر الزرزور فى بداية الخريف المبكر الى نفس المناطق ، كما أن ظاهرة السبات الشتوى أو السبات الصيفي لقسم الأحياء كالضفادع والسحالي والزواحف وحصول الهجرة المعاكسة للعديد من الطيور التى ذكرناها عندما ينتهى فصل الشتاء في مناطق الوطن العربي وتبدأ ملامح فصل الربيع فى مناطق الجنوب خير مثال على التعاقبات الفصلية حيث تبدأ هذه الطيور فى العودة الى مناطقها الاصلية التى يكون فيها الصيف مناسبا لنشاطها حيث تبدأ بالتعشيش والتكاثر وبذلك تتغير أشكال المجتمعات في الجزء الجنوبي والشمالي من الكرة الارضية في نفس الفترة تقريبا .

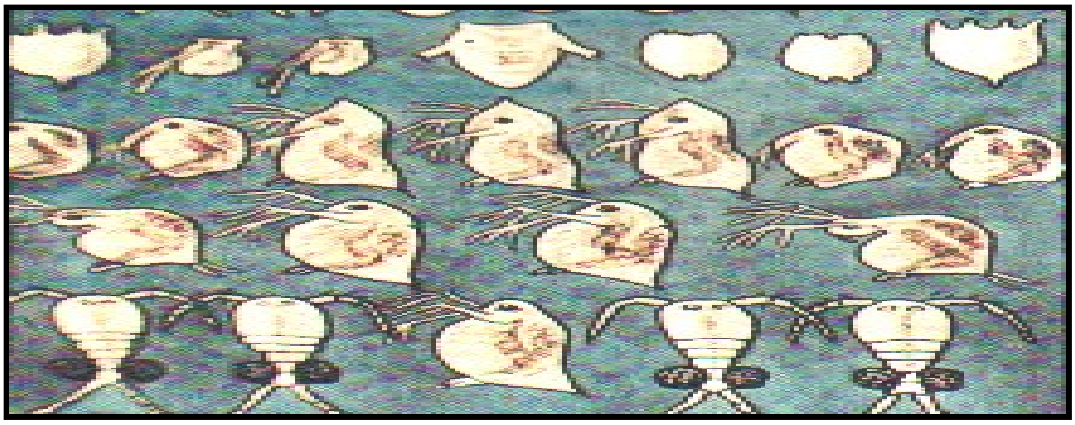
كما أن بعض الأحياء يحصل فيها نوع من الهجرة ضمن نفس المنطقة الى البيئات القريبة المجاورة فى نهاية الفترة الخريفية وبداية دخول المرحلة الشتوية كانسحاب الحيوانات الرعوية الى الغابات المجاورة أو حتى فى الغابة الواحدة نلاحظ تغير فى طريقة انتشار الأحياء وانسحاب العديد منها وخاصة بعض اللبائن وبعض انواع من الطيور والحشرات التي تعمل على تغييرطبيعة توزعها من اعالى الأشجار الى الطبقة السفلى فى الغابة او الاختفاء فى ثنايا النباتات أو فى أجزاء التربة العلوية وغيرها من الاساليب ، ويطلق على مثل هذا النوع من الهجرات الداخلية بالهجرات الدقيقة وهي بالنتيجة تؤدي الى تغاير شكل وتركيب المجتمع النهائي للمنطقة البيئية .

رابعا . <u>التعاقبات الوراثة (الذاتية) Genetic periods</u> :

تحصل في العديد من المجتمعات الحيوية تعاقبات وتبدلات لا تخضع للعوامل التى ذكرنها سابقا أي ليست يومية أو فصلية أو قمرية بل تحصل تحت ظروف محددة وينتج عنها سلوك معين يختص بأفراد محدودة فى الجماعة السكانية فمثلاً إذا راقبنا مثل **هذه التغيرات فى مجاميع الاوالي السوطية من ثنائية الاسواط الدوارة Dinoflagelates نجد أن البعض منها يبدل سلوك التغذية من القيام بالتركيب الضوئى الى التغذية الرمية أو الافتراس** . كما أن الكثير من أفراد مجاميع الحيوان الهدبي البرامسيوم مثلا تتحول الى افراد موجهة وتقوم بعملية الاقتران وتنتج عن هذه العملية افراد خصبة بعملية تزاوج وتلقيح بين الحيونات تحت ظروف معينة ينتج عنها تغيير في عدد وحيوية الافراد الناتجة عن حالة التكاثر بالانشطار البسيط المعروفة في هذا الحيوان ، ومن المشاهدات الحقلية على تغير السلوك الغذائى ماتم ملاحظته فى اسماك الكارب العشبي فبعد ان كانت حيوانية أو عامة التغذية فى بداية عمرها تتحول الى نباتية بعد مرور ستة اشهر من العمر مما يؤثر بشكل مباشر على طبيعة افرادها من جهة وعلى المجتمع النباتي المائي وحيوية النظام البيئي المائي من جهة اخرى ، ولو تابعنا نفس النوع من الاسماك نجد ان هنالك فوراق زمنية في امتلاك هذه الصفة بين أفراده .

كما لاحظ بعض الباحثين كم من التغيرات التى تحدث في مجاميع كاملة من الأسماك والحشرات والدواجن والقشريات الكبيرة بالرغم من عدم حدوث تغيرات فى البيئة لا فصلية ولا متطرفة ، حيث تقوم هذه المجاميع بأكل بعضها البعض وخاصة الأفراد الصغيرة **بظاهرة تسمى الافتراس الذاتي (Cannibalism)** أو تقوم بنقر بعضها البعض حتى الموت كما فى مجاميع من الطيور أو أن بعض الحيوانات تبدى سلوكا عدوانيا عندما يظهر شيء فى البيئة كانجذاب وتجمع العديد من الحشرات حول مصدر الاضائة . أو ظهور السلوك العدوانى لبعض الحيوانات عند ظهور اللون الاحمر فى محيط بيئتها او زيادة مستوى التزاحم ، كما أن بعض الأحياء تقوم بإضافة تحورات على حجم الجسم مما يؤثر على الحجم النهائي للمجتمع الذي تنتمي إليه من خلال عملية اختزال أو تحوير الحجم أو إفراز مضادات حيوية تقضى على الكثير من الجماعات السكانية الموجودة معها بعملية تسمى التضاد الحيوي Antibiosis ، ولا يقتصر ذلك على الحيوانات بل تشترك فيه أنواع مختلفة من النباتات

كالجت الحجازى أو البرسيم والعديد من الأشجار وقسم من الطحالب المائية مما يؤدي الى اختفاء أعداد كبيرة من الاحياء الموجوده في النظام البيئي . وقد درست ظاهرة اختزال الحجم من قبل العديد من الباحثين امثال (السلمان و Brooks)- في الطحالب من أجناس السينديسمس والكلورلا من الهوائم النباتية ، وأفراد جنس الكارا من الطحالب القاعية ، وفي بعض القشريات كالدافنيا والسيبرس والسايكلوبس وغيرها كما في الشكل (3) بينما درس عدد آخر من الباحثين هذه الظاهرة في قسم من اللافقاريات كالقواقع والمحار والديدان وطبقت دراسات أخرى على الفقاريات المائية كالأسماك ، بينما تابع الباحث (Hutchinson) هذه التغيرات فى مجاميع مختلفة من الاوالي وخاصة ثنائية الاسواط الدوارة Dinoflagelates.



شكل(3): أنماط من حالات اختزال الحجم في بعض الأحياء نتيجة لتغير الوسط البيئي .

وعموما ومهما تكن طبيعة التغيرات فى مجتمع الأحياء سواء كانت يومية أو فصلية أو غير محددة فان علماء البيئية والسلوك يرجعونها الى عاملين أساسيين هما :

1. **الاستجابة الهرمونية التى تحفز تحت تأثير العوامل الخارجية وتعمل على احداث استجابات محددة تتمثل بالتخفي وتغير اللون والانكماش والانجذاب وغيرها من ردود الفعل الانعكاسية لدى الاحياء المختلفة .**
2. **امتلاك بعض الأحياء القدرة الذاتية لتنظيم سلوكها والاستجابة للبيئة ومتغيراتها من خلال عملية توافق بين النظم البيوكيميائية وعوامل الوراثة الخاصة بالكائن وعوامل البيئة الخارجية .**

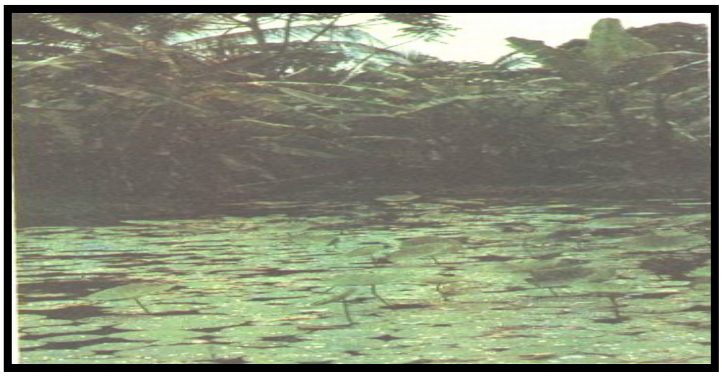
<u>تنضيد المجتمعات Community Stratification</u> : يشير الباحث Hutchinson الى أن الشكل العام للمجتمع الذى ينشأ عن توزيع الكائنات وتفاعلها مع بيئتها يؤدي الى تنوع فى انماط المجتمعات ، وواحدة من هذه الترتيبات التى تحصل للمجتمع هي التمنطق Stratification في مجاميع الأحياء ، ويقود ذلك الى حصول ظاهرة مهمة فى دراسة المجتمعات الحيوية وفهم التبدلات **تسمى بخاصية تنضيد المجتمعات Community zonation . والتي هي عبارة عن اشكال من التنظيم الافقى او العمودى لحركة أفراد الجماعات السكانية التى يتكون منها المجتمع داخل النظام البيئى والذي يمثل مدى استجابتها لعوامل بيئتها أو تأثير البيئة المجاورة.**

والذي يظهر على شكل تركيبات تنعكس على الشكل العام لهذا المجتمع . ومن هنا نجد أننا إذا أردنا دراسة أي مجتمع حيوي ناتج عن التعاقب البيئي (بلغ مرحلة الذروة) ومهما تكن طبيعتها في كونها ناتجة عن تأثير الذروة المناخية أو تكونت تحت تأثير الذروة المتعددة التي تشترك فيها عوامل التربة والمناخ فانها بالنتيجة تحتوى على تركيبة متجانسة من الكائنات النباتية والحيوانية وما يرافقها من مجاميع الأحياء الأخرى سواءً فى الحياة البرية أو المائية، ونجد كذلك إنها تستطيع تكوين مجتمعات إما رئيسية تتميز بدرجة كبيرة من التنظيم واستمرار مرحلة التفاعل والاستقرار لفترات زمنية طويلة كما نلاحظ فى مجتمعات الغابات والمجتمعات البحرية والبحيرات الكبيرة أو إنها قد تكوُن مجتمعات ثانوية تكون فيها درجة التغير والتبدل المستمر واضحة كما فى بيئة الانهار والمصبات والمراعي والواحات الصغيرة. ومهما يكن من أمر هذه المجتمعات فإن العلماء وجدوا بأنها لا تخضع لنظام تطبق أو تنضيد موحد يعتمد توزيع الأحياء فيه على عامل واحد فقط بل تشترك فيه عديد من العوامل أهمها :

1. **حجم الكائنات الحية السائدة فى المجتمع وخاصة الأشجار ومقدار المساحة الورقية لهذه النباتات .**
2. **شدة الاضاءة وطريقة توزيعها على مكونات النظام البيئى ومقدار نفاذها داخل مكوناته .**
3. **موقع النظام البيئى من خط الاستواء وما يفرضه ذلك من تباين حرارى على مدار السنة وعدد ساعات شروق الشمس وتباين الفصول الأربعة .**

4. **كثافة الأحياء ودرجة ندرة الماء في النظام البيئى المائي .**
5. **نوعية وعدد المفترسات والانواع ذات الصفة الاقليمية والسيادة البيئية وطبيعة تحكمها بتركيب المجتمع .**
6. **خضوع المسطحات المائية التى تنتمى لها المجتمعات لظاهرة التمنطق الحرارى والتنضيد الضوئى Photozonation كما فى بحيرات المناطق المعتدلة والبحيرات ذات العمق الاكثر من 20 متراً .**
7. **محاولة العديد من الاحياء تقليل التنافس والحصول على المواطن البيئية المتخلفة فى نفس الموقع وتوزيع مصادر الغذاء كما يحصل لأحياء الغابات .**

هذه العوامل وغيرها مجتمعة تؤدي الى أن يكون توزيع الأحياء بصورته النهائية لأي نظام بيئى إما أفقيا عندما تكون هذه الاحياء محبة للضوء وتتحمل درجات عالية من الحرارة وبذلك تحتل المسحات العليا اوالطبقات السطحية النهائية من المنطقة البيئية كما فى الاشجار والشجيرات والحشائش النباتية والنباتات الطافية فى النظم البرية والمائية المختلفة ، بينما تعمل الكائنات ذات التحمل الضعيف للضوء المباشر ودرجات الحرارة الى التوزع عموديا سواءً تحت الأشجار الكبيرة أو الشجيرات كما يحصل للأعشاب والأدغال والحزازيات المختلفة واللايكويوديات (الصولجانيات) والسراخس والفطريات الكبيرة والعديد من انواع الطحالب وغيرها من الاحياء المختلفة التى تنمو على قاعدة الساق والأجزاء التحتية من الأشجار والنباتات الاخرى كما يظهر في الشكل (4) .



شكل (3) أنماط من التمنطق والتنضيد بين مختلف الاحياء في بيئات مختلفة .

وذات الشيء يمكن ملاحظته فى النظم المائية حيث نجد أن هنالك نباتات طافية أو نصف غاطسة وأخرى غاطسة تماما وثالثة عالقة في الجسم المائي ومجموعة أخرى قاعية الموطن البيئي . وما نجده فى توزيع النباتات ضمن المجتمع الحيوى عموديا ينسحب كذلك على افراد المجتمع الحيوانى ولكنه يأخذ فى النظم الحيوية أبعادا أكثر تعقيدا حيث تدخل فيها عوامل عديدة منها :

1- **التفضيل الحراري للأحياء داخل طبقات التربة وطبيعة وتوزيع المواد العضوية .**
2- **طبيعة التربة وقوامها النسيج ، كونها خفيفة أو ثقيلة أو حصوية أو طينية أو مزيجية .**
4- **قابلية التحمل للإضاءة وشدة الإشعاع الشمسي وما يرفقها من تغيرات يومية أو فصلية.**

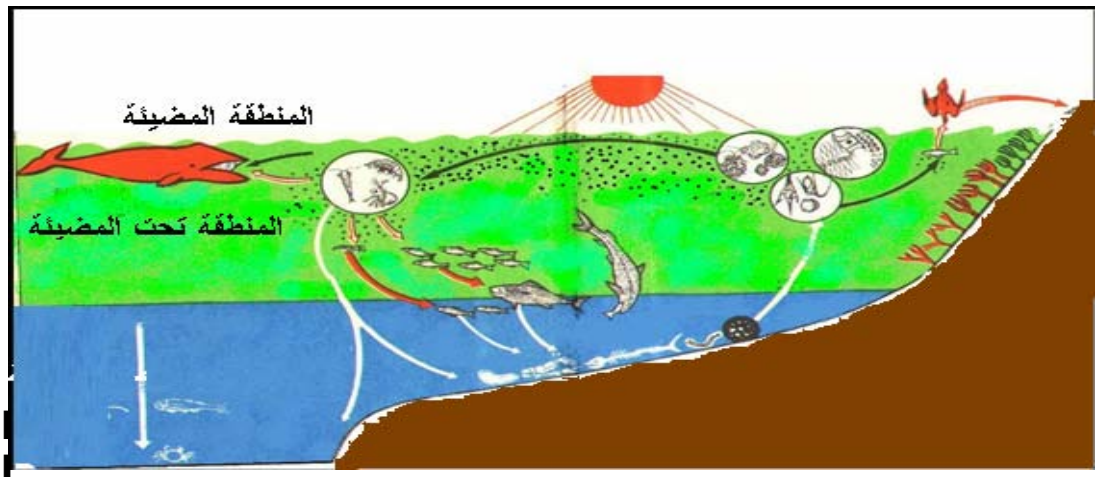
ولذلك نلاحظ بأن بعض الحيوانات تستطيع أن تبقى على سطح التربة أوتحفر لأعماق بسيطة لدفن نفسها أو التخفي تحت بقايا النباتات اثناء النهار أو عمل أنفاق صغيرة أو كبيرة فى التربة كما فى العديد من الحشرات الزاحفة ومجاميع النمل والأرضة ، بينما تعمل أنواعا أخرى من الحشرات وبعض اللافقاريات كدودة الأرض مثلا والديدان الخيطية (النيماتودا) على الدخول بأعماق مختلفة حسب نوع التربة ومقدار الرطوبة والمواد العضوية . أما الحيوانات المحبة للإضاءة وذات التحمل العالي لدرجات الحرارة فهي تتوزع أفقيا وتشكل مجامع صغيرة أو كبيرة حسب خصائصها السلوكية وطريقة تغذيتها ، وتوجد على شكل قطعان كما فى الاغنام والخيول أو أنها تشكل أسرابا كما فى الطيور المهاجرة والجراد أو تعيش على شكل كتل أو تجمعات صغيرة كما فى القوارض والطيور الكبيرة والجوارح والعديد من الحيوانات الأليفة . بينما فى البيئة المائية ينحصر وجود الكائنات الموزعة أفقيا والمحبة للإضاءة فى مجموعتين أساسيتين هما الهوائم الحيوانية Zooplankton والهوائم النباتية Phytoplankton التى تستطيع المعيشة في سطح الماء وتأخذ المجامع الأخرى مواطنا متوزعة عموديا وتمتاز مجاميع منها بالحركة بين طبقات الماء وتدعى بالسوابح Nekton بينما تستقر القاعيات Benthos في الطبقة السفلى من الجسم المائي . وهذا التباين في التوزيع يعتمد على مجموعة من العوامل بالاضافة الى عامل الاضائة منها :

1. **امتلاك الأحياء لوسائل مختلفة تمكنها من الحركة داخل الجسم المائي .**

2. تحملها للضغط وقلة الأكسجين في الأعماق البعيدة .
3- تكيفها للمعيشة في البيئات القاعية وقدراتها على التغذية بطريقة الترشيح أو التغذية الرمية.
ولهذا نجد في هذه المناطق المائية مجموعتين كبيرين من الأحياء الموزعة عموديا هما مجتمع السوابح بكل أشكاله كالأسماك وثعابين الماء والقشريات الكبيرة واللا فقريات المختلفة ومجتمع القاعيات كالأسماك والقواقع والمحاريات والديدان وغيرها ، والشكل التالي يوضح التوزيع الأفقي والعمودي المائي في البيئة البحرية كنموذج لتنضيد الأحياء وتمنطق المجتمعات المائية شكل (5).

تطبيقات دراسة المجتمعات Applications of communities study :

من خلال دراسة المجتمعات نجد أن العديد من الخصائص التي تتميز بها هذه المجتمعات قابلة للدراسة والتحليل الإحصائي لغرض استخدامها في التطبيقات البيئية كمفهوم الأنواع السائدة والمفترسات والمنتجات ونسبة الأشجار إلى الشجيرات أو المفترسات إلى الفرائس أو حساب مقدار التباين للأنواع الموجودة ضمن كل مجموعة سكانية من سكان المجتمع أو تقدير كمية المواد العضوية المستنفذة أو المضافة ضمن قطاعات المجتمع أو تقدير الإنتاجية الأولية أوصافي الإنتاجية وكذلك إمكانية دراسة عملية انسياب الطاقة بين المستويات الغذائية Trophic levels بين سكان هذا المجتمع كما بينا في دراسة (ينابيع سلفر) التي قام بها الباحث أودم ، كذلك محاولة معرفة كثافة الأحياء ونسب توزيعها وانتشارها وغيرها من المفاهيم الأساسية في تركيب المجتمعات .
و سوف نكتفي بواحدة من أساسيات دراسة المجتمعات ألا وهى عملية تحليل المجتمع Community Analysis والتي تتضمن عملياً العديد من النقاط التي أشرنا إليها . فما هو تحليل المجتمع ؟



شكل(5): عملية توزيع الأحياء المائية وظاهرة تنضيد وتمنطق المياه البحرية .

تحليل المجتمع الحيوي Community analysis :

إن أية عملية تحليل بمفهومها العام هى البحث في فصل مكونات أية مركب أو مجموعة أو مجتمع أو نظام لمعرفة المكونات الأساسية التي يتشكل منها ونسب هذه المكونات في هذه التركيبة . وبما أن المجتمع الحيوي هو خليط متجانس من عوامل حيوية ممثلة بالأحياء مثل النباتات والأحياء المجهرية والحيوانات وعوامل لا حيوية فيزيائية وجيولوجية وكيميائية وعوامل المناخ ، فإنه بذلك يصبح نظام معقد تتداخل فيه العديد من هذه العوامل وبنسب وتأثيرات مختلفة ، كما سيتم توضيحه في الدراسات اللاحقة من الفصل . وأهم هذه العوامل هي عملية تباين الأنواع وكثافتها وسيادتها والدور الوظيفي الذي تؤديه وينعكس بشكل مباشر على تركيبة واستقرار هذا المجتمع ، ولذا فإن عملية دراسة وتحليل التنوع الحيوي Species diversity تعتبر من أهم أساسيات تحليل بنية المجتمعات الحيوية لأن التنوع يشكل مقياساً مهماً في معرفة مقدار التباين في هذه المجتمعات . وقبل الدخول في تفسير هذا التنوع وكيفية قياسه يجب الإشارة إلى عدة مفاهيم يحتاج إليها الدارس والباحث لتفسير هذه العلاقات أهمها :

1. **وفرة أو غزارة الأحياء Abundance :** وهى تمثل عدد أفراد الأنواع أو النوع المطلوب للدراسة في وحدة المساحة بالسنتيمتر أو المتر المربع أو الكيلومتر المربع ، أو وحدة الحجم حسب نوع النظام البيئي ، ويجب تحديد فترة الدراسة من السنة لأن الوفرة تتغير من فصل لآخر نتيجة لتكاثر أو هجرة أو موت العديد من الأفراد ويمكن حسابها من المعادلة التالية :

$$\text{الوفرة أو الغزارة} = \frac{\text{عدد أفراد النوع المدروس}}{\text{----------}}$$

مجموع أفراد المجتمع الكلي

2. التكرار أو التردد Frequency : ويمثل التكرار النسبة المئوية لأفراد النوع الخاضع للدراسة إلى عدد الأفراد الكلي (أفراد مجموعة هذا النوع) . ويمكن حسابه وفقاً للمعادلة التالية :

$$F = \frac{n \times 100}{P}$$

حيث أن n : عدد أفراد النوع المطلوب للدراسة في العينة . و P : عد الأفراد الكلية للعينة للأنواع المختلفة .

3. تساوي الأنواع Species evenness : ويستخدم مفهوم تساوي الأنواع عندما تكون لدينا عينات تم دراستها لمجاميع مختلفة من مجتمع الأحياء ويحدث أن يكون فيها عدد الأنواع متساوي ، مثلاً الأشجار الكبيرة تتكون من 10 أنواع ووجد أن الشجيرات تتكون من 10 أنواع كذلك .

4. سيادة الأنواع Species dominance : تدعى الأنواع التي تعمل على تحوير أو تعديل شكل المجتمع البيئي وتركيبته السكانية بالأنواع السائدة Dominants وهذا التأثير يأتي من خلال كونها كبيرة الحجم كما في الأشجار الكبيرة التي تمنع الإضاءة بدرجة مميزة أو الحيوانات الكبيرة التي تحتل معظم المساحة كالحوت الأزرق مثلاً أو الفيلة ، أو أنها شديدة الافتراس والإقليمية كالصقور والعقاب من الطيور أو الأسود والنمور من الثدييات لأن وجودها يعمل على تغير في تركيبه وتنظيم المجتمع . ولغرض تحديد هذه السيادة يجب استخدام بعض العلاقات التي تحدد درجة قوتها وأهمها :

عدد أفراد النوع المدروس

1- الكثافة أو الوفرة النسبية للنوع = ــــــــ ----------× 100

مجموع أفراد لأنواع الأخرى في المجتمع

2- السيادة النسبية للنوع المدروس Relative dominance :

المساحة التي يشغلها النوع المدروس

= ــ × 100

مجموع المساحات المشغولة من قبل الأنواع الأخرى

وتستخدم هذه العلاقة في الغالب لدراسة الغطاء النباتي (المجتمع النباتي) لأنه أكثر وضوحاً واستقراراً من المجتمعات الحيوانية ، فعلى سبيل المثال لدينا مرعى أو غابة ونقول أن النوع (A) يشغل 42% من المساحة العامة بينما الأنواع B , C , D , E تشغل 58% من المساحة العامة للنظام البيئي .

3- ثابت النوع Species constance :

يعبر عن ثبات النوع بمقدار النسبة المئوية للعينات التي وجد فيها هذا النوع من مجموع العينات التي شملتها الدراسة ويحسب رياضياً من العلاقة التالية :

$$C = \frac{B \times 100}{P}$$

حيث أن C تمثل ثابت النوع و B : تمثل عدد العينات التي وجد فيها النوع و P : تمثل عدد العينات الكلي المشمولة بالدراسة.

وتوصف الأنواع بأنها ثابتة أو مقيمة أو أساسية في المجتمع إذا كانت قيمة (C) أكبر من 50% وأنها أنواع مساعدة للمجموعة الأولى إذا كانت قيمة (C) تقع بين 25% و 50% ، وتعتبر الأنواع مرافقة للأنواع الأساسية عندما تكون نسبة ثباتها أقل من 25% من مجموع العينات . وبالنظر لاختلاف المجتمعات البيئية البرية و المائية في طبيعة اتصالها مع المجتمعات الأخرى وكونها تحتوي على تجمعات حيوية متميزة منفصلة (مغلقة) أو متداخلة مع المجاميع المجاورة لها فإن الباحث Odum يقترح طريقتين للقيام بإجراء دراسات تحليلية للمجمعات الحيوية هما :

1- الطريقة المنطقية Zonal approach :

وتستخدم هذه الطريقة لدراسة المجتمعات المنفصلة والمتميزة في مجتمعاتها الأحيوية بحيث يمكن تقسيم المساحة إلى مناطق وقطاعات وأخذ عينات ممثلة لعموم المجتمع على أساس أن توزيع الأحياء فيها يكون متجانس ويمكن الاعتماد على مقدار التكرار والكثافة في حساب التنوع **2- طريقة التحليل المتدرج Gradient analysis** :

وتستخدم هذه الطريقة في دراسة المجتمعات المتداخلة والتي يحدث فيما بينها مناطق انحدار أو تدرج بيئي وتداخل بين أفراد أنواعها ، لذلك تدرس مجاميعها السكانية على محور أو مدرج بيئي يراعى فيه تكرار التوزيعات ودرجات التشابه والاتصال بين الأنواع والجماعات ، وقد وجد من خلال الدراسات التي قام بها بعض الباحثين بأنه كلما كان المدرج البيئي أشد انحداراً كانت المجتمعات البيئية أكثر وضوحاً وانفصالاً وبالعكس . مثلاً وجد الباحثون Wattaker *et al* 1967)) بأن التدرج البيئي في منطقة الوادي وحافة القمة في منطقة Great Smoky Mountin Park يمر بخمسة مناطق وأنماط بيئية مختلفة على أساس التلون الخريفي للأشجار Autumn ، هي غابة ظليلة متعددة الألوان وغابة شوكران خضراء داكنة وغابة بلوط حمراء داكنة ومناطق خضراء من بلوط بني محمر ، غابة صنوبر خضراء فاتحة الحافات ، لذلك يمكن اعتبار كل من هذه المناطق الخمسة نموذج لمجتع منفصل يمكن تحليله وفقاً لذلك . ومن الأمثلة التطبيقية لدراسة وفحص تركيب المجتمع ما وجده الباحثون في الطبقة العليا من طبقات التربة عند تحليلهم لمجتمع الغابات ، ومنها دراسة الباحث Daubenmirc 1947 التي تناولت كائنات التربة لهذه الغابة ووجد أنها تنقسم إلى عدة طبقات تسمى كل منها أفق Horizon وتبدأ بالطبقة العليا أو الأفق (A) وهي تمثل التربة السطحية أو قشرة الأرض والتي تمثل بيئة الجذور النباتية والخيوط الفطرية ، كما تتواجد فيها أعداد كبيرة من الفطريات والأولى المجهرية وكمية من الطحالب التي تنمو في الترب الرطبة ، كما يتكون فيها أنواعاً كثيرة من الحيوانات الحفارة مثل الديدان الحلقية والعديد من الحشرات والرخويات وديدان خيطية وزواحف وقوارض وغيرها الكثير . كما تتميز هذه المنطقة باحتوائها على كميات وفيرة من الدبال Humus والذي يمثل المواد العضوية النباتية والحيوانية المتحللة . والجدول(4) يبين توزيع هذه الأنواع المختلفة في ترب الغابات التي تم دراستها من مصادر مختلفة .

جدول(4) تحليل مجتمعات التربة بمناطق الغابات يبين الوفرة النموذجية للأحياء الدقيقة واللافقاريات

نوع الكائن الحي	الوفرة أو الكثافة		مصدر المعلومات
البكـتريا	109	لكل جرام	Tepper 1969
فطـريات	5000.000	لكل جرام	Tepper 1969
أوالي حيوانية	500.000	لكل جرام	Tepper 1969
طحـالب	200.000	لكل جرام	Tepper 1969
ديدان خيطية	200.000	لكل جرام	Clarke 1954
رخـويات	20.000,000	لكل متر مربع	دائرة المعارف البريطانية
عديدة الأرجل	50.000	لكل فدان	دائرة المعارف البريطانية
ديـدان حلقية	1.000,000	لكل فدان	دائرة المعارف البريطانية
مغطيات الأرجل	1.000.000	لكل فدان	Clarke 1954

ولغرض تطبيق دراسة وفرة وانتشار أنواع الكائنات الحية في أية نظام بيئي فقد وضع علماء البيئة دليلاً عاماً يمكن تعميمه في دراسة مختلف المجتمعات الحيوية لمعرفة النسبة المئوية للأنواع في هذه المجتمعات وفقاً للقانون التالي :

$$\text{النسبة المئوية للنوع} = \frac{\text{عدد أفراد النوع المدروس}}{\text{العدد الكلي لكائنات المجتمع}} \times 100$$

وتوصف وفرة الأنواع Species Abundance في هذا المجتمع وفق الجدول التالي :

جدول(5) النسب المؤوية المعتمدة بيئيا في حساب وفرة الأنواع لمجتمع الأحياء .

درجة الوفرة		النسبة المئوية	الرمز
النوع السائد	Dominant	> 95% من المجموع الكلي	D
النوع الوفير	Abundant	51-95%<	A
النوع الشائع	Common	10-50%	C
النوع المتكرر	Frequent	1-10%	F
النوع النادر	Rare	1% - 0.5	R
النوع النادر جداً	Very rare	0.5% <	Vr

ويميل بعض العلماء وخاصة علماء بيئة النبات إلى استخدام مفهوم معامل (السيطرة) أو معامل (الغزارة - السيطرة) ومن الذين وضعوا هذا المفهوم عالم النبات Braun Bianquet حيث وضع خمسة درجات لسيطرة النبات أو معالم غزارته في المجتمع البيئي على أساس مقدار انتشاره في المساحة المخصصة لمجتمع الغابة ، أو المنطقة المدروسة ، فمثلاً يصبح النوع النبات سائدا إذا سيطر على ثلاثة أرباع المساحة المدروسة ، وهكذا توصف الأنواع الأخرى حسب درجة استحواذها وسيطرتها على نصف أو ربع أو أقل من ربع المساحة المدروسة .

INVIRONMENTAL POLLUTION

التلوث البيئي

التلوث البيئي Ecological Pollution

لقد كثرت التحذيرات خلال السنوات الأخيرة من القرن العشرين حول مصير الحياة على الكرة الأرضية، كما وجهت انتقادات كثيرة إلى تدخلات الإنسان في التوازن البيئي الطبيعي. وقد تزايد القلق بسبب استخدام الإنسان للوسائل المؤثرة والناجمة من التطور الهائل للتكنولوجيا والصناعة، الأمر الذي اوجد مستويات غير مألوفة من التدخل لم يسبقها مثيل، مما أصبح يهدد توازن الطبيعة فعلاً.

ونتيجة لتداخل عوامل عديدة في مقدمتها الانفجار السكاني الهائل وما رافقه من أنشطة تنموية وتطور صناعي وزراعي لسد الحاجات المتزايدة لملايين البشر فضلاً عن استنزاف الموارد الطبيعية واستغلال أراضي الغابات والأراضي الزراعية في انشاء المصانع والمعامل واستغلالها كذلك في انشاء المباني السكنية وشق الطرق ومد خطوط المواصلات والاتصالات وغيرها. ولعل من أهم المشكلات التي تواجه إنسان العصر الحالي هي كيفية الحفاظ على التوازن البيئي الطبيعي في بيئته لاجل الحصول على مقومات حياته. وان الإخلال بتوازن البيئة يغير معالمها وعواملها بشكل جذري وقد تكون النتيجة تحولها إلى بيئة غير صالحة لمعيشة الإنسان.

تعريف التلوث البيئي:

هناك عدة اتجاهات في تعريف التلوث، وان اختلاف هذه التعاريف تعتمد اساساً على حالة المتخصص واتجاه دراسته واهتماماته.

فمثلاً يعرف علماء الحياة (البايولوجيين) مفهوم التلوث بأنه يشمل اي تغيير او تأثير في التوازن الطبيعي لاي نظام بيئي مما يغير او يؤثر في مكونات ذلك النظام البيئي.

او اعتبار التلوث هو الحالة التي توجد فيها مادة او مواد غريبة او اي مؤثر في احدى مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال او يحد من استعمالها.

اما المشتغلين في الصحة فيعرفون التلوث بأنه اي تأثير ضار على صحة الإنسان بما يشمل غذاؤه او نشاطه الفسيولوجي.

ويعتبر الجغرافيون ان مشكلة التصحر هي إحدى مشاكل التلوث البيئي ال هامة .

ويمكن تعريف التلوث بمفهومه العام كالأتي:

تعريف

التلوث pollution: هو تعكير أو اضطراب في البيئة يعمل على تغيير صفاتها الطبيعية ويجعلها رديئة الاستغلال والمنفعة وغير مناسبة بشكل أو بأخر للحياة.

ان مخاطر التلوث تصيب المحيط الحيوي من هواء وماء وتربة وبذلك تؤثر في معظم ان لم يكن في كل الأنظمة الطبيعية والاصطناعية.

تعريف

- **كما عرف التلوث بأنه التغير الحاصل في الخواص الفيزيائية والكيمائية والبيولوجية للهواء أو التربة أو الماء ويترتب عليه ضرراً بحياة الإنسان في مجال نشاطه اليومي والصناعي والزراعي مسبباً الضرر والتلف لمصادر البيئة الطبيعية.**
- **ويعرف التلوث البيئي بأنه التغيرات غير المرغوبة التي تحصل في محيطنا أهمها التي تنتج من نشاطات الإنسان ومن خلال التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في تغير شكل الطاقة ومستويات الإشعاع والبيئة الكيمائية والطبيعية للكائن الحي . وهذه التغيرات سوف تؤثر بصورة مباشرة في الإنسان أو من خلال تزويده بالماء والزراعة والمنتجات الحية أو المواد الطبيعية أو الممتلكات أو من خلال المجالات الترفيهية أو الإعجاب بالطبيعة.**

- كما عرف التلوث البيئي بانه كل تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية وغير الحية والذي لا تستطيع الانظمة البيئية استيعابه من دون ان يختل توازنها والتلوث لهذا المعنى متنوع المسببات بيولوجياً أو كيميائياً أو فيزيأوياً مما يسبب في انتشار الملوثات وبنسب مختلفة في الهواء والماء والتربة..
- ويعرف التلوث ايضاً (انه إفساد المكونات البيئية حيث تتحول هذه المكونات من عناصر مفيدة إلى عناصر ضارة (ملوثات) مما يفقدها الكثير من دورها في صنع الحياة) حيث تتحول عناصر أي نظام أيكلوجي إلى ملوثات اذا ما فقدت كثير من صفاتها أو كمياتها (بالزيادة والنقصان) التي خلقت لها بحيث تصبح في صورتها الجديدة عنصراً ملوثاً للبيئة..
- وبذلك فقد اتفق العلماء على تعريف تلوث البيئة بأنه :- (يشمل الإخلال بالتوازن الطبيعي لمكونات البيئة الذي يؤثر في حياة الكائنات الحية).

المصادر الرئيسية للتلوث البيئي:

هناك مصدران رئيسيان للتلوث البيئي هما:

١. مصادر طبيعية أو التلوث الطبيعي.

٢. مصادر من أنشطة الإنسان أو التلوث الصناعي والبشري.

أولاً: التلوث الطبيعي Natural pollution

يقصد بالتلوث الطبيعي ان ليس للإنسان أي دخل فيه . إذ ان الطبيعة عرضة إلى التغير المستمر بسبب عدة عوامل كالرياح والامطار والسيول وحرائق الغابات وثورات البراكين والزلازل والمد والجزر في البحار وما تفرزه من ملوثات اهمها ما يأتي:

١. **الدقائقيات في الهواء:**

٢. **المواد العالقة:**

٣. **حالات التعرية Nudation:**

٤. زيادة تركيز الاملاح في المياه والتربة.

٥. الغازات السامة المنبعثة من البراكين أو العيون المعدنية .

ثانياً: مصادر التلوث الناتجة من انشطة الإنسان:

١. **المخلفات المنزلية:** وتشمل المخلفات الناجمة عن النشاطات المنزلية لمخلفات الوقود المنزلي كالفحم والكيروسين والغاز والمنظفات المنزلية.

٢. **المخلفات الصناعية:** من الصناعات التي تكون مصدراً للملوثات هي الصناعات الكيمياوية مثل صناعة الأسمدة والورق والنفط والمطاط والاسمنت واستخراج المعادن من خاماتها وصناعة الحديد والصلب والكبريت والفوسفات والاطارات وغيرها الكثير.

٣. **مخلفات العمليات الزراعية:** للعمليات الزراعية مخلفات كثيرة تشمل بقايا المحاصيل والمخلفات الحيوانية والاسمدة الكيمياوية والمبيدات الكيمياوية.

٤. **مخلفات وسائط النقل المختلفة:** تطرح عوادم السيارات بالإضافة إلى الرصاص ملوثات أخرى كأول اوكسيد الكربون واكاسيد النتروجين والهايدروكاربونات.

٥. **المواد المشعة:** ان الاشعاء الصادر من المواد المشعة الناتجة من المفاعلات النووية وتجارب الانفجارات النووية يؤدي إلى تلوث البيئة.

٦. **الضوضاء:** يؤثر الضوضاء بشكل خاص على الإنسان الذي يعيش في وسط اصوات عديدة حيث وجد ان تأثير الضوضاء على الإنسان واضح في جعله سريع الغضب وقليل القدرة على التركيز الفكري وكثيراً ما ينجم عن ذلك الاصابة بالقرحة وقد يؤدي الضوضاء الشديد إلى الصمم.

- يمكن تقسيم الملوثات كما يلي:
- **الملوثات بحسب مصدرها**
  - **الملوثات الطبيعية** :- وهي التي تنتج من مكونات البيئة ذاتها دون تدخل الإنسان وتشمل الغازات الناتجة من البراكين كثاني أوكسيد الكبريت ، الاملاح في المياه ، دقائق الغبار في الهواء أو قد تكون ظواهر طبيعية كالحرارة والاشعاع.
  - **الملوثات التكنولوجية والصناعية**:- وهي التي تتكون نتيجة لما استحدثه الإنسان في البيئة من تقنيات وما ابتكره من اكتشافات كذلك الناتجة عن الصناعات المختلفة والتفجيرات النووية ووسائل المواصلات.
  - **ملوثات بشريه وفضلات حيوانيه** :- وتشمل ما يطرحه الإنسان من فضلات نتيجة نشاطاته اليومية كالملوثات الناتجة عن المدن والمجمعات السكنية التي تشمل مياه المجاري بما تحويه من المواد العضوية بدرجة رئيسية وكذلك تشمل الفضلات الحيوانية ، والجدير بالذكر ان هذه الملوثات بطبيعتها تزداد بازدياد عدد السكان بارتفاع مقدار ومعدل حاجاتهم المعيشية(.

تقسم الملوثات بحسب طبيعتها

- **الملوثات ذات الطبيعة الفيزيائية**:- وهي ظواهر فيزيأوية مادية وتشمل الاشعاع (وهو اشد خطراً على البيئة والإحياء) والحرارة والضوضاء والاهتزازات والأمواج الكهرومغناطيسية ، وهذه الملوثات تتداخل مع الخصائص الفيزيأوية لعناصر البيئة أو المادة الحية.

- **الملوثات الطبيعة الكيماوية** :- وهي مجموعة واسعة من الملوثات الأكثر انتشاراً في البيئة ، وتشمل عدداً كبيراً من المواد الطبيعية كالنفط ومشتقاته والزيوت والشحوم والسموم الطبيعية والرصاص والزئبق والغازات المتصاعدة من البراكين وعددا كبيرا من المواد المصنعة كالمبيدات والكيماويات الزراعية والفضلات الصناعية من الأحماض والأملاح والقواعد والحرائق وعوادم السيارات والمصانع وكذلك الجسيمات الدقيقة الناتجة من مصانع الاسمنت والكيماويات السائلة عندما تلقى في التربة أو الماء.

- **الملـــوثات الإحيائية :-** وهي كائنات حية مجهرية في الغالب وتعمل على تغير بعض الصفات أو الخصائص البيئية عند وجودها فيها أو ذات إضرار بصحة الإنسان أو الإحياء الأخرى ، وهي على وفق الأسس العلمية لعلم البيئة فإنها تعد من المكونات الإحيائية الطبيعية ، ومنها ما هو طفيلي يعيش في أمعاء الإنسان أو الحيوانات وقد يسبب حالة مرضية كما هو الحال بالنسبة للطفيليات المعوية أو ليس له تأثير صحي ضار كما في حالة العديد من البكتريا المعوية ، وقد أدت ممارسات الإنسان الخاطئة تجاه البيئة مثل طرح الفضلات البشرية في الأنهار أو رمي الحيوانات الميتة في المصادر المائية إلى خلق مشاكل بيئية وصحية عديدة وبالتالي تحمل هذه الأحياء إلى ملوثات بيئية ولذلك فان تعبير الملوثات الإحيائية يقتصر على المسببات المرضية فقط كالبكتريا والطفيليات والفطريات والفيروسات وغيرها

أنواع التلوث البيئي:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للتلوث البيئي:

١. تلوث الهواء Air pollution.

٢. تلوث المياه Water pollution

٣. تلوث التربة Soil pollution

الغلاف الجوي ومكوناته

- يحيط بالكرة الأرضية غلاف من الغازات المتنوعة يدعى بالغلاف الجوي أو يدور مع الأرض ويتميز بالخصائص التالية :
- - هو مزيج من الغازات، وفي مقدمتها النتروجين (٧٨%) والأكسجين (٢١%) ومجموعة من الغازات النادرة بنسبة (١%) وكمية ضخمة من غاز الفحم أو ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغبار . وإذا كانت نسب هذه الغازات ثابتة تقريباً في الجو القريب من السطح الأرض فانها تختلف في الطبقات العليا : فالأكسجين يخف بعد ٥كلم ارتفاع والأجسام الغريبة كبخار الماء والغبار تختلف في الطبقات العليا كما يكثر الهيدروجين والمليم في نهاية الغلاف الجوي .
- - تختلف كثافة الغلاف الجوي بين المناطق القريبة من سطح الأرض والمناطق الجوية العليا ، فالكيلومترات الخمسة الأولى المحيطة بنا تحتوي على نصف وزن الغلاف الجوي ، وبالتالي فان الكثافة تقل تدريجياً كلما ارتفعنا في الفضاء حيث يتخلخل الهواء ويتحلل إلى أيونات على ارتفع ٨٠كلم تقريباً عن سطح الأرض .
- - يمتص الغلاف الجوي قسماً من الحرارة التي تحتويها أشعة الشمس ويحتفظ بقسم منها ويعكس القسم الآخر . تحتوي الأشعة الشمسية ، كما هو معروف ، على طاقة حرارية وأخرى ضوئية وثالثة كيميائية تسهم في عمليات كثيرة تتم على سطح الأرض أو لها التمثيل تنعكس نسبة ٤٠% من أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض وتصطدم بالغلاف الجوي ، وينتشر ١٧% منها في الجو ويصل ٤٣% إلى سطح الأرض ، الذي يعكس بدوره ١٠% منها وتمتص الباقي سطوح الأرض من يابسة ومسطحات مائية وهي بدورها نعكس جزاً منه عند غروب الشمس .
- - تختلف كمية الحرارة في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض بين خط الاستواء والقطبين ، والسبب في ذلك يعود إلى درجة انحناء أشعة الشمس لدى وصولها إلى سطح الارض ، ثم أن الأشعة تقطع مسافة أكبر في الغلاف الجوي نحو المناطق القطبية ، من تلك التي تقطعها في غلاف المناطق الاستوائية .

طبقات الغلاف الجوي طبقا للتوزيع الرأسي لدرجات الحرارة

- تصل الطاقة الشمسية إلى سطح الغلاف الغازي للأرض بعد أن تقطع المسافة بين الشمس والأرض، التي تبلغ في المتوسط (١٥٠ مليون كيلومتر)، بسرعة تصل إلى (٣٠٠ ألف كيلومتر/الثانية) وتستغرق الأشعة قرابة (٨ دقائق)، لتصل إلى الأرض،وتقسم الى
- . تروبوسفير ((Troposphere
- وهي الطبقة السفلية من الغلاف الجوى أي أقرب الطبقات من سطح الأرض وهى مجال السحب والعواصف وحركات الرياح والتباين الجغرافى والموسمى للمناخ، أي إنها الطبقة التي تحدث فيها تغيرات المناخ، وتبلغ سماكتها حوالي (٨كم) عند القطبين وتصل إلى (١٨كم) عند خط الاستواء، وفي هذه الطبقة الضغط والكثافة تتناقص سريعا مع الارتفاع، كما تتناقص درجه الحرارة بمعدل ثابت مقداره حوالي (٦.٥ درجه مئوية لكل١كم) أي أنها تصبح حوالي (٢٠ درجة مئوية تحت الصفر) على ارتفاع (٥.٥ كم) وينخفض الضغط الجوي إلى (٥٠٠ ملي بار) ويتوالي انخفاض درجة الحرارة لتصل إلى (٥٧ درجة مئوية تحت الصفر) عند ارتفاع (١١كم)، هذا النطاق من الغلاف الجوي، الممتد من سطح الأرض إلى حيث تتوقف درجة الحرارة عن الانخفاض، يطلق عليه التروبوسفير ((Troposphere، جاءت هذه التسمية من الكلمة اليونانية تروبين ((Tropein، وتعني التغير، وكلمة سفير ((Sphereغلاف أي أن التروبوسفير، تعني، الغلاف المتغير.

تروبوبوز Tropopause

- وتسمى الطبقة الهادئة، وهي تقع فوق طبقة (التروبوسفير) وتفصلها عن الطبقة التالية (الستراتوسفير) وفيها تتوقف درجه الحرارة عن الانخفاض مع الارتفاع، أي أن درجه الحرارة فيها ثابتة مع الارتفاع وتبلغ سماكة (التروبوبوز) حوالي (١٠ كم) عن سطح الأرض ويسود فيها تياران من الهواء يطلق عليهما (التياران النفاثان) لأنهما المفضلان في رحلات الطائرات وهما يدوران عكس اتجاه دوران الأرض أي (من الشرق إلى الغرب) الجزء المنخفض منهما يقع على ارتفاع (٨كم) من سطح البحر عند خط الاستواء وسرعته (١٦٠كم/ساعة) بينما يقع الجز العلوي على ارتفاع (١٢كم) ويدور بسرعة (٨٠٠كم/ساعة) ويلاحظ أن الأتربة الناتجة عن انفجار البراكين على سطح الأرض تعلق في هذه الطبقة ويحملها التياران النفاثان لسنوات طويلة قبل أن تتساقط كذرات رماد إلى سطح الأرض.

ستراتوسفير Stratosphere

- يسميها العلماء (المنطقة المتوسطة) وهي طبقة جافة وأقل كثافة لشدة التفاعلات التي تحدث بها وتحتوي مع طبقة التروبوسفير على نسبة (٩٩%) من الهواء وهي تنقسم إلى قسمين:
- الطبقة السفلى (السلفيتوسفير): أي الطبقة الغازية الكبريتية التي تحتوي على جزيئات عالية من الكبريت بارتفاع حوالي (١٣كم).
- الطبقة العليا (الأوزونوسفير): تحتوي على غاز الأوزون الذي ينتج باتحاد ثلاث ذرات من الأكسجين بالتفاعل مع الأشعة التي تنبعث من الشمس والتي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية، وأشعة جاما والأشعة السينية وتعمل طبقة الأوزون كمرشح يمنع وصول الأشعة الضارة والفتاكة إلى سطح الأرض والتي تسبب الأمراض القاتلة.
- تعمل طبقة الأوزون على منع تسرب الاشعه فوق البنفسجيه إلى سطح الأرض، فتمتص (٩٩%) من الأشعة فوق البنفسجية ويتبدد الباقي في الطبقات العليا ولا تسمح إلا بمرور كمية مناسبة من الأشعة فوق البنفسجية لتوفير ظروف صحية للكائنات على سطح الأرض، وتختلف نسبة الأوزون من وقت لآخر على مدار السنة، ويعتبر الأوزون الدرع الواقي الذي يمنع وصول الإشعاعات فوق البنفسجية، ولو نقص الأوزون لتعرضت الحياة للخطر ولتأثرت حرارة طبقة التريوسفير وأحدثت تغيرات مناخية.

استراتوبوز Stratopause

- ويحتوي هذا الجزء على معظم غاز الأوزون الموجود في الغلاف الجوي، إذ يعمل الأوزون على تسخين الهواء هناك بسبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية.طبقة دقيقة تمتاز كسابقتها بانقلاب في اتجاه تغير درجة الحرارة، وتكون منطقة انتقال بين الطبقة الثانية والثالثة.

ميزوسفير Mesosphere

- وتسمى الطبقة الغازية وتمتد هذه الطبقة من ستراتوبوز حتى خط الميزوبوز والذي يقع علي ارتفاع (٨٠ _ ٨٥ كم) من سطح الأرض وتتميز هذه الطبقة بما يلي:
- درجه الحرارة في الميزوسفير تقل مع الارتفاع وعند أعلى الميزوسفير تكون البرودة أقصى ما يمكن حوالي (٩٠ درجه مئوية تحت الصفر) وهي أقل درجة حرارة للغلاف الجوي في كافة الطبقات.
- ظهور (الومضات المضيئة) وتتحكم في الشهب والنيازك التي ترد من الفضاء الخارجي حيث تحترق (تتلاشي) فيها معظم الشهب الهاوية إلي الأرض.
- . ميزوبوز Mesopause
- طبقة دقيقة كسابقاتها ينعكس فيها تغير درجة الحرارة، و تشكل فاصلا بين الطبقة الثالثة والرابعة.

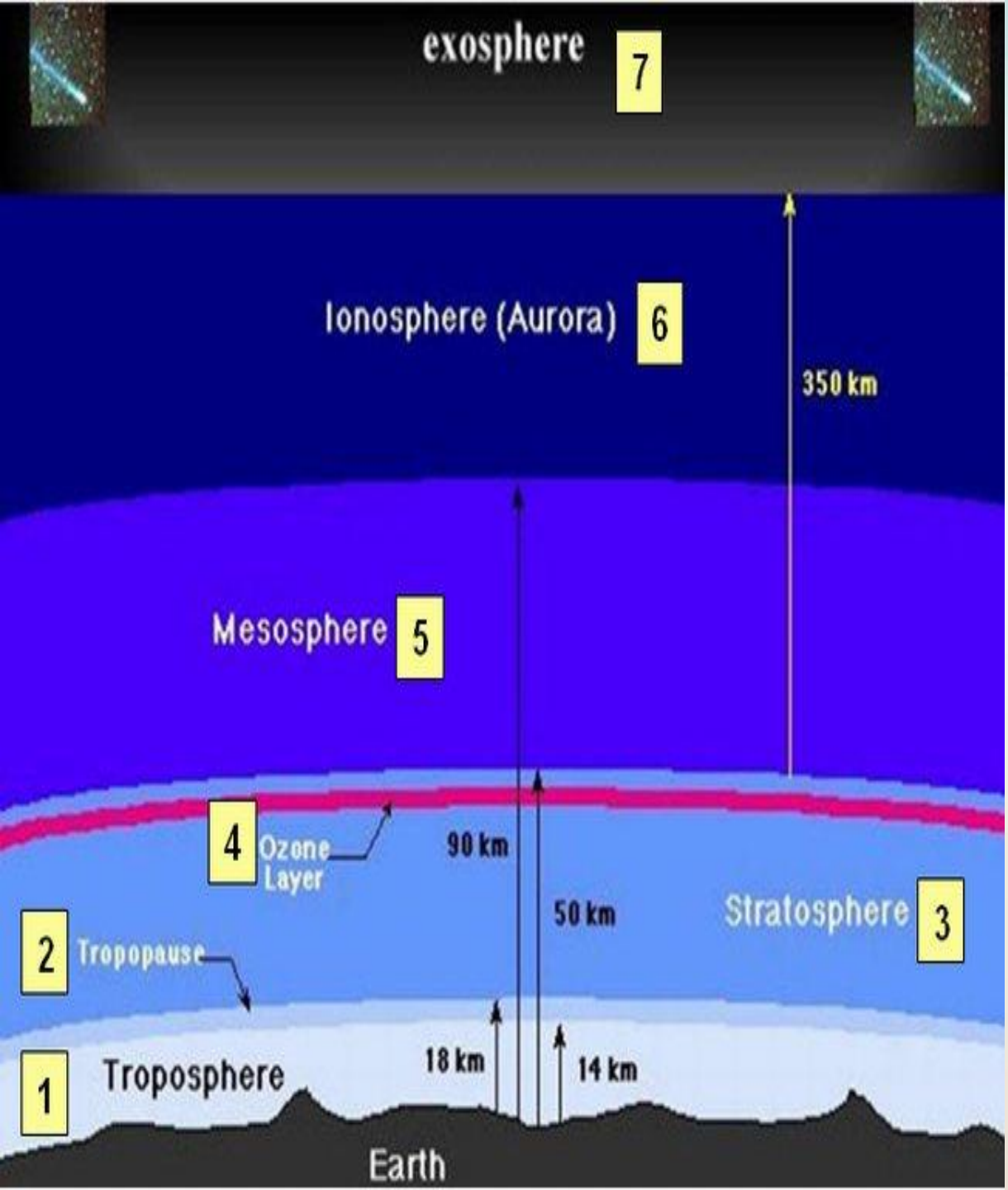
ثيرموسفير Thermosphere

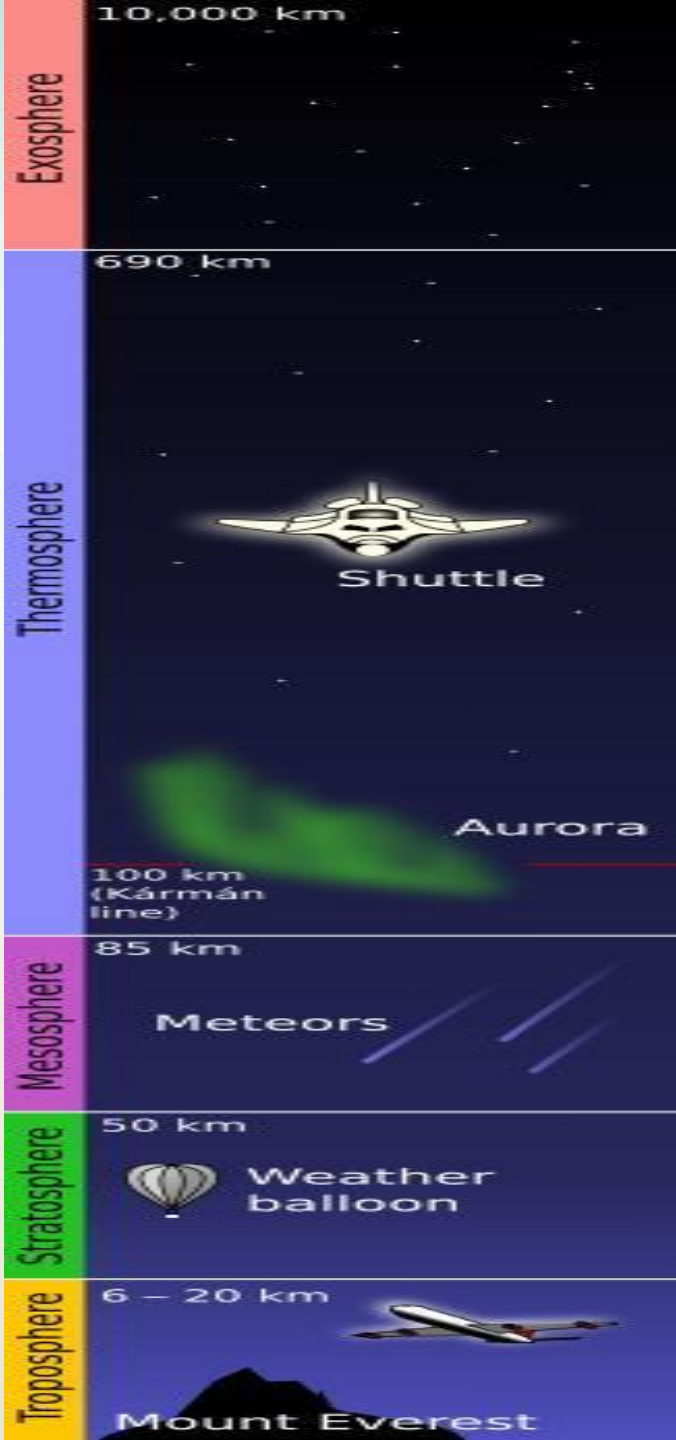
- وهى الطبقة الممتدة من الميوبوز حتى الثرموبوز أي بين ارتفاعي (٨٠ – ٨٠٠ كم) وهي طبقه ساخنة فوق الميزوسفير وتحدث فيها تبدل حاد في درجات الحرارة بين الليل والنهار، وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة الحرارة بدرجة كبيرة نظرا لوجود الأكسجين الذي له القدرة أيضا على امتصاص حزم أخرى من الأشعة فوق البنفسجية (من ٠.١٧ – ٠.٣٠ ميكرون) ويتحول جزء من هذه الأشعة عند امتصاصها إلى طاقة كيمائية تحلل الأكسجين الذرى إلى جسيماته الكهربية اللازمة لإتمام عمليات التأين التي تتم في هذه الطبقة وذلك تحت ضغوط منخفضة جدا، كما يتحول البعض الآخر إلى طاقة حرارية هي ألزم ما يكون لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحراري فيها، وهذه الطبقة تتميز بخفة غازاتها حيث يسود فيها غازي الهيدروجين والهليوم وتطلق الغازات بهذه الطبقة الكترونات بفعل الموجات القصيرة من أشعة الشمس مما يسبب تحول ذرات الغازات إلى أيونات والتي يمكن لذلك تسميتها بطبقة الجو المؤين Ionosphere والتي تتميز بشحناتها الكهربية مما يجعلها وسطا موصلا للكهربية.

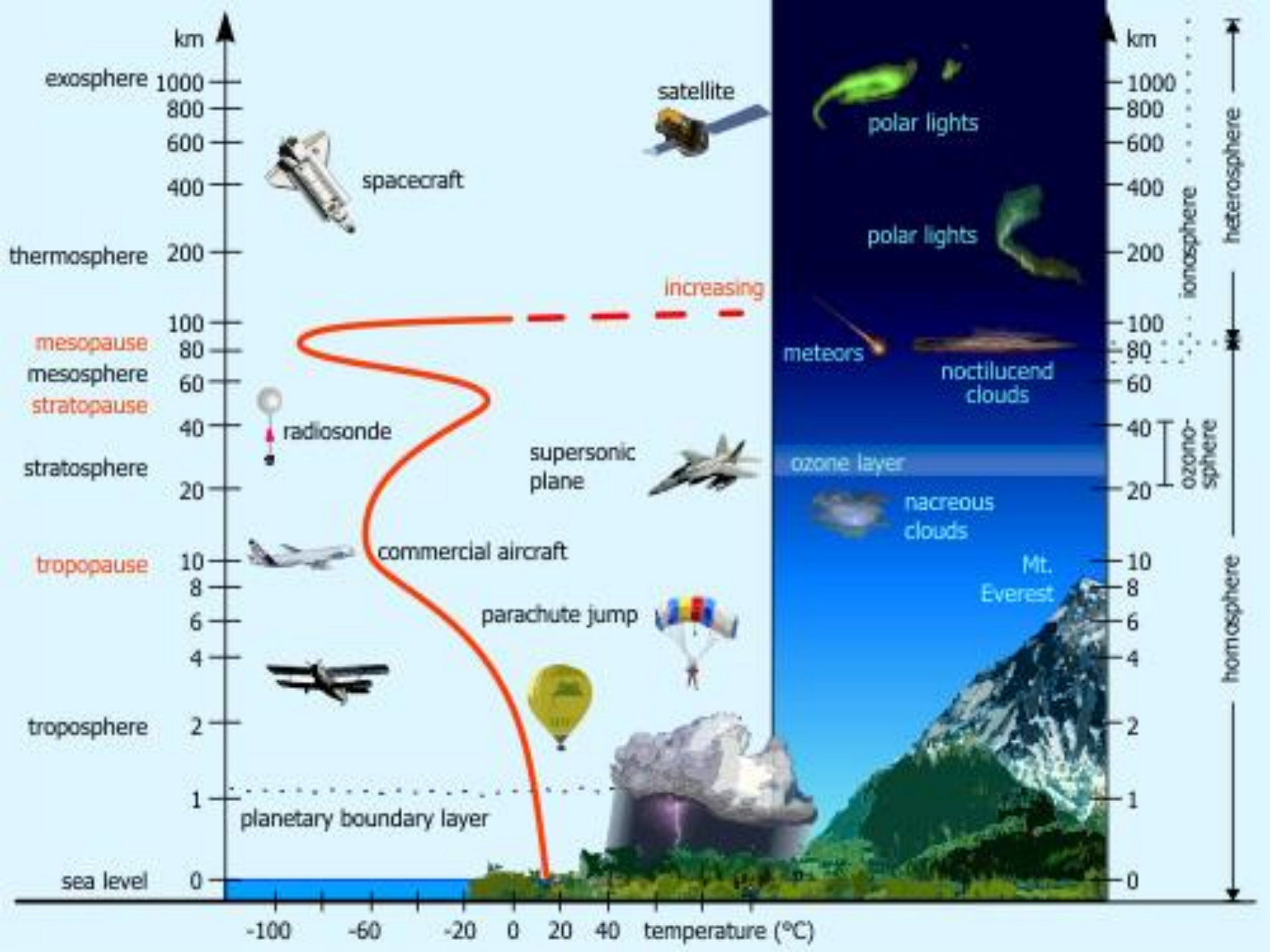
- . ثيرموبوز Thermopause
- طبقة دقيقة كسابقاتها ينعكس فيها تغير درجة الحرارة، و تشكل فاصلا بين الطبقة الثالثة والرابعة.

إكزوسفير Exosphere

- تمتد هذة الطبقة من الثرموبوز حتى تتلاشى في الفضاء الكوني، أي تمتد بين ارتفاعي ٨٠٠ إلى أكثر من ١٠٠٠ كم نحو الفضاء الكوني الذي بين الكواكب والشمس والنجوم بعضها البعض ... وهنا توجد الذرات والايونات ، وليس بينها أي تجاذب .
- ولذا لا ينتشر الصوت العادي لان المسافات بين مكونات الهواء تكون مساوية تقريبا لأطوال الموجات الصوتية أو حتى اكبر منها وإذا تيسر للإنسان أن يجاوز هذه الطبقة إلى الفضاء الكوني فإنه يرى الكون مظلما حوله حيث لا يتشتت ضوء الشمس ولا يضئ سوى الجزء الذي تسقط عليه الأشعة فقط.


exosphere
7
Ionosphere (Aurora)
6
350 km
Mesosphere
5
4
Ozone Layer
90 km
50 km
Stratosphere
3
2
Tropopause
1
Troposphere
18 km
14 km
Earth


Exosphere
10,000 km
Thermosphere
690 km
Shuttle
Aurora
100 km
(Kármán
line)
Mesosphere
85 km
Meteors
Stratosphere
50 km
Weather
balloon
Troposphere
6 – 20 km
Mount Everest


km
exosphere
1000
800
600
400
thermosphere
200
mesopause
100
80
mesosphere
60
stratopause
40
stratosphere
20
tropopause
10
8
6
4
troposphere
2
1
sea level
0
satellite
spacecraft
radiosonde
supersonic plane
commercial aircraft
parachute jump
planetary boundary layer
increasing
polar lights
polar lights
meteors
noctilucend clouds
ozone layer
nacreous clouds
Mt. Everest
ionosphere
ozono-sphere
heterosphere
homosphere
-100
-60
-20
0
20
40
temperature (°C)

الهواء

- الهواء هو ذلك الجزء من الغلاف الجوي الأقرب إلى سطح الأرض والذي عندما يكون جافاً وغير ملوث فانه يتكون من عدة غازات أهمها غاز النتروجين الذي يؤلف 78.09% منه وغاز الأوكسجين الذي يؤلف ما نسبته 20.94% والاركون بنسبة 0.93% وثاني أوكسيد الكاربون بنسبة قليلة جدا لا تزيد في الهواء النقي على 0.032% وهذه الغازات الأربعة تكون في مجموعها 99.99% من حجم الهواء. إضافة إلى غازات أخرى كالنيون والهليوم وغيرها. فالهواء يمكن عده ملوثاً عند اختلال التركيب أو التركيز لواحد أو أكثر من المكونات الطبيعة الغازية للهواء الطبيعي سواء كان هذا التغير أو التركيز لواحد أو أكثر من المكونات الطبيعية الغازية للهواء الطبيعي سواء كان هذا التغير بالزيادة أو النقصان ، أو ظهور غازات أو أبخرة أو جسيمات عالقة عضوية وغير عضوية ، أو غيرها تشكل إضرارا على عناصر البيئة وتحدث خللاً في نظامها الايكلوجي0. وقد عرف خبراء منظمة الصحة العالمية تلوث الهواء بأنه الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتوياً على مواد بتركيزات تعد ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئته. وعرف تلوث الهواء من الجمعية الاجتماعية الطبية الأمريكية للصحة الصناعية (بأنه وجود شوائب أو ملوثات في الهواء وقعت فيه سواء بفعل الطبيعة أو الإنسان ، وبكميات ولمدد تكفي لإخلال راحة الكثير من المعرضين لهذا الهواء أو للأضرار بالصحة العامة أو بحياة الإنسان والحيوان والنبات والممتلكات أو تكفي مع الاستمتاع المناسب المريح بالحياة أو الممتلكات في المدن والمناطق التي تتأثر بهذا الهواء

مكونات الهواء الجاف غير الملوث والنسب الحجمية (التراكيز)

الغاز	الرمز الكيميائي	التراكيز %	الغاز	الرمز الكيميائي	التراكيز ppm
النتروجين	N_2	78.09	الكربتون	KR	1 ج.م
الأوكسجين	O_2	20.94	الهيدروجين	H_2	0.5 ج.م
الاركون	Ar	0.93	أول أوكسيد النتروجين	N_2O	0.25 ج.م
ثاني أوكسيد الكاربون	CO_2	0.032	أول أوكسيد الكاربون	CO	0.1 ج.م
النيون	Ne	18 ج.م	الأوزون	O_3	0.02 ج.م
الهليوم	He	5.2 ج.م	ثاني أوكسيد الكبريت	SO_2	0.001 ج.م
الميثان	CH_4	1.3 ج.م	ثاني أوكسيد النتروجين	NO_2	0.0001 ج.م

ج.م : جزء بالمليون

مصادر تلوث الهواء

- أول أو ثاني أوكسيد الكربون.
- مركبات الكبريت.
- مركبات النتروجين.
- الهيدروكاربونات.
- دقائق الغبار وحبوب اللقاح والشوائب الاخرى.
- تلوث الهواء مشكلة كبيرة لان جزء كبير من امراض الجهاز التنفسي ترتبط بتلوث الهواء وتنوع مصادر تلوث الهواء لان غالبيتها ناتج عن مصادر صناعية كصناعة النفط وانتاج الطاقة الكهربائية والصناعات الانشائية فضلاً عن انتشار الاليات والسيارات

تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

- ثاني أكسيد الكربون أحد الغازات المكونة للهواء ، كما يشترك في دورة الكربون في المحيط الحيوي Biosphere ، ونسبته في الهواء منخفضة (حوالي ٠.٠٣%) بحيث لا يشكل خطر من وجهة نظر التلوث ، ويتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء ، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول .
- احتراق الفحم $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- احتراق الغاز الطبيعي $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H$

- ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قد ارتفعت قليلاً في السنوات الأخيرة عن نسبته التي سبق قياسها في بداية هذا القرن ، ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية ، ومحطات الوقود ومحركات النقل في وسائل المواصلات .
- ومن المعروف أن كل جرام من المادة العضوية المحتوية على الكربون تعطي عند احتراقها من ١.٥ – ٣ جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون . . . وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحترق في الهواء كل عام فنكون قد أضفنا إلى الهواء كل عام نحو ٢٠ مليار طن من غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهي تمثل نحو ٠.٧% من كمية هذا الغاز الموجود طبيعياً في الهواء .
- كما أن إزالة الغابات في بعض الأماكن (مثل البرازيل) تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء ، وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حمضاً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك ، ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض ، كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكوناً مركبات بسيطة مثل بيكربونات وكربونات الكالسيوم وغيرهما .

- ويعتقد كثير من الباحثين أن هذه الزيادة ستنعكس في تغير مناخ الكرة الأرضية . . ويعود هذا التغير إلى أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون تتميز بقدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared (الأشعة الحرارية) ، ونظراً لازدياد تركيز هذا الغاز في الغلاف الجوي سوف تزداد الحرارة الممتصة وبالتالي سترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي .
-
- ونظراً لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ، ومقدار ما ينعكس منها ويتشتت في الفضاء ، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها ، وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي.
-
- وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً بسيطاً إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر . . ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المطردة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة بشكل ملحوظ .

- إن آثار ارتفاع درجة الحرارة لن تكون متساوية ، فمثلاً قد ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة عند خط الاستواء و ١٢ درجة مئوية في القطبين ، ومن ثم ستكون هنا كفروق إقليمية كبيرة في كيفية تأثر الناس بها والنظم البيئية بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر .

وبالرغم من صعوبة التنبؤ الدقيق بآثار ارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة محدودة ، يمكننا أن

- نتوقع أن ما يلي سوف يحدث في مكان ما :
- ١- أن ارتفاع درجة الحرارة للجو سيؤدي إلى :
- (أ) انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض ، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى (ب) ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات وإلى (ج) غمر مساحات كبيرة من السهول الساحلية التي تعتبر من أفضل الأراضي الزراعية في العالم ، (د) وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت حيث تجتاح الفيضانات بعض المدن ، كما قد تختفي بعض الجزر ، وفي بعض الأحيان الدول الجزرية وإلى الأبد ، كما ستهدد المنشآت الساحلية مثل الجسور وحواجز المياه والمرافق المرفئية وستتكلف حمايتها نفقات باهظة ،(هـ) كما سيزداد تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة إلى الخزانات الجوفية وتلوثها . (ى) وتفقد الأراضي الزراعية صلاحيتها للزراعة نتيجة لزيادة الملوحة .

- ٢ـكما أن توزيع سقوط الأمطار سوف يختل فتعاني بعض المناطق من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول . . وكنتيجة لذلك يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية وتحدث المجاعات .
- ٣ـ كما أن الثروة السمكية ستتأثر لغمر الشواطئ . . بل أن النظام البحري سوف يختل بوجه عام مما يهدد بفقدان مصدر من مصادر الطعام .
- ٤ـ وستصبح الزراعة في المناطق الجافة (ونحن منها) أكثر صعوبة . وستتضاءل موارد المياه وستزيد درجة الحرارة المرتفعة من الطلبات على مياه الري .
- ٥ـ ستسبب درجة الحرارة السريعة في القضاء على كثير من الغابات ، كم ستجد بعض الأنواع أنها في بيئة غير بيئتها حيث لا يتوافر الوقت الكافي للتكيف ، وهذا سيؤدي إلى اضطراب النظم التبيئية وربما إلي الأبد . إذ أن الكائنات الحية يمكن أن تتكيف إلى تغير قدره أو درجة مئوية خلال العقد الواحد .
- ٦ـ وقد تنمو الغابات في مناطق الآسكا وشمال سيبيريا ويصبح رعى الماشية ممكناً ومتاحاً في أصقاع التندرة الأوراسيه والأمريكية

- ويذكر الخبراء أن الدراسات الحديثة أثبتت أن هذا الانخفاض الحاد في درجات الحرارة الذي تعانيه بعض المناطق على سطح الكرة الارضيه والارتفاع الحاد الذي تعانيه مناطق اخرى(من بداية عام ١٩٩٢) هو نتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض الناتج عن زيادة الملوثات الجوية وعبث الإنسان بالبيئة ، حيث ازدادت كمية ثاني أكسيد الكربون – وغازات الاحتباس الحراري الأخرى مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروز وأول أكسيد الكربون والكلورفلوروكربون وغيرها من الغازات من الأسباب التي أدت إلى احتفاظ الغلاف الجوي بحرارة تعادل الحرارة الناتجة عن تفجير ٥٠ ألف قنبلة نووية على الأقل .
- وهذه الحرارة الرهيبة هي التي تحدث حالة (الحمى الجوية) وتؤثر في الظروف الجوية في ثلاث اتجاهات .. فهي ذات تأثير يمتد عدة ساعات ، وتأثير آخر قد يمتد إلى عدة أيام ، وتأثير ثالث مستمر مادامت الحرارة محتبسة ... وهناك تأثير آخر يسببه أيضاً اختزان الحرارة في الغلاف الجوي ويؤثر على تحريك الكتل الهوائية .

مصادر تلوث الهواء

هناك مصدرين لتلوث الهواء

- مصادر طبيعية

- مصادر غير طبيعية

مصادر طبيعية

١٠- غازات ثاني أكسيد الكبريت ، فلوريد الإيدروجين ، وكلوريد الإيدروجين ، المتصاعدة من البراكين المضطربة .

٢٠- أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.

٣٠- كبريتيد الهيدروجين الناتج من انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكترية الكبريتية.

٤٠- غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.

مصادر طبيعية

- ٥- تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.
- ٦- الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجيهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من التربات العارية.
- ٧- حبيبات لقاح النباتات .
- ٨- الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية .
- ٩- المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.

المصادر غير الطبيعية :

١٠- استخدام الوقود في الصناعة.

٢٠- وسائل النقل البرى والبحري والجوى.

٣٠- النشاط الإشعاعي.

أثار تلوث الهواء:

- تختلف تلوث الهواء من مكان لأخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية فمثلاً تتفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة غالباً ما تكون في فصل الصيف لتنتج مواد كيميائية سامة مثل رباعي الأستيل بيروكسين وغاز الأوزون. وتؤدي هذه مع بعض المكونات الأخرى إلى ما يعرف بالضباب الدخاني (غالباً ما يكون لونه مائل للبني) ويحدث الضباب الدخاني في المدن المزدحمة بالسيارات مثل لوس انجلوس ونيويورك ولندن ونيو مكسيكو وغيرها من اشهر هذه الفترات تلك التي حدثت في لندن عام ١٩٥٢ وراح ضحيتها ٤٠٠٠ شخص.
- وفي الدول النامية تعتبر مدينة سيووُل ، القاهرة ، وبانكوك وبومباي وكراتشي وجاكرتا ومانيلا و من أكثر المناطق الحضرية تلوثاً في العالم طبقاً لمسح حالة الهواء قبل عام ١٩٩٠

أضرار تلوث الهواء على الإنسان:-

- (١) غاز أول أكسيد الكربون : Carbon monoxide CO

• هو غاز ليس له لون ولا رائحة ومصدرة عملية الاحتراق الغير كامل للوقود. ويصدر من عوادم السيارات ومن أحترق الفحم أو الحطب في المدافئ . وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان و الحيوان.يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كربوكسي هيموجلوبين وبذلك يمنع الأكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. وتعتمد سمية أول اوكسيد الكربون علي تركيزه في الهواء المستنشق فتركيز 0,01% من أول أكسيد الكربون يعادل 20% من كربوكسى هيموجلوبين ويؤدي إلى :

• ١- شعور بالتعب

• ٢- صعوبة التنفس dyspnoea .

• ٣- طنين في الأذن Noises in the ears

• ٤- في حين تركيز 0.1% من أول أكسيد الكربون يعادل 50% من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :

١- ضعف في القوة ، ارتخاء في عضلات الجسم وبذلك لا يستطيع المصاب المشي خارج المكان .

٢- ضعف في السمع Impaired hearing

٣- نقص في الروية Dimness of vision

٤- غثيان وقيء .

٥- انخفاض ضغط الدم .

٦- انخفاض في الحرارة .

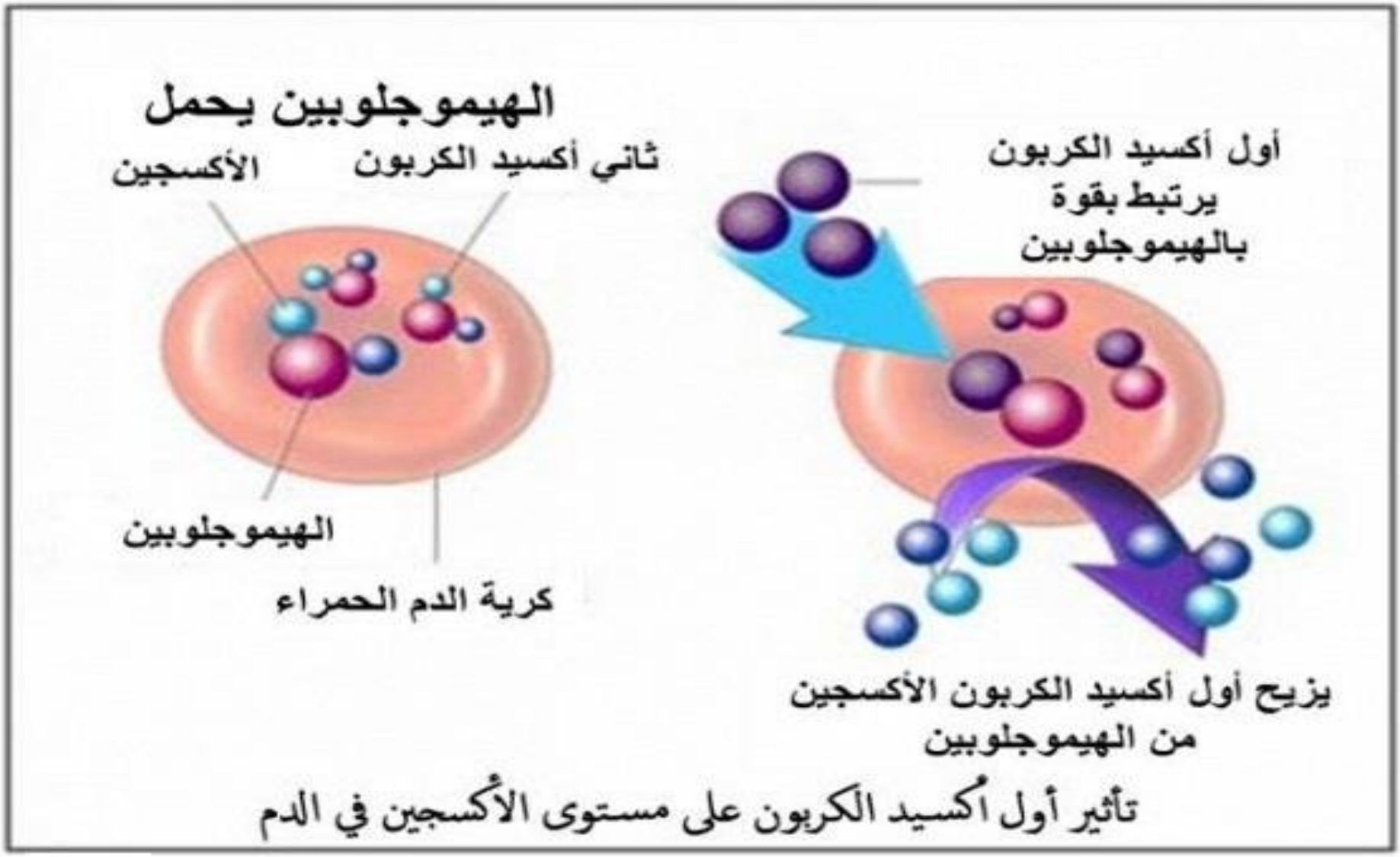
٧- ازدياد النبض مع ضعف في إحساسه Rapid, weak pulse

٨- أخيراً الإغماء والوفاة خلال ساعتين .

إذن النتيجة النهائية الوفاة لمن يتسمم بهذا الغاز ولذلك تتضح خطورته.

تأثير أول أكسيد الكربون على الدم

- فإن أول أكسيد الكربون يقلل من كمية الأوكسجين المحمولة للأنسجة،كما أنه يمنع انتقال الأوكسجين المتبقي في الهيموجلوبين إلى الأنسجة التي تحتاج إليه،وينتج عما سبق
- نقص حاد في مستوى الأكسجين في الأنسجة ويسبب أعراض التسمم، وأول أكسيد الكربون له قابلية أعلى من الأكسجين للارتباط بالهيموجلوبين ب٢٠٠ مرة، مما يسرّع من عملية الإزاحة والارتباط بالهيموجلوبين والتسمم.
- ولحسن الحظ أن عملية التسمم بطيئة إلى حد ما وتحتاج من ٨ إلى١٢ ساعة من التعرض للغاز حتى يتشبع الدم به. ولكن الأعراض قد تظهر قبل تشبع الدم، كما أن الوفاة قد تحدث قبل تشبع الدم كذلك.



تأثير أول أكسيد الكربون على مستوى الأكسجين في الدم

تلوث الهواء بثانى أكسيد الكربون

• ثاني أكسيد الكربون أحد الغازات المكونة للهواء ، كما يشترك في دورة الكربون في المحيط الحيوي Biosphere ، ونسبته في الهواء منخفضة (حوالي ٠.٠٣%) بحيث لا يشكل خطر من وجهة نظر التلوث ، ويتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء ، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول

• احتراق الفحم $C + O2 \rightarrow CO2$

• احتراق الغاز الطبيعي $CH4 + O2 \rightarrow CO2 + 2H$

تلوث الهواء بثانى أكسيد الكربون

- ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قد ارتفعت قليلاً في السنوات الأخيرة عن نسبته التي سبق قياسها في بداية هذا القرن ، ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية ، ومحطات الوقود ومحركات النقل في وسائل المواصلات .
- ومن المعروف أن كل جرام من المادة العضوية المحتوية على الكربون تعطي عند احتراقها من ١.٥ – ٣ جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون . . . وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحترق في الهواء كل عام فنكون قد أضفنا إلى الهواء كل عام نحو ٢٠ مليار طن من غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهي تمثل نحو ٠.٧% من كمية هذا الغاز الموجود طبيعياً في الهواء .
- كما أن إزالة الغابات في بعض الأماكن (مثل البرازيل) تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء ، وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حمضاً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك ، ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض ، كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكوناً مركبات بسيطة مثل بيكربونات وكربونات الكالسيوم وغيرهما .
- ويعتقد كثير من الباحثين أن هذه الزيادة ستنعكس في تغير مناخ الكرة الأرضية . . ويعود هذا التغير إلى أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون تتميز بقدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared (الأشعة الحرارية) ، ونظراً لازدياد تركيز هذا الغاز في الغلاف الجوي سوف تزداد الحرارة الممتصة وبالتالي سترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي .ونظراً لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ، ومقدار ما ينعكس منها ويتشتت في الفضاء ، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها ، وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي

تلوث الهواء بثانى أكسيد الكربون

- وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً بسيطاً إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر . . ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المطردة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة بشكل ملحوظ .
- إن آثار ارتفاع درجة الحرارة لن تكون متساوية ، فمثلاً قد ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة عند خط الاستواء و ١٢ درجة مئوية في القطبين ، ومن ثم ستكون هنا كفروق إقليمية كبيرة في كيفية تأثر الناس بها والنظم البيئية بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر . وبالرغم من صعوبة التنبؤ الدقيق بآثار ارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة محدودة ، يمكننا أن نتوقع أن ما يلي سوف يحدث في مكان ما :

ارتفاع درجة الحرارة للجو سيؤدي إلى

- (أ) انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض ، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى
- (ب) ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات
- (ج) غمر مساحات كبيرة من السهول الساحلية التي تعتبر من أفضل الأراضي الزراعية في العالم ،
- (د) وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت حيث تجتاح الفيضانات بعض المدن ، كما قد تختفي بعض الجزر ، وفي بعض الأحيان الدول الجزرية وإلى الأبد ، كما ستهدد المنشآت الساحلية مثل الجسور وحواجز المياه والمرافق المرفئية وستتكلف حمايتها نفقات باهظة ،
- (هـ) كما سيزداد تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة إلى الخزانات الجوفية وتلوثها .
- (ى) وتفقد الأراضي الزراعية صلاحيتها للزراعة نتيجة لزيادة الملوحة .

• ٢-كما أن توزيع سقوط الأمطار سوف يختل فتعاني بعض المناطق من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول . . وكنتيجة لذلك يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية وتحدث المجاعات .

• ٣- كما أن الثروة السمكية ستتأثر لغمر الشواطئ . . بل أن النظام البحري سوف يختل بوجه عام مما يهدد بفقدان مصدر من مصادر الطعام .

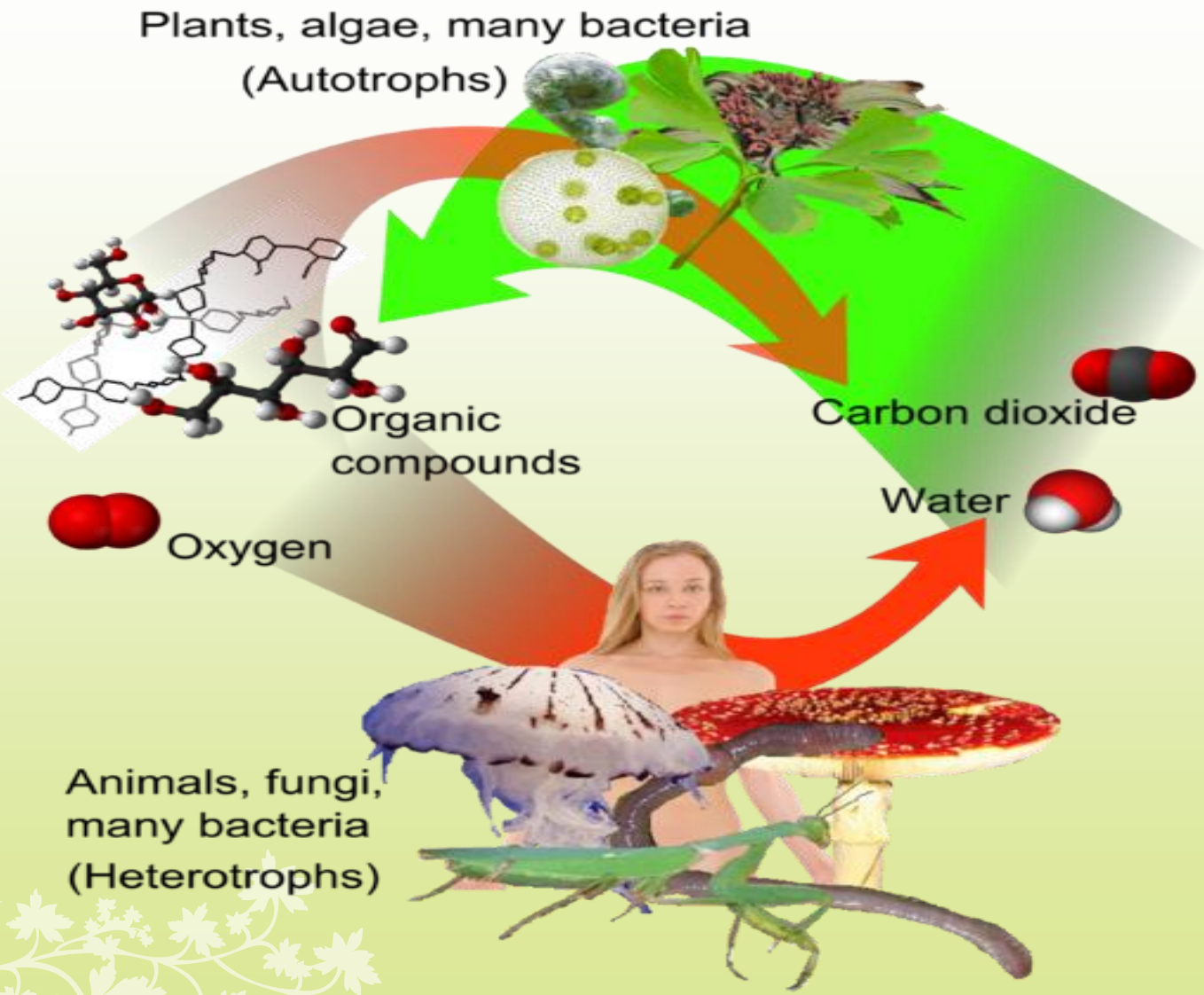
• ٤- وستصبح الزراعة في المناطق الجافة (ونحن منها) أكثر صعوبة . وستتضاءل موارد المياه وستزيد درجة الحرارة المرتفعة من الطلبات على مياه الري .

• ٥- ستسبب درجة الحرارة السريعة في القضاء على كثير من الغابات ، كم ستجد بعض الأنواع أنها في بيئة غير بيئتها حيث لا يتوافر الوقت الكافي للتكيف ، وهذا سيؤدي إلى اضطراب النظم التبيئية وربما إلى الأبد . إذ أن الكائنات الحية يمكن أن تتكيف إلى تغير قدره أو درجة مئوية خلال العقد الواحد

• - وقد تنمو الغابات في مناطق الآسكا وشمال سيبيريا ويصبح رعى الماشية ممكناً ومتاحاً في أصقاع التندرة الأوراسيه والأمريكية

• ويذكر الخبراء أن الدراسات الحديثة أثبتت أن هذا الانخفاض الحاد في درجات الحرارة الذي تعانيه بعض المناطق على سطح الكرة الارضيه والارتفاع الحاد الذي تعانيه مناطق اخرى(من بداية عام ١٩٩٢) هو نتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض الناتج عن زيادة الملوثات الجوية وعبث الإنسان بالبيئة ، حيث ازدادت كمية ثاني أكسيد الكربون – وغازات الاحتباس الحراري الأخرى مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروز وأول أكسيد الكربون والكلورفلوروكربون وغيرها من الغازات من الأسباب التي أدت إلى احتفاظ الغلاف الجوي بحرارة تعادل الحرارة الناتجة عن تفجير ٥٠ ألف قنبلة نووية على الأقل .

• وهذه الحرارة الرهيبة هي التي تحدث حالة (الحمى الجوية) وتؤثر في الظروف الجوية في ثلاث اتجاهات .. فهي ذات تأثير يمتد عدة ساعات ، وتأثير آخر قد يمتد إلى عدة أيام ، وتأثير ثالث مستمر مادامت الحرارة محتبسة ... وهناك تأثير آخر يسببه أيضاً اختزان الحرارة في الغلاف الجوي ويؤثر على تحريك الكتل الهوائية


Plants, algae, many bacteria
(Autotrophs)
Organic
compounds
Oxygen
Carbon dioxide
Water
Animals, fungi,
many bacteria
(Heterotrophs)

Main symptoms of

Carbon dioxide toxicity

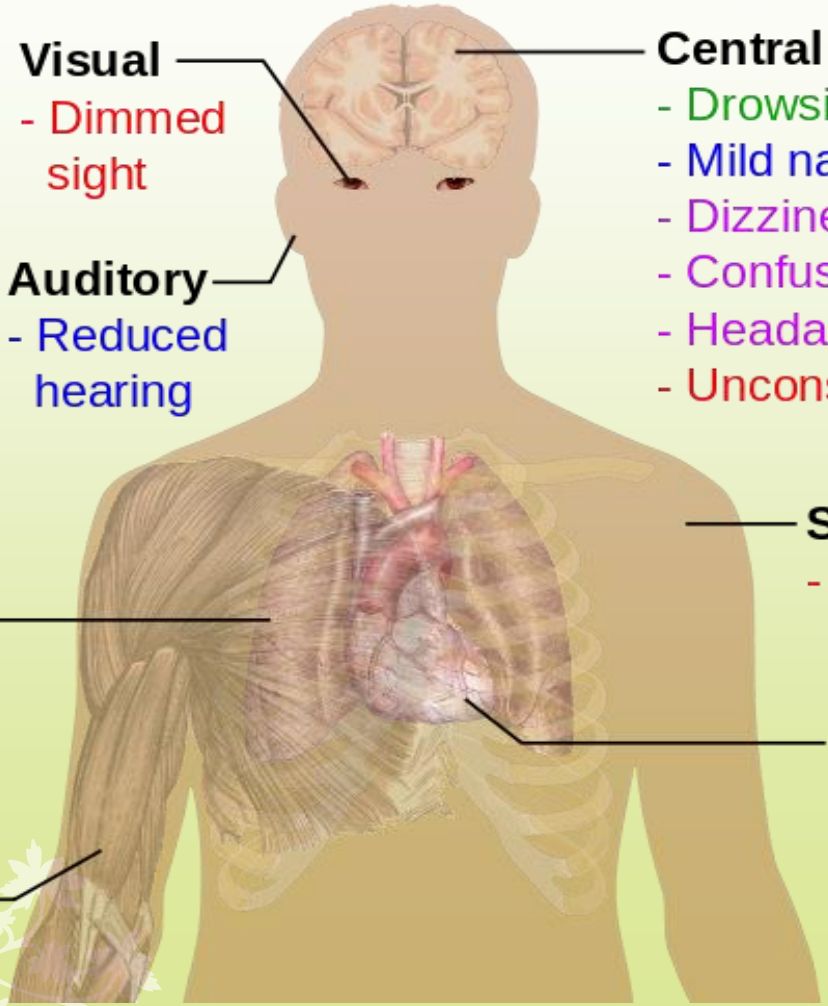
Volume % in air

- 1%
- 3%
- 5%
- 8%

Visual
- Dimmed sight

Auditory
- Reduced hearing

Central
- Drowsiness
- Mild narcosis
- Dizziness
- Confusion
- Headache
- Unconsciousness



Skin
- Sweating

Respiratory
- Shortness of breath

Heart
- Increased heart rate and blood pressure

Muscular
- Tremor

غاز كبريتيد الهيدروجين H2S

- هو غاز ذو رائحة تشبه البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي sewage .
- يصدر غاز كبريتيد الهيدرجين عن بعض الصناعات كناتج عرضي أو مباشر ويمكن تلخيص مصادر غاز كبريتيد الهيدروجين الطبيعية الصناعية كما يلي:
- الغازات البركانية.
- تخمر النبات والبروتين الحيواني.
- حقول وآبار الغاز الطبيعي (٤٢.%).
- ينتج بفعل البكتيريا في المجاري والبنى التحتية للتجمعات السكنية.
- المياه البحيرات الكبريتية الحارة.
- البحيرات أو المستنقعات الملحية ٨.٥*١٠٥ طن/سنة.
- ناتج عرضي في بعض الصناعات(إنتاج الكوكا، إنتاج الكربون، صناعة الحرير، تفحيم لب الخشب،دباغة الجلود.)
- نقل وتخزين ومعالجة النفط الخام.
- عمليات نزع الكبريت من المشتقات النفطية.
- المناجم الأنفاق.
- معالجة مياه الصرف الصحي.

غاز كبريتيد الهيدروجين H2S

• وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأكسجين الذي يصل الى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم . وله التأثيرات التالية :

• ١- يؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي .

• ٢- يثبط عملية الأكسدة الخمائرية مما يؤدي إلى حدوث اضطراب وصعوبة في التنفس

.٣- يسبب خمول في القدرة على التفكير .

• ٤- يهيج ويخشن الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين

خواص غاز كبريتيد الهيدروجين

غاز سام وعديم اللون واثقل من الهواء وينتشر بواسطة حركة الرياح او التيارات الهوائية وقابل للإشتعال منتجا غازا لونه ازرق وينتج عن الإحتراق غز ثاني اكسيد الكبريت الذي هو أيضا غاز سام وله رائحه البيض الفاسد عند التركيز المنخفض ، شديد التاكل لمعادن معينة وشديد السمية اكثر من غاز اول اكسيد الكربون وسام مثل غاز سيانيد الهيدروجين ، يكون خليط متفجر مع الهواء عندما يبلغ التركيز 4.3 % الى 46 % .

الأثار الناجمه عن التعرض لغاز كبريتيد الهيدروجين ومعايير التعرض

1 جزء في المليون	رائحه يمكن ادراكها
10 جزء في المليون	الحد المسموح للتعرض لمدة 8 ساعات في اليوم
15 جزء في المليون	قد يعاني بعض العاملين من تهيج بالعين
50 جزء في المليون	تهيج متوسط بالعين والحنجرة بعد التعرض لفترة طويله
100 جزء في المليون	الحد الاقصى للتركيز الذي يمكن للفرد الفرار منه خلال 30 دقيقة بدون جهاز تنفس
200 جزء في المليون	فقدان قوي للشم وتهيج شديد في العين والقصبة التنفسية
300 جزء في المليون	اضطرابات في التنفس بعد 30 دقيقة ودوار وتهيج حاد في العين والقصبة التنفسية
500 جزء في المليون	اضطرابات في التنفس خلال 2 الى 15 دقيقة ودوار وانهيار واغماء بعد 30 الى 60 دقيقة
700 جزء في المليون	فقدان الوعي بسرعة وتوقف التنفس ويؤدي ذلك الى الوفاة اذا لم يتم الانقاذ فورا
1000جزء في المليون	الإغماء الفوري والوفاة خلال 3 إلى 5 دقائق .

غاز ثاني أكسيد الكبريت: SO2

- غاز ثاني أكسيد الكبريت هو غاز حمضي يعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية. ويتكون من احتراق أنواع الوقود كالفحم وزيت البترول وأيضاً بعض البراكين تطلق هذا الغاز .
- ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية، وبذلك يسبب إخلالا بالتوازن البيئي. ويختلط بالضباب الدخاني فوق المدن محدثاً أضرار بالغة كما أشرنا إلى ذلك.
- أضرار غاز ثاني أكسيد الكبريت:

١- يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان محدثاً الآم في الصدر .
٢- التهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس .
٣- التركيز العالية تسبب تشنج الحبال الصوتية وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق .
٤- التعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرئوي .
٥- يسبب تهيج العيون وكذلك الجلد .
٦- يسبب الأمطار الحمضية .

الضبخن(Smog)

• خليط من الدخان والضباب يتكون فوق المدن والمناطق الصناعية، وهو أحد أنواع تلوث الهواء.كان قديما يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة. وكان ينتج عن اختلاط الدخان بثاني اوكسيد الكبريت أما حاليا فتسببه الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل اشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الاوزون .وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي .(Photochemcal smog)

• في وجود ظاهرة الضبخان يكون لون الهواء بنيًا وله رائحة كريهة ويرتبط حدوثه بارتفاع درجات الحرارة. ومن الملوثات الأخرى المتسببة في ظهوره إلى جانب غاز الأوزون: أكاسيد النيتروجين، الهيدروكربونات وأول اوكسيد الكاربون.معظم المدن الكبرى مثل لندن ولوس انجلوس ومدينة مكسيكو والقاهرة تعاني من مناسيب خطرة من الضبخان.

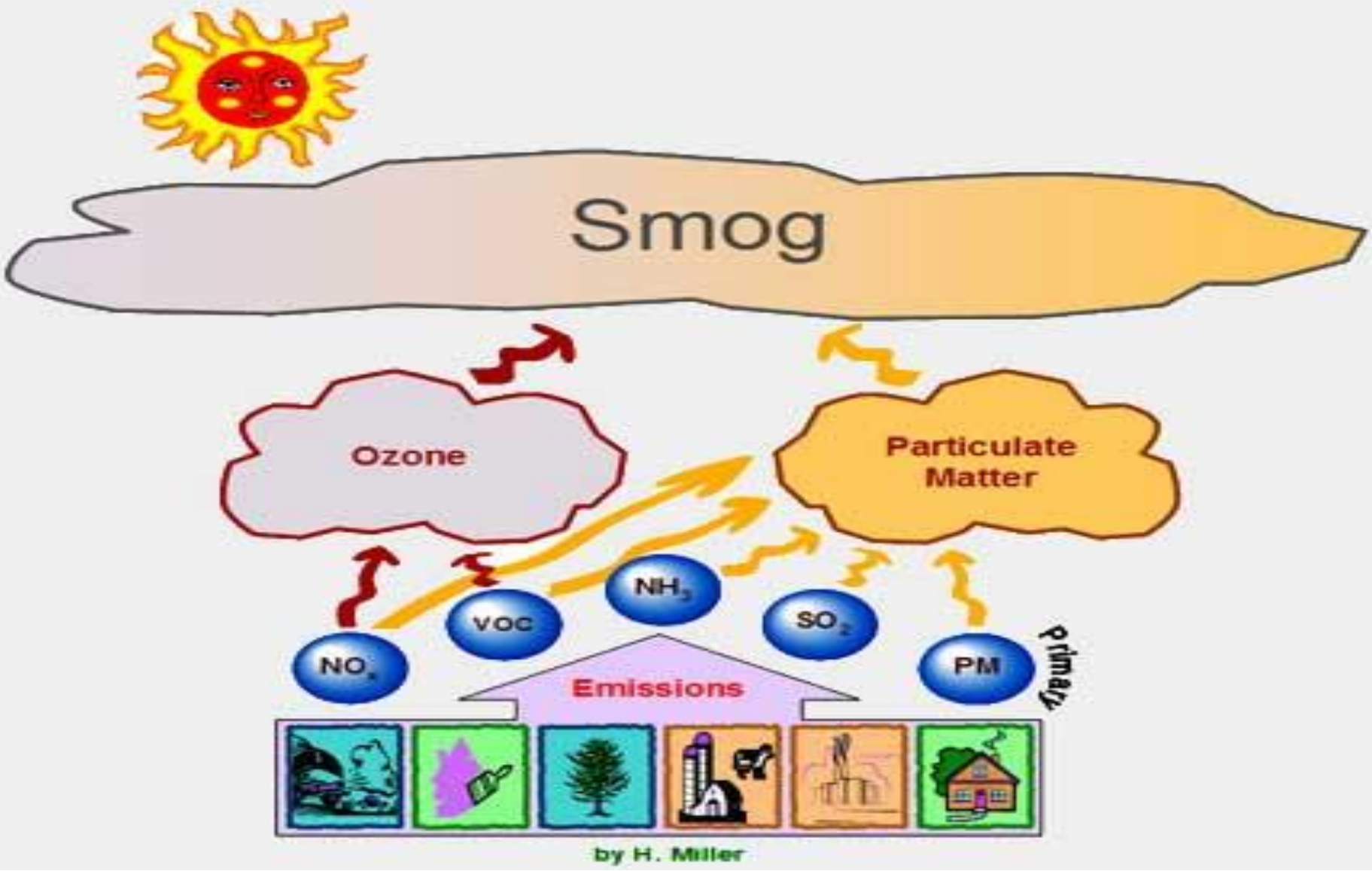
كيفية تكون الضباب الدخاني

• تتكون غازات عوادم السيارات من أكاسيد الكربون و مركبات هيدروكربونية لم تتأكسد تأكسداً تاماً بالإضافة إلى وجود بعض أكاسيد النيتروجين . تتأكسد الهيدروكربونات التي لم تحترق احتراقاً تاماً و الصادرة عن عوادم السيارات في ظل وجود الأكسجين الحر مكونةً ألدهيدات أو كيتونات . كما أن المركبات الهيدروكربونية تتفاعل مع شقوق الهيدروكسيل و الأكسجين و أكاسيد النيتروجين لتنتج مركب بيروكسي أسيل نيترات PAN . و يعتبر هذا المركب من أهم مصادر الضباب الدخاني. و نظراً لاحتواء الخليط الغازي السام على غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية ، فإنه يتفكك إلى أكسيد النيرتيك و أكسجين ذري ، و هذا الأخير يتفاعل مع جزيئات الأكسجين ليتكون الأوزون ، الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات مع الهيدروكربونات النشطة و الموجودة في الخليط ... و نتيجة لهذا التفاعل الكيميائي الضوئي يتكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقاً في الهواء و يغلف جو المدن مسبباً احتقان الأغشية المخاطية و حرقة في العيون و زيادة في أمراض الجهاز التنفسي

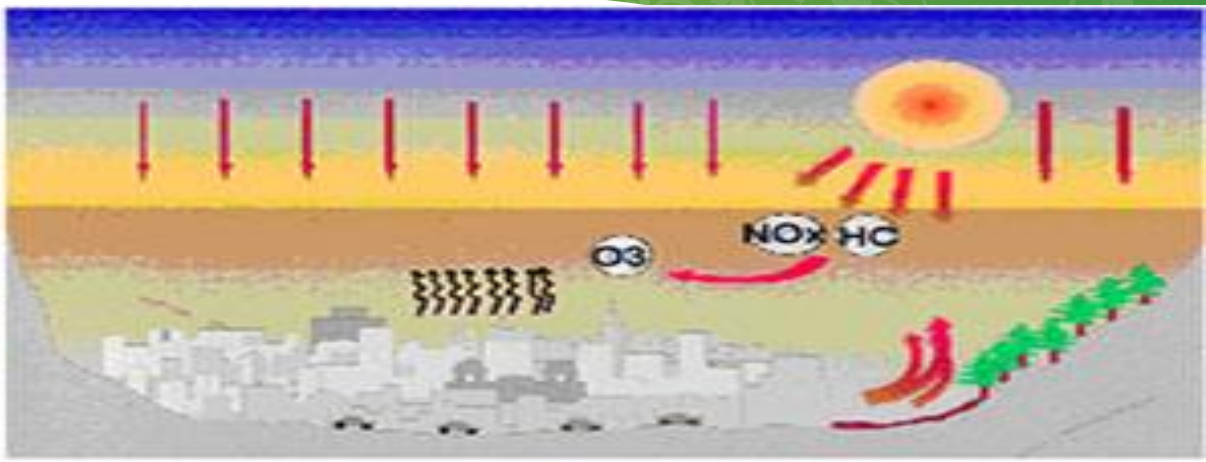
PAN (peroxyacetyl nitrate) $CH_3COOONO_2$

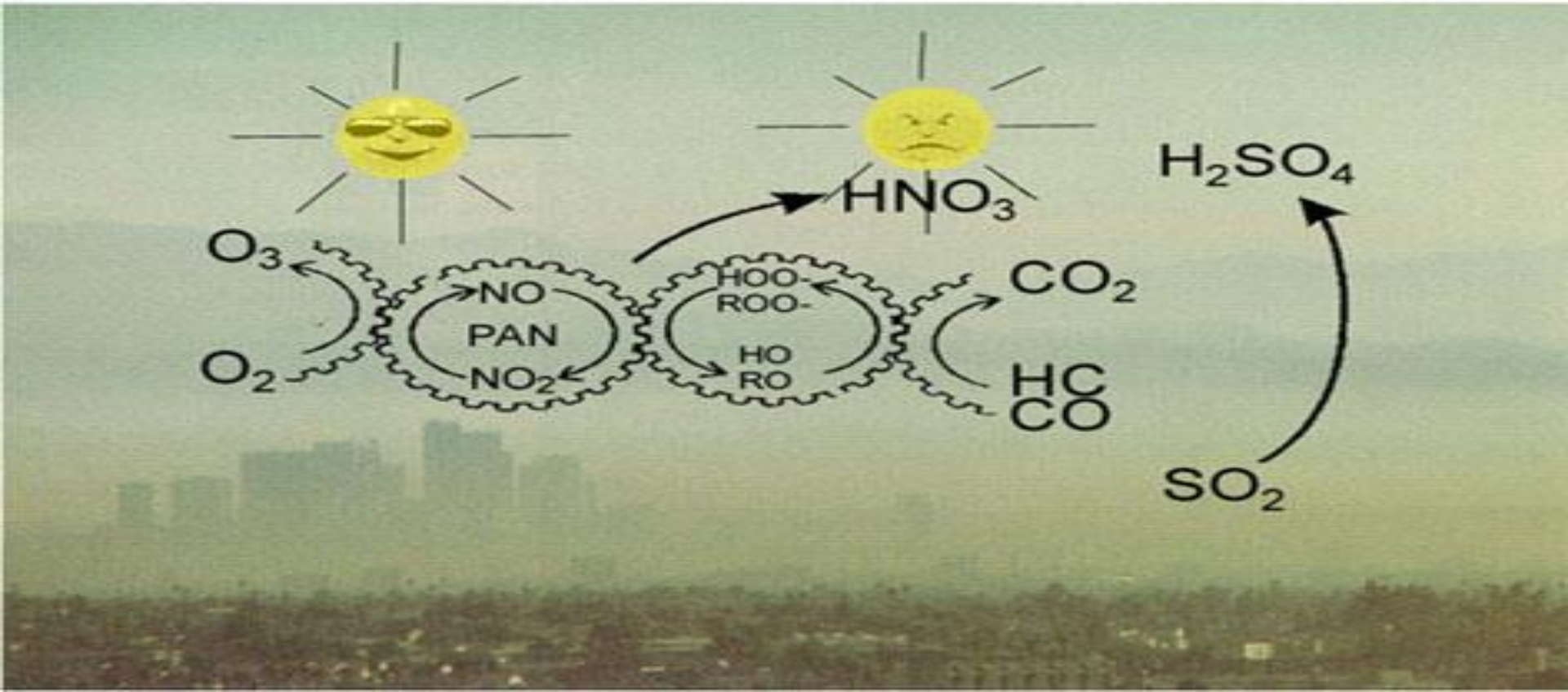
- يعد ال(PAN) واحد من المحسسات القويه للجهاز التنفسي ،والعيون،والموجوده في الضبخن(SMOG).يتكون من النترات التي تظهرفي التوازن الحراري بين جذور البيروكسي العضويه ،بالطور الغازي لأكسده مجموعة متنوعة من المركبات العضوية المتطايرة ، أو عن طريق الألدهيدات وغيرها من المركبات العضوية المتطايرة المؤكسدة.بوجود (NO2).

- $Hydrocarbons + O_2 + NO_2 + light \rightarrow CH_3COOONO_2$
- $C_xH_yO_3 + NO_2 \rightarrow C_xH_yO_3NO_2$


Smog
Ozone
Particulate Matter
NH3
VOC
SO2
NOx
PM
Primary
Emissions
by H. Miller

The
Smogmachine





تعريف المطر الحامضي :

- هو المطر الذي يكتسب الصفة الحمضية والتي يمتلكها بسبب ذوبان الغازات الضارة بماءالمطر، والمطر النقي بطبيعته حامضياً بنسبة ضئيلة بسبب ثاني أكسيد الكربون المنحل به.و المعامل الذي تقاس بو درجة الحامضية للمطر هو (PHكلما كان رقم هذا المعامل أقل كمما كانت نسبة الحموضة في المطر أعلى)
- .يتراوح بصفة عامة في (المطر النقي بين(٥.٥ - ٦))وكل الأمطار التي تحتوي على درجة حموضة بنسبة ٥ أو أقل من ذالك تسمى أمطارحامضية.والمصطلح الأكثردقة هو الترسيب الحمضي والذي يتألف من جزئين :

- ا-ترسيب حمضي رطب (WET) ويشير إلى المطر الحمضي،والضباب والثلج.
- -ترسيب حمضي جاف(DRY)يشير إلى الغازات الحمضية،والجسيمات....

المطر الحامضي

- تؤدي الأمطار الحامضية إلى تمف الكثير من النباتات والأشجارومياه البحيرات والأنهار وكذلك الاراضي وما تحتويها خيرات.
- تسبب عمليات التآكل في المنشآت الحجرية والمعدنية.
- ولخطورة هذه المشكلة فقد قدرت خسائر ألمانيا الغربية- خلال عام واحد- حوالي ٦٠٠ مليون دولار نتيجة إتلاف المحاصيل الز ا رعية، بسبب الأمطار الحمضية
- وكتب الكيميائي البريطاني(روبرت سميث) تقريرا من ٦٠٠ صفحة- ولأول مرة- عام ١٨٧٢ أشار فيه إلى درجة حموضة الأمطار الحمضية التي هطلت في عام ١٨٧٢ على
- مدينة مانشستر، وعزا السبب إلى الدخان المتصاعد من مداخن المصانع.

GREEN FIEND

Download from
27267734

أسباب تشكل المطر الحامضي

- يتشكل هذا المطر كما ذكرنا من قبل بفعل الغازات التي تنحل في ماء المطر لتكون أنواعاً مختلفة من الأحماض، أنواع هذه الغازات

1- غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2

2- أكاسيد النيتروجين NO NO_2.

(هذان النوعان لهما الدور الأكبر في تكوين المطر الحمضي)

3- ثاني أكسيد الكربون CO_2

4- الكلور CL_2

والتفاعلات الآتية توضح كيفية تكون هذه الأمطار:

- يتفاعل ثاني أكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حمض الكبريتيك.

$$SO2+2H2O = H2SO4 +H2$$

- ـ تتفاعل أكسيد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النتريك.

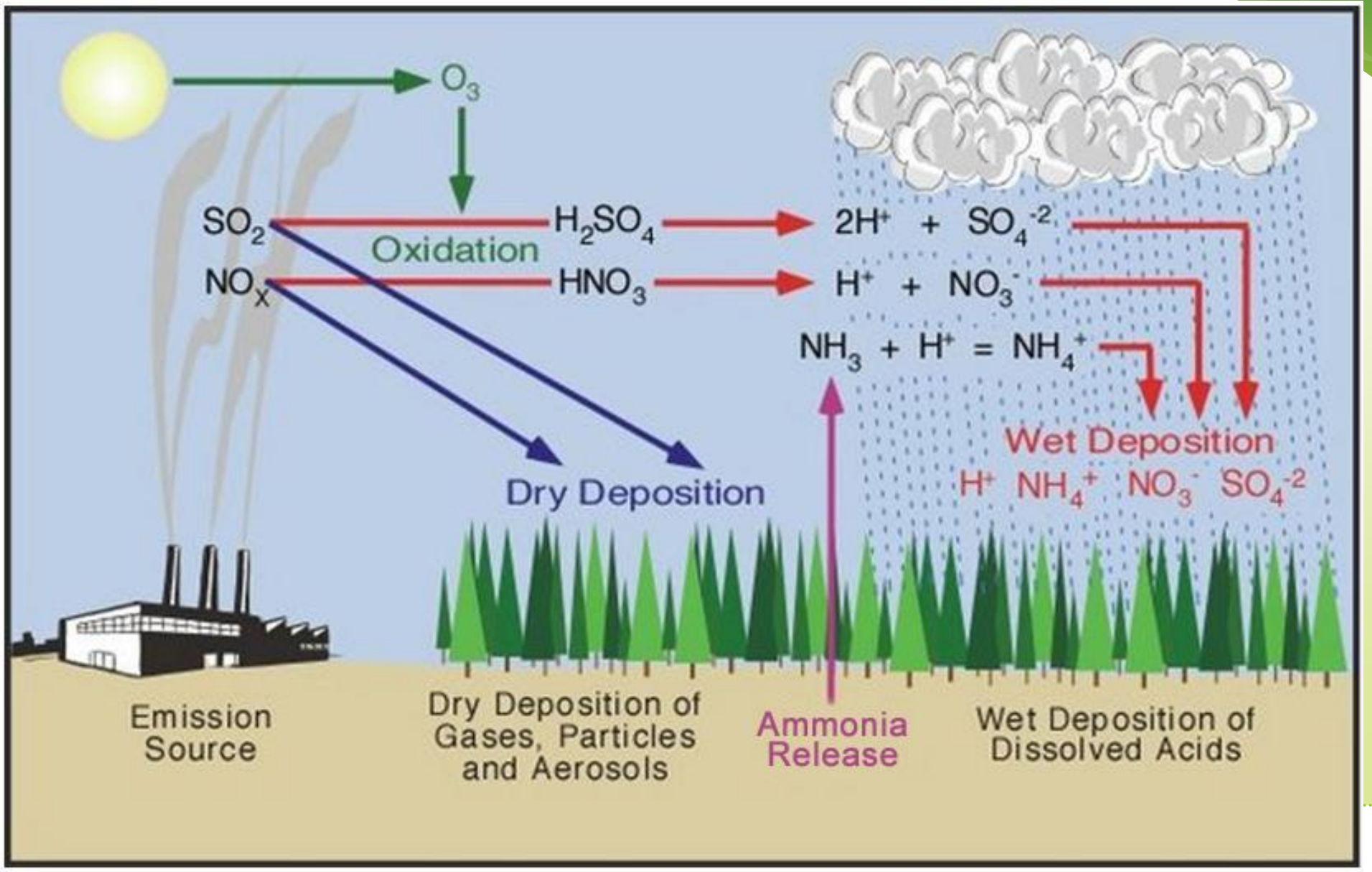
- ـ يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء ليكون الحمض الكربوني.

$$CO2+H2O = H2CO3$$

- ـ يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حمض الهيدروكلوريك.

كيف تتكون الأمطار الحامضية

- تتكون الأمطار من تفاعل الغا ا زت المحتوية عمى الكبريت و أميا ثاني أكسيد الكبريت SO_2مع الأكسجين O_2بوجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس وينتج ثالث أكسيد الكبريت SO_3الذي يتحد بعد ذالك مع بخار الماء
- H_2Oالموجود في الجو ليعطي حمض الكبريت , H_2SO_4ويمكن أن يتحد مع بعض الغازات في الهواء مثل كلوريد الأمونيوم وينتج مركب جديد هو كبريتات الامونيوم الذي يبقى معلقا في الهواء على شكل رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان إلى آخر وعندما تصبح الظروف ملائمة لسقوط الأمطار فان رذاذ الكبريت ودقائق كبريتات الامونيوم ، يذوبان (ينحلان)في ماء المطر ويسقطان على الأرض وبهيئة المطر الحمضي وهو غير صالح للشرب والاستخدام البشري نتيجة لشدة مرارته وارتفاع نسبة ملوحته. وتشترك أيضا أكاسيد النتروجين NO,NO_2مع أكاسيد الكبريت SO,SO_2في تكوين هذه الأمطار، حيث تتحول أكاسيد النيتروجين بوجود الأكسجين و الأشعة فوق البنفسجية)كوسيط في المعادلات الكيميائية المعبرة عن التفاعل(إلى حمض النيتريك .ويبقى مثل غيره معلقا في الهواء الساكن أو يسير مع تيارات الهواء إلى تصبح الظروف ملائمة لهطول المطر لتذوب فيه مكونة الأمطار الحامضية ذات الطعم اللاذع.


O_3
SO_2
NO_X
Oxidation
H_2SO_4
HNO_3
$2H^+ + SO_4^{-2}$
$H^+ + NO_3^-$
$NH_3 + H^+ = NH_4^+$
Wet Deposition
H^+ NH_4^+ NO_3^- SO_4^{-2}
Dry Deposition
Emission Source
Dry Deposition of Gases, Particles and Aerosols
Ammonia Release
Wet Deposition of Dissolved Acids

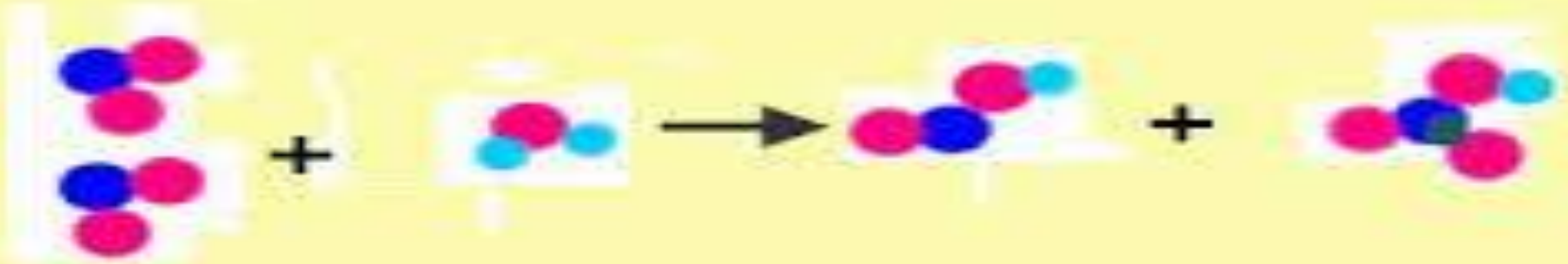
sulfur dioxide + water → sulfurous acid

sulfur trioxide + water → sulfuric acid

nitrogen dioxide + water → nitric acid + nitrous acid

carbon dioxide + water → carbonic acid

Formation of Acid Rain



$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_2 + HNO_3$

Nitrogen Dioxide — Water — Nitrous Acid — Nitric Acid

تأثيرات المطر الحامضى:-

• ١-ويكون تأثيرها السلبي على الإنسان غير مباشر فوجود اكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت يشكلان الخطر الحقيقي على صحة الإنسان بما يسببانه من تهيج في الرئة او تلفها ويقللان من وضوح الرؤيا.كما يضر بصحة الإنسان من خلال التأثير السلبي لهذه الأمطار على البيئة وتتضح هذه العلاقة كالتالي بما أنه توجد العديد من المعادن السامة فى مركبات على سطح التربة يعمل المطر الحمضي عند تساقطه على حل بعضاً من هذه المركبات بحيث تصبح معادن حرة طليقة ويتركز بعضاً منها في مياه الأنهار التي هي المصدر الأساسي لمياه الشرب لمعظم شعوب العالم، ومن هذه المعادن الزئبق الذي يتخلل الثروة السمكية ومن ثَّم تضر بصحة الإنسان الذي يأكلها،كما وتتسبب الأمطار الحمضية في أضرار صحية كبيرة للإنسان، ومن ذلك احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها وكذلك السعال والاختناق وتلف الأنسجة.

٢- المطر الحمضي يزيد من حمضية مياه الينابيع والبحيرات.

• ٣- بما أن الماء يصبح أكثر حمضية فيبدأ تفاعله مع رصاص ونحاس مواسير المياه وبالتالي تلوث مياه الشرب، وقد وصل تلوث مياه الشرب فى السويد إلى حد مفزع وهو أنه يحول شعر الإنسان إلى اللون الأخضر.يسبب ايضاً النحاس الإسهال للأطفال الصغار، ومن الممكن أن يدمر الكبد والكلى

- ٤- عندما تزداد حمضية المياه تؤثر على عدد الأسماك والكائنات الحية الأخرى. فعند درجة حموضة (٥) فان معظم بيوض الأسماك لا تفقس وعند درجة أعلى فان بعض الأسماك تموت.
- ٥- يسبب المطر الحمضي تآكل الحجر، المعادن، الطلاء وكل ما هو معرض للعوامل الجوية لفترة طويلة مثل الآثار. هذا بدوره قد يؤدي الى خسائر اقتصادية كبيرة عدا عن القيمة الثقافية التي لا يمكن تعويضها.
- ٦- الأمطار الحمضية تدمر الغابات والأراضي الزراعية، فهي تجرد الأشجار من أوراقها، و تذيب بعض المعادن أو الفلزات الهامة وتبعدها عن جذور النبات، مثل الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم التي تجرفها مياه الأمطار الحمضية بعيداً عن جذور النباتات إلى المياه الجوفية، وبذلك تقل جودة المحاصيل الزراعية، كما تحدث الأمطار الحمضية خللاً في التربة، فتؤدي إلى اضطراب عملية الامتصاص في الجذور، مما يؤثر سلباً على الإنتاجية

. .تؤثر الأمطار الحمضية أيضاً على التربة الزراعية، فتؤدي إلى انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين. وتراجع معدل تحلل المواد العضوية، مما يترتب عليه زيادة حجم البقايا النباتية، على نحو يعوق نفاذ الماء إلى داخل التربة، ويحول دون إنبات البذور، وهذه التأثيرات السلبية تؤدي إلى انخفاض إنتاجية الغابات والأراضي الزراعية

علاج المشكلة

- نظرا لخطورة ظاهرة الأمطار الحمضية وما ينتج عنها من آثار تخريبية على كافة الأصعدة اقترح الباحثون علاجين:-
- الأول: علاج مكلف ومتكرر، نظرا لتكرار سقوط الأمطار الحمضية، وهذه الطريقة تتمثل في معادلة الأنهار والبحيرات الحمضية والأراضي الزراعية بمواد قلوية.
- والثاني: علاج دائم ويتمثل بتنقية الملوثات قبل أن تنتشر في الغلاف الهوائي والحد من إحراق الوقود داخل المصانع ومحطات توليد الطاقة ووسائل المواصلات، واستخدم أفران ومواقد جديدة تقلل من انطلاق كل من أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين .واستخدام محطات التكرير الحديثة التي تنتج نفطاً يحتوي على نسبة منخفضة من الكبريت.

ويمكن إتباع بعض الطرق لتقليل أخطار الأمطار الحمضية، ومن ذلك طلاء المنشآت والمباني والآثار بأنواع مستحدثة من الطلاء لحمايتها من الآثار الضارة لسقوط الأمطار الحمضية.

تلوث البيئة Environmental Pollution

- يعرف التلوث البيئي بانه كل تغير كمي أو كيفي في مكونات البيئة الحية وغير الحية والذي لا تستطيع الانظمة البيئية استيعابه من دون ان يختل توازنها والتلوث لهذا المعنى متنوع المسببات بيولوجياً أو كيميائياً أو فيزيأوياً مما يسبب في انتشار الملوثات وبنسب مختلفة في الهواء والماء والتربة..

- وبذلك فقد اتفق العلماء على تعريف تلوث البيئة بأنه :- (يشمل الإخلال بالتوازن الطبيعي لمكونات البيئة الذي يؤثر في حياة الكائنات الحية)

ويعرف التلوث البيئي بأنه التغيرات غير المرغوبة التي تحصل في محيطنا أهمها التي تنتج من نشاطات الإنسان ومن خلال التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في تغير شكل الطاقة ومستويات الإشعاع والبيئة الكيمائية والطبيعية للكائن الحي . وهذه التغيرات سوف تؤثر بصورة مباشرة في الإنسان أو من خلال تزويده بالماء والزراعة والمنتجات الحية أو المواد الطبيعية أو الممتلكات أو من خلال المجالات الترفيهية أو الإعجاب بالطبيعة

ويعتقد أن المشاكل البيئية ومنها التلوث هي خلاصة ثلاث تفاعلات أو تداخلات:-

1- الزيادة في استخدام المنتجات والتقنية التي تولد تلوثاً كثيراً.

2- سوء استخدام الموارد.

3- زيادة معدل النمو السكاني

- يمكن تقسيم الملوثات كما يلي:

- الملوثات بحسب مصدرها

  - الملوثات الطبيعية :- وهي التي تنتج من مكونات البيئة ذاتها دون تدخل الإنسان وتشمل الغازات الناتجة من البراكين كثاني أوكسيد الكبريت ، الاملاح في المياه ، دقائق الغبار في الهواء أو قد تكون ظواهر طبيعية كالحرارة والاشعاع.

  - الملوثات التكنولوجية والصناعية:- وهي التي تتكون نتيجة لما استحدثه الإنسان في البيئة من تقنيات وما ابتكره من اكتشافات كذلك الناتجة عن الصناعات المختلفة والتفجيرات النووية ووسائل المواصلات.

  - ملوثات بشريه وفضلات حيوانيه :- وتشمل ما يطرحه الإنسان من فضلات نتيجة نشاطاته اليومية كالملوثات الناتجة عن المدن والمجمعات السكنية التي تشمل مياه المجاري بما تحويه من المواد العضوية بدرجة رئيسية وكذلك تشمل الفضلات الحيوانية ، والجدير بالذكر ان هذه الملوثات بطبيعتها تزداد بازدياد عدد السكان بارتفاع مقدار ومعدل حاجاتهم المعيشية.

  - تقسم الملوثات بحسب طبيعتها

- الملوثات ذات الطبيعة الفيزيائية:- وهي ظواهر فيزيأوية مادية وتشمل الاشعاع (وهو اشد خطراً على البيئة والإحياء) والحرارة والضوضاء والاهتزازات والأمواج الكهرومغناطيسية ، وهذه الملوثات تتداخل مع الخصائص الفيزيأوية لعناصر البيئة أو المادة الحية.

- الملوثات ذات الطبيعة الكيماوية :- وهي مجموعة واسعة من الملوثات الأكثر انتشاراً في البيئة ، وتشمل عدداً كبيراً من المواد الطبيعية كالنفط ومشتقاته والزيوت والشحوم والسموم الطبيعية والرصاص والزئبق والغازات المتصاعدة من البراكين وعددا كبيرا من المواد المصنعة كالمبيدات والكيماويات الزراعية والفضلات الصناعية من الأحماض والأملاح والقواعد والحرائق وعوادم السيارات والمصانع وكذلك الجسيمات الدقيقة الناتجة من مصانع الاسمنت والكيماويات السائلة عندما تلقى في التربة أو الماء.

- **الملـــوثات الإحيائية :-** وهي كائنات حية مجهرية في الغالب وتعمل على تغير بعض الصفات أو الخصائص البيئية عند وجودها فيها أو ذات إضرار بصحة الإنسان أو الإحياء الأخرى ، وهي على وفق الأسس العلمية لعلم البيئة فإنها تعد من المكونات الإحيائية الطبيعية ، ومنها ما هو طفيلي يعيش في أمعاء الإنسان أو الحيوانات وقد يسبب حالة مرضية كما هو الحال بالنسبة للطفيليات المعوية أو ليس له تأثير صحي ضار كما في حالة العديد من البكتريا المعوية ، وقد أدت ممارسات الإنسان الخاطئة تجاه البيئة مثل طرح الفضلات البشرية في الأنهار أو رمي الحيوانات الميتة في المصادر المائية إلى خلق مشاكل بيئية وصحية عديدة وبالتالي تحمل هذه الأحياء إلى ملوثات بيئية ولذلك فان تعبير الملوثات الإحيائية يقتصر على المسببات المرضية فقط كالبكتريا والطفيليات والفطريات والفيروسات وغيرها .

أنواع التلوث البيئي:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية للتلوث البيئي:

١. تلوث الهواء	Air pollution.
٢. تلوث المياه	Water pollution
٣. تلوث التربة	Soil pollution

الملوثات الأولية Primary Air Pollutants:

ويقصد بالملوثات الأولية الملوثات التي تنبعث من المصادر مباشرة إلى الهواء وأهم هذه الملوثات هي:
أ. الأكاسيد : **وهي الناتجة عن حرق الوقود الاحفوري مثل الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي حرقاً كاملاً وينتج عن ذلك :**
1. ثاني أكسيد الكربون .2. بخار الماء .3. ثاني أكسيد الكبريت .
4. أكاسيد النيتروجين (NO,NO2,N2O) والتي يرمز لها بصفتها مجموعة (NO) .
5. إضافة إلى العناصر الثقيلة التي تكون بحالة غازية أو صلبة دقيقة مثل :
الزرنيخ (As) والكادميوم (Cd) والرصاص (Pb) والزئبق (Hg) .
وعندما يكون الاحتراق غير كامل ينتج : أول أكسيد الكربون دقائق عالقة من الكربون العنصري والعضوي هيدروكربونات عديدة الحلقات.

ملوثات الهواء الثانوية : Secondary Air Pollutants

مثل : **الضبخن والأوزون والمطر الحمضي ، وهي ناتجة من تفاعل الملوثات الأساسية للهواء مع بعضها بعضاً أو مع ملوثات أخرى أو مع الماء ، أو مع أشعة الشمس .**

مصادر تلوث الهواء من حيث حركتها :
وتتمثل مصادر تلوث الهواء فيما يأتي : ★**المصادر الثابتة** ★ **المصادر المتحركة**
أ. المصادر الثابتة :
❁ المصانع :
- وينتج من أنشطتها ملوثات عديدة ، تتمثل هذه الأنشطة بعمليات تصنيع المواد الفلزية ومصانع تكرير النفط وانتاج الأسمدة والمركبات العضوية .
– حرق الأخشاب والغابات والوقود الأحفوري ، مصانع المنظفات ومصانع إنتاج الحموض الأملاح والقواعد والغازات .
❁محطات توليد الطاقة :
- وهي التي تستخدم – على الأغلب – الوقود الأحفوري كالفحم الحجري والنفط عند معالجتها وتكريرها وحرقها وتساهم أيضاً مخلفاتها في تكون الملوثات الثانوية بشكل عام .
- إن استخدام المواد المشعة في محطات توليد الطاقة له اثر طويل الأمد في النظام البيئي ، كما أنها تسبب تلوثاً حرارياً عن طريق إضافة كمية من الحرارة للماء عند استعماله في التبريد .
ب . المصادر المتحركة :
تتمثل في وسائط النقل البرية والبحرية والجوية ، وتعمل هذه المصادر على رفع تركيز الملوثات في مناطق معينة محدثة ظواهر تلويث بيئية مثل : **الأوزون ، المطر الحمضي ، الضبخن .**

الغلاف الجوي ومكوناته: يحيط بالكرة الأرضية غلاف من الغازات المتنوعة يدعى بالغلاف الجوي أو يدور مع الأرض ويتميز بالخصائص التالية :

- - هو مزيج من الغازات، وفي مقدمتها النتروجين (78%) والأكسجين (21%) ومجموعة من الغازات النادرة بنسبة (1%) وكمية ضخمة من غاز الفحم أو ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغبار . وإذا كانت نسب هذه الغازات ثابتة تقريباً في الجو القريب من السطح الأرض فإنها تختلف في الطبقات العليا : فالأكسجين يخف بعد 5كلم ارتفاع والأجسام الغريبة كبخار الماء والغبار تختلف في الطبقات العليا كما يكثر الهيدروجين والمليم في نهاية الغلاف الجوي .

- - تختلف كثافة الغلاف الجوي بين المناطق القريبة من سطح الأرض والمناطق الجوية العليا ، فالكيلومترات الخمسة الأولى المحيطة بنا تحتوي على نصف وزن الغلاف الجوي ، وبالتالي فان الكثافة تقل تدريجياً كلما ارتفعنا في الفضاء حيث يتخلخل الهواء ويتحلل إلى أيونات على ارتفع 80كلم تقريباً عن سطح الأرض .

- - يمتص الغلاف الجوي قسماً من الحرارة التي تحتويها أشعة الشمس ويحتفظ بقسم منها ويعكس القسم الآخر . تحتوي الأشعة الشمسية ، كما هو معروف ، على طاقة حرارية وأخرى ضوئية وثالثة كيميائية تسهم في عمليات كثيرة تتم على سطح الأرض أو لها التمثيل تنعكس نسبة 40% من أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض وتصطدم بالغلاف الجوي ، وينتشر 17% منها في الجو ويصل 43% إلى سطح الأرض ، الذي يعكس بدوره 10% منها وتمتص الباقي سطوح الأرض من يابسة ومسطحات مائية وهي بدورها نعكس جزاً منه عند غروب الشمس .

- - تختلف كمية الحرارة في الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض بين خط الاستواء والقطبين ، والسبب في ذلك يعود إلى درجة انحناء أشعة الشمس لدى وصولها إلى سطح الأرض ، ثم أن الأشعة تقطع مسافة أكبر في الغلاف الجوي نحو المناطق القطبية ، من تلك التي تقطعها في غلاف المناطق الاستوائية .

• طبقات الغلاف الجوي طبقا للتوزيع الرأسي لدرجات الحرارة

- . تروبوسفير (Troposphere)

وهي الطبقة السفلية من الغلاف الجوى أي أقرب الطبقات من سطح الأرض وهى مجال السحب والعواصف وحركات الرياح والتباين الجغرافي والموسمي للمناخ، أي إنها الطبقة التي تحدث فيها تغيرات المناخ، وتبلغ سماكتها حوالي (8كم) عند القطبين وتصل إلى (18كم) عند خط الاستواء، وفي هذه الطبقة الضغط والكثافة تتناقص سريعا مع الارتفاع، كما تتناقص درجه الحرارة بمعدل ثابت مقداره حوالي (6.5 درجه مئوية لكل 1كم) أي أنها تصبح حوالي (20 درجة مئوية تحت الصفر) على ارتفاع (5.5 كم) وينخفض الضغط الجوي إلى (500 مللي بار) ويتوالي انخفاض درجة الحرارة لتصل إلى (57 درجة مئوية تحت الصفر) عند ارتفاع (11كم)، هذا النطاق من الغلاف الجوي، الممتد من سطح الأرض إلى حيث تتوقف درجة الحرارة عن الانخفاض، يطلق عليه التروبوسفير (Troposphere)، جاءت هذه التسمية من الكلمة اليونانية تروبين (Tropein)، وتعني التغير، وكلمة سفير (Sphere) غلاف أي أن التروبوسفير، تعني، الغلاف المتغير.

- ستراتوسفير Stratosphere

-) وهي طبقة جافة وأقل كثافة لشدة التفاعلات التي تحدث بها وتحتوي مع طبقة التروبوسفير على نسبة (99%) من الهواء وهي تنقسم إلى قسمين:

- . الطبقة السفلى (السلفيتوسفير): أي الطبقة الغازية الكبريتية التي تحتوي على جزيئات عالية من الكبريت بارتفاع حوالي (13كم).

- . الطبقة العليا (الأوزونوسفير): تحتوي على غاز الأوزون الذي ينتج باتحاد ثلاث ذرات من الأكسجين بالتفاعل مع الأشعة التي تنبعث من الشمس والتي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية، وأشعة جاما والأشعة السينية وتعمل طبقة الأوزون كمرشح يمنع وصول الأشعة الضارة والفتاكة إلى سطح الأرض والتي تسبب الأمراض القاتلة.

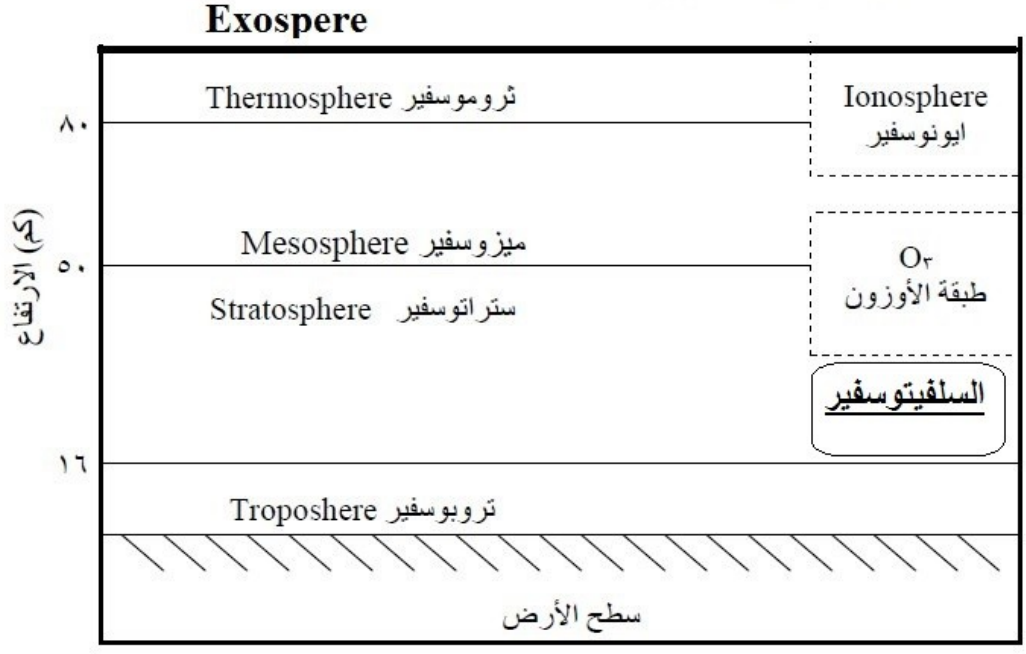
- تعمل طبقة الأوزون على منع تسرب الاشعه فوق البنفسجيه إلى سطح الأرض، فتمتص (99%) من الأشعة فوق البنفسجية ويتبدد الباقي في الطبقات العليا ولا تسمح إلا بمرور كمية مناسبة من الأشعة فوق البنفسجية لتوفير ظروف صحية للكائنات على سطح الأرض، وتختلف نسبة الأوزون من وقت لآخر على مدار السنة، ويعتبر الأوزون الدرع الواقي الذي يمنع وصول الإشعاعات فوق البنفسجية، ولو نقص الأوزون لتعرضت الحياة للخطر ولتأثرت حرارة طبقة

التريوسفير وأحدثت تغيرات مناخية. يعمل الأوزون على تسخين الهواء هناك بسبب امتصاصه الأشعة فوق البنفسجية.طبقة دقيقة تمتاز كسابقتها بانقلاب في اتجاه تغير درجة الحرارة،

- **ميزوسفير Mesosphere :وتسمى الطبقة الغازية و تقع علي ارتفاع (80 _ 85 كم) من سطح الأرض وتتميز هذه الطبقة بما يلي:**

درجه الحرارة في الميزوسفير تقل مع الارتفاع وعند أعلى الميزوسفير تكون البرودة أقصى ما يمكن حوالي (90 درجه مئوية تحت الصفر) وهي أقل درجة حرارة للغلاف الجوي في كافة الطبقات. و ظهور (الومضات المضيئة) وتتحكم في الشهب والنيازك التي ترد من الفضاء الخارجي حيث تحترق (تتلاشي) فيها معظم الشهب الهاوية إلي الأرض.

- **ثيرموسفير Thermosphere :وهى الطبقة الممتدة بين ارتفاعي (80 – 800 كم) وهي طبقه ساخنة فوق الميزوسفير وتحدث فيها تبدل حاد في درجات الحرارة بين الليل والنهار، وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة الحرارة بدرجة كبيرة نظرا لوجود الأكسجين الذي له القدرة أيضا على امتصاص حزم أخرى من الأشعة فوق البنفسجية (من 0.17 – 0.30 ميكرون) ويتحول جزء من هذه الأشعة عند امتصاصها إلى طاقة كيمائية تحلل الأكسجين الذرى إلى جسيماته الكهربية اللازمة لإتمام عمليات التأين التي تتم في هذه الطبقة وذلك تحت ضغوط منخفضة جدا، كما يتحول البعض الآخر إلى طاقة حرارية هي ألزم ما يكون لرفع درجة حرارة تلك الطبقات وحفظ التوازن الحراري فيها، وهذه الطبقة تتميز بخفة غازاتها حيث يسود فيها غازي الهيدروجين والهليوم وتطلق الغازات بهذه الطبقة الكترونات بفعل الموجات القصيرة من أشعة الشمس مما يسبب تحول ذرات الغازات إلى أيونات والتي يمكن لذلك تسميتها بطبقة الجو المؤين Ionosphere والتي تتميز بشحناتها الكهربية مما يجعلها وسطا موصلا للكهربية.**
إكزوسفير Exosphere :تمتد هذة الطبقة بعد الثرموسفير حتى تتلاشى في الفضاء الكوني، أي تمتد بين ارتفاعي 800 إلى أكثر من 1000 كم نحو الفضاء الكوني الذي بين الكواكب والشمس والنجوم بعضها البعض ... وهنا توجد الذرات والايونات ، وليس بينها أي تجاذب . ولذا لا ينتشر الصوت العادي لان المسافات بين مكونات الهواء تكون مساوية تقريبا لأطوال الموجات الصوتية أو حتى اكبر منها وإذا تيسر للإنسان أن يجاوز هذه الطبقة إلى الفضاء الكوني فإنه يرى الكون مظلما حوله حيث لا يتشتت ضوء الشمس ولا يضئ سوى الجزء الذي تسقط عليه الأشعة فقط.



(طبقات الغلاف الجوي)

تلوث الهواء

مقدمه: الهواء هو ذلك الجزء من الغلاف الجوي الأقرب إلى سطح الأرض والذي عندما يكون جافاً وغير ملوث فانه يتكون من عدة غازات أهمها غاز النتروجين الذي يؤلف 78.09% منه وغاز الأوكسجين الذي يؤلف ما نسبته 20.94 % والاركون بنسبة 0.93% وثاني أوكسيد الكاربون بنسبة قليلة جدا لا تزيد في الهواء النقي على 0.032% وهذه الغازات الأربعة تكون في مجموعها 99.99% من حجم الهواء. إضافة إلى غازات أخرى كالنيون والهليوم وغيرها. فالهواء يمكن عده ملوثاً عند اختلال التركيب أو التركيز لواحد أو أكثر من المكونات الطبيعة الغازية للهواء الطبيعي سواء كان هذا التغير أو التركيز لواحد أو أكثر من المكونات الطبيعية الغازية للهواء الطبيعي سواء كان هذا التغير بالزيادة أو النقصان ، أو ظهور غازات أو أبخرة أو جسيمات عالقة عضوية وغير عضوية ، أو غيرها تشكل إضرارا على عناصر البيئة وتحدث خللاً في نظامها الايكلوجي^{0}. وقد عرف خبراء منظمة الصحة العالمية (WHO)تلوث الهواء بأنه الحالة التي يكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتوياً على مواد بتركيزات تعد ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئته.

مصادر تلوث الهواء :

هناك مصدرين لتلوث الهواء :-

مصادر طبيعية-	مصادر غير طبيعية-

أولاً: مصادر طبيعية:- وهذه لا دخل للإنسان بها أي أنه لم يتسبب في حدوثها ويصعب التحكم بها وهي تلك الغازات الناتجة من البراكين وحرائق الغابات والأتربة الناتجة من العواصف وهذه المصادر عادة تكون محدودة في مناطق معينة ومواسم معينة وأضرارها ليست جسيمة إذا ما قورنت بالأخرى. ومن الأمثلة لهذه الملوثات الطبيعية :

1- **غازات ثاني أكسيد الكبريت ، فلوريد الهيدروجين ، وكلوريد الهيدروجين ، المتصاعدة من البراكين المضطربة .**
2- **أكاسيد النيتروجين الناتجة عن التفريغ الكهربي للسحب الرعدية.**
3- **كبريتيد الهيدروجين الناتج من انتزاع الغاز الطبيعي من جوف الأرض أو بسبب البراكين أو تواجد البكتريا الكبريتية.**
4- **غاز الأوزون المتخلق ضوئياً في الهواء الجوي أو بسبب التفريغ الكهربي في السحب.**
5- **تساقط الأتربة المتخلفة عن الشهب والنيازك إلى طبقات الجو السطحية.**
6- **الأملاح التي تنتشر في الهواء بفعل الرياح والعواصف وتلك التي تحملها المنخفضات والجيهات الجوية وتيارات الحمل الحرارية من التربات العارية.**
7- **حبيبات لقاح النباتات .**
8- **الفطريات والبكتريا والميكروبات المختلفة التي تنتشر في الهواء سواء أكان مصدرها التربة أو نتيجة لتعفن الحيوانات والطيور الميتة والفضلات الآدمية .**
9- **المواد ذات النشاط الإشعاعي كتلك الموجودة في بعض تربات وصخور القشرة الأرضية وكذلك الناتجة عن تأين بعض الغازات بفعل الأشعة الكونية.**

ثانياً: المصادر الغير طبيعية: وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي أخطر من السابقة وتثير القلق والاهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة وأحدثت خللاً في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي. و بالإمكان تخفيض الضرر الناتج عنها وأهم تلك المصادر:1- استخدام الوقود في الصناعة. 2- وسائل النقل البرى والبحري والجوى. 3- النشاط الإشعاعي.

ملوثات الهواء وأضرار تلوث الهواء على الإنسان:-

آ –غازيه . ب-صلبة او سائله: مثل الدقائقيات بأنواعها /كمافي الجدول التالي

(1) غاز أول أكسيد الكربون	(2)غاز ثاني أكسيد الكربون	(3) غاز كبريتيد الهيدروجين
(4) غاز ثاني أكسيد الكبريت	(5) غاز ثاني أكسيد النتروجين	(6) الرصاص
(7) مركبات الكلورو فلورو كربون	(8) بعض الشوائب والمواد العالقة	(9) الكائنات الدقيقة أو الميكروبات

(1) غاز أول أكسيد الكربون : Carbon monoxide CO:

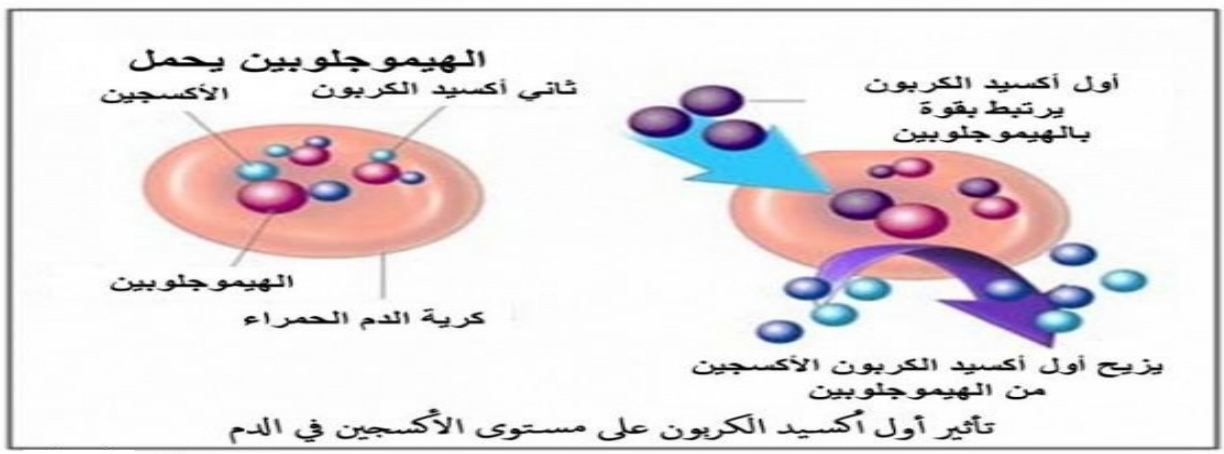
هو غاز ليس له لون ولا رائحة ومصدرة عملية الاحتراق الغير كامل للوقود. ويصدر من عوادم السيارات ومن أحترق الفحم أو الحطب في المدافئ . وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان و الحيوان.يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كربوكسي هيموجلوبين وبذلك يمنع الأكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. وتعتمد سمية أول اوكسيد الكربون علي تركيزه في الهواء المستنشق فتركيز 0,01% من أول أكسيد الكربون يعادل 20% من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :

1- شعور بالتعب 2- صعوبة التنفس . 3- طنين في الأذن

**** في حين تركيز 0.1% من أول أكسيد الكربون يعادل 50% من كربوكسي هيموجلوبين ويؤدي إلى :**

1- ارتخاء في عضلات الجسم وبذلك لا يستطيع المصاب المشي خارج المكان . 2- ضعف في السمع .
3- نقص في الرؤية . 4- غثيان وقيء . 5- انخفاض ضغط الدم . 6- انخفاض في الحرارة . 7- ازدياد النبض مع ضعف في إحساسه .8- أخيراً الإغماء والوفاة خلال ساعتين .

آلية عمل أول أكسيد الكربون على الدم:عند استنشاق أول أكسيد الكربون، فإنه يصل إلى الدم بصورة تدريجية ويرتبط بالهيموجلوبين الحامل للأوكسجين , مما ينتج عنه إزاحة الأوكسجين من الهيموجلوبين. أن الهيموجلوبين يحمل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة, حتى تحصل على كفايتها من الأوكسجين, العامل الأساسي في عملية حرق الطاقة لذلك فإن أول أكسيد الكربون يقلل من كمية الأوكسجين المحمولة للأنسجة،كما أنه يمنع انتقال الأوكسجين المتبقي في الهيموجلوبين إلى الأنسجة التي تحتاج إليه,وينتج عما سبق نقص حاد في مستوى الأكسجين في الأنسجة ويسبب أعراض التسمم, وأول أكسيد الكربون له قابلية أعلى من الأكسجين للارتباط بالهيموجلوبين ب 200 مرة, مما يسرّع من عملية الإزاحة والارتباط بالهيموجلوبين والتسمم. ولحسن الحظ أن عملية التسمم بطيئة إلى حد ما وتحتاج من 8 إلى 12 ساعة من التعرض للغاز حتى يتشبع الدم به. ولكن الأعراض قد تظهر قبل تشبع الدم، كما أن الوفاة قد تحدث قبل تشبع الدم كذلك



(2)تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

- ثاني أكسيد الكربون أحد الغازات المكونة للهواء ، كما يشترك في دورة الكربون في المحيط الحيوي Biosphere ، ونسبته في الهواء منخفضة (حوالي 0.03%) بحيث لا يشكل خطر من وجهة نظر التلوث ، ويتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء ، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول .

- احتراق الفحم $CO2 \longrightarrow C + O2$

- احتراق الغاز الطبيعي $CH4 + O2 \longrightarrow CO2 + 2H$

- ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قد ارتفعت قليلاً في السنوات الأخيرة عن نسبته التي سبق قياسها في بداية هذا القرن ، ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية ، ومحطات الوقود ومحركات النقل في وسائل المواصلات .

- ومن المعروف أن كل جرام من المادة العضوية المحتوية على الكربون تعطي عند احتراقها من 1.5 – 3 جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون . . . وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحترق في الهواء كل عام فنكون قد أضفنا إلى الهواء كل عام نحو 20 مليار طن من غاز ثاني أكسيد الكربون ، وهي تمثل نحو 0.7% من كمية هذا الغاز الموجود طبيعياً في الهواء .

- كما أن إزالة الغابات في بعض الأماكن (مثل البرازيل) تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء ، وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حمضاً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك ، ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض ، كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكوناً مركبات بسيطة مثل بيكربونات وكربونات الكالسيوم وغيرهما .

- ويعتقد كثير من الباحثين أن هذه الزيادة ستنعكس في تغير مناخ الكرة الأرضية . . ويعود هذا التغير إلى أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون تتميز بقدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared (الأشعة الحرارية) ، ونظراً لازدياد تركيز هذا الغاز في الغلاف الجوي سوف تزداد الحرارة الممتصة وبالتالي سترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي .

- ونظراً لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ، ومقدار ما ينعكس منها ويتشتت في الفضاء ، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها ، وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي. وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً بسيطاً إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر . . ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المطردة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة بشكل ملحوظ .

- إن آثار ارتفاع درجة الحرارة لن تكون متساوية ، فمثلاً قد ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة عند خط الاستواء و 12 درجة مئوية في القطبين ، ومن ثم ستكون هنا كفروق إقليمية كبيرة في كيفية تأثر الناس بها والنظم البيئية بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر . وبالرغم من صعوبة التنبؤ الدقيق بآثار ارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة محدودة ، يمكننا أن نتوقع أن ما يلي سوف يحدث في مكان ما :

- **آثار ارتفاع درجة الحرارة الغلاف الجوي:**

- **(أ) انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض ، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى (ب) ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات وإلى (ج) غمر مساحات كبيرة من السهول الساحلية التي تعتبر من أفضل الأراضي الزراعية في العالم ، (د) وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت حيث تجتاح الفيضانات بعض المدن ، كما قد تختفي بعض الجزر ، وفي بعض الأحيان الدول الجزرية وإلى الأبد ، كما ستهدد المنشآت الساحلية مثل الجسور وحواجز المياه والمرافق المرفئية وستتكلف حمايتها نفقات باهظة ،(هـ) كما سيزداد تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة إلى الخزانات الجوفية وتلوثها . (ى) وتفقد الأراضي الزراعية صلاحيتها للزراعة نتيجة لزيادة الملوحة .**

- **2-كما أن توزيع سقوط الأمطار سوف يختل فتعاني بعض المناطق من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول . . وكنتيجة لذلك يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية وتحدث المجاعات .**

- **3- كما أن الثروة السمكية ستتأثر لغمر الشواطئ . . بل أن النظام البحري سوف يختل بوجه عام مما يهدد بفقدان مصدر من مصادر الطعام .**

- **4- وستصبح الزراعة في المناطق الجافة (ونحن منها) أكثر صعوبة . وستتضاءل موارد المياه وستزيد درجة الحرارة المرتفعة من الطلبات على مياه الري .**

- **5- ستسبب درجة الحرارة السريعة في القضاء على كثير من الغابات ، كم ستجد بعض الأنواع أنها في بيئة غير بيئتها حيث لا يتوافر الوقت الكافي للتكيف ، وهذا سيؤدي إلى اضطراب النظم التبيئية وربما إلى الأبد . إذ أن الكائنات الحية يمكن أن تتكيف إلى تغير قدره أو درجة مئوية خلال العقد الواحد .**

- **6- وقد تنمو الغابات في مناطق الآسكا وشمال سيبيريا ويصبح رعى الماشية ممكناً ومتاحاً في أصقاع التندرة الأوراسيه والأمريكية .**

- **ويذكر الخبراء أن الدراسات الحديثة أثبتت أن هذا الانخفاض الحاد في درجات الحرارة الذي تعانيه بعض المناطق على سطح الكرة الارضيه والارتفاع الحاد الذي تعانيه مناطق اخرى(من بداية عام 1992) هو نتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض الناتج عن زيادة الملوثات الجوية وعبث الإنسان بالبيئة ، حيث ازدادت كمية ثاني أكسيد الكربون – وغازات الاحتباس الحراري الأخرى مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروز, وأول أكسيد الكربون والكلورفلوروكربون ,وغيرها من الغازات من الأسباب التي أدت إلى احتفاظ الغلاف الجوي بحرارة تعادل الحرارة الناتجة عن تفجير 50 ألف قنبلة نووية على الأقل .**

وهذه الحرارة الرهيبة هي التي تحدث حالة (الحمى الجوية) وتؤثر في الظروف الجوية في ثلاث اتجاهات .. فهي ذات تأثير يمتد عدة ساعات ، وتأثير آخر قد يمتد إلى عدة أيام ، وتأثير ثالث مستمر مادامت الحرارة محتبسة ... وهناك تأثير آخر يسببه أيضاً اختزان الحرارة في الغلاف الجوي ويؤثر على تحريك الكتل الهوائية.

(3)غاز كبريتيد الهيدروجين H2S:

هو غاز ذو رائحة تشبه البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي sewage . يصدر غاز كبريتيد الهيدرجين عن بعض الصناعات كناتج عرضي أو مباشر ويمكن تلخيص مصادر غاز كبريتيد الهيدروجين الطبيعية الصناعية كما يلي:

***الغازات البركانية. *تخمر النبات والبروتين الحيواني*.-حقول وآبار الغاز الطبيعي *ينتج بفعل البكتيريا في المجاري والبنى التحتية للتجمعات السكنية.*المياه البحيرات الكبريتية الحارة.*البحيرات أو المستنقعات الملحية**
***ناتج عرضي في بعض الصناعات(إنتاج الكوكا، إنتاج الكربون، صناعة الحرير، تفحيم لب الخشب،دباغة الجلود.*نقل وتخزين ومعالجة النفط الخام. *عمليات نزع الكبريت من المشتقات النفطية.*المناجم الأنفاق.*معالجة مياه الصرف الصحي. وهو غاز سام وقاتل ولا يختلف عن أول أكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأكسجين الذي يصل الى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم . وله التأثيرات التالية :**
1- يؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي . 2- يثبط عملية الأكسدة الخمائرية مما يؤدي إلى حدوث اضطراب وصعوبة في التنفس . 3- يسبب خمول في القدرة على التفكير . 4- يهيج ويخشن الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.

(4) غاز ثاني أكسيد الكبريت: SO2

غاز ثاني أكسيد الكبريت هو غاز حمضي يعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية. ويتكون من احتراق أنواع الوقود كالفحم وزيت البترول وأيضاً بعض البراكين تطلق هذا الغاز . ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية, وبذلك يسبب إخلالا بالتوازن البيئي.ويختلط بالضباب الدخاني فوق المدن محدثاً أضرار بالغة كما أشرنا إلى ذلك.

أضرار غاز ثاني أكسيد الكبريت:

1- يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان محدثاً الآم في الصدر . 2- التهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس . 3- التركيز العالية تسبب تشنج الحبال الصوتية وقد تؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق . 4- التعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم وإلى التصلب الرئوي . 5- يسبب تهيج العيون وكذلك الجلد . 6- يسبب الأمطار الحمضية .

(5)الضبخن (Smog)

خليط من الدخان والضباب يتكون فوق المدن والمناطق الصناعية، وهو أحد أنواع تلوث الهواء. كان قديما يسببه احتراق الفحم بكميات كبيرة. وكان ينتج عن اختلاط الدخان بثاني أكسيد الكبريت. أما حاليا فتسببه الانبعاثات والعوادم الصادرة من المصانع والسيارات خاصة الملوثات الهيدروكربونية وأكاسيد النيتروجين التي تنبعث منها فتتحول بفعل أشعة الشمس إلى ملوثات مؤكسدة مثل غاز الأوزون. وهو ما يسمى بظاهرة الضباب الضوئي الكيميائي (Photochemcal smog).

في وجود ظاهرة الضبخن يكون لون الهواء بنيًا وله رائحة كريهة ويرتبط حدوثه بارتفاع درجات الحرارة. ومن الملوثات الأخرى المتسببة في ظهوره إلى جانب غاز الأوزون: أكاسيد النيتروجين، الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون.معظم المدن الكبرى مثل لندن ولوس أنجيليس ومدينة مكسيكو والقاهرة تعاني من مناسيب خطرة من الضبخان.

كيفية تكون الضباب الدخاني

تتكون غازات عوادم السيارات من أكاسيد الكربون و مركبات هيدروكربونية لم تتأكسد تأكسداً تاماً بالإضافة إلى وجود بعض أكاسيد النيتروجين . تتأكسد الهيدروكربونات التي لم تحترق احتراقاً تاماً و الصادرة عن عوادم السيارات في ظل وجود الأكسجين الحر مكونةً ألدهيدات أو كيتونات . كما أن المركبات الهيدروكربونية تتفاعل مع شقوق الهيدروكسيل و الأكسجين و أكاسيد النيتروجين لتنتج مركب بيروكسي أسيل نيترات PAN . و يعتبر هذا المركب من أهم مصادر الضباب الدخاني. و نظراً لاحتواء الخليط الغازي السام على غاز ثاني أكسيد النيتروجين الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية ، فإنه يتفكك إلى أكسيد النيرتيك و أكسجين ذري ، و هذا الأخير يتفاعل مع جزيئات الأكسجين ليتكون الأوزون ، الذي يدخل في سلسلة من التفاعلات مع الهيدروكربونات النشطة و الموجودة في الخليط ... و نتيجة لهذا التفاعل الكيميائي الضوئي يتكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقاً في الهواء و يغلف جو المدن مسبباً احتقان الأغشية المخاطية و حرقة في العيون و زيادة في أمراض الجهاز التنفسي .

PAN (peroxyacetyl nitrate) $CH_3COOONO_2$

يعد ال(PAN) واحد من المحسسات القويه للجهاز التنفسي ,والعيون,والموجوده في الضبخن(SMOG).يتكون من النترات التي تظهرفي التوازن الحراري بين جذور البيروكسي العضويه ,بالطور الغازي لأكسده مجموعة متنوعة من المركبات العضوية المتطايرة , أو عن طريق الألدهيدات وغيرها من المركبات العضوية المتطايرة المؤكسدة.بوجود (NO2).

المعادله

$$\text{Hydrocarbons} + O_2 + NO_2 + \text{light} \rightarrow CH_3COOONO_{2(PAN)}$$

$$C_xH_yO_3 + NO_2 \rightarrow C_xH_yO_3NO_2$$

(6) الرصاص

الرصاص عنصر كيميائي له الرمز Pb والعدد الذري 82 في الجدول الدوري. ويعد أحدالفلزات الثقيلة السامة، عرف منذ القدم لسهولة الحصول عليه من فلزاته. ويوجد الرصاص في الطبيعة كمركب كبريتيد الرصاص PbS، يعد الرصاص من أقدم الفلزات المكتشفة والمستخدمة عبر التاريخ وذلك نظرا لكونه مطاوعا سهل السبك ودرجة انصهاره منخفضة. كما أنه يتفاعل مع الكثير من الحوامض والقواعد مكوناً أملاحاً بعضها قابل للذوبان في الماء. وسواء كانت أملاحه قابلة للذوبان أم لا، فإن مركباته جميعها شديدة السمية، ولذلك يجب الحذر من التعامل مع الرصاص ومركباته.

إستخدامات الرصاص

1-يستخدم الرصاص أساسًا في مجال صناعة بطاريات التخزين (المراكم) الحمضية الرصاصية. وتحتوي هذه البطاريات على الرصاص النقّي ومركبات الرصاص، وهناك أجزاء معينة منها تكون مصنوعة من سبيكة الأنتيمون-الرصاص. وتوفر هذه البطاريات القدرة اللازمة لتحريك الأنظمة الكهربائية في الطائرات والسيارات وفي كثير من وسائل النقل الأخرى.

2-ويُستخدم الرصاص أيضًا في إنتاج رابع إثيل الرصاص ورابع ميثيل الرصاص، وهي مادة تضاف إلى البنزين لتحسين أداء محركات سيارات معينة. لكن احتراق رابع إثيل الرصاص في المحركات تنتج عنه مواد كيميائية تسهم بدورها في تلويث الهواء. وهناك كثيرٌ من الأقطار الصناعية استخدمت البترول الخالي من الرصاص.

3-تتميز كثيرٌ من مركبات الرصاص بأهمية في صناعة بعض الدهانات والأصباغ. من ذلك مثلاً، دهانات مركبات الرصاص التي يطلق عليها اسم الرصاص الأحمر والرصاص الأبيض. وهي تستخدم في طلاء القناطر والجسور والأبنية الحديدية الأخرى وذلك بهدف منع التآكل.

4-ويَستخدِم أصحاب المصانع أيضًا مركبات الرصاص في المواد المتفجرة والمبيدات الحشرية، وفي صناعة الخزف والزجاج ، وفي المنتجات المطاطية.

5-ولسبائك الرصاص استعمالاتٌ متعددة. فأغطية الكبلات المصنوعة من الرصاص تحمي كلاً من الهواتف وخطوط القدرة الكهربائية من الرطوبة والتآكل. ويستخدم أصحاب مصانع السيارات والأدوات الإلكترونية سبيكة قصدير ـ رصاص ويطلق عليها سبيكة لحام لربط أو وصل السطوح الفلزية.

6-كما يستخدم منتجو الآلات والمعدات الثقيلة سبيكة الرصاص المسماة معدن بابيت أو المعدن الأبيض، وذلك للحصول على محامل. والمقصود بالمحامل الأجزاء الآلية التي تقلل من احتكاك الأجزاء المتحركة للمعدات الثقيلة مع بعضها بعض. والواقع أن خاصية المقاومة القوية للرصاص ضد التآكل تجعله يتمتع بأهمية خاصة في مجال الصناعة الكيميائية . فالأنابيب وصهاريج التخزين، والمعدات الأخرى المصنوعة من سبائك الرصاص تستخدم لشحن مواد كيميائية معينة وتخزينها وحفظها.

7-ومن ناحية أخرى، فإن الكثافة العالية للرصاص تجعله حجابًا واقيًا جيدًا ضد الإشعاع. لذا فإن صفائح سبائك الرصاص تستخدم في تبطين جدران حجرات الأشعة السينية في المستشفيات، والمفاعلات النووية، وتلك الوسائل الأخرى التي توجد بها المواد ذات الفاعلية الإشعاعية. وبالإضافة إلى ذلك، فإن النفايات الإشعاعية توضع في حافظات مصنوعة من الرصاص لشحنها وللتخلص منها.

8-ونظرا لدخول الرصاص في أحبار طباعة الصحف فإنه ينصح بعدم استخدام ورق الصحف في تغليف المواد الغذائية أو في امتصاص الزيت الزائد بعد قلي الخضراوات كما في حالتي البطاطس والباذنجان كما ينصح بغسل الأيدي جيدا بعد قراءة الصحف.

يتعرض الإنسان للتسمم بالرصاص ::نتيجة استنشاق أبخرته وغباره أثناء عملية صهر الرصاص أو في صناعة المبيدات الحشرية، أو صناعة الفخار وصناعة المدّخرات، أو بملامسة البنزين الحاوي على مضافات رصاصية. واستنشاق أبخرته أخطر أنواع التعرض للرصاص، كما تدخل كميات صغيرة منه إلى جسم الإنسان عندما توجد آثار صغيرة منه في المواد الغذائية.

ويمتص الجسم الرصاص ببطء عن طريق الأمعاء الغليظة والأمعاء الدقيقة، إلا أن عملية طرحه خارج الجسم أبطأ، وتتوزع مركبات الرصاص العضوية في الجسم وتستقر في الأغشية اللينة خاصة في الكبد والكليتين، وبمرور الزمن ينتقل منها ويتوضع في العظام والأسنان والمخ.

وتكون خطورة التسمم بالرصاص شديدة حينما يتعرض المرء للرصاص على مدى فترة زمنية طويلة . يؤثر الرصاص في إنتاج خلايا الدم الحمراء وقد يؤدي إلى تلف في الدماغ، والكلى، أو في الأعضاء الأخرى من الجسم. كما يعاني أغلب ضحايا التسمم الرصاصيّ من التعب والإجهاد والصداع أو من تشنجات عضلية في المعدة، أو من أعراض أخرى. وربما يكون التعرض المفرط للرصاص مهلكًا وقاتلاً، لكن مثل هذه الحالات يندر وجودها.

ان الغازات المنطلقة من عوادم السيارات التي يُستَخْدَم فيها البترول المعالج بالرصاص، وكذلك الغبار والأبخرة المنطلقة من المعامل الكيميائية التي يتم فيها استخدام الرصاص. مما يحدث تهيجا في أغشية الشعب الهوائية فتحدث حالات ربو ونزلات شعبية، وأحيانا يحدث تليف بالنسبة للقلب. وأوضحت الدراسات أن ما بين 66 و 80 % من كمية الرصاص ترتبط بالعوالق ذات الأقطار الأقل من 10 ميكرون، وكمية الرصاص المرتبطة مع العوالق ذات الأقطار الأقل من 3 ميكرون (PM3) تشكل نسبة تتراوح بين 50 و 72% من كمية الرصاص، وهذا يعني أن القسم الأكبر من الرصاص يمكن أن يصل إلى الأسناخ الرئوية ويمتص في الرئتين ويصل إلى الدم. ويختلف الأشخاص في مدى تأثرهم بالتلوث بالرصاص، فأكثرهم تأثرا به هم صغار الأطفال والحوامل والكثير منهم يتناولون شققا من الطلاء الجاف المحتوي على رصاص يتعرضون للتسمم الرصاصي. (والواقع أن مثل هذا الطلاء يوجد في كثير من المباني القديمة), لقابليتهم المرتفعة لامتصاص عنصر الرصاص، فيظهر على صغار الأطفال نقص في معدلات الذكاء (IQ) مع صعوبة في التركيز قد تصل بهم إلى حالة تخلف عقلي ويرجع ذلك إلى ترسيب الرصاص في المخ وما يحدثه من إعاقة لنمو خلايا المخ وباقي الجهاز العصبي كذلك فإن النمو العام للطفل يتأثر بذلك وقد وجد أن ارتفاع معدلات الرصاص عند الحوامل أدت إلى نقص أوزان أجنتهن، وقد ينتج عن ذلك التلوث ولادة أطفال متخلفين عقليا أو مشوهين.

(7)الزئبق المحمول في الهواء

الزئبق عنصر كيميائي له الرمز Hg والعدد الذري 80 في الجدول الدوري، وهو سائل فضي, يطرح سنوياً ما يقدره بعض المختصين بين 4000 وَ 10000 طن من الزئبق في البحار, 40 % منها تقريبا طن من أسباب طبيعية مثل البراكين والنحت الطبيعي للصخور المتضمنة للزئبق والباقي من المخلفات الصناعية وخصوصاً حرق القمامة واستهلاك الفحم الحجري وصنع الاسمنت ,يتبخر الزئبق وينتشر مع الهواء وقد يسافر إلى أماكن بعيدة جداً لكنه في النهاية يترسب في البحار والبحيرات وهنا تكمن المشكلة ذلك لأن الأسماك تمتص هذا الفلز ليتخزن في جسمها. يدخل الزئبق ومركباته في العديد من الاستخدامات، حيث يستعمل في المجالات الصناعية مثل إنتاج مواد كغاز الكلور وصناعات الورق والكهربائية مثل إنتاج المصابيح والبطاريات والكيماوية مثل صناعات الأصباغ وغيرها والصيدلانية مثل صناعة بعض العقاقير والطبية مثل استعماله في صنع حشوات الاسنان والعلمية مثل إنتاج المحاليل وكذلك إنتاج مبيدات الفطريات الطبية.

تأتي خطورة الزئبق في تأثيراته المدمرة على مدى الطويل للجهاز العصبي المركزي وما ينتج عن ذلك من اختلال في وظائف الجسم الأخرى، والتعرض يكون عن طريق التنفس من تلوث الهواء أو عن طريق الشرب من تلوث مياه الجوفية أو مياه الأنهار أو مباشرة عن طريق ملامسة الجلد.

(8)مركبات الكلورو فلورو كربون

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الرذاذات المضغوطه التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق وكذلك يمكن استخدام مركبات الكلورفوروكربون على هيئة سائل في أجهزة التكيف والتبريد ثلاجات المنازل . كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراق غير كامل يؤدي إلى انتشار هذه المركبات في الجو . يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بعد 18كم فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة الفوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون . ولقد تنبهت العديد من الدول لخطورة هذه المركبات وبدأت بعضها في حظر إنتاجها مثل الولايات المتحدة الأمريكية والسويد وكندا والنرويج وغيرها وذلك منذ عام 1982. وهناك محاولات لاستبدالها بمواد نافعة أخرى من بينها استعمال خليط من غاز البيوتان والماء ويطلق عليه اسم اكواصول aquasol ولا تحتوي على الكلور و الفلور.ويأتي نتيجة تفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربون في وجود أشعة الشمس وهو أحد مكونات الضباب الدخاني (Smog)..ينتج عن بعض صناعات التبريد وغازات الدفع وإطفاء الحرائق و مخلفات الطيران النفاث العادمة بعض المركبات التي تسمى بمركبات

الكلوروفلوروكربون (CFC) أو الفريونات والتي تتفاعل مع غاز الأوزون (O3) الموجود في طبقة الستراتوسفير محولة إياه إلى أكسجين (O2) .ويمكن أن تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق .تتلخص مهمة الأوزون في الستراتوسفير في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية مانعا إياها من الوصول لسطح الأرض وهذا سبب ارتفاع الحرارة في الستراتوسفير .وصول الأشعة فوق البنفسجية (UV) إلى سطح الأرض سوف يؤدي إلى زيادة الحرارة أيضا بالإضافة لخطرها على صحة البشر .وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً. وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفبر stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة الفوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون بتدمير جزيئات الأوزون من خلال تفاعلات تسلسلية .وقد تبين أن كل ذرة كلور واحدة قادرة على تخريب (100.000) مائة ألف جزيئة أوزون .وقد قدر خبراء البيئة بأنه لو توقف العالم عن إنتاج و استخراج المواد المستنفدة لطبقة الأوزون بشكل تام و نهائي الآن فإن عودة تراكيز الأوزون إلى وضعها السليم في الاستراتوسفير يحتاج إلى 40 سنة كاملة.

(9)

الدقائقيات: Particulates

يقصد بالدقائقيات كافة المواد المنتشرة في الهواء سواء كانت دقائق صلبة أو مطيرات سائلة عالقة في الهواء. وتتنوع اشكال الدقائقيات وتركيبها الكيمياوي وتأثيراتها السمية أو الصحية وتعتمد حركتها وبقائها في الهواء وكذلك العمق الذي تدخله في الجهاز التنفسي على قطر هذه الدقائق أو القطيرات. ان الغالبية العظمة من الدقائقيات هي ذات منشأ طبيعي مثل الدقائق الترابية والرملية المتطايرة من الأراضي الجرداء والصحاري . اما المصادر غير الطبيعية (البشرية المنشأ) فتشمل عمليات حرق الوقود في الصناعة وانتاج الطاقة وانتاج الاسمنت وطحن الحبوب وغيرها أو في المواصلات وما ينبعث عنها من كميات كبيرة من الدقائق الكاربونية التي تدعى بالسخام soot وقد تصدر من رش المبيدات في الحقول فضلاً عن عمليات الانشاء والبناء وتعبيد الطرق وغيرها.

تصنيف الجسيمات الملوثة للهواء تبعا لطبيعتها

ان أهم أنواع المجاميع الرئيسية للدقائقيات في الهواء هي:

١. الرمال أو الحبيبات الرملية Grit

وهي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يزيد قطرها عن (٥٠٠) ميكرون أي (٠.٥) ملم.

٢. الغبار Dust

وهي الدقائق الصلبة العالقة في الهواء والتي يتراوح قطرها بين (٢٥-٢٠٠) ميكرون

٣. الدخان Smoke

وهو عبارة عن المواد الدقيقة الناتجة من عمليات الحرق المختلفة والتي تطلق دقائق لا يزيد قطرها عن (٢) ميكرون ويشكل الكاربون غالبيته العظمى.

٤. الهباء الجوي Aerosol

وهي الدقائق الصلبة أو السائلة العالقة في الهواء والتي يقل قطرها عن (١) ميكرون.

٥. الضباب Mist

يشمل الضباب كل من القطيرات السائلة والعالقة في الهواء التي تصل اقطارها إلى (١٠٠) ميركون احياناً ويدعى كذلك بالضباب الدخاني (السديم) smog (fog + somke).

٦. السخام Soot

وهو عبارة عن جزيئات الكاربون المتناهية الدقة التي تتجمع بصورة سلاسل طويلة.

٧. حبوب اللقاح Pollen grains

يلاحظ في الربيع تكثر جسيمات تنطلق من النباتات الزهرية التي هي حبوب اللقاح . وتمتاز دقائقها بكبر حجمها. وقد يتعرض بعض السكان إلى اعراض حالات من الحساسية الجلدية أو تورم العينين أو رشح الانف وغيرها.

و يمكن تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها الى ما يلي:

(1) الجسيمات المتساقطة **و هي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الأرض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الأرضية، و يطلق عليها اسم الغبار الساقط. و يزيد قطر هذه الجسيمات عن عشرة ميكرومترات، و هذه الجسيمات لها تاثير على العيون و المنشأت الصناعية و الأبنية و الممتلكات، و لها تأثير خفيف على المجاري التنفسية للإنسان لأن شعيرات الأنف تعمل على حجز و ترسيب جزء كبير منها و خاصة الجسيمات التي يزيد قطرها عن مائة ميكروميتر.**

(2) الجسيمات العالقة الكلية : **يرمز لهذه الجسيمات بالرمز TSP Total Suspended Particulates و هي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين من 0.1 إلى 10 ميكروميترات، و تبقى فترة طويلة معلقة في الهواء. أما معدل ترسبها فهو بطيء نسبيا و يتوقف على الظروف الطبيعية من رطوبة أو رياح أو حرارة و غيرها . و تعتبر الجسيمات العالقة أخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن أن تصل للرئتين و تستقر هناك.**

(3) الجسيمات العالقة الدقيقة **و هذه الجسيمات صغيرة جداً و قطرها أقل من 0.1 ميكروميتر، و من الصعب ترسبها و لها حركة عشوائية و قد تتجمع مع بعضها البعض ليزداد حجمها إلى أكثر من 1 ميكروميتر. و يصل عددها في الهواء النقي إلى عدة مئات في السنتيمتر المكعب، أما في الأجواء الملوثة فيصل عددها إلى اكثر من 100 ألف في السنتيمتر المكعب. و لا تشكل هذه الجسيمات خطراً كبيراً على صحة الإنسان، مع أنها تصل إلى الرئتين بسهولة، حيث تستطيع الرئتين نفثها أثناء الزفير.**

مصادر الملوثات الجسيمية

تنبعث إلى الهواء كثير من الملوثات الجسيمية من العديد من المصادر الطبيعية و الصناعية. و يعتبر احتراق الوقود من النفط و الفحم الحجري و فحم الخشب النباتي من المصادر الأساسية لتلوث الهواء بالجسيمات الهيدروكربونية و بالألياف المعدنية. كما يعتبر استخدام مبيدات الحشرات و القوارض و النباتات الصغيرة من أهم مصادر تلوث الهواء بالجسيمات الكيماوية الفعالة شديدة الخطورة. و تشكل مصانع الأسمنت و محطات تصنيع الحجر الجيري و حجر الرمل مصدراً لتلوث الهواء بالجسيمات خاصة اذا كانت تلك المصانع لا تستخدم مرشحات لحجز الجسيمات.كما أنّ استخدام مواد التنظيف المختلفة يؤدي إلى انطلاق كميات كبيرة منها على شكل رغوة أو جسيمات، و تنطلق إلى الهواء أيضاً ألياف غير معدنية كألياف السيليولوز من المناجر و ألياف قطنية من مصانع الملابس، هذا بالاضافة إلى الألياف المعدنية (الاسبستوزات) التي تنطلق من ورش تصليح السيارات و صناعة الألمونيوم و من استخدام فرامل السيارات. كما تساهم الصناعات الغذائية المختلفة في تلوث الهواء بالجسيمات المتعددة.

بالاضافة إلى ما سبق فإنّ وجود ملوثات أولية غازية في الهواء يؤدي إلى تكون جسيمات صلبة أو سائلة، حيث تتكون جسيمات الكبريت من أكاسيد الكبريت الغازية، و جسيمات النترات من اكاسيد النتروجين، و يتكون رذاذ الأحماض من أكاسيد الكبريت و النتروجين. و تشارك بعض المصادر الطبيعية في تلوث الهواء بالجسيمات، حيث تحمل الرياح كثير من جسيمات الأتربة و الرمال و الغبار، و كذلك تنطلق حمم البراكين حاملة معها جسيمات عديدة بعضها مواد مسرطنة و تساهم الرياح و الأمواج في حمل رذاذ الأملاح من مسطحات البحار و المحيطات.

إمصير الجسيمات العالقة في الهواء

تظل الجسيمات عالقة في الهواء لفترات زمنية متفاوتة قد تكون ثوان محدودة أو عدة أيام أو شهور إلا إنها في النهاية ستهبط على الأرض و ستزال من الغلاف الجوي، و تعتمد فترة بقاؤها في الغلاف الجوي على سرعة الرياح و أحجام الجسيمات و وجود الرطوبة و نزول الأمطار و الصقيع التي تغسل الغلاف الجوي من الملوثات. و لا ينتهي التأثير إلى هنا بل إنها تلوث الغطاء النباتي و المسطحات المائية و الممتلكات و يعتمد تأثيرها على العديد من العوامل.

ومن المهم ذكر أن بعض الجسيمات تقلل كمية الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض، فهناك ظاهرة التسخين الحراري للمدن بسبب بعض ملوثات الهواء الغازية مثل الأوزون و ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء و مركبات الكلورو فلورو كربون .و بالتالي فإن الجسيمات تقلل من التأثير الحراري لأشعة الشمس. كما أن الجسيمات الدقيقة تلعب دوراً مهماً في عملية تكوين المطر، حيث تتكثف حبات المطر حولها. و لا ننسى الدور الذي تلعبة مياه الأمطار في تنظيف الغلاف الجوي مما علق به من غبار بالإضافة إلى أن الماء عنصر رئيس من عناصر الحياة لا يقل أهمية عن الهواء.

التأثيرات الصحية للدقائقيات

ويرتبط حجم الجسيمات ب قدرتها على التسبب في مشاكل صحية. فالجسيمات الصغيرة تشكل أكبر المشاكل خاصة تلك التي يقل قطرها من 10 ميكرومتر في ، لأنها يمكن أن تصل الى الحويصلا ت الرئويه في الرئتين، و قد تصل الي مجرى الدم. ان التلوث بالجسيمات خاصة المواد الصلبة المجهرية أو قطرات سائلة الصغيرة التي يمكن أن تصل الى عمق الرئتين وتسبب مشاكل صحية خطيرة. وربطت دراسات علمية عديدة التعرض للتلوث الجسيمات لمجموعة متنوعة من المشاكل، نوجزها:الموت المبكر للأشخاص الذين يعانون من أمراض القلب أو الرئة , التعرض لأزمات قلبية غير مميتة، عدم انتظام ضربات القلب، تفاقم نوبات الربو ، انخفاض وظائف الرئة، و زيادة أعراض الجهاز التنفسي، مثل التهاب الشعب الهوائية والسعال أو صعوبة في التنفس.

(10)التدخين

يعتبر دخان التبغ الصادر عن السجائر والسيجار والغليون والأرجيلة وغيرها ، خليطا Mixture كيميائيا معقدا للغاية وخطيرا على صحة الإنسان وعلى كافة عناصر البيئة ، فهو يحتوي على أكثر من 3800 مادة كيميائية سامة ، ومن أهمها نذكر

1- أول أكسيد الكربون CO
2- وكبريتيد الهيدروجين H2S
3- الأمونيا NH3
4- الفورمالدهايد
5- الأسيتالدهايد
6- سيانيد الهيدروجين HCN
7- بالإضافة إلى طائفة كبيرة من الأحماض المختلفة ، من أهمها حامض الكربونيك H2CO3 وحامض النيتريك HNO3 وحامض الخليك CH3COOH وحامض الفورميك HCOOH
8- إن دخان التبغ الساخن يحمل أيضا مجموعة ضخمة من المركبات العضوية المسرطنة والتي أثبتت التجارب المخبرية مدى خطورتها ، بحيث صنفت عالميا على إنها من المركبات الخطرة جدا ، ومن هذه المواد نذكر مادة البنزوبيرين Benzopyrene والتي تعمل على تدمير وإتلاف الخلايا المنتجة للأهداب وللخلايا المخاطية الواقية في الجهاز التنفسي

للمدخنين وأيضا تدمر كافة الممرات الهوائية للإنسان المدخن أو الذي يستنشق الهواء الملوث بالدخان ، وما ينجم عن ذلك من التهابات مزمنة في القصبات الهوائية .

9- لقد دل التحليل المخبري لدخان السجائر ولدخان كافة أنواع التبغ ، احتوائه على مركب القطران ,وهي مادة لزجة تشبه شكلها الزفت الذي يستخدم في رصف الشوارع وينتج القطران من احتراق التبغ ويؤدي إلي انسداد المجاري التنفسية هذا الشكل اللزج عبارة عن مادة صمغية وهي "هيدروجين فحمي" وتستخدم هذه المادة أساسا في المتفجرات ومواد الطلاء وهذه المادة تسبب السرطان بسبب المادة الموجودة فيه وهي " البنزوبايرن"

10- مركب النيكوتين والذي هو عبارة عن مادة منبهة للجهاز العصبي المركزي ، ومن المعروف أن مادة النيكوتين تحدث تغيرات كيميائية وفسيولوجية ونفسية حادة لدى المدخنين ، كتسارع نبضات القلب وزيادة عددها بشكل كبير وارتفاع ضغط الدم وزيادة إفراز بعض هرمونات الغدد الصماء ، كهرمون الأدرينالين والذي يؤثر بدوره على عمل الجهاز العصبي ، أيضا بينت الدراسات الطبية أن النيكوتين يعمل على زيادة نسبة الحوامض الدهنية في الجسم.

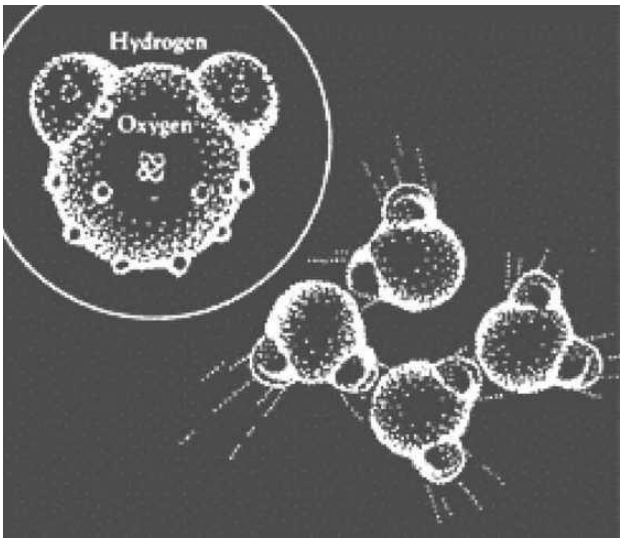
11- كذلك فقد بين التحليل الكيميائي لدخان التبغ ، احتوائه على نسبة من الكحول الميثيلي CH_3OH والذي يتسبب في حدوث العمى المؤقت لدى بعض المدخنين ومما يفاقم الوضع سوءا ، إذا كان المدخن مصابا بمرض السكري ، حيث قد تحدث حالة من العمى الدائم لديه بسبب تراكم هذا الكحول في دمه ، ولا يقتصر خطر دخان التبغ على المدخنين بل يطال كل من يستنشق هواء ملوثا بهذا الدخان السام والقاتل ،ففي عام 1990 بينت إحدى الدراسات التي أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية أن التدخين يتسبب سنويا في قتل ما يزيد عن ستة أضعاف من ماتوا في الحرب الفيتنامية ، كذلك وجد انه يموت سنويا أكثر من 3500 شخص بسبب سرطان الرئة الناتج عن دخان التبغ .

اضرار التدخين الصحية :

- سرطان الرئة وتظهر بنسبة 70% لدى المدخّنين أكثر من غيرهم .
- سرطان الحنجرة ويظهر بنسبة 10 % لدى المدخنين أكثر من غيرهم .
- الإمراض القلبية المختلفة و- ارتفاع الضغط الدموي وتسارع في نبضات القلب أكثر من المعتاد
- الزيادة في نسبة الكولسترول في الدم .- الرائحة الكريهة المنبعثة من الفم وتسوس الأسنان
- التهاب اللثة .- سرطان الشفة - سرطان اللسان .- فقدان الشهية للطعام - الأرق والتعب - التهاب القرحة المعدية .
- تأثير خطير على الأعصاب حيث يعتبر التدخين سم الأعصاب .- تأثيره على الحواس الخمس
- يضعف القدرة الجنسية لدى الجنسين . - على الجهاز العصبي مما يضعف الذاكرة .
- الصدعات المتكررة المزمنة . - تأثيره على الجنين والمرأة الحامل .

خـــــــواص المـــــــــاء الكيميائيـــــــــة والفيزيائيـــــــــة:

1ـــ الرابطـــة التســـاهميه القويـــة : إن البنـــاء الفريـــد للمـــاء يجعـــل جزيئاتـــه متماســـكة ومرتبطـــة بـــروابط هيدروجينيـــة، ويصـــبح كـــل جـــزيء مرتبطـــاً بأربعـــة جزيئـــات مجـــاورة، وكـــل منهـــا بأربعـــة، وهكـــذا تبـــدوا جميـــع الجزيئـــات مرتبطـــة بـــبعض فـــي شـــبكة فراغيـــة متماســـكة(الترتيب اللاخطـــي) ممـــا اعطـــى للمـــاء اســـتقراره الحـــراري، ولـــولا هـــذا لكانـــت درجـــة غليـــان المـــاء (-٨٠م) وفقًـــا لوزنـــه الجزيـــيء الصغيرولاســـتحال وجـــود الماء على بأشكاله المختلفة على سطح الأرض ولاستحالت الحياة .



2- السعة الحرارية الكبيرة للماء : من المعلوم أن درجة غليان الماء مرتفعة وذلك لقوة رابطته التساهميه لذلك فهو يمتص قدرة حرارية كبيرة لكي يتبخر حيث كل غرام من الماء السائل يحتاج إلى ٥٤٠ سعره ليتحول إلى بخار وهذه الخاصية تعطي الماء دوراً فريداً في نقل القدرة من مكان لآخر، فالماء الذي يتبخر من المحيطات تسوقه الرياح مئات وآلاف الكيلومترات إلى أماكن باردة فعند تبرد البخار وتحببه وتساقطه على شكل قطرات مطر ينشر معه الطاقة التي أمتصها أثناء تبخره فيساهم في رفع درجة الحرارة في تلك المناطق وتلطيف حرارة الجو وكذلك في أثناء تساقط الثلوج , وهذه الحرارة المنتشرة كبيرة إذا ماعلمنا أنه يتبخر كل عام ٥٢٠ ألف كيلوا متر مكعب من الماء.

3- تمدد الماء عند تصلبه : من المعروف ان كل الجوامد يتناقص حجمها عندما تبرد ، و هذا ينطبق على جميع أنواع السوائل المعروفة على السواء عندما تتناقص درجات حرارتها ، وأثناء ذلك تتناقص حجمها، و أثناء تناقص حجمها تزداد الكثافة، وبالتالي تغدوا الأجزاء الباردة من السائل أثقل ، ولهذا السبب تزن الأشكال الصلبة للمواد أكثر (بالحجم) من كونها في الشكل السائلي لكن توجد حالة واحدة لا ينطبق فيها هذا القانون و هي حالة الماء ، فهو مثل جميع السوائل يتقلص في الحجم كلما صار أبرد ، ويفعل ذلك فقط مادامت درجة حرارته فوق أربع درجات مئوية ، و لكن ما أن يصل لدرجة أربع درجات مئوية خلافاً للسوائل المعروفة فإنه يبدأ بالتمدد ، وأخيراً عندما يتجمد فإنه يتمدد أكثر من ذلك ، و نتيجة لتصلب الماء و تمدده يصبح وزنه أخف من الماء السائل فيطفوا على سطح الماء، ولهذه الخاصية فائدة عظيمة للكائنات المائية التي تعيش في المناطق الباردة والمتجمدة فعندما تنخفض درجة حرارة الماء في فصل الشتاء في الأحواض المائية (نهر _بحيرة _ بحر...) نتيجة انخفاض درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط تتجمد طبقة الماء السطحية فتتمدد وتزداد كثافتها فتطفوا على سطح الماء وتشكل عازلاً طبيعياً بين الغلاف الجوي البارد والماء أسفل الحوض فتساهم تلك الخاصة في خفض درجة حرارة الماء بأعتدال مما يحول دون تجمد الحوض المائي فيساهم هذا العازل الطبيعي إضافة إلى الحرارة المنتشرة من تجمد الجليد على تلطيف حرارة الماء والمحافظة على حياة الأحياء المائية وتجنيبها خطر التجمد والموت.

4- التوتر السطحي (الشد السطحي) للماء عالية: نتيجة لقوى التجاذب بين جزيئات الماء يلاحظ أن قيمة التوتر السطحي للماء عالية جداً وتبلغ ٧٢ ميلي نيوتن /المتر وهي تفوق الضغط الجوي فهذه الخاصة هي التي تجعل الماء يرتفع بنفسه في الأوعية الشعرية في الأشجار وتعرف بالخاصة الشعرية فيحمل الماء من خلالها الغذاء إلى الخلايا النباتية حتى ارتفاعات عالية ، كما أنها هي المسئولة عن تحريك الماء في المسامات والفراغات والأقنية والشقوق الدقيقة في التربة والصخور نحو الأعلى حتى تتساوى قوة التوتر السطحي للماء مع قوة الجاذبية الأرضية مم يسهل على جذور النباتات الحصول على الماء في المناطق الجافة والصحراوية.

5- تعد قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء عالية جداً وهي نحو (٨٠) في جزيئات الماء وتكون مراكز الشحنات الموجبة والسالبة منزاحة كثيراً عن بعضها البعض، فنلاحظ أنه عند غمر جسم ما في الماء نلاحظ أن القوى الناشئة بين الجزيئات أو الذرات على سطحه تضعف تحت تأثير الماء مئة مرة تقريباً ، فإذا أصبحت الرابطة بين الجزيئات غير قادرة على مقاومة فعل الحركة الحرارية بدأت جزيئات الجسم أو ذراته بالانفصال عن سطحه والانتقال إلى الماء، وبدأ الجسم عندئذ بالذوبان حيث يتفكك إلى جزيئات مستقلة كما يحدث للسكر عند ذوبانه في كأس من الشاي أو يتفكك إلى جسيمات مشحونة (أيونات) كما يحدث لملح الطعام.

و يعتبر الماء ، بفضل ثابت عزله الكهربائي الكبير جداً، من أقوى المذيبات ، فباستطاعته أن يذيب عدد كبيرمن الصخور الملحيه على سطح الأرض، والماء يفتت ببطء الغرانيت ويسحب أو يمتص منه الأجزاء السهلة الذوبان فتحمل مياه الأنهار والجداول والسواقي الشوائب المنحلة فيها وتقذف بها في المحيطات التي تتراكم فيها الأملاح والشوائب على مدى العصور ،لذلك تكون مياه البحار والمحيطات مشبعة بالأملاح والمعادن والشوائب التي بدورها تمنع المياه من أن تتحول إلى مستنقعات فتموت بالتالي معظم الأحياء البحرية. و لهذه الخاصة أهمية كبيرة للنبات فالماء يذيب الأملاح والمعادن والشوائب الضرورية لحياة النبات التي تنتقل عبر الأنابيب الشعرية إلى الخلايا النباتية .

6.المفعول(الأعلى، الأخفض) للتجمد :

تتجمد السوائل عادة من الأسفل نحو الأعلى لكن الماء على العكس فهو يتجمد من الأعلى نحو الأسفل، وطبعاً هذه أول خاصة غير مألوفة للماء، وهذه الخاصة هي خاصة حاسمة لبقاء الماء على سطح الأرض، وإذا لم تكن تلك الخاصة محققة، أي إذا كان الجليد لا يطفو فكثير من ماء كوكبنا سوف يحتجز بشكل جليد، عندئذ تصبح المياه غير ممكنة في بحارها وبحيراتها وبركها وأنهارها .

يوجد العديد من الأماكن في الأرض حيث تهبط درجات الحرارة في الشتاء إلى ما دون الصفر المئوية، ، وطبعاً مثل ذلك البرد سيؤثر في ماء البحار والبحيرات فتأخذ تلك العوالم المائية بالتبرد شيئاً فشيئاً وتبدأ أجزاء منها بالتجمد فإذا كان الجليد لا يسلك الطريق التي يسلكها عادة وهي أنه يطفو، فالجليد سوف يغرق للأسفل بينما الأجزاء الأدفئ من الماء سوف تصعد للسطح وتتعرض للهواء الذي درجة حرارته مازالت تحت التجمد، فيحدث تجمد تالي وهكذا تغرق كلها إلى الأسفل، وسوف تستمر هذه العملية حتى لا يصبح هناك ماء سائل موجود على الإطلاق، لكن ليس ذلك هو ما يحدث، بل ما يحدث هو شيء آخر مختلف أي ما يحدث بدلاً من ذلك هو التالي : أثناء تبرد الماء يتزايد الماء في ثقله حتى تصل درجة حرارته إلى (٤سيليزيه) وعند تلك النقطة يحدث تغير مفاجئ لكل شيء، فبدلاً من حدوث تقلص للماء فإنه يبدأ بالتمدد ويصبح وزنه أخف مع هبوط درجة الحرارة، والنتيجة هي أن الماء ذي الدرجة (٤سيليزيه) يبقى في الأسفل والماء ذي الدرجة (٣س) يكون فوقه وماء الدرجة (٢س) فوقه وهكذا يالتدريج حتى الوصول إلى السطح، عندئذ تكون درجة حرارته هي الصفر المئوية فقط وهنا يحدث التجمد، أي أن السطح فقط هو الذي يتجمد، أما طبقة الماء ذات الدرجة (٤س) فإنها تبقى سائلة تحت الجليد، وهي كافية لاستمرار حياة المخلوقات والنباتات تحت سطح الماء

يجب أن نشير هنا إلى الخاصية الخامسة للماء وهي انخفاض الناقلية الحرارية للجليد والثلج فهي أيضاً حاسمة في هذه العملية، وبسبب كونهما ضعيفتين جداً للنقل الحراري فطبقاتهما تحتفظ بحرارة الماء في الأسفل وتمنعها من الهروب للجو، ونتيجة لذلك فحتى ولو هبطت درجة حرارة الهواء لما دون الصفر وليكن لـ(-٥٠س)، فطبقة الجليد في البحر سوف لن يزيد سمكها عن متر أو مترين لدى المخلوقات التي تقطن المناطق القطبية مثل الفقمة والبطريق، فهي تستفيد من ذلك لتصل الماء أسفل الجليد .

- ماذا سيحدث لو كان الماء لا يسلك هذا الطريق وإنما سلك طريقاً نظامية بدل ذلك؟، ولنفرض أن الماء استمر في تكثفه مع انخفاض درجة حرارته وأن سلوكه هذا يماثل سلوك بقية السوائل الأخرى كلها وأن الجليد غرق إلى الأسفل، فماذا يحدث عندئذ ؟

ج في هذه الحالة فإن عملية التجمد في البحار والمحيطات ستبدأ من الأسفل وتتابع كل الطريق نحو الأعلى بسبب عدم وجود طبقة من الجليد على السطح لتمنع الحرارة الباقية من النجاة والهروب للجو . وبكلمة أخرى فإن معظم بحيرات الأرض والبحار والمحيطات ستصبح جليداً صلباً مع بقاء طبقة من الماء سمكها بضع أمتار على سطح الجليد وليس تحته . وحتى ولو تزايدت درجة حرارة الهواء فإن الجليد في الأسفل سوف لن ينصهر كلياً بشكل مطلق، .**

7 .اللزوجة المثالية للماء :

إذا فكرنا في السوائل التي نتعامل معها ،نجده أن لتلك السوائل درجات عالية من الاختلاف في لزوجتها، فلزوجة القطران والغليسرين وزيت الزيتون وحمض الكبريت هي أمثلة تختلف عن بعضها بشكل كبير ، وعندما نقارن مثل تلك السوائل بالماء يصبح هذا الفرق أكثر بشكل كبير، فالماء أكثر سيولة بعشرة ملايين مرة من القطران وبألف مرة من الغليسرين، ومئة مرة من زيت الزيتون وعشرين مرة من حمض الكبريت . من هذه المقارنة نكتشف أن للماء أقل لزوجة ممكنة عن سواه من المواد السائلة . لأنه في الحقيقة وإذا استبعدنا قليلاً من المواد مثل الأثير والهيدروجين السائل نجد أن الماء لزوجة هي أقل من أية مادة ما عدا الغازات .

سؤال-هل لانخفاض لزوجة الماء أية أهمية لنا ؟ هي ستكون الأشياء مختلفة إذا كان ذلك السائل الحيوي أكثر قليلاً أو أقل قليلاً في لزوجته،؟

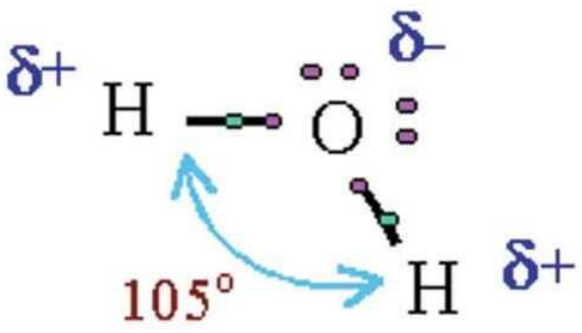
"سيكون تلاؤم الماء أقل إذا كانت لزوجته منخفضة جداً، وستتعرض النظم الحية لحركات عنيفة بتأثير قوى قصية غاية في الشدة إذا كانت اللزوجة منخفضة جداً مثل لزوجة الهيدروجين السائل .. وإذا كانت لزوجة الماء أقل من ذلك أيضاً فالتركيبات (الدقيقة) سوف تتمزق بسهولة، وعندئذ لن يكون الماء قادراً على دعم أي تركيبات مجهرية معقدة دائمة، عندئذ لا يعود التركيب الجزيئي الدقيق للخلية موجوداً. فإذا كانت اللزوجة أعلى ستكون فعاليات العضيات مثل الميتاكونديريات أو العضيات الصغيرة غير ممكنة، ويصح القول في ذلك أيضاً على عمليات انقسام الخلية، وستكون عندئذ كل النشاطات الحيوية للخلية متوقفه ، ، وكذلك فإن مراحل تطور الاعضاء والتي تعتمد بشك لجدي على قدرة الخلايا على الحركة والدوران خلال مراحل تكون الجنين سيكون ذلك بالتأكيد غير ممكن إذا كانت لزوجة الماء أكبر حتى بقليل مما هي عليه في الواقع "

إن انخفاض لزوجة الماء هو شيء أساسي ليس فقط من أجل الحركة الخليوية ولكن أيضاً من أجل نظام الدوران الدموي، فلكل مخلوق حي حجم جسمه أكبر من ربع ميليمتر واحد. نظام دورة دموية مركزي والسبب في ذلك هو أن كل كائن حي له حجم خلف و ليس من الممكن أن ينتشر الغذاء والأوكسجين عبر اعضاءه ببساطة، لأنه لا يمكن إدخالهم مباشرة للخلية كما لا يمكن تفريغ منتجاتهم الأخرى . كما أنه يوجد في العضو العديد من الانسجه المتكونه من الخلايا ومن الضروري أن يصل لها الأوكسجين والطاقة، ويتم ذلك بدخولهما وتوزعهما بالضخ عبر أقنية (نبيبات) من نوع ما، كما توجد أقنية أخرى ضرورية لتحمل الفضلات بعيداً، وتلك الأقنية بنوعيها الأوردة والشرايين، ويشكلان جهاز الدوران، اما القلب فهو المضخة التي تحفظ حركة هذا النظام بينما يحمل المادة عبر هذه الأقنية سائل يدعى الدم ومعظمه ماء، الذي يشكل ٩٥% من بلازما الدم ـ وهي المادة المتبقية بعد إزالة خلايا الدم، والبروتينات والهرمونات من الدم . هذا هو السبب في أن للزوجة الماء أهمية كبيرة جداً، فهي هامة لأنها تسهل وظيفة النظام الدوري الدموي في الاعضاء الحية، فإذا كانت لزوجة الماء كبيرة مثل تلك التي للقطران فبالتأكيد لا يستطيع أي قلب أن يضخ، أما إذا كانت لزوجة الماء مثل لزوجة زيت الزيتون والتي هي أقل بمئة مليون مرة منها للقطران فالقلب قد يتمكن من الضخ لكنها ستكون عملية صعبة جداً والدم سوف لن يتمكن من الوصول إلى كل البلايين من الأنابيب الشعرية والملتفة طرقها عبر أجسامنا .

إذا كانت لزوجة الماء أكثر بقليل مما هي عليه فعلاً عندئذ سيكون جهاز الدوران غير مجد بتاتاً،فالنظام الشعري يعمل إذا كان للسائل (الذي يضخ عبر أنابيب) ذو لزوجة منخفضة جداً . وانخفاض لزوجة السائل أساسية بسبب أن الجريان يتناسب عكسياً مع اللزوجة .. لهذا من السهل أن نرى، لو كان للزوجة الماء قيمة أكبر بعدة مرات مما هي عليه، فإن ضخ الدم عبر النظام الشعيري سيتطلب ضغطاً كبيراً وبالتالي فإن أي نوع من هذا النظام الدوري سوف لن يعمل .. لكن لو صارت لزوجة الماء أكبر بقليل وإزداد قطر أصغر الأنابيب الشعيرية العاملة من (٣) ميكرون إلى (١٠) ميكرون عندئذ ستحتل الشعيرات نظرياً كل النسيج العضلي ليقدم الأوكسجين والغلوكوز، وطبعاً سيكون من الواضح أن أشكال الحياة في هذه الحالة غير ممكنة أو سوف تعاني صعوبات جمة في أداء عملها . ولهذا يجب أن تكون لزوجة الماء قريبة جداً لما هي عليه فعلاً عندئذ يكون الماء وسطاً ملائماً للحياة .

القطبيه polarity: يعتبر الماء مركب قطبي بسبب عدم التوازن في التوزيع الإلكتروني في ترابط الهيدروجين مع الأكسجين ، بينما يعتبر الميثان مركب غير قطبي بسبب التوازن في التقاسم الإلكتروني بين الكربون والهيدروجين. تؤثر القطبية الكهربائية على العديد من الخصائص مثل التوتر السطحي والانحلالية إضافة إلى نقطتي الغليان والانصهار.

(المذيبات القطبيه) هي المذيبات التي تتكون جزيئاتها من ذرات مختلفة في السالبية الكهربية و بذلك يكون تركيز الشحنات مختلفاً عبر أطراف الجزيء مثل الماء، له قطب سالب ناحية الأكسجين حيث تتركز الإليكترونات و له قطب موجب ناحية الهيدروجين لذلك يسمى مذيباً قطبياً. و المذيبات القطبية تستطيع اذابة الجزيئات القطبية فقط.



ملوثات المياه

أ- النفايات المستهلكة للأكسجين (Oxygen- Demanding Wastes)

وتشمل الكائنات الحية المسببة للأمراض والمواد العضوية الناتجة عن الأغذية، ومخلفات النباتات وبقايا المحاصيل والمياه العادمة (المنزلية، والصناعية والزراعية). وهذه المواد قابلة للتحلل، إذ يمكن أكسدتها في المياه، ولذلك تسمى مواد مستهلكة للأكسجين. يؤدي استهلاك الأكسجين المذاب في الماء إلى استنزافه، وبالتالي موت الأحياء المائية خنقا مثل الأسماك والكائنات الحية الدقيقة الهوائية، وفي الوقت نفسه تزداد الكائنات الحية الدقيقة اللاهوائية في الماء فتحلل المواد العضوية لاهوائياً، وينتج غازات سامة وروائح كريهة ناتجة منNH_3، H_2S.

ويتم تحديد الملوثات المستهلكة للأكسجين بوساطة كمية الأكسجين المستهلك من المياه بطرائق مختلفة منها:

١.الأوكسجين المستهلك حيوياً Biological Oxygen Demand(BOD)

وهي عبارة عن كمية الأكسجين التي تستهلك حيوياً بوساطة الكائنات الحية الدقيقة المحللة هوائياً تحت درجة حرارة ثابتة (٢٠ ± ١)° س، ضمن فترة زمنية محددة (٥-٢٠ يوماً)، وغالباً ما تكون فترة الحضانة تلك ٥ أيام(BOD 5). أن كمية الأكسجين المستهلك حيوياً تعد مؤشراً جيداً على درجة تلوث المياه بالمواد العضوية القابلة للتحلل حيوياً، فكلما كانت كمية الـBOD عالية كان الماء ملوثاً بدرجة كبيرة. والماء الصالح للشرب يجب ألا يزيد الـ BOD5 فيه على صفر مغ / لتر. وتجري عملية قياس BOD في أوعية محكمة الإغلاق، ومعزولة عن الضوء لمنع نمو الطحالب وبعيدة عن السمّية التي تعيق عمل المحللات؛ إذ لوحظ أحياناً أن قيمة الـ BOD في المياه الملوثة بالمواد العضوية لا تتفق مع القيم المتوقعة، والسبب في ذلك تلوث المياه أيضاً بالنفايات الصناعية الحاوية على مواد سمّية تعيق عمل المحللات أو تقتلها. ويؤخذ على هذه الطريقة بأنها تتطلب وقتاً طويلاً لإجرائها، كما أنها تقيس المواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي فقط.

٢.طريقة الأكسجين المستهلك كيميائياً Chemical Oxygen Demand (COD) استحدثت هذه الطريقة لأنها أسرع، وكذلك لشموليتها في أكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل أو غير القابلة للتحلل الحيوي، وذلك باستخدام مواد كيميائية مؤكسدة قوية مثل ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) وحمض الكبريتيك (VI) المركز.

ب- المواد السامة العضوية (Toxic Organic Materials)

وتشمل النفط، والعصارة في أماكن الطمر الصحي. وتلوث المياه بالنفط يصيب مياه البحار والمحيطات بسبب تسربه من السفن المحمَّلة بالنفط أو من آبار النفط بالبحر. أما العصارة فتصيب المياه الجوفية بسبب تسربها من مكبات الطمر الصحي وترشّحها خلال الصخور ومن ثم وصولها المياه الجوفية.

جـ المواد السامة غير العضوية (Toxic Inorganic Materials)

بعض هذه المواد مصدرها الصخور، إذ تتحرر بالتجوية وتحمل بالمياه الجارية أو الأنهار إلى البحيرات، أو تتخلل مسامات التربة والصخور فتلوث المياه الجوفية. غير أن الإنسان سرّع بعمليات التعدين والمعالجة في تحرير المواد السامة من الصخور بمعدل آلاف المرات مقارنة بالعمليات الطبيعية. بالإضافة إلى ما تضيفه المصانع والمستشفيات والمزارع، وغيرها من المواد السامة إلى النظام البيئي. وتعد العناصر السامة (Toxic elements) من أخطر المواد غير العضوية السامة ، وهي فلزات ثقيلة (Heavy Metals) مثل الكادميوم (Cd) والزئبق (Hg) والرصاص (Pb) والكروم (Cr).

ويجب أن نفرق بين نوعين من العناصر حسب ضرورتها لجسم الإنسان؛ فثمة عناصر ضرورية لجسم الإنسان مثل النحاس والخارصين والفلور واليود...، إذ يحتاجها الإنسان بتركيز محدد يسمى التركيز الأمثل (Optimum Concentration). أما إذا قل تركيز العنصر الضروري لجسم الإنسان عن التركيز الأمثل، فيؤدي ذلك إلى أعراض مرضية، مثل نقص اليود يؤدي إلى مرض الغدد الدرقية. وإذا زاد التركيز عن التركيز الأمثل يصبح التركيز ساماً (Toxic Concentration) يسبب المرض للإنسان. وإذا ارتفع التركيز أكثر فأكثر يصل إلى التركيز القاتل (Lethal Concentration).

والنوع الآخر من العناصر هي العناصر غير الضرورية لجسم الإنسان، وهي العناصر السامة (الفلزات الثقيلة). وهذه العناصر يستطيع جسم الإنسان أن يتحمل تراكيز منخفضة جداً منها تسمى تركيزات التحمل(Tolerable Concentrations) ، فأي زيادة عن هذه التركيزات تسبب التسمم للإنسان، وزيادة أكثر قد تصل إلى التركيز القاتل. وتمتاز هذه العناصر بأنها مواد غير قابلة للتحلل، بل تتراكم في أجسام الكائنات الحية وفي البيئة مع الزمن. ولذلك فلا يكفي تحديد النسبة المسموح بها للعناصر السامة بمياه الشرب؛ إذ لابد من تحديد الجرعة (Dose)، ومدة الجرعات وتكرارها.(Duration Frequency) .

د- ملوثات أخرى للمياه مثل المواد المشعة، والرسوبيات، والحرارة التي تسبب التلوث الحراري.

مشكلات بيئية تصيب المياه

أ – المياه العادمة:sewage water :

وهي المياه التي تطرحها المنازل والمصانع والمحلات التجارية والزراعية في شبكة الصرف الصحي أو الحفر الامتصاصية

ب- الإثراء الغذائي eutrophication

ويحدث في مياه البحيرات ، عندما تصلها أو ترفدها المياه العادمة المعالجة الغنية بالمغذيات nutrients مثل الفسفور والنتروجين، إذ يؤدي ذلك إلى زيادة نمو الطحالب في البحيرة، فتستهلك الطحالب الأكسجين الذائب في مياه البحيرة، إما تنفساً أو بتأكسد مادتها العضوية بعد موتها، فينفد الأكسجين الذائب فتموت الكائنات البحرية خنقاً، وينتج غاز H2S كريه الرائحة بسبب شيوع العمليات غير الهوائية.

جـ تلوث المياه الجوفية

كأن تتلوث بالنترات من جراء استخدام الأسمدة النتروجينية أو المياه العادمة، او تتلوث بالمواد النفطية بسبب تسربها من خزانات الوقود من محطات الوقود. ومما يجدر ذكره أن تلوث التربة بالمبيدات الحشرية (أو / و) بالأسمدة يؤدي بطبيعة الحال إلى تلوث المياه السطحية (أو/ و) المياه الجوفية وبخاصة إذا كان ثمة اتصال هيدروليكي بين التربة وخزان المياه الجوف

* تلوث المياه

Water Pollution

يعتبر الماء عصب الحياة إذ بدون الهواء والماء لا توجد حياة. وللماء أهمية بالغة حياة الإنسان وباقي الكائنات الحية. وتصل نسبته حوالي (٦٠-٩٠) من الوزن الطري لمعظم الأحياء. وقد ترتفع إلى أكثر من (٩٨%) كما في ثمار بعض النباتات كالخيار والرقي.

ويعتبر الماء الوسط الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الحيوية والكيمياوية داخل أجسام الأحياء. وله أهمية خاصة في حياة الإنسان . ويمكن تلخيص بعض مجالات استخدام المياه من قبل الإنسان بما يأتي:

١. يستخدم ثلثي الماء المجهز بواسطة اسالات الماء للأغراض المنزلية المختلفة وتشمل مياه الشرب والطبخ والغسل. اما لثلث الأخر فيتم استخدامه في الصناعة.

٢. تستخدم المياه لأغراض التبريد أو توليد البخار وفي تصنيع المواد .

٣. يستخدم الماء في توليد الطاقة الكهربائية.

٤. يستخدم الماء في الصناعات الغذائية وفي تربية الحيوانات وفي ري المزروعات.

٥. يستخدم الماء للتنقل والتجارة إذ يعتبر احد وسائل النقل المهمة في العالم.

٦. يستخدم الماء لأغراض الترفيه والمتعة والاستجمام.

وعلى الرغم من ان الماء مركب كيمياوي ثابت التكوين فإنه غالبا ما يكون محتويا على عناصر ومركبات متباينة قد تفيد الكائن الحي، ولكن عند زيادتها عن الحد المطلوب فإنه تسبب التلوث الذي يسبب عدم إمكانية استخدامه في الصناعة أو الزراعة أو لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية وقد لا يصبح صالحاً حتى لمعيشة الأحياء التي تعتمد عليه.

لذا يعرف **تلوث المياه** بأنه تغير واضح في الخواص الفيزياوية أو الكيمياوية أو البيولوجية للمياه بحيث يصبح غير صالحاً للاستخدام من قبل الإنسان ولا يشكل بيئة ملائمة لبقاء وتكاثر الكائنات الحية. وهناك عدد من الظواهر التي تدل على تلوث المياه هي:

١. قلة الأوكسجين المذاب. **٢- زيادة في درجات حرارة الماء.**

٣-زيادة المواد المغذية الذائبة. **٤- زيادة الكدرة وتأثيرها على تخلل الضوء**

٥-وجود فضلات سمية في الماء. **٦- تغير خواص القاع.**

٧-إنتاج أو نمو غير مرغوب فيه للأحياء المائية أي الإثراء الغذائي.

٨-المحتوى البكتيري العالي، ووجود الطفيليات بحيث تكون مصدراً للأوبئة والأمراض.

٩-زيادة في تركيز الأملاح الذائبة في الماء.

* الخواص الكيمياوية والفيزياويه للمياه

١.التوصيل الكهربائي Electrical conductivity

يعتمد التوصيل الكهربائي للمياه على الأملاح المذابة به حيث يتناسب التوصيل الكهربائي طردياً مع هذه الأملاح . ويعبر عن التوصيل الكهربائي بوحدة المليموز /سم أو المايكروسيمنز.سم$^{-1}$. علماً بأن قيمة التوصيل الكهربائي في الماء المقطر تساوي صفر وتزداد كلما ازدادت الأملاح الذائبة في الماء.

٢. الملوحة Salinity

تعود ملوحة المياه إلى وجود مختلف الايونات كالكاربونات والكبريتات والكلوريدات والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم وغيرها. وتختلف الأحياء المائية في مدى أو قابلية التحمل للملوحة.

٣. الأوكسجين المذاب Dissolved Oxygen

يعد الأوكسجين المذاب من بين العوامل الكيميائية الحرجة في التأثير على البيئة المائية إذ ان الأحياء المائية (باستثناء الكائنات اللاهوائية) تحتاج لهذا الغاز الحيوي لاجل تنفسها. وتتحكم درجة الحرارة والملوحة فضلاً عن الضغ ط في تركيز التشبع بالاوكسجين إذ تزداد تراكيز الاذابة والاشباع بانخفاض درجات الحرارة. تختلف نسب الأوكسجين المذاب في المسطحات المائية حسب نوع وطبيعة المسطح وتيارات المياه . كما ان لنوعية الكائنات الحية النباتية والحيوانية تأثيرها من حيث الاستهلاك والإنتاج. كما ان لطبيعة التلوث اثر واضح في نسب الأوكسجين المذاب فضلاً عن عمليات التحل ل التي تستهلك مقادير هذا الغاز .

وهناك مصطلحين مهمين في قياس كمية الأوكسجين المستهلك وهما:

أ- **المتطلب أو الأحتياج الكيمياوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand**

ويرمزله **COD** ويعرف بأنه كمية الأوكسجين اللازمة لإتمام الأكسدة الكيمياوية للمواد القابلة على التأكسد الكيمياوي في المياه ويعبر عنه بوحدة ملغم أوكسجين في لتر من الماء .

ب- المتطلب أو الإحتياج البايوكيميائي للأوكسجين Biochemical Oxygen Demand

ويرمزله BOD والذي يعرف كذلك بالمتطلب أوالإحتياج البيولوجي للأوكسجين Biological Oxygen Demand فأنه يعبرعن ما تستهلكه الأحياءالمجهرية الهوائية المعيشة أ. كالبكتريا والخمائرمن الأوكسجين اللازم لتنفسهاأثناء تكسيرهاأو تحللهاللمواد العضوية الموجودة في المياه. علماً انه يمكن استعمال المتطلب البايوكيمياوي للاوكسجين كدليل من أدلة التلوث للمياه. ويعتبر المسطح المائي نظيفاً أو نقياً عندما لا يزيد المتطلب البايوكيمياوي للاوكسجين عن (٤ملغم/لتر) في حين تكون قيمته البالغة (٥ملغم/لتر) حرجة ما بين المياه الملوثة والمياه النقية، وما زاد عن ذلك فلا يجوز استخدامه لاغراض الشرب . وعندما تكون القيمة (٢٠ملغم/لتر) فإن المياه تعد ملوثة جداً. أي كلما كانت قيمة BOD منخفضة كلما كانت نوعية المياه جيدة.

ب. ٤. الاس الهيدروجيني pH

تختلف الأحياء المائية فيما بينها اختلافاً واسعاً من حيث حاجتها إلى التراكيز المحدد لايون الهيدروجين وتتراوح قيم الاس الهيدروجيني للمياه الطبيعية بصورة عامة بين (٥-٩) واغلبها ما بين (٦,٥-٨,٥) في المياه العذبة. علماً ان معظم احياء المياه العذبة تستطيع التحمل المدى ما بين (٣,٣-١٠,٧) دون أي ضرر ظاهر ولكنها لا تتواجد في هذا المدى بصورة واسعة.

٥. كبريتيد الهيدروجين H_2S

تحتوي بعض المسطحات المائية في طبقاتها القاعدية كميات متميزة من هذا الغاز كلما كما في بعض البحيرات والبرك ومصبات الأنهار . وينتج هذا الغاز بالطبقات التحتية الغنية بالمواد العضوية المتحللة. وتؤدي زيادته إلى تدمير اشكال الحياة باستثناء البكتريا اللاهوائية ويعد وجود غاز كبريتيد الهيدروجين احد أدلة التلوث العضوي.

٦. اللون Colour

تعد المياه النقية عديمة اللون وعكسه يعد ملوثاً بمواد ملونة ذائبة. قد يرجع اللون إلى ذوبان المواد العضوية الناتجة عن تحلل وتفسخ الأحياء المائية وتعرف بالدبال. كما ان مركبات الحديد والنحاس والمنغنيز وغيرها قد تسبب تلون المياه فضلاً عن المواد الملونة والاصباغ التي ترمى إلى المياه مباشرة.

٧. الكدرة Turbidity

ان وجود المواد العالقة من الطين والغرين فضلاً عن الهائمات النباتية والحيوانية يسبب عكورة المياه مما يسبب عرقلة وصول الطاقة الضوئية إلى ابعاد أو اعماق معينة من عمود المياه مما يؤدي إلى تثبيط عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية وتقليل الإنتاجية البيولوجية في ذلك المسطح المائي. وتكون الكدرة أكثر في المياه الجارية كالأنهار بسبب تيار المياه مقارنة بالمياه الساكنة كالبحيرات . تقاس الكدرة بوحدات الكدرة النفلومترية NTU. كما يمكن قياس الكدرة خلال قياس مجموع الدقائق الصلبة العالقة ويرمز له TSS.

العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى تلوث المياه:

١. الكثافة السكانية.
٢. كثافة المؤسسات الصناعية وتوزيعها وقربها من مسطح مائي معين.
٣. التطور التكنولوجي في الصناعة والزراعة والطب والعلوم الأخرى.
٤. إهمال الإنسان للحد من التلوث وعدم معاملة المواد الملوثة قبل رميها إلى المسطحات المائية.

الوسائل والطرق التي تؤدي إلى ادخال الملوثات إلى البيئة المائية:

١. طرح فضلات المجاري المنزلية.
٢. طرح المخلفات الصناعية من خلال رميها مباشرة في الأنهار أو البحار.
٣. طرح الفضلات من البواخر ووسائل النقل النهرية.
٤. التسرب من الأراضي للمواد التي تستخدم في الزراعة (مياه المبازل)
٥. عمليات التفريغ للمواد الملوثة من قبل البواخر كحالة اعتيادية جارية حالياً.
٦. من خلال استثمار قاع البحر للنفط أو المعادن الأخرى.
٧. سقوط المواد الملوثة من الجو إلى المياه.
٨. التجارب والمعامل والانفجارات الذرية.
٩. فضلات المستشفيات.

أنواع ملوثات المياه: Water pollutants

هناك العديد من الملوثات التي تعمل على تغيير الصفات الفيزياوية أو الكيمياوية أو البيولوجية للمياه بحيث تجعله غير صالح للاستخدامات المعروفة وهذه الملوثات هي:

أ. الأملاح المغذية:

وهي تلك المواد التي تكون ضرورية لنمو الأحياء المائية وخاصة النباتات المائية، ولكن هذه المواد تصبح مصدراً للتلوث عند زيادة تركيزها في المياه عن الحد الطبيعي إذ تسبب زيادة في إنتاج وازدهار الهائمات النباتية التي تؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي Eutrophication ومن هذه المواد هي املاح الفوسفات والنترات والتي تنتج من استخدام مساحيق الغسيل والمنظفات وان المياه التي تستقبل هذه الأملاح يميل لونها إلى الأخضر أ و الأخضر المزرق.

ب. الفضلات العضوية:

تشكل هذه الفضلات الجزء الأكبر من مخلفات المنازل، وتشمل المركبات العضوية القابلة للتحلل الحيوي والتي تتواجد في مياه المجاري المنزلية . وعندما تتحلل هذه المركبات عن طريق البكتريا وخاصة الهوائية فإنها سوف تعمل على تقليل كمية الأوكسجين الذائب في الماء، وبذلك تتأثر الأحياء المائية كافة التي تعتمد في تنفسها عليه.

ومن المعلوم إن هناك اربع عمليات تؤثر في نسب الأوكسجين المتوافر في المياه هي:

i. **التهوية.**
ii. **البناء الضوئي.**
iii. **التنفس.**
iv. **اكسدة الفضلات العضوية.**

إذ تزيد العمليات الأولى والثانية نسب الأوكسجين، في حين تعمل العمليتان الثالثة والرابعة على انقاصه. وتسمى هذه الفضلات أيضاً بالفضلات المتطلبة للاوكسجين Oxygen demanding wastes وهناك طرق متعددة لقياس علاقة الأوكسجين بالتلوث الحاصل في المياه ومنها:

i. المتطلب الحيوي للاوكسجين Biological oxygen demand ويرمز له بـ BOD

ii. المتطلب الكيمياوي للاوكسجين Chemical oxygen demand ويرمز له COD

ثانياً: المخلفات الصناعية:

هناك أنواع كثيرة من ملوثات المخلفات الصناعية تختلف باختلاف نوع الصناعة . ومن الصناعات التي تكون مصدراً للملوثات هي الصناعات الكيمياوية م ثل صناعة الأسمدة والورق والنفط والمطاط واستخراج المعادن من خاماتها وصناعة الحديد والصلب والاسمنت والكبريت والفوسفات وصناعة السكر ومحطات الطاقة الكهربائية وغيرها.

تحوي الفضلات الصناعية اساساً المواد الآتية:

١. **مواد طافية**: وهي المواد التي تطفو فوق سطح الماء كالزيوت والدهون والرغوة.
٢. **مواد عالقة**: وهي المواد التي تبقى عالقة في عمود الماء ولا تترسب الا ببطء شديد وتسبب الكدرة خاصة في الأنهار ومصباتها وما ينتج عن ذلك من تأثير سلبي .
٣. **مواد مذابة**: وهي مواد ذائبة في الماء كالاحماض والقلويات والمعادن والمبيدات الحشرية والسيانيد والفينول وغيرها من المواد التي تشل الحياة المائية .

أنواع الملوثات الصناعية حسب تأثيرها على المياه تقسم إلى:

أ. الملوثات الصناعية التي تؤثر على الصفات الفيزياوية للمياه. وتشمل على:

- ملوثات اللون: وهي عبارة عن ما ترميه مصانع الورق والاصباغ من مواد كيمياوية مختلفة مما يؤدي إلى تكون لون غير طبيعي للمياه المستقبلة لهذه الملوثات والتي لها تأثيرات بيئية على عدة أمور منها تقليل تخلل الضوء وتغير في نواحي الذوق وغيرها.
- ملوثات الطعم والرائحة: يرجع مصدر الروائح المنبعثة من المياه بصورة رئيسية إلى الغازات الذائبة مثل كبريتيد الهيدروجين والمركبات العضوية المتطايرة. اما الطعم فإنه يعتبر مؤثراً أخر لوجود بعض المواد الكيمياوية كالاملاح المذابة مثل املاح الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والصوديوم والبوتاسيوم والمواد العضوية.
- ملوثات الكدرة: يعود سبب الكدرة في أي مسطح مائي إلى عدة عوامل منها وجود المواد العالقة القادمة من الفضلات الصناعية، وكذلك الدقائق الغرينية الطينية، وبعض الأحياء المائية كالهائمات النباتية وبعض الحيوانات وبقاياها الميتة.
- ملوثات درجة الحرارة: ترمي بعض المصانع مخلفات مائية ذات درجات حرارة أعلى مما هو موجود في المياه مما قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المياه المستقبلة لهذه المخلفات وبالتالي يؤدي إلى موت عدد من الأحياء المائية أو تؤثر على أداء العمليات الايضية.

ب.الملوثات الصناعية التي تؤثر على الصفات الكيمياوية للمياه. وتشمل على:

- ملوثات درجة تركيز الهيدروجين (pH): حيث تطرح المصانع مثل معامل إنتاج الأسمدة مواد كيمياوية ذات طبيعة حامضية أو قاعدية عالية بحيث تؤثر على درجة تركيز الهيدروجين للمسطح المائي مما يؤثر على المكونات البيئية للمنطقة وعلى صلاحية هذه المياه للشرب.
- ملوثات المواد العضوية: يرمى عدد من المصانع الفضلات الحاوية على مواد عضوية. تعمل هذه المواد على تقليل كمية الأوكسجين المذاب عند تحللها من قبل الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والفطريات ومن امثلة المخلفات العضوية هو ما يطرح من فضلات معامل الورق حيث تحتوي عجينة الورق على المواد السليلوزية.
- العناصر الثقيلة: يطرح عدد من المعامل أو المصانع نفايته المحتوية على عدد من العناصر الثقيلة ذات التأثيرات الضارة والسامة لعدد من الأحياء المائية . مثل الزئبق والمنغنيز والنحاس والزنك وكذلك الكادميوم الذي يدخل في صناعة الاطارات والبطاريات وانتاج الاصباغ.

- الأملاح المغذية: تطرح بعض الصناعات عدد من الأملاح التي تعتبر مغذية للكائنات الحية ولكنها تكون مصدراً لتلوث ذلك المسطح المائي مثل النترات والامونيا والكبريتات وغيرها.

ج. الملوثات البايولوجية (الحيوية):

ان بعض الصناعات تطرح فضلاتها الحاوية على عدة أنواع من البكتريا المرضية والطفيليات المعدية والميكروبات الأخرى مثل معامل الدباغة والجلود، والمجازر بأنواعها، والصناعات الغذائية المختلفة بضمنها صناعة الألبان وكذلك معامل التعليب للمواد الغذائية.

ثالثاً: مخلفات العمليات الزراعية:

تصل إلى بعض المسطحات المائية القريبة من الأراضي الزراعية عدد من المواد الكيمياوية كاملاح الفوسفات والنتروجين من خلال عملية تسميد الأراضي الزراعية وريها وبزلها. فقد تتلوث الأنهار مباشرة من هذه الأملاح التي ستساعد على ازدهار النباتات وتؤدي إلى ظاهرة الإثراء الغذائي.

كما قد يحدث تلوث البيئة المائية م ن خلال استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الادغال والمبيدات المستعملة لمكافحة الاوبئة مثل الـــ دي دي تي والك لوريدين والم الاثيون وغيرها إذ ان هذه الملوثات تؤثر بنسب متفاوتة على الكائنات الحية المختلفة.

رابعاً: التلوث الحراري Thermal pollution

ان استخدام المياه في محطات توليد الطاقة الكهربائية ومصانع الحديد والصلب ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات تؤدي إلى طرح كميات هائلة من المياه الساخنة في المسطحات المائية القريبة منها مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة تلك المياه وبالتالي يؤدي إلى التأثير على التوازن البيئي لذلك المسطح المائي من خلال تأثيره على العمليات الايضية للاحياء المائية التي قد تحد من نشاطها أو تؤدي إلى قتلها . ومن الملاحظ ان قابلية الماء في الاحتفاظ بالاوكسجين تقل كلما ارتفعت درجة حرارته . لذا فإن فقدان الأوكسجين يعتبر احد العوامل البارزة في التلوث الحراري.

خامساً: التلوث بالنفط Oil pollution

يعتبر النفط من أكثر الملوثات الملحو ضة في المحيطات والبحار. ينتج تلوث المياه بالنفط من خلال تسرب زيوت النفط ومشتقاته إلى المياه نتيجة انفجار الناقلات أو بسبب غرق بعض البواخر أو تنظيف خزاناتها وتسرب النفط منها.

* طرق المعالجة والحد من تلوث المياه

١. التقليل من كميات مياه الفضلات المناسبة إلى المسطحات المائية.
٢. عدم إلقاء المياه الملوثة في الأنهار قبل تنقيتها وتعقيمها.
٣. ضرورة انشاء شبكات مياه المجاري الثقيلة في المناطق السكنية لكي تحول دون تسرب المياه الملوثة بالبكتريا والطفيليات والسموم الكيمياوية والفسفور والفضلات الأخرى إلى المياه الجاري.
٤. إعادة استخدام المياه المستغلة في الصناعة مرة أخرى بعد معاملتها ومعالجتها بالطرق الحديثة.
٥. ضرورة الحفاظ على التربة من الانجراف المائي، إذ ان ازدياد كمية الرواسب في النهر يزيد من نسبة الأملاح في المياه النهرية فضلاً عن ما تسببه من كدرة.
٦. إنشاء محطات مركزية لتنقية مياه المجاري مزودة بمختبرات تعمل على فحص المياه الخارجة من المحطة قبل إرجاعها إلى المسطحات المائية.
٧. ضرورة عمل دورة داخلية للمياه الصناعية قبل وصولها إلى الأنهار أو البحيرات، ثم إتلاف المياه الملوثة جداً من خلال حقنها إلى اعماق سحيقة داخل التربة.
٨. منع إلقاء المياه الملوثة في البحيرات الراكدة والاهار والخزانات المائية.
٩. تجنب إلقاء مياه مبازل الأراضي الزراعية نحو الأنهار، أو معاملة مياه المبازل للتخلص من املاح الفوسفات والنترات.
١٠. العمل على زيادة الوعي البيئي لدى المواطنين وبكافة السبل والوسائل المتاحة واصدار التعليمات والتشريعات الرادعة للحد من التلوث البيئي.

تلوث المياه

Water Pollution

اهمية الماء ووجوده

- ويوجد الماء فى الخلية الحية بنسبة تتراوح بين ٥٠-٦٠ % من وزن الخلية كما يوجد بنسبة ٧٠ % من الوزن الكلى للخضروات وتزيد النسبة الى أكثر من ٩٠ % من وزن الفاكهة ، وهو العنصر الاساسى لاستقرار الانسان وازدهار حضارته وأينما وجد الماء وجدت مظاهر الحياة.
- يشغل الماء أكبر حيز في الغلاف الحيوي للأرض، إذ تبلغ مساحة المسطحات المائية نحو ٧٠,٨ %من مساحة الكرة الأرضية) أي بشكل أكثر ٢/٣ من مساحة كوكب الأرض(، مما دفع بعض العلماء إلى أن يطلقوا اسم" الكرة المائية ")على الارض بدلا عن الكرة الارضيه.
وتبلغ كمية المياه على سطح الأرض حوالي ١٤٠٠مليون كيلو متر مكعب تقريباً، أكثر من ٩٧ % من هذه الكمية هو مياه البحار والمحيطات، و ٢ %تشمل المياه الجليدية والمياه الجوفية، و ١ % المياه العذبة.

أنـــواع المياه :

- **(أ) مياه سطحية Surface Water**
- **هى المياه التى تتواجد على سطح القشرة الارضية بحيث تكون متاحة للاستخدام بسهولة وهى تنقسم تبعا الى ملوحتها الى:**
- **(١) مياه مالحة Salt Water**
- **:هى المياه التى تحتوى على قدر عال من الملوحة لاحتوائها على كميات كبيرة من الاملاح المعدنية الذائبة. وتعتبر البحار والمحيطات المصدر الرئيسى للمياه المالحة.**
- **(٢) مياه عذبة Fresh Water :**
- **هى المياه التى تتميز بضالة كمية الأملاح بها أو حتى انعدامها فى بعض الأحيان وتعتبر الأنهار والجداول والجليد القطبى والأمطار المصدر الرئيسى للمياه العذبة.**

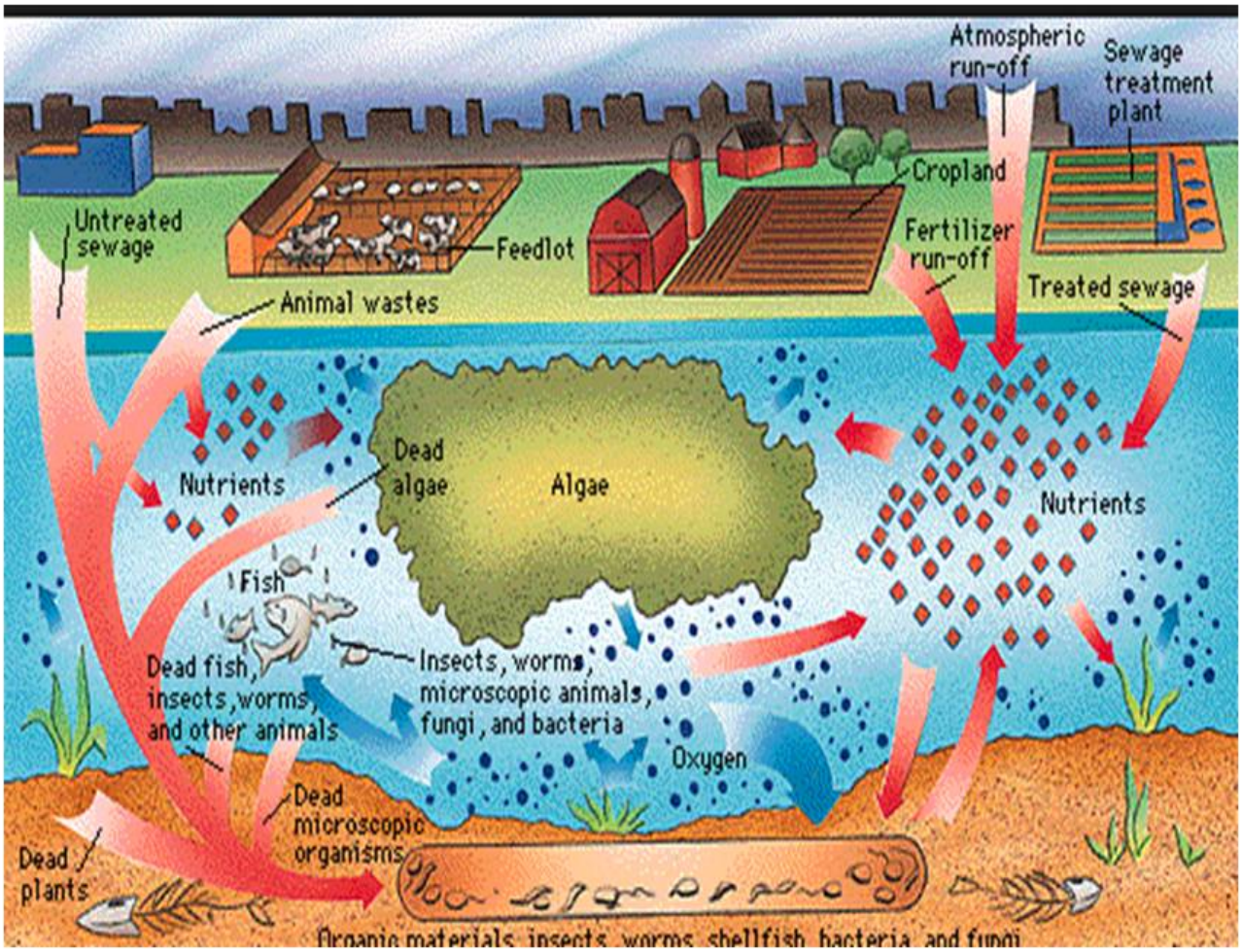
- **(ب) مياه جوفية Ground Water :**
- **وهى المياه التى توجد فى باطن الأرض (تحت القشرة الأرضية) وقد تكون عذبة أو مالحة ، هى تتميز عن المياه الاخرى بانها أقل عرضة للتلوث بنفايات المصانع والمجارى ولكن فى العصر الحديث لم يتركها الإنسان بل دفن النفايات السامة والمشعة فى الأرض فوصلت آثار منها الى المياه الجوفية ولوثتها.**

تلوث البيئة المائية

- يقصد به حدوث تغيرات كمية ونوعية في عناصر البيئة الحية وغير الحية الموجودة في الوسط المائي، و\ ينتج عنها آثاراً سلبية تؤثر في حجم الموارد الطبيعية المتاحة .حيث أن التغير الكمي ينتج عن زيادة أو نقص في بعض المكونات الطبيعية غير الحية في الوسط المائي مثل الأملاح المغذية ، درجة الحرارة وكمية الأوكسجين، وقد يحدث تغير كمى من تسرب مواد سامة أو قاتلة حتى في تركيزاتها الطبيعية مثل الزئبق وأكاسيد الكربون .أما التغير النوعي فهو يحدث نتيجة إضافة مركبات صناعية غريبة عن الأنظمة البيئية المائية حيث تتراكم في المياه مثال ذلك المبيدات الحشرية. كما يمكن تعريف تلوث المياه بأنه جميع العمليات الناتجة عن إلقاء الفضلات والمخلفات) الآدمية أو الحيوانية أو الصناعية (إلى الوسط المائي، والتي تؤدى إلى تغيير في كل أو جزء من خواص الماء الكيماوية والفيزيائية والحياتية، حيث تصبح غير صالحة للاستعمال البشرى أو للكائنات المائية الحية التي تعيش فيها

مصادر تلوث البيئة المائية

- وتتعدد المصادر المسببة لتلوث المياه و التي يمكن إيجازها في الأتي:
- ملوثات المياه يمكن أن تقسم بعدة طرق مختلفة حيث قد تقسم تبعاً
- إلى صفاتها الكيميائية،
- حالتها الفيزيائية
- و حسب تأثيراتها البيئية،
- و قد تقسم تلك الملوثات حسب مصادرها
- والكائنات التي تستهدفها وتأثر فيها تلك الملوثات.

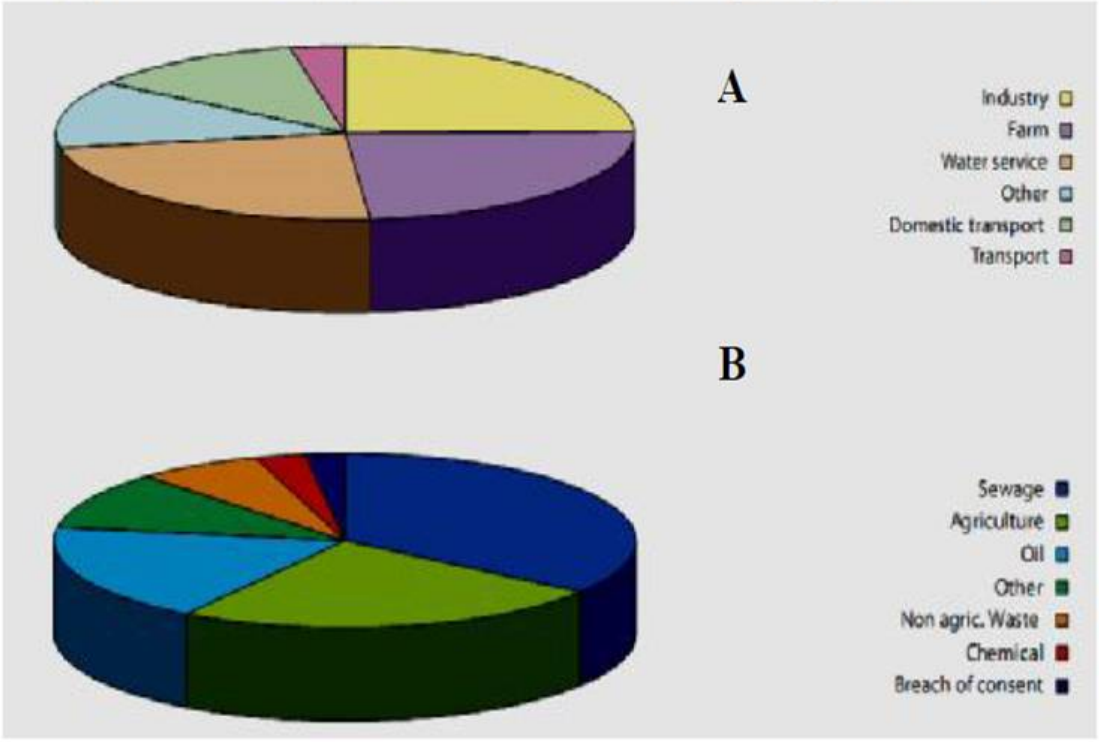

Atmospheric run-off
Sewage treatment plant
Cropland
Untreated sewage
Feedlot
Fertilizer run-off
Treated sewage
Animal wastes
Nutrients
Dead algae
Algae
Nutrients
Fish
Dead fish, insects, worms, and other animals
Insects, worms, microscopic animals, fungi, and bacteria
Oxygen
Dead microscopic organisms
Dead plants
Organic materials, insects, worms, shellfish, bacteria, and fungi

من مصادر تلوث المياه

- أولا : التلوث بمخلفات الصرف الصناعى.
- ثانيا : التلوث بمخلفات مياه الصرف الصحى.
- ثالثا :التلوث بالمبيدات الكيماوية.
- رابعا:التلوث بالأسمدة الكيماوية الزراعية.
- خامسا :التلوث بمياه الصرف الزراعى.
- سادسا:التلوث بالملوثات الإشعاعية.
- سابعا : التلوث بالطحالب.
- ثامنا:التلوث بالنفط ومشتقاته.
- تاسعا :التلوث ببعض الآثار الكونية
- تغير المناخ.
- تدمير طبقة الأوزون.
- الأمطار الحمضية.

- ولقد أوضح التقرير السنوي لمنظمة الصحة البيئية والسلامة Environmental Health and Safety (EHS) لعام ٢٠٠٤ م والتي صنفت ملوثات المياه حسب مصدرها كما هو موضح في الشكل A حيث كانت المخلفات الصناعية الأكبربين أنواع الملوثات بنسبة ٦,٢٤% ، تليها المخلفات الزراعية بنسبة ١,٢٤% ،ثم الاستخدامات المختلفة للمياه بنسبة ٦,٢٣ .% كما صنفت هذه المنظمة أيضاً في نفس التقرير هذه الملوثات حسب فئتها كما هو موضح في الشكل B إلى مخلفات الصرف الصحي بنسبة ٣٥% ومخلفات زراعية بنسبة ١,٢٤% ، وزيت البترول بنسبة ٥,١٨% ، أي أن هذه الملوثات الثلاثة تمثل ٦,٧٧ % من أجمالي الأنواع المختلفة لملوثات البيئة المائية.

الشكل التالي يوضح توزيع ملوثات المياه حسب المصدر (A) و حسب صنفها (B).



المصدر: (EHS, 2004)

الخواص الكيمياوية والفيزياويه للمياه:

- -الاذابة و التوصيل الكهربائي: solubility& electrical conductivity
- كلما زادت المواد الذائبة في الماء كلما سهل مرور (توصيل) التيار الكهربائي . فالمياه المالحة أسهل توصيلا من المياه العذبة و بالتالي تعطي قراءات أعلى من المياه الأكثر عذوبة . و بعبارة أخرى تكون المياه أكثر ملوحة كلما ارتفعت قيم الموصلية الكهربائية . و يمكن استعمال العلاقة التقريبية التالية لتحويل الموصلية الكهربائية إلى مجموع المواد الذائبة على درجة حرارة ٢٥ سلزية
- :

  TDS (مغم / لتر) = EC× 0,64(ميكروسمنز / سم)
- ميكروسمنز /سم هي وحدة قياس الموصلية الكهربائية التي يقرؤها الجهاز . والطريقة الأكثر دقة في تحديد مجموع المواد الذائبة هي تحليل المكونات الذائبة في المياه و التي تمثل الأيونات الرئيسية الموجبة و السالبة كالكالسيوم و المغنيسيوم و الصوديوم و البوتاسيوم و الكلوريد و الكبريتات و البايكربونات و النترات . و مجموع هذه المكونات بالجزء من المليون أو الملغرام / لتر يمثل مجموع المواد الذائبة الـ Total Dissolved Solid. أما فيما يتعلق بما تحويه المياه من مواد ذائبة أخرى فتراكيزها قليلة بحيث لا تؤثر على المجموع الكلي للأملاح الذائبة

قسمت المياه إلى أنواع حسب محتواها من الـTDS . انظر الجدول أدناه : تختلف بعض القيم حسب المصدر

نوع المياه	قيم الـ TDS Total Dissolved Solids (مغ / لتر)
مياه عذبة	< ١٠٠٠
مياه متوسطة الملوحة	١٠٠٠ - ٣٠٠٠
مياه مويلحه	٣٠٠٠ - ١٠٠٠٠
مياه مالحة	١٠٠٠٠ - ٣٥٠٠٠
مياه مالحة جداً	أكبر من ٣٥٠٠٠

- ويقاس مجموع المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids TDS في الماء بإحدى الطريقتين الآتيتين :-

أ- تبخير كمية محددة من المياه وإيجاد كتلة المواد الصلبة الباقية بالملي غرام / لتر . (ملاحظة : يجب أن تكون المياه المراد قياس الـ (TDS) لها خالية تماما من المواد العالقة).

- ب- الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity

قياس مدى قابلية نقل الماء للتيار الكهربائي بوحدةالميكروسيمنز / سم؛ إذ انه كلما كان تركيز المواد الصلبة الذائبة في الماء اكبر كلما كان قابلية الماء لنقل التيارالكهربائي أكبر. ويمكن تحويل الموصلية الكهربائية المقيسة بوحد الميكروسيمنز / سم إلى الوحدة (ملي غرام / لتر) بضربها في ثابت مقداره ٠,٦٤

- تعتمد الموصلية الكهربائية للماء على :

أ- مجموع المواد الصلبة الذائبة

- ب- درجة حرارة المياه
- ج- تركيز الأيونات
- د- تكافئ الأيونات

٢-الملوحه Salinity

- الملوحة هو مقياس لمحتوى التربة أو الماء من الأملاح. والاملاح قابلة للذوبان بصورة كبيره في المياه السطحية و الجوفية، ويمكن أن تنتقل مع حركة المياه.وتعود الى وجود الايونات كالكاربونات والكبريتات والكلوريدات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم. ويندر احتواء المياه العذبه اليسرة (soft fresh waters) على ايونات البوتاسيوم والمغنسيوم .
اما مصطلح عسر الماء / فهو تعبير يستخدم لوصف حالة الماء عندما تكون نسبة الأملاح المعدنية فيه عالية، والتي غالباً ما تكون أملاح الكالسيوم (Ca^{+2})والمغنسيوم(Mg^{+2}) ، بالإضافة إلى بعض الأملاح المنحلة من البيكربونات والكبريتات .يوجد الكالسيوم في المياه العسرة على شكل كربونات الكالسيوم) ($CaCO_3$) حجر جيري (أو كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$).اما المغنسيوم فيأتي على شكل معدن الدولوميت .والماء العسر هو عادة غير ضار بالصحة ولكن يمكن أن يتسبب بمشاكل خطيرة في البيئات الصناعية ، حيث يتم رصد عسر المياه لتجنب حدوث أعطال مكلفة في المراجل وأبراج التبريد ، وغيرها من المعدات التي تعالج المياه .وهو بنوعين

أ-العسره المؤقته

- ويعود لوجود أملاح البيكربونات وسمي بالعسر المؤقت لسهولة التخلص منه، ويمكن إزالة عسر الماء في هذه الحالة وتحويله إلى ماء يسر بغلي الماء أو تسخينه فينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون وتترسب كربونات الكالسيوم مكونة طبيقة بيضاء على سطح غلاية الماء.

٢ ـ العسره الدائميه

- ويعود لوجود أملاح كبريتات وكلوريدات المغنسيوم والكالسيوم ذائبة في الماء، وسمي عسراً دائماً لأن أملاح هذه الأيونات لا تترسب بعملية التسخين البسيطة، وإنما تحتاج إلى معالجات كميائية.

Lime scale damage to Dishwasher interior

Lime scale build up on Heating Element

Lime scale has almost blocked these pipes

Blocked Shower head

Lime scale build up on tap

Lime scale removed from Hot Water Cylinders

٣ـدرجة الحرارة Temperature

- تؤثر درجة الحرارة على ذوبان المواد الصلبة والغازات ونشاط الكائنات الحية .

أ - زيادة درجة حرارة المياه تزيد من ذائبية المواد الصلبة .

ب- زيادة درجة حرارة المياه تقلل من ذائبية الغازات مثل CO_2، O_2

ج- تقوم درجة حرارة المياه بتحديد نشاط الأحياء المائية وفاعليتها؛ إذ تزيد عملية أكسدة المواد العضوية ومن ثم تحللها .

- يؤدي زيادة درجة حرارة المياه إلى نقصان ذوبان غاز الأكسجين،ومن ثم استنزافه في الماء، وموت الكائنات الحية المائية . وهذا يسمى التلوث الحراري Thermal Pollution .

- **٤- اللون Colour**

- الماء النقي لا لون له، بسبب درجة صفائه أو شفافيته؛ إذ يسبب تلون الماء وجود المواد العضوية أو غير العضوية على شكل مذاب أو معلق .
- قد يوجد للماء لوناً يعزى للمواد العالقة أو لانعكاس القاع أوالسماء فيسمى اللون الظاهري، وقد يوجد للماء لوناً يعزى للمواد المذابة فيه يسمى اللون الحقيقي .

- **٥- الطعم والرائحة Taste and Odour**

- توجد علاقة وثيقة بين حاستي الذوق والشم؛ إذ أن المادة التي تسبب رائحة معينة في الماء غالبا ما تؤدي إلى طعم معين. لكن العكس غير صحيح، فثمة مواد معدنية تسبب طعما دون رائحة .
- المياه النقية (غير الملوثة) عديمة الطعم والرائحة .

مسببات الطعم والرائحة في الماء :

وجود بعض المواد العضوية .

وجود بعض المواد غير العضوية، فمثلا وجود H_2S في المياه يصبح لها رائحة البيض الفاسد .

الكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا

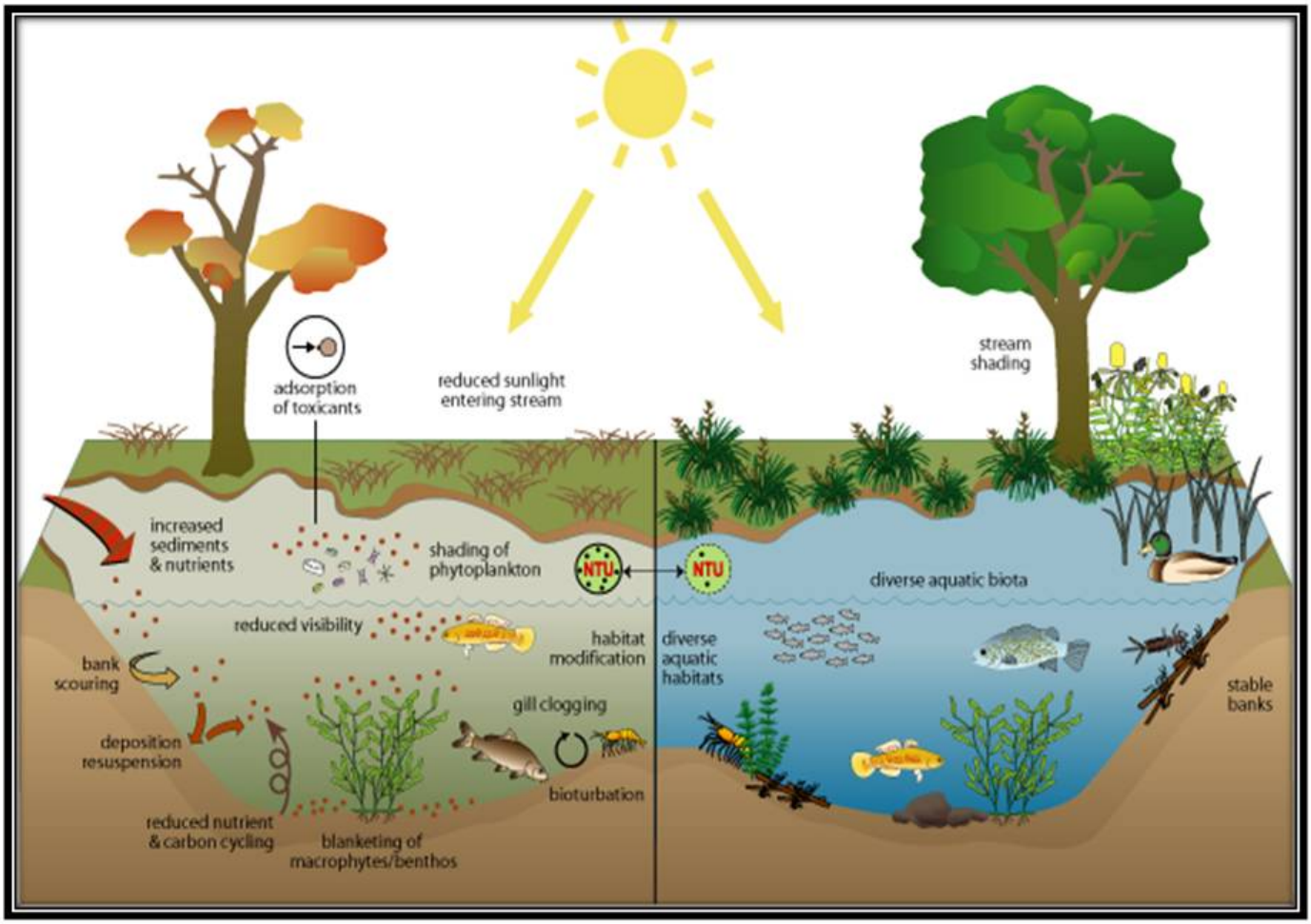
المواد العالقة (Suspended Solids)

- وهي المواد القابلة للترسيب وتكوين رواسب طينية مختلطة بالمواد الغروية. ويسبب وجودها تعكر الماء وقد يحتوي علي بعض الكائنات الدقيقة (الفيروسات) والبكتيريا التي تسبب الأمراض .وأصعب المواد العالقة في عملية الفصل ، هي ذات الحجم الصغير جدا.ويقاس مجموع المواد العالقة Total Suspend Solids TSS في الماء عن طريق :- ترشيحها باستخدام ورق ترشيح، ثم تجفيفها في فرن عند درجة حرارة ١٠٥° س .

وبالنهاية إيجاد كتلتها (وزن الورقه قبل التجفيف- وزنها بعد التجفيف =وزن الماده العالقه.

-العكورة او الكدره Turbidity

- - مفهومها :
خاصية ضوئية للماء ناتجة من تشتت الضوء وامتصاصه بوساطة المواد العالقة (الطين والكائنات الحية الدقيقة) .
- - المواد الصلبة التي تسبب عكورة الماء مثل حبيبات الطين التي يقل قطر حبيباته عن ٢٥٦/١ ملم والكائنات الحية الدقيقة بنفس الحجم . وهذه المواد في هذا الحجم تبقى عالقة في الماء فلا تذوب ولا تترسب إلا بعد زمن طويل. فوجود هذه المواد تجعل الماء عكرا غير شفافا لتشتت الضوء وامتصاصه بوساطتها .
- - يعتمد عكر الماء (أو امتصاص الضوء وتشتته) على :-
١- حجم الحبيبات العالقة .
٢- تركيز المواد العالقة .
٣- طبيعة سطح المواد العالقة من حيث الشفافية ومعامل الانكسار .
- مثال لتوضيح العوامل التي تعتمد عليها عكورة الماء :-
لو وضعنا قطعا زجاجية كبيرة نوعا في الماء فلا يؤدي هذا إلى العكورة؛ لكن إذا طحنت هذه القطع إلى أجزاء صغيرة جدا فإن ذلك يحدث عكورة في الماء .
- والكدرة في المياه الجاريه lotic waters اكثر من الكدرة في المياة الساكنه lentic waters بسبب تيار الماء وتحريكه لمحتويات المسطح المائي


adsorption
of toxicants
reduced sunlight
entering stream
stream
shading
increased
sediments
& nutrients
shading of
phytoplankton
NTU
NTU
diverse aquatic biota
reduced visibility
habitat
modification
diverse
aquatic
habitats
bank
scouring
gill clogging
stable
banks
deposition
resuspension
bioturbation
reduced nutrient
& carbon cycling
blanketing of
macrophytes/benthos

-الرقم الهيدروجيني (تركيز ايون الهيدروجين) pH

- الرقم الهيدروجيني هو اللوغاريتم العشري السالب لتركيز ايون الهيدروجين ويعبر عنها بالارقام من صفر الي ١٤ ، حيث الارقام الاقل من ٧ تشير الي ان المياه حامضية والارقام اكبر من ٧ تشير الي ان المياه قاعدية هند درجة ٢٥ مئوية.والرقم 7يشير ان المياه متعادلة وهو الرقم الامثل للمياه الطبيعية الصالحة للشرب الا ان المياه تظل صالحة اذا زادت قليلا او تقصت قليلا عن الرقم ٧.
- وقد كيفت معظم صور الحياة المائية نفسها للعيش في ظروف حموضة محددة ويمكن أن يؤدى تغير بسيط في الأس الهيدروجيني إلى القضاء على نوع كامل من الكائنات الحية . يؤدى اختبار الأس الهيدروجيني إلى قياس كمية أيونات الهيدروجين (H+)الموجودة في مادة ما، والأس الهيدروجيني عبارة عن رقم، وهو مؤشر يساعدنا على تقدير ما إذا كانت المادة حمضية أم متعادلة أم قلوية، ويمكن أن يتراوح الأس الهيدروجيني بين صفر للأحماض القوية جدا مثل حمض الهيدروكلوريك(HCl) ، و ١٤ بالنسبة للقواعد القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم . (NaOH)ويحتوى الماء النقي على عدد متساو من أيونات +Hوأيونات -OH ولذلك يعتبر متعادلا.
- فالاس الهيدروجيني للمياه الطبيعيه تتراوح بين(٥-٩) اما المياه العذبه فتتراوح بين(٦،٥ - ٨،٥) الاس الهيدروجيني لمياه الامطار غير الملوثه ٦،٨ بسبب ذوبان كميه كبيره من غاز co2 , اما المياه الداخليه العراقيه فتتراوح قيم الاس الهيدروجيني لمياهها بين (٧،٢-٨)،

- الاوكسجين المذاب في الماء :dissolved oxygen

- تحتاج الكائنات الحية الهوائية لحياتها إلى الأكسجين. كما وان غالبية هذه الكائنات الحية لا يمكنها أن تعيش في مياه ذو تركيز اقل من ٤ ملغم لليتر. إن مصدر الأكسجين الموجود في الماء هو بالأساس من ذوبان الأكسجين الموجود في الغلاف الجوي في الماء أو من مخلفات عملية التمثيل الضوئي التي تحدثها النباتات والطحالب الموجودة في الماء. يقاس تركيز الأكسجين عند سطح الماء، وفي المياه النقية غير المتحركة يسمى هذا التركيز بالتركيز المشبع. يختلف تركيز الأكسجين في الماء بحسب درجات الحرارة والضغط الجوي، بحيث كلما زادت درجات الحرارة قل تركيز الأكسجين في الماء. ويعود السبب في ذلك إلى الزيادة في سرعة جزيئات الأكسجين بسبب الارتفاع في درجات الحرارة وهذا ما يؤدي إلى زيادة احتمال تركها جزيئات الماء إلى الهواء. كما وان الضغط الجوي يرفع من تركيز الإشباع لأنه يقلل من عدد جزيئات الأكسجين التي تنتقل من الماء إلى الهواء.

إن تركيز الأكسجين في الماء يتأثر من العوامل التالية

- *. عمق المياه: يذوب الأكسجين الاتموسفيري في طبقة الماء الملامسة للهواء، وبناءا على ذلك، كلما زاد العمق قل تركيز الأكسجين المذاب في الماء. إلا انه عند تحريك الماء يرتفع تركيز الأكسجين في الطبقات السفلى للماء.
- *. سرعة جريان الماء: يرتفع تركيز الأكسجين في الماء عندما يكون جريان الماء وحركنه سريعة لان حركة الماء تساعد في زيادة تلامس جزيئات الماء مع الهواء. ومن هنا يمكن القول إن الزيادة في حركة الماء تؤدي إلى زيادة في تركيز الأكسجين في فيه.
- *. الوقت: يرتفع تركيز الأكسجين في الماء في ساعات النهار، وذلك بسبب عمليات التمثيل الضوئي للطحالب وباقي النباتات الموجودة في الماء. في الساعات التي يقل بها الضوء، تقل وتيرة عملية التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى انخفاض في انبعاث الأكسجين ومعه يقل تركيز الأكسجين في الماء. هذا التذبذب في تركيز الأكسجين يميز مجمعات الماء الراكدة أو التي تكون الحركة فيها قليلة.

- *. تركيز المواد العضوية: يؤدي تركيز مرتفع للمواد العضوية في الماء، والتي مصدرها من فضلات الكائنات الحية وبقايا حيوانات ونباتات ميتة، إلى انخفاض في تركيز الأكسجين في الماء. ويعود السبب في ذلك إلى استهلاك المحللات الهوائية للأكسجين الموجود في الماء من اجل تحليل المواد العضوية. ومن هنا كلما زاد تركيز المواد العضوية في الماء يزداد عدد المحللات الهوائية فيزداد استهلاك الأكسجين الذي بدورة يقل بصورة سريعة وقد يؤدي ذلك إلى تردي نوعية المياه.
- *. نسبة الحموضة (PH): تمثل هذا النسبة مدى كون الماء حامضيا أو قاعديا! إضافة إلى ذلك فان هذه النسبة تتأثر من عوامل مختلفة مثل تركيز ثاني أكسيد الكربون المذاب في الماء الذي يصل إليه من الغلاف الجوي ومن الكائنات الحية التي تطلق هذا الغاز عن طريق التنفس. كلما زادت الحرارة تقل قابلية ثاني أكسيد الكربون للذوبان في الماء. إن وجود ثاني أكسيد الكربون في الماء يؤدي تفاعل مع جزيئات الماء مما ينتج عنه حامض يسمى حامض الكربونيك (H_2CO_3) والذي يؤدي إلى ارتفاع حموضة الماء. تتأثر نسبة الحموضة، كذلك، من الأمطار الحمضية والثلج الحامضي. هذه الرواسب الحمضية تنتج من تفاعل الملوثات الموجودة في الغلاف الجوي (مثل: اكاسيد الكبريت واكاسيد النيتروجين) مع الماء الموجود في الغيوم. كما وان هناك عالا آخر من شانه أن يرفع من نسبة الحموضة وهو إذابة بعض المعادن أو المركبات والتي مصدرها من التربة أو الصخور في الماء. مثال على ذلك، الصخور الجيرية تغذي الماء بمركبات تزيد من نسبة حموضة الماء. ومن الجدير بالذكر أن مياه حمضية جدا أو قاعدية جدا تضر بالكائنات الحية التي تعيش فيها أو عليها.

يتم ذلك بوساطة قياس كميةالأكسجين المستهلك من المياه بالطريقتين الآتيتين

- *@- **طريقة الأكسجين المستهلك حيويا BOD .**

تعبر كمية الأكسجين عن كمية المواد العضوية التي تستهلك بوساطة الكائنات الحية الدقيقة؛ إذ تقوم الكائنات الحية الدقيقة بأكسدة المواد العضوية (استخدام الأكسجين الذائب في الماء في تحطيم المواد العضوية) في الماء للحصول على الطاقة .

- **الأكسجين المستهلك حيويا عبارة عن كمية الأكسجين التي تستهلك حيويا بوساطة الكائنات الحية الدقيقة للحصول على الطاقة عن طريق أكسدة المواد العضوية في الماء، تحت درجة حرارة ثابتة (٢٠ ± ١ ْس) ضمن مدة زمنية محددة (٥-٢٠ يوما) .**

تستخدم طريقة الـBOD لتحديد الملوثات العضوية القابلة للتحلل في المياه، مثل مياه الأنهار، والمياه الملوثة، كمياه الفضلات وغيرها .

علاقة الـBOD في تلوث الماء

كلما كانت كمية الـBOD عالية كان الماء ملوثا بدرجة كبيرة . الماء الصالح للشرب يجب أن تكون الـBOD له صفرا. (يقاس الـBOD بالملي غرام لكل لتر) ..

يقاس الـBOD تحت الظروف الآتية :-

* درجة حرارة ثابتة (٢٠ + ١ س) .
* مدة زمنية محددة (٥-٣٠يوما)؛ فإذا كانت فترة الحضانة ٥ أيام نكت BOD^5 وإذا كانت لمدة ٦ أيام نكتب BOD^6 وهكذا... وكلما كانت فترة الحضانة اكثر كلما كانت قيمة الـ BOD المقيسة اكبر .
* أن تكون كمية الأكسجين المذاب في الماء كافية لأكسدة المواد العضوية، ولهذا يجب تخفيف عينة الماء حسب نوعيتها .
*يجب أن يقاس الـ BOD لعينة من الماء في وعاء محكم الإغلاق لمنع دخول الغازات أو خروجها .
* يجب أن يقاس الـ BOD لعينة من الماء في وعاء معزول تماماعن الضوء لمنع نمو الطحالب المنتجة للأكسجين داخل الوعاء .
*يجب أن تكون عينة الماء خالية من السمية لأنها تعيق الكائنات الحية الدقيقة في أكسدة المواد العضوية .

طريقة الأكسجين المستهلك كيميائيا COD

- مفهومها : عبارة عن كمية الأكسجين التي تستهلك كيميائيا بوساطةمواد كيميائية قوية مثل دايكرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) وحمض الكبريت المركز لأكسدة المواد العضوية في الماء .

تستخدم طريقة الـ COD لتحديد الملوثات العضوية سواء القابلة للتحلل أو غير قابلة للتحلل، ولهذا السبب فإن قيمة COD للعينة نفسها دائما اكبر من قيمة الـBOD .

تمتاز طريقة الـ COD بأنها تحتاج إلى وقت قصير لإجرائها، بينماطريقة الـ BODتحتاج إلى وقت طويل لإجرائها

HR
TNT 822
0 - 1500 mg/L
COD
Chemical
Oxygen
Demand
Test Recognition Barcodes
No Reagent Blank Necessary
Superior Vial Design
25
HACH
Be Right™
COD

التلوث الحراري (Thermal pollution)

إفساد البيئة المائية عند صب مخلفات المياه الحارة في الأنهار، أو البحيرات، أو البحار، أو أي جسم مائي آخر. تعمل هذه المخلفات المائية الحارة على رفع درجة حرارة الجسم المائي فوق مستواها العادي، وبذلك يمكن أن تؤذي الحيوانات والنباتات التي تعيش في الماء. فالمياه الدافئة قد تعوق نمو وتكاثر الأسماك، وتؤثر على مواردها الغذائية. وفي بعض الأحوال، قد تموت الأسماك، بسبب الارتفاع المفاجئ والسريع في درجة الحرارة، الناتج عن صب مخلفات المياه الحارة ، و تتعرض المصادر المائية إلى تغيير مفاجئ في درجات حراراتها نتيجة قيام بعض الصناعات وبالأخص صناعات توليد الطاقة الكهربائية والصناعات النفطية بطرح المياه الساخنة إلى هذه المصادر حيث تسحب هذه الصناعات كميات كبيرة من مياه المصدر المائي لأغراض التبريد ويعود معظم هذه المياه إلى المصدر المائي بعد أن يسخن. ونظرًا لضخامة كمية المياه الساخنة المصروفة فإنها تؤدي إلى رفع درجة حرارة المصدر المائي بضع درجات مسببة بذلك خللا في التركيبة الحياتية والطبيعية للمصدر المائي، ويؤدي رفع درجة حرارة المصدر المائي إلى تغيير الخصائص الطبيعية والكيميائية للماء كما تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على الأنشطة البيولوجية للأحياء المائية.

المصادر الرئيسية للتلوث الحراري

هي المصانع ومحطات توليد الطاقة، التي تستخدم الماء في تبريد المعدات أو تسخينها لإنتاج البخار. وقد سنت الكثير من البلدان قوانين للسيطرة على مخلفات المياه التي تصبها هذه المرافق. وتحاول الكثير من المصانع ومحطات توليد الطاقة تقليل التلوث الحراري، بتبريد المخلفات المائية في أبراج تبريد قبل التخلص منها، وبهذا تجعل الحرارة تنطلق إلى الهواء. كذلك فإن المصانع يمكنها تقليل التلوث الحراري، بصب الماء الحار في أماكن متفرقة، من أجل منع الارتفاع الخطير في درجة الحرارة في مكان واحد .

1-مصادر توليد الطاقة الكهربائية

تنشأ هذه المحطات على مقربة من الموارد المائية وذلك لعظم كميات المياه التي تحتاجها هذه المحطات للتبريد. ويتم استخدام مياه البحر بجميع المبادلات الحرارية لغرض تكثيف البخار بالمحطات البخارية ولأغراض التبريد بالمحطات البخارية والغازية وتكتسب هذه المياه الداخلة في عملية التبريد درجة حرارة عالية عند خروجها وتصرف إلى البحر وهذا يسبب ظاهرة التلوث الحراري لمياه البحر.
غالبًا ما تكون الكفاءة الحرارية لمحطات الطاقة النووية أقل من تلك التي تستخدم الوقود الاحفوري وعليه فإن الحرارة المتبددة في مياه التبريد من هذه المحطات ستكون كبيرة ويرجع انخفاض كفاءة المحطات النووية إلى سببين رئيسيين: كفاءة في التوليد والأمر الآخر يتعلق

بمحطات الوقود الاحفوري
حيث يتم طرح جزء من هذه الحرارة إلى الجو عن طريق المداخن في حين يتعذر ذلك في المحطات النووية لاعتبارات بيئية وحذرًا من التسرب الإشعاعي وبسبب هذين العاملين فإن محطة توليد الطاقة الكهربائية النووية تطرح ٥٠ %من الطاقة الحرارية إلى الموارد المائية أكثر من نظيرتها التي تستخدم الوقود الاحفوري.

-2الصناعات النفطية والمصافي:

تستخدم المصافي النفطية كميات كبيرة من المياه في التبريد والعمليات الصناعية المختلفة وتطرح هذه المياه خلال دائرة مفتوحة وعلى الأخص بالنسبة للمصافي الواقعة على شواطئ البحر حيث تؤدى هذه المياه إلى خفض كميات الأكسجين الذائب مما يسبب خللا في الأحياء المائية الدقيقة إضافة إلى ذلك أن المياه الراجعة إلى المصدر المائي تحتوي على زيوت وشحوم وهذا بدوره يؤدي إلى تلوث شواطئ البحر بالزيت .

- 3صناعة الحديد والصلب:

صناعة الحديد والصلب من أكثر الصناعات استهلاكاً للطاقة وبالتالي من أكثرها تلويثاً للبيئة ومن المعروف أنه لإنتاج طن واحد من الحديد والصلب نحتاج إلى صرف ٤٦٠ مترًا مكعبًا من الغاز و٥٩ جرامًا من الزيت واستهلاك ١٤٠٠ ك.و.س من الكهرباء وهكذا ندرك ما يمكن أن يترتب على هذا من تلوث للهواء والماء والتربة. ونظرًا للاستخدام الضروري للمياه في صناعة الحديد والصلب ينتج تلوث للمياه وإحداث ضرر على البيئة ومن أهم استخدامات المياه الصناعية التبريد بشقيه المباشر وغير المباشر فينتج عن التبريد المباشر لمنتوجات إزالة القشور من على سطحها وتختلط المياه بالقشور وكذلك بالزيوت والشحوم المستعملة للدرافيل، فيحدث تلوث لهذه المياه وتختلط بالشوائب وتظهر مؤشرات التلوث المتمثلة في الحرارة والزيوت كذلك بعض المعادن الثقيلة وعسر الماء وغيرها من مؤثرات التلوث. وتستخدم المياه أيضًا كعامل مساعد لكبت أنواع مختلفة من عناصر التلوث الناتجة عن طريق مناولة مكورات الحديد خلال عمليات الاختزال المباشر وكبت لغازات العادم الناتجة من عمليات الاحتراق بمصانع الاختزال المباشر .

نظم التبريد في محطات توليد الطاقة الكهربائية:

توجد عدة اعتبارات عند اتخاذ قرار بشأن نظم التبريد التي يمكن أن تعتمدها المحطة وهذه لاعتبارات مرتبطة بالعامل الاقتصادي وموقع المحطة وصرامة التشريعات البيئية، ومن هذه النظم الشائعة :-

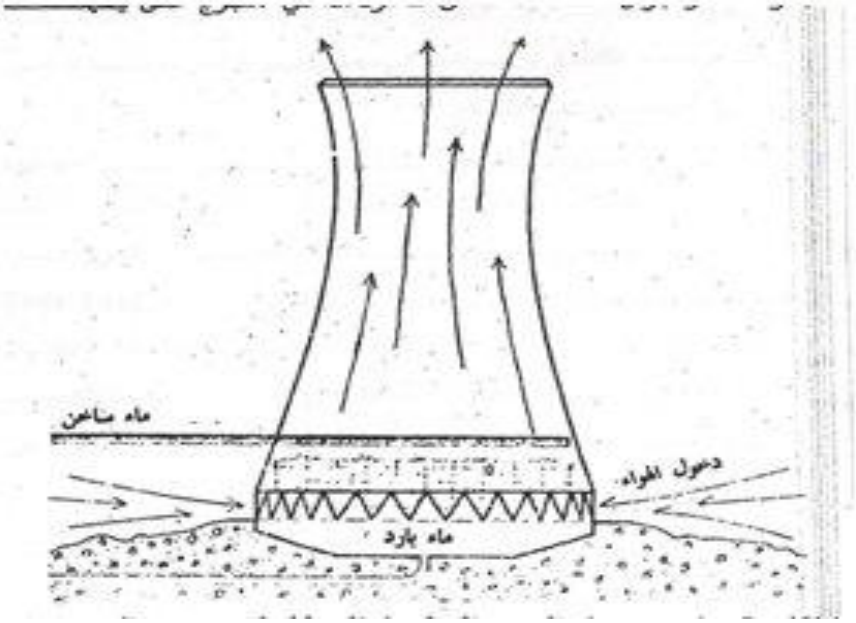
-1 نظام المفتوح:

يستخدم الماء المسحوب من المصدر المائي لمرة واحدة للتبريد ثم يعاد إلى المصدر وقد يبرد الماء قليلا بواسطة بركة قبل إعادته إلى المصدر المائي.

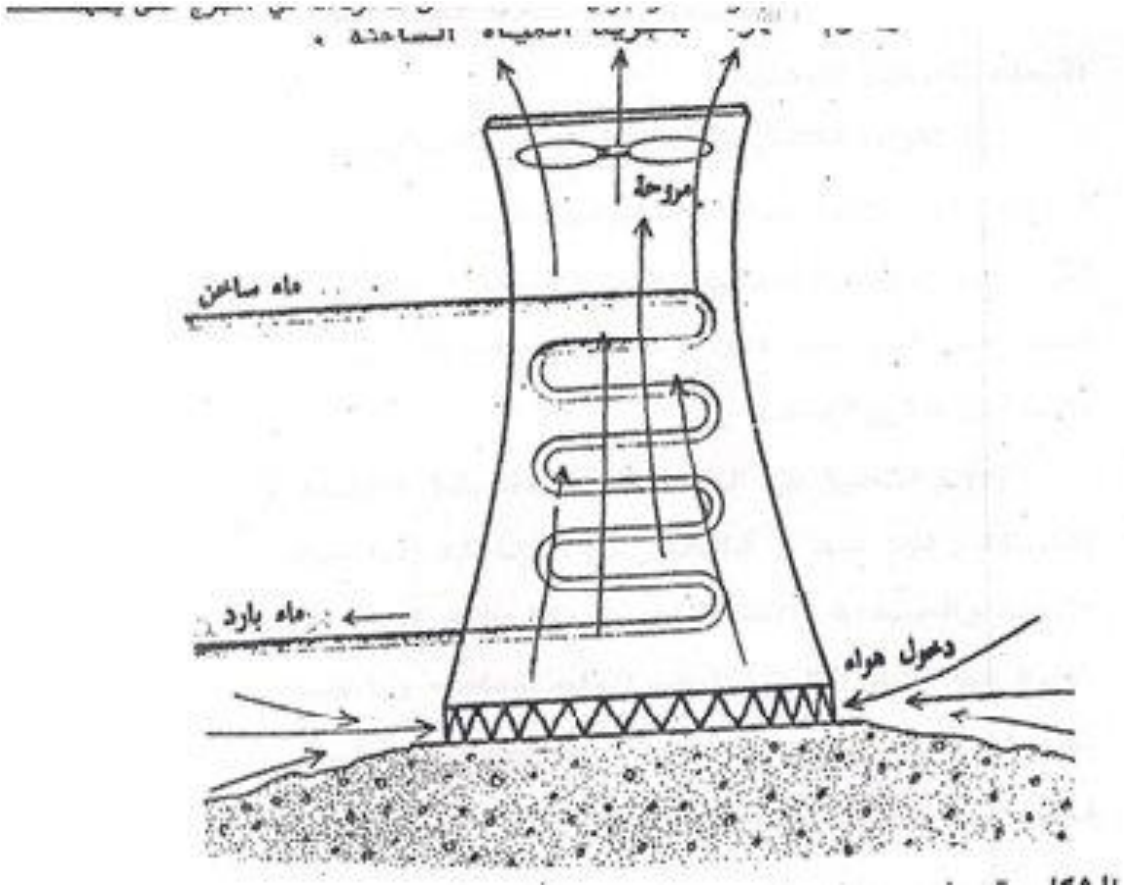
.-2 الأبراج الرطبة: يستغل هذا النوع من الأبراج مبدأ التخلص من الحرارة عن طريق التبخير وفيه تفرغ المياه الساخنة في الجزء السفلي للبرج حيث إرتفاع البرج من ٩٠- ١٢٠ متراً وجوانب البرج منحدرة والمياه تسقط في أسفل البرج تتعرض لتيار من الهواء يساعد على البخر أو برش الماء الساخن كالرذاذ في البرج حتى يسهل تبخره ويبرد بسرعة وفي أي من الحالتين يفقد الملء بعضه للهواء ويجمع معظمه في حوض البرج ويعاد إلى مجرى الماء أو يدور ثانية إلى المكثف ويصل فقد الحرارة نتيجة للتبخير من درجة الماء مقدار ١١ درجة مئوية

-والعيب الرئيسي لنظام التبخير هو كمية البخار التي تطلق في الجو فالأبراج التي تستخدم في حالة محطة استطاعتها ١٠٠٠ ميغا واط تقذف بحوالي ٨٠- ١٠٠ الف متر مكعب من الماء المتبخر في الدقيقة وهي كمية تعادل مطر لمدة يوم على مساحة قدرها حوالي ٥ كيلو متر مربع وفي الأيام الباردة تتكثف هذه الكمية من البخارعلى هيئة ضباب كثيف فوق المساحة القريبة من المحطة

-إن طريقة التبريد الرطب لا تصلح في الأيام الباردة فإذا كان مصدر المياه مالحاً فإن الملح يفسد الزراعة على مساحة ١٦٠ متراً مربعاً حول المحطة



-3النظم الجافة:- إن تكلفة هذا البرج تزيد عن تكلفة البرج الرطب مما يقرب من مرتين ونصف ويظل أكفأ البدائل وأرخصها معتمداً على حسابات التكلفة والملائمة بينهما وبين خدمة المستهلك الذي يدفع في النهاية ثمن الإنتاج وتعتمد النظم الجافة على امرار تيار هوائي يتلامس مع الأنابيب الحاوية للمياه الساخنة فيبرده ونادرًا ما يستخدم هذا النظام بنجاح في محطات توليد الكهرباء لأسباب اقتصادية ولكنه قد يكون فعالاً في الأجواء الباردة جدًا.



تأثيرات التلوث الحراري على المصادر المائية:

التأثيرات الطبيعية:

تؤثر على كثافة المياه والشد السطحي وذوبان الغازات في الماء واللزوجة وغيرها .

التأثيرات الكيماوية:

تعتمد سرعة التفاعل الكيميائي أو البيوكيماوي على عدة عوامل من أهمها درجة الحرارة وعلى العموم فإن سرعة التفاعل تتضاعف كل عشر درجات مئوية.

التأثيرات البيولوجية:

يؤثر طرح المياه الساخنة على المنظومات البيولوجية الموجودة في المصدر المائي عن طريق إتلاف التركيب ألبروتيني للكائنات الحية. لذا فإن تعرض الأحياء لحرارة عالية سوف يؤدي إلى تغيرات في معدلات التكاثر والتنفس والنمو وقد يؤدي إلى موت هذه الأحياء ويتناسب هذا التأثير مع مقدار الزيادة في درجة الحرارة وفترة التعرض لهذه الحرارة. فمن المتوقع أن تتأثر الأحياء بالحرارة بأحد الأشكال الآتية:

بعض الأحياء الصغيرة تتسرب إلى مصافي السحب وتدخل المحطة ويكون لها تماس مع الحرارة الشديدة للمكثفات قبل أن تطرح ثانية مع الماء الساخن إلى المصدر .

تتعرض الأحياء الموجودة عند مصب المياه الساخنة إلى تماس مع الدفق الساخن عند بداية انتشاره في المصدر وبذلك فهى تتعرض لفروق حرارية عالية نسبيًا وتستطيع بعض الأحياء المائية العليا كالأسماك أن تغادر مواقع المصبات الساخنة أما الأحياء الحساسة لارتفاع درجة الحرارة فسوف يقضى عليها قرب هذه المواقع .

يؤدي ارتفاع درجة حرارة الماء فوق (٣٢) درجة مئوية إلى نقصان عدد الأحياء القاعية ومن الملاحظ أن الأحياء كاملة النمو أكثر تحملاً للفروق الحرارية من بعض صغار تلك الأحياء أو يرقاتها .

تقلل درجات الحرارة المرتفعة من مستوى الأوكسجين الذائب في الماء. وانخفاض مستويات الأوكسجين الذائب يحدث ضررا بالحيوانات المائية مثل الأسماك والبرمائيات.

يمكن أن يؤدي التلوث الحراري أيضا إلى زيادة الأيض للحيوانات المائية، ويزيد نشاط الأنزيمات، مما يؤدي إلى استهلاك الكائنات كميات أكبر من الأغذية في وقت أقصر مما لو كانت البيئة لم تتغير. زيادة معدل الأيض يمكن أن يؤدي إلى نقص في مصادر المواد الغذائية، وبذلك ينقص عدد الأحياء.

يمكن أن تؤدي التغيرات في البيئة إلى هجرة الكائنات الحية من المناطق ذات السخونة الحرارية إلى بيئة أخرى أكثر ملائمة، وإلى هجرة الأسماك إلى المناطق ذات السخونة الحرارية لكن ليس عند مصبات المياه الساخنة وهذا يؤدي إلى التنافس على موارد أقل.

ومن المعروف أن التغيرات في درجات الحرارة بدرجة واحدة أو اثنتين قد يؤدي إلى تغييرات كبيرة في التمثيل الغذائي وغيرها من الآثار الخلوية البيولوجية الضارة.

زيادة درجة الحرارة يساعد على زيادة الطفيليات و البكتريا الضارة و يزيد من تحلل المواد العضوية مما يقلل من نسبة الأوكسجين.

كيف يمكن أن تحد الدول من ظاهرة التلوث الحراري للمياه

- **وضع بعض التشريعات التي تحدد درجة حرارة مياه الصرف الساخنة التي تلقى في المجارى المائية .**
- **إنشاء البحيرات الصناعية لتبريد الفاعلات النووية .**
- **إلقاء المياه الساخنة في أعماق البحار لان المياه العميقة درجة حرارتها اقل من المياه السطحية.**

الطرق القياسية المستخدمة في التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

طرق الحساب والكيماويات والأجهزة المستخدمة في التحاليل الكيميائية

مقدمة : تجرى عادة اختبارات كيميائية وفيزيائية وبيولوجية على أنواع المياه المختلفة (مياه الشرب- مياه الصرف الصحي – مياه صرف صناعي) لتحديد محتواها من المواد العضوية وغير العضوية . وتستخدم عادة أجهزة القياس لطيف الامتصاص الذري ، وقياس الجهد والتوصيل الكهربي ، بالإضافة إلي الطرق التقليدية مثل المعاير الحجمية أو الطرق الوزنية .

أنواع التحاليل التي تجري على مياه :

هناك ثلاث أنواع من التحاليل التي تجري على المياه هي: التحاليل الفيزيائية والتحاليل الكيميائية والتحاليل البيولوجية.

التحاليل الفيزيائية:

- **المواد الصلبة.**
- **الأس الايدروجيني.**
- **التوصيل الكهربي.**
- **درجة الحرارة.**
- **الرائحة – الطعم – اللون.**
- **العكارة.**
- **الإشعاعات.**

التحاليل الكيمائية:

- **المواد العضوية.**
- **مركبات الكبريت غير العضوية (كبريتيد – كبريتات).**
- **مركبات النيتروجين غير العضوية (نترات – نيتريت – أمونيا – سيانيد).**
- **مركبات الفوسفور غير العضوية (فوسفات).**
- **مركبات الهالوجين غير العضوية (كلور – كلوريد – فلوريد).**

التحاليل البيولوجية:

- **القولونيات الكلية.**
- **القولونيات الغائطية.**
- **الفيروسات.**
- **الطفيليات الأولية.**
- **الطحالب والفطريات.**

أنواع وطبيعة المواد التي يجري تحليلها في المياه:

يتم تحليل المواد العضوية والمواد غير العضوية الموجودة في المياه، وتشمل المواد غير العضوية، والمواد غير العضوية الأنيونية، والمواد الغير عضوية الكاتيونية، والمواد غير العضوية المولدة للغازات.

المواد العضوية:

- **الزيوت – الدهون – الشحوم.**
- **الفينول.**
- **المنظفات الصناعية.**
- **المبيدات الحشرية.**
- **المركبات العضوية المتطايرة.**
- **المركبات العضوية الحامضية أو القاعدية.**

المواد غير العضوية الآنيونية:

- **الفوسفات.**
- **الكبريتات.**
- **الكبريتيد.**
- **الكلوريد.**
- **الفلوريد.**
- **النترات.**
- **النيتريت**
- **السيانيد.**
- **الكربونات.**

والمواد غير العضوية الكاتيونية:

- **الصوديوم – البوتاسيوم.**
- **الكالسيوم – ماغنيسيوم – باريوم.**
- **العناصر الانتقالية (كروم – نحاس – حديد – منجنيز – زنك – نيكل – كوبلت).**
- **العناصر الثقيلة والسامة (زئبق – فضة – رصاص – زرنيخ).**

والمواد غير العضوية المولدة للغازات:

- **الأمونيوم.**
- **الكربونات و البيكربونات.**
- **الكبريتيد.**
- **السيانيد.**

- النيتريت.

طرق التعبير عن النتائج:

يعبر عن نتائج التحاليل الكيميائية لأنواع المياه المختلفة بوحدات فيزيائية وكيميائية.

ويبين الجدول رقم (٢) بعض هذه الطرق.

والجدير بالذكر أن وحدة الأوزان هي الجرام، ويبين الجدول رقم (٣) الوحدات المستخدمة الأصغر من الجرام.

ونسبة الكتلة إلى الحجوم هي عادة ما يستخدم في التعبير عن التركيز. فمثلاً المليجرام في اللتر هو جزء في المليون (ppm) وهو نفسه الميكروجرام في الميللتر الواحد، والميكروجرام المذاب في لتر هو جزء من المليون (ppb) وهو نفسه النانو جرام في الميللتر الواحد.

جدول (٢)
طرق التعبير عن التركيز ووحداتها

الأساس	العلاقة	وحدة التعبير
وزن لوحدة الحجم	مليجرام / لتر من المحلول	ملليجرام/لتر (mg/L)
	جرام / كيلو أو لتر من المحلول	جرام/لتر (g/L)
نسبة الوزن	مليجرام / لتر من المحلول	جزء في الملون (ppm)
نسبة حجم	ميلليلتر / لتر من المحلول	ملليلتر/لتر (ml/L)
الكثافة	كبلة المحلول / وحدة الحجم	جرام/ملليلتر (g/ml)
	وزن المذاب × ١٠٠ / وزن المذاب + وزن المذيب	% وزنا (%wt)
	حجم المذاب × ١٠٠ / وزن المذاب + وزن المذيب	حجم % (Vol.%)
	مللي مكافئ من المذاب / لتر من المحلول	ع(N)
	الوزن الجزئي للمذاب / لتر من المحلول	مولاري (M)

جدول (٣)
وحدات الوزن المستخدمة الأصغر من الجرام، وقيمتها ورمزها

الوحدة	القيمة بالجرام	الرمز
ملليجرام	$١٠^{-٣}$	(mg)
ميكرو جرام	$١٠^{-٦}$	(ug)
نانو جرام	$١٠^{-٩}$	(ng)
بيكو جرام	$١٠^{-١٢}$	(pg)
فمتو جرام	$١٠^{-١٥}$	(fg)

أوتو جرام	10^{-9}	(ag)

ويعتبر نتائج الاختبارات الكيميائية والفيزيائية عادة بالميلليجرام/لتر. وإذا كانت النتائج أقل من ٠.١ ملليجرام/لتر فأنه من الافضل التعبير عنها بالميكروجرام/لتر وإذا كانت النتائج أكبر من ١٠.٠٠٠ ملليجرام/لتر فإنه من الأفضل التعبير عنها بالنسبة المئوية (%) حيث أن كل ١% يعادل ١٠.٠٠٠ ملليجرام/لتر.

بعض العلاقات الرياضية في الحاليل الكيميائية:

نعرض فيما يلي بعض العلاقات المستخدمة في التحاليل الكيميائية الآتية: التحليل الحجمي، التليل الطيفي، التحليل الجهدي، والتحليل بالتوصيل الكهربي.

١- التحليل الحجمي:

(I) $N \times V = N' \times V'$

(II) $mg = Eq.wt \times N \times V$

حيث N و V هما العيارية والحجم و Eq.wt هو الوزن المكافئ و mg هو الكتلة بالميللجرامات.

٢- التحليل الطيفي:

$$(\Pi I) A = \varepsilon \times C \times L$$

$$(IV) mg/ml = \frac{A \times MW}{L \times \varepsilon}$$

$$(V) A = 2 - \log \%T$$

حيث:

A = كثافة الامتصاص.

$\in$ = الامتصاص الجزئي.

C = التركيز الجزئي.

L = طول مسار الضوء في الخلية المستخدمة.

MW = الوزن الجزئي.

Mg/ml= التركيز بالملليجرامات في المليلتر الواحد.

T% = نسبة التعتيم المقاسة.

٣- التحليل الجهدي:

$$(VI) \quad E = E^o \pm \frac{RT}{nF} \log C$$

$$(VII) \quad E = E^o \pm S \log C$$

حيث:

E = القوة الدافعة الكهربية للخلية.

E^o = جهد القطب القياسي.

R = ثابت الغازات.

T = درجة الحرارة المطلقة.

n = عدد الإليكترونات المفقودة أو المكتسبة.

F = معامل فراداي.

C = التركيز.

٤- التحليل بالتوصيل الكهربي:

$$(VIII)\ G = \frac{l}{R} = K\ \frac{A}{L}$$

$$(IX)\ \ A = 1000\ \frac{K}{C}$$

حيث:

G = هو التوصيل الكهربي conductance.

R = المقاومة.

A = مساحة المقطع.

L = طول الموصل.

A = التوصيل المكافئ Equivalent conductance.

S = التوصل النوعي Specific conductance.

C = التركيز (مكافئ لكل سم^{٣}).

تسجيل النتائج:

يجب تسجيل النتائج المعملية في نماذج واضحة. والنماذج الجيدة هي التي تحتوي على تفاصيل النتائج التي يمكن الرجوع لها مستقبلاً وهذه النماذج يجب أن تتضمن:

١- التعريف بالعينة ومصدرها ووقت جمعها.

٢- حجم العينة المستخدم في كل تجربة.

٣- نوع الاختبار.

٤- النتائج المرحلية لكل خطوة من خطوات التجربة.

٥- اسم وتوقع من قام بإجراء التحاليل.

٦- مرجع الطريقة المستخدمة.

٧- طريقة حساب النتيجة.

وبعد مراجعة النتائج تحفظ النتائج بترتيبها الزمني في ملفات خالصة يحتفظ بها لمدة ٥ سنوات على الأقل.

ومن المعروف أن استخدام أجهزة جيدة وطرق صحيحة لا يعطي بالضرورة نتائج صحيحة.

وعلى المحلل أن يراجع من وقت إلى آخر نوعية النتائج بالتأكد من صلاحية المواد الكيميائية المستخدمة والأجهزة والمواد القياسية وطرق الحساب والقياس. وذلك بإجراء تجارب على عينات قياسية لمعرفة مدى الخطأ وهو ما يعرف بتجارب ضبط وتأكيد الجودة.

الأجهزة:

جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي:

يتكون جهاز الامتصاص المرئي من الأجزاء الآتية:

(١) المصدر: وهو لمبة تانجستن لها انبعاثات ثابتة وقوية ومستمرة وتعطي حزمة ضوئية طول الموجة لها من ٣٥٠ إلى ٢٥٠٠ نانو متر وبعض اللمبات بها قليل من اليود لزيادة عمرها.

(٢) يحدد طول الموجة: وهذا الجزء إما أن يكون مرشح (مرشح امتصاص) أو منشور أو محزز. ويقوم هذا الجزء بتفكيك الحزمة الضوئية إلى أطول موجات أقل وإمرارها خلال العينة لمعرفة على وجه التحديد طول الموجة التي امتصت بالعينة.

(٣) وعاء العينة: وهو خلية زجاجية أو مصنوعة من الكوارتز ذات سمك محدد ودقيق مثل ١٠ ملليلتر أو ١ ملليلتر وتوضح بها العينة المراد قياسها.

(٤) الكاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات الساقطة عليها وتحويل الأشعة اللكهرومغناطيسية إلى تيار كهربي يمكن قياسه.

(٥) مسجل: وهو إما أن يكون بمؤشر أو رقمي أو متصل بجهاز كمبيوتر لتسجيل منحنيات الامتصاص أو مشتقاتها.

ويوجد نوعين من الأجهزة:

(أ) جهاز أحادي الشعاع single beam حيث يخرج من المصدر شعاع واحد يجري لها تفصيص ويسمح بمروره مرة في العينة ومرة أخرى في المحلول الغفل وتؤخذ الفروق.

(ب) جهاز ثنائي الشعاع Double beam حيث يخرج من المصدر شعاع واحد يتم ترشيحه وتفصيصه والأشعة أحادية طول الموجة يسمح لها بالمرور على قاسم الشعاع beam splitter لفصلها إلى شعاعين يمران بعد ذلك أحدهما خلال العين والأخر في المحلول الغفل ويؤخذ الفرق بينهما.

وتستخدم هذه الأجهزة في تقدير العديد من المؤشرات مثل النترات و النيتريتات والأمونيا والفوسفات والسيليكات والفينول والمنظفات الصناعية وبعض العناصر المعدنية وذلك بإدخال كل من هذه المؤشرات في تفاعلات تنتج عنها ألوان ذات ذات أطوال موجات محددة يمكن قياسها.

قياس طيف الامتصاص الذري:

يتكون هذا الجهاز من :

(١) مصدر وهو أنبوبة كاثود جوفاء (Hollow Cathode): مصنوعة من عنصر عند توصيلها بالتيار الكهربي تعطي إشعاعات ذرية لها طول موجة محدد للغاية وخاص بهذا العنصر.

(٢) مصدر حراري لتحويل محلول العنصر إلى ذرات في الحالة البخارية وهذا المصدر قد يكون موقد وقد يكون فرن جرافيتي وهناك نوعين من المواقد: الموقد ذو الخلط المسبق (premix) حيث يسمح للوقود (استيلين أو بوتاجاز أو هيدروجين) يختلط بالمادة المؤكسدة (أكسجين – أكسيد نيتروز أو هواء) ومحلول العينة وذلك في غرفة بها قلاب ويسمح بعد ذلك لهذا المخلوط بالاشتعال فتتكون ذرات في الحالة البخارية في اللهب.

(٣) كاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات مثل تلك المستخدمة في جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي.

(٤) المسجل: حيث يقوم بتسجيل النتائج على لوحة من خلال مؤشر أو رقمياً أو بالرسم وتستخدم هذه الأجهزة في قياس العناصر الفلزية وذلك من خلال إمرار الأشعة الذرية الخاصة بالعنصر داخل اللهب أو الفرن المحتوى على البخار الذري للعينة المواد قياسها فتمتص ذرات

العنصر جزء من الأشعة المارة وبتسجيل كثافة الأشعة المارة في العينة يمكن تحديد الكمية الممتصة بالنسبة للتركيز وهذه الطريقة دقيقة للغاية حيث يمكن تقدير 10^{-7} جم من العنصر وعند استخدام الفرن للحصول على الذرات البخارية للعينة يمكن أن تصل حساسية الطريقة إلى 10^{-12} جم.

جهاز فوتومتر اللهب Flame photometer:

يستخدم هذا الجهاز لقياس تركيز عناصر الأقلاء والأقلاء الأرضية نظراً لأن أطيافها تقع في المدى المرئي. وبذلك يمكن قياس طيف انبعاثها. وفي هذه الطريقة يدفع محلول العينة إلى لهب يعمل بالبوتاجاز والهواء وبذلك يتلون اللهب بلون يعتمد على نوع العنصر والذي يدل على انبعاثات محددة تقاس بواسطة كاشف كأنبوبة تكبير للفوتونات وباستخدام منحنى معايرة وإجراء التجربة مع محاليل معروفة التركيز يمكن معرفة تركيز العنصر في المحلول المجهول.

جهاز قياس بلازما الحث المزدوج Inductively coupled:

تعتمد فكرة هذا الجهاز على نفس فكرة قياس طيف الانبعاث في فوتومتر اللهب غير أن اللهب المستخدم في هذه الحالة بلازما درجة حراراتها تصل إلى حوالي ٦٠٠٠ ^{o} وتتكون البلازما من تأين الارجون. والأجهزة المبينة على استخدام هذه المصدر يمكن أن تقوم بالتحليل المتتابع أو المتزامن (Simultaneous and sequential) لعديد من العناصر الفلزية وهذه الأجهزة لها القدرة على قياس بعض العناصر التي يصعب قياسها بأجهزة قياس طيف الامتصاص الذري مثل الزركونيوم والتيتانيوم والسيليكون ويتميز هذا الجهاز بعدم حاجته لعديد من أنابيب الكاثود الأجوف كما هي الحالة في أجهزة طيف الامتصاص الذري.

جدول (٤)

الكيماويات وأجهزة القياس المستخدمة في بعض اختبارات فحص المياه

الاختبار	الكيماويات المستخدمة	أجهزة القياس
الأكسجين الحيوي الممتص(BOD)	فوسفات ثنائي الهيدروجين أحادي البوتاسيوم – أيدروكسيد الصوديوم – كبريتات الأمونيوم – كلوريد الكالسيوم – كلوريد الحديديك – حمض أيدروكلوريك – كبريتيت الصوديوم – حمض خليك.	• مجس الأكسجين. • معايرة ونكلر.
الأكسجين المذاب (DO)	كبريتات منجنيز – أيدروكسيد صوديوم – يوديد بوتاسيوم – أزيد الصوديوم – حمض كبريتيك – نشا – نيوكبريتات الصوديوم – يودات الصوديوم.	• سحاحة/ماصة.
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD)	ثاني كرومات البوتاسيوم – حمض سلفاميك – حمض كبريتيك – كبريتات حديدوز أمونيومية – دليل نيروين (10,1 – فينانثرولين + كبريتات حديدوز) – كبريتات الزئبقيك – كبريات الفضة.	• قرص تسخين. • قارورة سعة ٢٥٠ – ٥٠٠سم^3. • سحاحة/ماصة.
التوصيل الكهربي (Conductivity)	كلوريد بوتاسيوم – ماء توصيل – حمض كلوروبلاتيتيك.	• خلية قياس التوصيل الكهربي. • مقياس التوصيل.
العكارة (Turbidity)	كبريتات الهيدرازين – هكساميثلين – تترامين.	• جهاز قياس العكارة.
فوسفات (Phosphate) "تابع" فوسفات	حمض كبريتيك – فوسفات أحادي البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين – موليبدات الأمونيوم – حمض الاسكرربيك – طرطرات أنتيمونيل البوتاسيوم – أيزوبروبانول – هكسانول –حمض نيترك حمض بيركلوريك – بيروكس ثنائي كبريتات البوتاسيوم – فينولفثالين – أيدروكسيد الصوديوم – برمنجنات البوتاسيوم.	• جهاز قياس الأطياف. • قارورة كالداهل.

الاختبار	الكيماويات المستخدمة	أجهزة القياس
النيتريت (Nitrite)	حمض الأيدروكلوريك – سلفيناميد – (١-نافثيل) ايثيلين ثنائي أمين ثنائي الهيدروكلوريد – خلات الصوديوم – نيتريت الصوديوم.	•جهاز قياس الأطياف. • أنابيب تسلر.
النترات (Nitrate)	عنصر الكادميوم – حمض الكبريتيك – كلوريد أمونيوم – EDTA – كبريتات نحاس – نترات صوديوم – حمض أيدروكلوريك – سلفيتاميد – حمض (١-نافثيل) إيثيلين ثنائي أمين ثنائي هيدروكلوريد – خلات صوديوم – بروسين – سلفانيليك – حمض خليك.	•عمود جونز. •جهاز قياس الأطياف.
نيتروجين كالداهل الكلي Total Kjeldahl) nitrogen)	حمض كبريتيك – كبريتاب البوتاسيوم – كبريتات زئبقيك – كبريتات أمونيوم – ثيوكبريتات الصوديوم – بورات صوديوم – هيدروكسيد صوديوم – EDTA – يرديد بوتاسيوم.	• جهاز كالداهل للهضم. • جهاز تقطير. • جهاز قياس أطياف. • قطب أمونيا. • جهاز قياس الجهد.
الأمونيا (Ammonia)	حمض بوريك – أيدروكسيد صوديوم – حمض هيدروكلوريك - دليل أحمر الميثيل – دليل أزرق الميثيلين – أكسيد الماغنسيوم – كلويد زئبقيك – يوديد بوتاسيوم – كلوريد أمونيوم.	• جهاز قياس الطيف. • جهاز قياس الجهد. • جهاز تقطير.
الزيوت والشحوم Oil and) (grease	بترول إيثيري (٤٠ – ٦٠°م) – كبريتات صوديوم لا مائية – حمض أيدروكلوريك.	• ميزان حساس. • قمع فصل. • صمام مائي.
السيانيد(Cyanide)	أيدروكسيد الصوديوم – كلوريد الماغنسيوم – حمض الكبريتيك – كربونات الرصاص – حمض السلفاميك – دليل باراثنائي ميثيل أمينو بنزال رودانين – نترات فضة – كلوريد صوديوم – بيريدين – بيرازولون – حمض باربانيوريك.	• جهاز قياس الطيف. • سحاحة/ماصة.
للفينول	حمض فرسفوريك – فينول – دليل الميثل البرتقالي – أيدروكسيد الأمونيوم –	• جهاز تقطير. • جهاز قياس

الاختبار	الكيماويات المستخدمة	أجهزة القياس
(Phenol)	فوسفات أحادي البوتاسيوم ثنائي الهيدروجين – ٤-أمينو أنتي بيريدين – حديدي سيانيد البوتاسيوم	الأس الأيروجيني. • جهاز قياس الطيف.
الكبريتيد (Sulfide)	حمض أيدروكلوريك – يود – يوديد بوتاسيوم – ثيوكبريتات الصوديوم – نشا – ن-ن ثيوكبريتات ثنائي ميثيل – بارافينيلن ثنائي الأمين – حمض كبريتيك – كلوريد حديدك – فوسفات ثنائي الأمونيوم – أزرق الميثيلين – كبريتيد صوديوم.	• جهاز قياس الطيف. • سحاحة/ماصة.
الكبريتات (Sulfate)	حمض أيدروكلوريك – كربونات صوديوم – كلوريد باريوم – ايثانول – ايزربروبانول – كلوريد صوديوم – جليسرين.	• جهاز قياس الأطياف.
الفلوريد (Fluoride)	EDTA – فلوريد صوديوم – كلوريد صوديوم – هيدروكسيد صوديوم – حامض خليك	• قطب فلوريد. • قطب مرجع. • جهاز قياس الجهد.
الكلور(Chlorine)	يوديد بوتاسيوم – خلات الصوديوم – حمض خليك يود – ثيوكبريتات الصوديوم – ايودات الصوديوم – حمض الكبريتيك – نشأ – فنينل – أكسيد الزرنيخ	• سحاحة/ماصة.
الكلوريد (Chlorine)	نترات الزئبقيك – حمض نيتريك – أيدروكسيد الصوديوم – فوق أكسيد الأيدروجين – كحول إيثيلي – دليل ثنائي فينيل كربازون – هيدروكينون.	• سحاحة/ماصة.
القلوية (Alkalinity)	حمض هيدروكلوريك – كربونات الصوديوم.	• جهاز قياس الجهد. • قطب زجاج وقطب مرجع.

الاختبار	الكيماويات المستخدمة	أجهزة القياس
المنظفات الصناعية (Detergents)	أزرق الميثلين – كلورفورم – الكيل سلفونات الصوديوم.	• جهاز قياس الأطياف.

تعتمد الطرق المستخدمة في التحاليل الكيميائية لملوثات المياه علي طرق قياسية عالمية محددة وتعتبر الطرق المذكورة في هذا الباب من اهم الطرق وأسهلها تطبيقا وأفضلها في الحصول علي نتائج سريعة في تحاليل المياه ولقد أعتمد جهاز شئون البيئة المصري هذه الطرق كطرق رسمية تستخدم في التحاليل

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الحامضية

Acidity

طريقة جهدية

اسس الطريقه :.

لقياس الحامضية يقدر الرقم الأيدروجيني للعينة ويضاف اليها كمية [illegible] يكفي لخفض الرقم الأيدروجيني الي ٤ أو أقل ويضاف الأيدروجين (eroxide [illegible] ويغلي المحلول ثم يبرد ويعاير جهديا (potentiometrically) مع محلول قياسي من خلوي حتي يصل الرقم الإيدروجيني الي ٢. ٨ وتغطي هذه الطريقة مدي الحامضية من ١٠ مليجرام / لتر الي ١ جرام / لتر كربونات كالسيوم باستخدام عينة حجمها ٥٠ مليلمتر .

الأجهزة والأدوات :.

جهاز قياس الرقم الأيدروجيني

الكيمياويات والمواد :.

***محلول فوق أكسيد الأيدروجين (H_2O_2) تركيز ٣٠%**

***محلول قياسي من أيدروكسيد الصوديوم ٠٢ . ٠ عياري**

الطريقة :

الخطوة (١)

بنقل ٥٠ مليميتر من العينة الي كأس سعة ٢٥٠ ملليلتر .

الخطوة (٢)

يقاس الرقم الأيدروجيني للعينة .

إذا كان الرقم الإيدورجيني اكبر من ٠، ٤ يضاف محلول قياسي من ٠٢ ، ٠ عياري حمض كبرتيك باضافة ٥ مليلمتر في كل مرة حتي ينخفض الرقم الإيدروجيني حتي 4 أو أقل.

الخطوة (٣)

يضاف ٥ قطرات من محلول فوق أكسيد الأيدروجين ٣٠%

الخطوة (٤)

تسخن العينة حتي الغليان ويستمر الغليان لمدة ٢-٤ دقائق

ملحوظة :. في بعض الأحيان يكون تركيز ايون الحديد الثنائي فى العينة كبيرا بحيث يتطلب اضافة مزيد من فوق أكسيد الأيدروجين و فترة اطول في التسخين

الخطوة (٥)

تبرد العينة الي درجة حرارة الغرفة وتعاير بالطريقة الجهدية مع محلول قياسي ٠٢ ، ٠ عياري من أيدروكسيد الصوديوم حتي يصل الرقم الأيدروجيني الي ٢، ٨

طريقة الحساب :.

الحامضية (معبرا عنها ملليجرام كربونات كالسيوم /لتر) = $\frac{-\{(أ\times ب)-(ج\times د)\}\times ٥٠٠٠٠}{\text{حجم العينة بالملليلترات}}$

حيث :.

أ- حجم محلول أيدروكسيد الصوديوم القياسي المستخدم في المعايرة
ب- عيارية (Normality) محلول أيدرو كسيد الصوديوم القياسي المستخدم
ج- حجم حمض الكبريتيك المستخدم لخفض الرقم الأيدروجيني الي ٤ أو إقل بالملليلترات
د- عيارية حمض الكبريتيك المستخدم

الاحتياطيات :.

*تتسبب المواد العالقة او المترسبة أثناء المعايرة في استجابة غير مناسبة من الأقطاب (Electrodes) ويمكن التقليل من هذا التأثير أو بالسماح بايقاف المعايرة (١٥- ٢٠ ثانية)بين كل إضافة للمحلول القياسي المستخدم في المعايرة باجراء عملية المعايرة ببطء عند القرب من نقطة النهاية

المراجع :.

1-USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cineinnali Ohio 1983 (Method 3,5.1)
2-Standard methods for the examination of water and wastewater (Method) ١٩٩٥ United book press Maryland

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

القلوية
Alkalinity
طريقة جهدية

أسس الطريقة :.

تعاير العينة جهديا (potentiometer titration) مع حمض قيا[illegible]سبقة الي ان يصل رقمها الأيدروجيني الي ٥ ، ٤ ويجب عدم ترشيح أو تخفيف أو تركيز العينة بأية طريقة قبل إجراء المعايرة

الأجهزة والأدوات

*جهاز قياس الرقم الايدروجيني بحساسية ٠٥ ، ٠وحدة وإذا لم يكن الجهاز محتويا علي معوض أوتوماتيكي لدرجة الحرارة (Automatic Temperature Compensator) تجري المعايرة عند ٣٥+ ٢٥ م
*وعاء ذوحجم مناسب ليحافظ علي حجم الهواء اقل من مايمكن فوق المحلول
*غطاء مطاطي للوعاء به فتحات للقطب والسحاحة
*مقلب مغناطيسي وماصات ودوراق وأواني زجاجية قياسية للإستخدام المعملي
*سحاحات أحجام ٥٠ ،٢٥ ، ١٠ ملليلتر

الكيماويات والمواد :.

*محلول قياسي من كربونات الصوديوم ٠٥ ، ٠ عياري
*محلول قياسي من الحمض (كبريتيك او أيدروكلوريك) ١، ٠ عياري يحضر كما يلي :.
١- يخفف ٠، ٣ ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز أو ٣، ٨ من حمض أيدركلوريك مركز بالماء بالمقطر ليصل الحجم النهائي الي ١ لتر
٢- ينتقل الي الكأس 40.0 ملليلتر من محلول ٥ ٠، ٠ عياري كربونات الصوديوم ويضاف اليه ٦٠ ملليلتر ماء مقطر وتجري المعايرة مع الحمض باستخدام قطب الزجاج وقطب المرجع حتي يصل الرقم الأيدروجيني الي حوالي ٥
٣- يخرج قطب الزجاج والقطب المرجع من المحلول ويغسل بالماء .
٤- يغلي المحلول بعناية لمدة ٣-٥ دقائق بعد تغطية الكأس بغطاء زجاجي يبرد المحلول لدرجة الحرارة الغرفة
٥- يشطف غطاء الزجاج بحيث يجمع الغسيل في الكأس أيضا
٦- تستكمل المعايرة الجهدية حتي نقطة الانكسار أو التعادل

٧- تحسب عيارية الحمض باستخدام العلاقة : ع – أ×ح-
حَ ×٠٠ ، ٥٣

حيث :.
أ- وزن كربونات الصوديوم الي اللتر بالجرام
ح - حجم كربونات الصوديوم المستخدمة في المعايرة بالملليلتر
حَ - حجم الحمض المستهلك حتي الوصول الي نقطة التكافؤ او الانكسار بالملليلتر
محلول حمض قياسي (كبريتيك أو ايدروكلوريك) ٠٢، عياري يخفف ٢٠٠ ملليلتر من محلول قياسي من الحمض (١، ٠ عياري الي لتر واحد بالماء المقطر . يعاير الحمض جهديا باستخدام ١٥ ملليلتر من محلول قياس ٠٥ ، عياري من كربونات الصوديوم وتتبع نفس الخطوات المستخدمة في معايرة الحمض ١، ٠ عياري
الطريقة :.
الخطوة (١) حجم العينة
لمعايرة عينات لها قلوية< 0١٠٠ ملليجرام كربونات كالسيوم /لتر يستخدم الحمض ذو التركيز ٠٢ ,٠ عياري للمعايرة
لمعايرة عينات لها قلوية < 0١٠٠ ملليجرام كربونات كالسيوم /لتر يستخدم الحمض ذو التركيز ١, عياري للمعايرة . وتساعد الأولية عادة في تحديد مستوي القلوية .
الخطوة (٢) المعايرة الجهدية
القلوية العادية :.
أ- ينقل ٢٥ , ٥٠ ملليلتر من العينة الي الكأس بواسطة ماصة ويراعي أن يكون طرف الماصة مغمورا أسفل المحلول بالقرب من قاع الكأس
ب- يقاس الرقم الأيدروجيني للعينة .
ح- يضاف محلول قياس من الحمض (٠٢ , ٠ أو ١ ,٠ عياري) مع الرج الجيد ويرفق حتي تمام الاتزان
د- تستكمل المعايرة حتي يصل الرقم الأيدروجيني الي ٤,٥ ويسجل حجم الحمض المستهلك
<u>للقلوية المنخفضة :.</u>
أ- التقدير قلوية< ٢٠ ملليجرام /لتر يعاير ١٠٠- ٢٠٠ ملليلتر من العينة كما هو مبين أعلاه باستخدام سحاحة سعة ١٠ ملليلتر ومحلول حمض قياسي ٠٢ ,٠ عياري .
ب- توقف المعايرة عندما يصل الرقم الايدورجيني في المدي من ٤,٣ – ٤,٧ ويسجل حجم الحمض المستهلك والرقم الأيدروجيني بدقة .
ج- يضاف الحمض بعناية حتي ينخفض الرقم الأيدروجيني عن الرقم السابق قراءته بمقدار ٠,٣ وحدة ويسجل حجم الحمض الذي سبب هذا الانخفاض
طريقة الحساب :.
١- المعايرة جهديا الي رقم الأيدروجيني ٥, ٤
القلوية (ملليجرام /لتر كربونات كالسيوم)= <u>أ×ع×٥٠٠٠٠</u>
حجم العينة (بالملليلتر)

حيث :.
أ- حجم الحمض القياسي بالملليلتر
ع= عيارية الحمض القياسي
٢- المعايرة جهديا للقلويا المنخفضة :
القلوية الكلية (ملليجرام)لتر كربونات كالسيوم)= <u>(٢ب-ح)×ع ×٥٠٠٠٠</u>
حجم العينة (بالملليلتر)

حيث :.
ب- حجم المحلول القياسي المستخدم في المعايرة عند أول رقم ايدروجيني يتم تسجيله

ح- حجم المحلول القياسي المستخدم في المعايرة للوصول الي رقم ايدروجيني ٣, أقل
ع= عيارية الحمض المستخدم
الاحتياطيات :.
يجب حفظ العينات مبردة عند درجة حرارة ٤° م ويجري قياسها بأسرع ما يمكن ولا يجب فتح العبوة المحتوية علي العينة إلا قبل القياس مباشرة
وجود كميات كبيرة من أملاح الأحماض العضوية وغير العضوية الضعيفة تتداخل في المعايرات الجهدية عند قياس الرقم الأيدروجيني
*تعاير العينات المحتوية علي تركيز الأحماض المعدنية من مخلفات الأمنيات والمياه المصاحبة لها إلي رقم إيدروجيني ٩ ,٣
*الزيوت والشحوم تسبب تداخلات عند القياس حيث تغلف غشاء قطب الزجاج بطبقة رقيقة مما يقلل حساسيته
المرجع :.
1-USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cincinnali Ohio 1983 (Method310,1)
2-Standard methods for the examination of water and wastewater for chemical (١٩٩٥ Method)United book press Maryland (Method2320(B))

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

اللون (Color)

طريقة مقارنة الالوان

أسس الطريقة :.
تعتمد الطريقة علي مقارنة لون العينة مع شدة امتصاص اللون لتركيز معلوم من محلول البلاتين والكربونات ويعبر عن وحدة اللون بانها تكافئ ١ ملليجرام بلاتين /لتر في صورة أيون كلور وبلاتينات
الاجهزة والأدوات :.
*أنابيب نسلر (٥٠ ملليلتر)
*جهاز قياس الرقم الأيدروجيني وقطب زجاج–مرجع مزدوج (combined glass-reference)
الكيماويات والمواد :.
*محلول بلاتين – كوبلت : يذاب ١,٢٤٦ جم كلوروبلاتينات البوتاسيوم K2PtCl6 والذي يحتوي علي ٥٠٠ ملليجرام بلاتين و ١,٠٠ جم من بلورات كلوريد الكوبلت Co Cl2.6 H2O2 في أقل كمية ماء مقطر ثم يضاف ١٠٠ ملليلتر من حمض الايدوركلوريك المركز ثم يخفف للمحلول حتي ١٠٠٠ ملليلتر بالماء المقطر وهذا المحلول القياسي له ٥٠٠ وحدة لون، وفي حالة عدم توافر كلوروبلاتينات البوتاسيوم يذاب ٥٠٠ ملليجرام من عنصر البلاتين النقي في الماء الملكي (Aqua regia) مع التسخين يزال الحمض بالتبخير ويذاب الراسب المتكون مع ١,٠٠ جم من بلورات كلوريد الكوبلت كما سبق ذكره.
*تحضر محاليل قياسية لها لون بوحدات ٥، ١٠، ١٥، ٢٠ ٢٥، ٣٠، ٣٥، ٤٠، ٤٥، ٥٠، ٧٠، ٦٠، وذلك بتخفيف ٥ ,٠، ١,٠، ١,٥ ٢,٥ ٣,٥ ٤,٠ ٤,٥، ٥,٠ ٦,٠ ٧,٠ ملليللترمن المحلول القياسي الاصلي المركز بالماء المقطر حتي ٥٠ ملليلتر في أنابيب نسلر ويجب المحافظة علي هذه المحاليل القياسية المحضرة من التبخير او التلوث أثناء عدم إستخدامها
الطريقة :.
الخطوة (١) :مقارنة اللون

تملئ أنبوبة نسلر بمحلول العينة حتي علامة ٥٠مللیلتر وتقارن كثافة اللون بالمحاليل القياسية حيث توضع أسفل الآنابيب سطح أبيض وينظر الي الآنابيب رأسها من اعلي وتقارن حتي يتضاهي لون العينة مع لون المحلول قياسي وإذا كانت العينة عكرة وازيلت عكارتها بسجل اللون علي انه لون ظاهري (Apparent Color) واذا زادت درجة اللون عن ٧٠ وحدة تخفف العينة بالماء المقطر بنسبة معروفة حتي تقع درجة اللون في مدي المحاليل القياسية

الخطوة (٢) قياس الرقم الايدروجيني

يقاس الرقم الايدروجيني pH لكل عينة

طريقة الحساب :.

١- تحسب درجة اللون من العلاقة : وحدات اللون = أ×٥٠ / ب

حيث :.

أ- كثافة اللون المقاس في العينة بعد تخفيفها

ب- حجم العينة التي تم تخفيفها

٢- يعبر عن اللون برقم كامل ويسجل علي النحو التالي :

وحدة اللون	يسجل الي اقرب
١-٥٠	١
٥١- ١٠٠	٥
١٠١ -٢٥٠	١٠
٢٥١ – ٥٠٠	٢٠

٣- يسجل الرقم الأيدروجين pH المقاس عنده اللون

الاحتياطيات :.

*تعتمد قيمة اللون لعينة مياه علي الرقم الأيدروجيني وتزيد لحظيا عند زيادة الرقم الأيدروجيني للمياه

*يجب التخلص من العكارة بالترشيح حيث أن إقل كمية عكارة تسبب ظهور لون أعلي من اللون الحقيقي .

*تجمع العينات في أواني زجاجية نظيفة ويجري القياس في الحال قبل حدوث أي تغيير في اللون نتيجة للنشاط البيولوجي

المرجع :.

1-USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cincinnati Ohio 1983 (Method 110,2)

2-Standard methods for the examination of water and wastewater United book press Maryland ١٩٩٥ (Method2120 (B))

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

التوصيل الكهربى (Conductivity)

طريقة كهربية

اسس الطريقة :.

التوصيل الكهربي هو قياس قابلية الماء علي توصيل التيار الكهربي ، ويتناسب ذلك مع القوة الأيونية (Ionic strength) للماء . ويعتمد علي طبيعة المواد الأيونية الذائبة في الماء وتركيزها الفعلي والنسبي لدرجة حرارة القياس ، وتعبر وحدة سيمنز /لكل متر (siemens per meter) هي الوحدة القياسية للتوصيل الكهربي وتستخدم عادة وحدات أصغر مثل ملئ سيمنز /لكل متر (1mS/m =10 u mho/cm)

الأجهزة والأدوات :.

***جهاز قياس التوصيل الكهربي**
***خلية توصيل كهربي**
***يقاس ثابت للخلية باستخدام محلول قياسي (انظر الجدول) او بمقارنة الخلية بخلية اخري معروف ثابتها بدقة**
***ترمومتر يقيس حتي ٠,١ بدرجة مئوية في مدي ٢٠° – ٣٠ ° م**
توصيل محلول كلوريد البوتاسيوم عند درجة ٢٥ ° م

تركيز كلوريد البوتاسيوم (Moles)	التوصيل mS/m	التوصيل المكافئ mS/mole
١,٠	١١١٨٧	١١١,٨٧
٠,١	١٢٩٠	١٢٨,٩٦
٠, ٠ ٩	١٤١,٣	١٤١,٢٧
٠,٠٠ ١	١٤,٧	١٤٦,٩٥
٠,٠٠٠١	١,٤٩	١٤٩,٤٣

الكيماويات والمواد :
***ماء توصيل (Conductivity water)**
***ماء مقطر مرتين يغلي ١٠ دقائق ويبرد قبل الاستخدام مباشرة ويجب أن يكون التوصيل الكهربي لهذا الماء اقل من1 ,٠ مللي سيمنز/متر**
***محلول قياسي من كلوريد البوتاسيوم ٠,٠١ عياري ، وهذا المحلول القياسي المرجعي له توصيل كهربي مقداره ١٤١,٣ ميللي سيمنز /متر او ١٤١٣ ميكرو اوم /سم ويحفظ في زجاجات بيركس مغطاة**
الطريقة :.
الخطوة (١) معايرة الخلية
أ- تشطف خلية قياس التوصل علي الأقل ثلاث مرات باستخدام محلول ٠١ ,٠ عياري من كلوريد البوتاسيوم .
ب- تضبط درجة الحرارة لمحلول كلوريد البوتاسيوم الذي سيستخدم في غسل الخلية لمرة رابعة عند درجة ٢٥ °م ±٠,١ م
ج-تقاس مقاومة هذا المحلول ويسجل التوصيل الكهربي للمصحح له عند درجة حرارة المحلول المقاس باستخدام المعادلة :
التوصيل المصحح لمحلول ٠,١٠ عياري من كلوريد البوتاسيوم (mS/m) =

$$\frac{\text{mSm}\ ١٤١,٣}{١+٠,١٩١٠(\text{ت}-٢٥)}$$

او
التوصيل المصحح ٠١ ,٠ عياري من كلوريد البوتاسيوم umho/cm =

$$\frac{١٤١,٣\ (\text{umho/cm})}{١\div ١٩١\ ٠,(\text{ت}-٢٥)}$$

د- بعد التأكد من الوحدة المختارة للقياس علي الجهاز بضبط مفتاح ثابت الخلية ليعطي القيمة المحسوبة للتوصيل الكهربي .
الخطوة (٢) قياس التوصيل الكهربي
أ- شطف الخلية بالماء المقطر وتملئ بجزء من العينة . وكلما أمكن يجب أن تكون درجة حرارة العينة ٢٥ °م ±٠,١ م إذا اختلفت درجة الحرارة عن ٢٥ °م ±٠,١ م تسجل درجة الحرارة الحقيقية ويجري تصحيح لقيمة التوصيل باستخدام منحني قياسي يربط العلاقة بين درجة الحرارة والتوصيل
ج-تقاس قيمة التوصيل الكهربي للعينة .
طريقة الحساب :
يحسب التوصيل الكهربي عند درجة ٢٥ ° م باستخدام العلاقة :
التوصيل الكهربي عند ٢٥ م = قراءة التوصيل الكهربى (مللى سيمنز/متر ا ميكرواوم/سم)

١+ ١٩١ ٠,٠(ت-٢٥)

ويعبر عن النتائج عند درجة حرارة ٢٥ ° م

الاحتياطيات :.

***تترك الخلية دائما في الماء عند عدم استخدامها .**

***تسجل درجات الحرارة بصفة مستمرة وتصحح عند الحاجة .**

***تعتمد صحة النتائج النهائية للتوصيل الكهربي في المقام الأول علي معايرة الخلية .**

***يستخدم مياه خالية تماما من الأيونات وتعرف بماء التوصيل (conductivity water) لتحضير المحاليل**

***تجري قياسات التوصيل الكهربي في الموقع وفي الحال .**

***لاتستخدم طرق الحفظ الكيميائية للعينات .**

***يعاد تغطية أقطاب الخلية البلاتينية عند حدوث خطأ في القراءت**

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

المواد الصلبة الذائبة

Dissolved solids

طريقة وزنية

أسس الطريقة :.

يرشح حجم معلوم من العينة خلال مرشح زجاجي ويبخر الرشيح ويجفف عند درجة حرارة ١٨٠° م ويوزن

الأجهزة والأدوات :.

***فرص ترشيح زجاجي ٤,٧ ، ٢,١سم**

***حامل القرص الترشيح وقمع ترشيح او بوتقة ترشيح**

***قارورة شفط سعة ٥٠٠ مليلتر**

***بوتقة سعة ٢٥ ملليلتر (في حالة استخدام قرص ترشيح ٢,١ سم)**

***طبق تبخير مصنوع من البورسيلين بسعة ١٠٠ ملليلتر**

***حمام بخار**

***فرن تجفيف مسخن حتي درجة ١٨٠ °± ٢**

***مجفف**

***ميزان حساس بحساسية بدقة ٠,١ ملليجرام**

الكيماويات والمواد :

ماء مقطر خالي من الأيونات

الطريقة :.

خطوة (١) تجهيز جهاز الترشيح

أ_ يثبت قرص الترشيح في مكانه على قمع الترشيح أو بوتقة الترشيح

ب-تشغل مضخة شفط ويغسل اثناء الشفط قرص الترشيح بثلاث جرعات من الماء المقطر كل منها ٢٠ ملليلتر .

ج-يستمر الشفط حتي تزال الآثار المتبقية من الماء علي قرص الترشيح .

خطوة (٢) :تجهيز طبق التجفيف

يسخن طبق التجفيف عند درجة ١٨٠ °± ٢ م لمدة ساعة ثم يبرد ويوضع في المجفف ويخزن لحين الحاجة اليه ويوزن مباشرة قبل الأستخدام

خطوة (٣) : الترشيح

أ- يركب جهاز الترشيح ويبدأ في الشفط

ب- ترج العينة جيدا وينقل ١٠٠ ملليلتر الي قمع الترشيح باستخدام مخبار مدرج سعة ١٠٠ ملليلتر

خطوة (٤) : التجفيف

أ- ترشح العينة من خلال قرص الترشيح الزجاجي .
ب- يغسل قرص الترشيح ثلاث مرات باستخدام ١٠ ملليلتر من الماء المقطر ويستمر الشفط لمدة ٣ دقائق بعد الترشيح لتمام إزالة الماء
ج-ينقل كمية مقدارها ١,٠ ملليلتر أو أكثر الي طبق المعلوم الوزن التبخير ويجفف المحلول علي حمام بخار
خطوة (٥) : الوزن
أ- تجفف العينة المبخرة بعد ذلك لمدة ساعة علي الأقل في فرن تجفيف مسخن عند درجة ١٨٠°±٢ م
ب- يبرد طبق التبخير في المجفف ويوزن .
ج- تكرر عملية التجفيف حتي ثبات الوزن .
طريقة الحساب :.
المواد الصلبة الذائبة (ملليجرام /لتر)= (أ-ب)×١٠٠٠ / ج
حيث :.أ-وزن الإناء + وزن الراسب جافا (بالملليجرامات)
ب-وزن الإناء (بالملليجرامات)
ج-حجم العينة المستخدمة ((بالملليلترات)
الاحتياطيات :
***تحتوي المياه عالية الملوحة علي تركيزات مرتفعة من الكالسيوم والماغنسيوم والكلوريد والكبريتات ،وهي أملاح ممتصة للرطوبة (hygroscopic) وتتطلب وقتا أطول في التجفيف وسرعة في الوزن**
***العينات المحتوية علي تركيزات عالية من البيكربونات تتطلب عناية ووقتا أطول أطول في التجفيف عند درجة حرارة ١٨٠ ه م للتأكد من تحول البيكربونات إلي كربونات .**
***يراعي ألا يتجاوز وزن الراسب عن ٢٠٠ ملليجرام حيث أن تواجد كميات كبيرة يؤدي تكوين قشرة صلبة علي سطح الراسب تمنع تبخير الماء كاملا في مرحلة التجفيف**
***لاتحفظ العينة وأبدا التحليل في اقرب وقت ممكن .**
***يجب حفظ العينات او تلقيحها عند درجة ٤° م قبل وصولها للمعمل لمنع التحلل الميكروبيولوجي**

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

المواد الصلبة الثابتة والمتطايرة
Fixed and Volatile solids
طريقة وزنية

اسس الطريقة
يحرق الراسب الناتج من تجربة المواد الصلبة الكلية او المواد الذائ
حرارة ٥٥٠° م حتي ثبات الوزن وبعد الحرق يمثل الراسب المتبقي المواد الصلبه الكليه الثابته او المواد الصلبة الذائبة الثابتة او المواد الصلبة العالقة الثابتة بينما الراسب المفقود المواد الصلبة المتطايرة
الأجهزة والأدوات :
***كل الاجهزة المستخدمة في تقدير المواد الصلبة الكلية او المواد الصلبة الذائبة او المواد الصلبة العالقة**
***فرن حرق للاستخدام عند درجة حرارة ٥٥٠ ° م**
***مجفف**
***ميزان حساس بدقة ٠,١ ملليجرام**

الكيماويات والمواد :
ماء مقطر
الطريقة :
خطوة (١) : الحرق

أ- يسخن الفرن عند درجة حرارة ٥٥٠° م
ب- يحرق الراسب المتبقي من تجربة المواد الصلبة الكلية او المواد الصلبة العالقة او المواد الصلبة الذائبة في الفرن ويبرد ويوزن وتكرر العملية حتي ثبات الوزن . عادة يستغرق زمن الحرق من ١٥-٢٠ دقيقة لراسب مقداره 200 ملليجرام .وإذا زادت كمية الراسب تطلب الأمر وقتا اطول للحرق
خطوة (٢) التبريد والتجفيف :.
أ- تترك البوتقة أو قرص الترشيح الساخن لتخفض درجة حرارته .
ب- ينقل المجفف للتبريد النهائي .
خطوة (٣) الوزن والنتائج النهائية
أ- يوزن قرص الترشيح او البوتقة بمجرد اكتسابها درجة حرارة الغرفة .
ب- تكرر دورة الحرق . التبريد ،التجفيف والوزن لحين ثبات وزن الراسب
طريقة الحساب :

$$\text{تركيز المواد الصلبة الثابتة (ملليجرام /لتر)} = \frac{(\text{ب-ح}) \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة (ملليتر)}}$$

$$\text{تركيز المواد الصلبة المتطايرة (ملليجرام /لتر)} = \frac{(\text{أ-ب}) \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة (ملليتر)}}$$

حيث :
أ- وزن الراسب والبوتقة قبل الحرق بالملليجرام
ب- وزن الراسب والبوتقة بعد الحرق بالملليجرام
ح- وزن البوتقة او قرص الترشيح بالملليجرام
الاحتياطيات :
*يحدث أحيانا أخطاء سالبة في قيمة مواد الصلبة المتطايرة نتيجة التجفيف
*تحدث أحيانا بعض الأخطاء عند تقدير تركيزات ضئيلة من المواد الصلبة المتطايرة في وجود تركيزات كبيرة من المواد الصلبة الثابتة ، وفي هذه الحالة يجري اختبار اخر لتأكد من صحة النتائج مثل قياس الكربون العضوي الكلي (Total Organic Carbon)

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

العسر Hardness

طريقة المعايرة الحجمية

أسس الطريقة :
يتفاعل الكالسيوم والماغنسيوم مع ثنائي صوديوم إثنين ثنائي الأمين رباعي الخليك (diamin tetra acetate) المعروف ب (EDTA) وتحدد نقطة النهاية للتفاعل باستخدام دليل (Eriochrome blackT) الذي يتميز بلونه الأحمر في وجود الكالسيوم والماغنسيوم ولونه الأزرق عندما تتفاعل هذه الكاتيونات جميعها .
الأجهزة والادوات :
الاجهزة والادوات المناسبة لأجراء المعايرات
الكيماويات والمواد :
*يحضر محلول منظم (ماغنسيوم EDTA)
يذاب ١,١٧٩ ١) جرام من ثنائي صوديوم EDTA و٧٨٠ ملليجرام من كبريتات الماغنسيوم سباحية ماء التبلر (MgSO47H2O) او ٦٤٤ ملليجرام كلوريد ماغنسيوم سداسي ماء التبلر (MgCl26,H2O) في ٥٠ ملليلتر من الماء المقطر مرتين الخالي من الأيونات
٢-يقلب هذا المحلول في قارورة عيارية سعة ٢٥٠ ملليلتر تحتوي علي ١٦,٩ ملليجرام امونيوم (NH4Cl) و١٤٣ ملليلتر من محلول الأمونيا المركزة وترج جيدا يخفف المحلول حتي العلامة بالماء المقطر

٣- يخزن المحلول في قارورة بلاستيكية بغطاء محكم ، والمحلول ثابت لمدة شهر تقريبا ، ويجب التخلص منه عندما لايؤدي إضافة ١-٢ ملليلتر منه إلي العينة الي الوصول بالرقم الأيدروجيني الي ١٠=١,١ وحدة عند نقطة النهاية في المعايرة .
(*الدليل (INDICATOR)مخلوط (٠,٥ جرام من ايرو كروم بلاك في Eriochrome Black T مع ١٠٠ جرام كلوريد صوديوم)
***محلول قياسي من EDTA ٠,٠٢ عياري**
***محلول قياسي من الكالسيوم ٠,٠٢ عياري**
***حمض أيدر كلوريك (١+١)**
***دليل الميثيل الأحمر Methyl Red(٠،٩% في الماء)**
***محلول أمونيا ماني (٣ عياري)**
***محلول أمونيا ماني (١عياري)**
تابع الكيماويات والمواد :.
طريقة المعايرة :.
١- يوضع ٠ , ١٠ ملليلتر من المحلول القياسي للكالسيوم في دورق مخروطي محتويا علي ٥٠ ملليلتر ماء مقطر
٢- يضاف ١ ملليلتر من المحلول المنظم
٣- يضاف (١-٢) قطرة من الدليلEriochrome Black T او معلقة صغيرة من الدليل الجاف الصلب .
٤- تجري المعايرة ببطء مع استمرار التقليب حتي يختفي اللون الأحمر ويراعي إضافة القطرات الأخيرة ببطء (٣-٥ ثانية بين كل قطرة مضافة) وعند نقطة التكافؤ يتحول اللون الي الأزرق وتستغرق فترة المعايرة ٥ دقائق من وقت إضافة المحلول المنظم .
الطريقة :.
خطوة (١) المعالجة الابتدائية
أ- لاتجري أي معالجة لعينات مياه الشرب والمياه السطحية والمياه المالحة
ب-تجري عملية هضم لعينات الصرف او العينات عالية التلوث
خطوة (٢) :معايرة العينة
أ- يوضع ٢٥,٠- ١٠٠,٠ ملليلتر من العينة في دورق مخروطي ويعادل المحلول باستخدام محلول أمونيا مائي ١ عياري ثم يخفف المحلول إلي ١٠٠ ملليلتر إذا لزم الأمر
ب-يضاف ١-٢ ملليلتر عن المحلول المنظم ليعطي رقم أيدروجيني ١٠±٠,١
ح-يضاف معلقة صغيرة من الدليل الجاف .
د-تجري عملية المعايرة ببطء مع استمرار التقليب مع محلول EDTAالقياسي حتي يتحول اللون الأحمر الي الأزرق
ه-إذا لم تكن نقطة نهاية المعايرة واضحة يضاف ٢٥٠ ملليجرام سياتيد صوديوم كمثبط وتجري المعايرة
و-تجري تجربة معايرة غفل (Blank) باستخدام ماء مقطر خالي من الأيونات
طريقة الحساب

$$\text{العسر (ملليجرام كربونات كالسيوم /لتر)} = \frac{\text{ح} \times \text{ع} \times ٥٠٠٠٠}{\text{حجم العينة (بالملليلتر)}}$$

حيث :.
ح=حجم محلول EDTA المستخدم في المعايرة بالملليلتر
ع=عيارية محلول EDTA
الاحتياطيات :.

تداخل ايونات العناصر الثقيلة إن وجدت في المعايرة تسبب أخطاء وللتغلب علي ذلك يضاف محلول سيانسيد الصوديوم للتخلص من اثر هذه العناصر وتحويلها الي صورة معقدة ويراعي أن مادة السيانيد سامة وقاتلة

المراجع :

1-USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cineinnali Ohio,1983(method 130,2)
2-Standard methods for the examination of water and wastewater United book press Maryland 1995 (Method 234C)

الرقم الأيدروجيني
pH
طريقة كهربية

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

اسس الطريقة :.
يقدر الرقم الأيدروجيني بقياس الجهد الناشئ بين قطبين أحدهما يستجيب لايون الايدروجين (قطب زجاجي Glass electrode) وآخر قطب مرجعي (Reference electrode)- عادة قطب كالوميل Calomel- وذلك عند غمر القطبين في محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجيني وكل وحدة رقم أيدروجين pH = ١٦ , ٥٨ مللي فولت عند درجة حرارة ٢٥ ° م
الأجهزة والأدوات :.
***جهاز قياس الرقم الأيدورجيني بدقة حتي ٠,١ وحدة pH**
***قطب مزدوج (زجاج/كالوميل) أو (زجاج /فضة –كلوريد فضة)**
***قلاب مغناطيسي**
***قضيب تقليب مغطي بالتفلون**
الكيماويات والمواد :
ماء مقطر
محاليل منظمة (Buffers) ذات أرقام ايدروجينية ٤، ٧ ، ١٠
الطريقة :.
خطوة (١) الغسيل
يشطف القطب بالماء ويجفف برقه باستخدام ورق ناعم وتجري هذه الخطوة كل مرة قبل استخدام القطب سواء في المحلول المنظم (Buffer) أو العينة .
خطوة (٢) :ضبط الحرارة
إذا كان الجهاز المستخدم يحتوي علي معوض الحرارة يدوي (Manual Temperature compensation) تضبط درجة حرارتة لتطابق درجة حرارة العينة المقاسة أو المحلول المنظم المستخدم
خطوة (٣) : معايرة الجهاز
يعاير الجهاز بغمر القطب فى محلول منظم ذو رقم هيدروجينى ٧,٠ ويحرك مقتاخ الضبط ختى يقرأ الجهاز الرقم ٧,٠
خطوة (٤) ضبط الجهاز

أ-يغسل القطب وتكرر الخطوة السابقة باستخدام محاليل منظمة ذات ارقام ايدروجنية ٤,٠ و٩,٠ ويفضل استخدام المحاليل المنظمة ذات الأرقام الايدورجينية التي يظن انها اقرب ماتكون للعينة المطلوب قياسها
ب-تضبط القراءة علي الرقم الأيدروجيني المناسب لضبط مفتاح الميل slope وتستبعد المحاليل التى استخدمت في معايرة الجهاز
خطوة (٥) قياس العينات :.
أ-يغمر القطب في العينة المراد قياس رقمها الأيدروجيني وتؤخذ القراءة من الجهاز بعد ٣٠ ثانية
ب-يعبر عن النتائج حتي أقرب ٠,١ وحدة رقم ايدروجيني pHوتسجل درجة الحرارة وقت القياس
الاحتياطيات :.
تغسل الأقطاب بالماء المقطر وتجفف قبل إجراء القياس .
-يضبط جهاز القياس عند درجة حرارة العينة المقاسة .
-يراعي ملئ المحلول الداخلي لقطب المرجعي (Reference electrode) حتي المستوي المناسب
- لاتحفظ العينات المراد قياسها باضافة كيمياويات إليها
-تترك الاقطاب مغمورة في الماء المقطر بعد القياس ولايسمح لها بالجفاف
-يقاس الرقم الأيدروجيني في موقع اخذ العينة وإذا تعذر ذلك تجري عملية القياس بأسرع مايمكن من وقت اخذ العينة
عند قياس محاليل ذات ملوحة مرتفعة يراعي التعويض عن الخطأ الذي يسببه أيون الصوديوم عند رقم أيدروجيني أو اكثر
المراجع :

1-USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cineinnali Ohio,1983(method 150,1)
2-Standard methods for the examination of water and wastewater United book press Maryland 1995 (Method 450 H B)

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

المواد الصلبة المترسبة
Settle able Solids
طريقة حجمية

اسس الطريقة :.
تقاس المواد الصلبة المترسبة حجميا باستخدام مخروط امهوف (ne
الراسب المتكون بعد ساعة ويعبر عنه (ملليلتر /لتر)
الاجهزة والأدوات :.
مخروط أمهوف (Imhoff cone)
الطريقة :.
خطوة (١) حجم العينة
يملئ مخروط امهوف حتي العلامة باستخدام لتر من العينة بعد رجها جيدا .
خطوة (٢) الترسيب
تترك العينة لمدة ٤٥ دقيقة لترسب منها المواد الصلبة القابلة للترسيب ويحرك المحلول جيدا بتحريك المخروط حركة مغزلية او باستخدام قضيب زجاجي
خطوة (٣) تمام الترسيب
تترك العينة لمدة ١٥ دقيقة إضافية ثم يسجل حجم الراسب بالملليلتر من المواد الصلبة في المخروط .
الاحتياطات :

- **لا تحسب المواد الطافية على انها مترسبة**
- **إذا احتوت المواد الصلبة على تجاويف سائلة بين حبيباتها الكبيرة يقدر حجم هذه التجاويف ويطرح الحجم الكلي للمواد الصلبة المترسبة.**

المراجع :

1- USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cinennati, Ohio, 1983 (Method 160,5)

2- Standard method for the examination of water and wastewater, united book press, Maryland,, 1995 (Method 254, F) .

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

المواد الصلبة العالقة

Suspended Solids

طريقة وزنية

أسس الطريقة :

ترشح عينة ممزوجة جيدا خلال مرشح زجاجي ويجفف الراسب المتبقي على ورق الترشيح عند درجة حرارة ١٠٣ – ١٠٥°م

ويوزن ويكرر التجفيف حتى ثبات الوزن ويمكن استخدام ناتج الترشيح الذي يحصل عليه من هذه التجربة في قياس المواد الصلبة الذائبة.

الأجهزة والأدوات:

- **قرص ترشيح زجاجي لا يحتوي على مواد عضوية لاصقة.**
- **حامل لقرص الترشيح.**
- **جهاز ترشيح بقرص حامل من الزجاج متوسط المساحة (٤٠ – ٦٠ميكرون) وقارورة استقبال.**
- **قارورة تلريغ (Sucation flask).**
- **فرن تجفيف عند ١٠٣ – ١٠٥ ° م.**
- **مجفف.**
- **ميزان حساس بدقة ٠.١ ملليجرام.**

الكيماويات والمواد:

ماء مقطر خالي من الأيونات(Deionized bi distilled)

الطريقة:

خطوة (١): غسل المرشح:

أ. يوضع قرص الترشيح الزجاجي فوق حامل القرص أو بوضع في برتقة ترشيح بحيث يكون السطح الخشن من القرص موضوع إلى أعلى.

ب. يبتل قرص الترشيح أثناء الشفط المبين ويغسل ٣ مرات بماء مقطر (٢٠ ملليلتر في كل مرة).

ت. يستمر الشفط حتى يزال كل آثار الماء.

خطوة (٢): تجفيف قرص الترشيح:

أ. يرفع قرص الترشيح من جهاز الترشيح وأو تؤخذ البوتقة ومعها المرشح كاملة للتجفيف.

ب. تجفف البوتقة عند درجة حرارة ١٠٣ - ١٠٥ ° م لمدة ساعة في فرن التجفيف.

ت. توضع البوتقة وبها المرشح في المجفف وتترك لحين الحاجة إليها.

ث. تكرر عملية التجفيف حتى الحصول على وزن ثابت.

خطوة (٣): ترشيح العينة:

أ. يرشح حجم ١٠٠ملليلتر من العينة، إذا كان وزن الراسب العالق الموزون أقل من ١ملليجرام يرشح مزيد من العينة لتعطي على الأقل ١ملليجرام.

ب. تثبت البوتقة على المرشح ويوصل الجهاز بالشفاط يبلل قرص الترشيح بقليل من الماء المقطر.

ت. ترج العينة جيداً ثم ينقل حجم من العينة بواسطة مختبر مدرج إلى قمع الترشيح.

ث. يستمر في الشفط لإزالة كل آثار المياه بعد ترشيح العينة.

خطوة(٤): غسيل قرص الترشيح:

أ. أثناء علمية الشفط يغسل المخبار المدرج وقرص الترشيح والمواد الصلبة التي تعلقت بجوانب البوتقة ثلاثة مرات بالماء المقطر.

ب. يسمح بتصريف مياه الغسيل حتى النهاية في كل مرة من مرات الغسيل.

ت. يزال كل آثار من الماء باستمرار الشفط بعد الغسيل.

خطوة(٥): تجفيف ووزن قرص الترشيح:

أ. يزال قرص الترشيح من البوتقة أو تزال البوتقة بقرص الترشيح.

ب. تجفف على الأقل لمدة ساعة عند درجة حرارة.

١٠٣-١٠٥°م ثم تبرد في مجفف وتوزن.

ج تكرر عملية التجفيف حتى ثبات الوزن.

طريقة الحساب:

$$\text{المواد الصلبة العالقة (ملليجرام/لتر)} = \frac{(\text{أ} - \text{ب}) \times 1000}{\text{ح}}$$

حيث:

أ = وزن الراسب وبوتقة الوزن بالملليجرام.

ب = وزن بوتقة الوزن فارغة بالملليجرام.

ح = حجم العينة المرشحة بالملليلتر.

الاحتياطات:

- تستبعد العوالق التي لا يرغب حسابها لعدم تمثيلها للواقع الحقيقي مثل أوراق الأشجار والكتل البرازية والأسماك وقطع الخشب.
- تجري عملية القياس بسرعة.
- تحفظ أو تثلج العينة عند درجة حرارة ٤°م لتقليل النشاط البكتريولوجي والذي يؤدي إلى تحلل المواد الصلبة.
- يجب أستعمال أجهزة ترشيح خاصة وكذا مادة قرص الترشيح وطرق الغسيل وحرارة التجفيف لأن كل هذه المتغيرات تؤثر على النتائج.
- العينات المحتوية على كميات عالية من المواد الصلبة الزائدة مثل المياه المالحة يكون لها هناك تداخل في القراءات وفي هذه الحالة تستخدم أجهزة ترشيح لها القدرة على التقليل من هذا التداخل.

المراجع:

1. USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cininnati, Ohio, 1983 (Method 160.2).
2. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book Press, Maryland, 1995 {Method 254, (D)}.

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

المواد الصلبة

Total Solids

طريقة وزنيه

أسس الطريقة:

ينقل حجم معلوم من العينة بعد مزجها جيداً إلى إناء سبق وزنه ثم تبخر وتجفف عند ١٠٥°م حتى ثبات الوزن.

الأجهزة والأدوات:

- **أطباق تبخير خزافية (قطر ٩٠ ملليمتر وسعة ١٠٠ ملليمتر).**
- **ميزان حساس بحساسية ٠.١ ملليجرام.**
- **فرن تجفيف عند ١٠٣°م.**
- **مجفف.**

الكيماويات والمواد:

- **ماء مقطر مرتين خالي من الأيونات.**

الطريقة:

خطوة رقم (١)

أ. تسخن أطباق التبخير الخزفية عند ١٠٣°م - ١٠٥°م لمدة ساعة.

ملحوظة: في حالة قياس المواد الصلبة المتطايرة يتبع هذه الطريقة ثم يتبع طريقة المواد الصلبة الثابتة والمتطايرة.

ب.

خطوة ر (٢)

أ. ينقل حجم معلوم من العينة إلى طبق التبخير الجاف والموزون ويجفف حتى تمام الجفاف على حمام بخار أو في فرن تجفيف.

ملحوظة:

يختار حجم من العينة لإعطاء راسب وزنه ٢٥ملليجرام والحصول على راسب ذو وزن مناسب بكرر إضافة أحجام معلومة من العينة إلى نفس طبق التبخير.

ب.

وتتأثر ن

خطوة (٣)

تجفف العينة لمدة ساعة على الأقل عند ١٠٣°م - ١٠٥°م ثم تبرد وتوضع في المجفف وتوزن حتى ثبات الوزن.

طريقة الحساب:

$$\text{المواد الصلبة الكلية (ملليجرام/لتر)} = \frac{(\text{أ} - \text{ب}) \times 1000}{\text{ج}}$$

حيث:

أ = وزن الإناء الراسب الجاف بالملليجرامات.

ب = وزن الإناء فارغ.
ج = حجم العينة المستخدمة بالملليمترات.
الاحتياطات:

- **يجب استبعاد الرواسب غير الممثلة للواقع في العينة مثل أوراق الأشجار والأسماك الصغيرة والأحجار والكتل البرازية وذلك إذا لم يكن قياسها مطلوباً.**
- **إذا وجدت زيوت طاقية أو شحوم في العينة وجب خلطها جيداً بخلاط كهربي قبل أخذ العينة.**
- **لا يجب حفظ العينة ويجب تحليلها فور وصولها المعمل.**
- **تخزين أو تتليج العينة عند درجة حرارة ٤°م قبل وصولها إلى المعمل يقلل من فرص التحلل الميكروبيولوجي.**

المراجع:

1. USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cininnati, Ohio, 1983 (Method 160.2).
2. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book Press, Maryland, 1995 {Method 254, (B)}.

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

العكارة
Turbidity
طريقة تشتت الضوء

أسس الطريقة:
تعتمد هذه الطريقة على مقارنة الضوء المشتت (Scattered) الذي تسببه عينة قياسية مرجعية من معلق (Suspension) بالضوء المشتت التي تسببه العينة المراد قياسها تحت نفس الظروف وتتناسب كمية الضوء المشتت مع درجة العكارة.
الأجهزة والأدوات:

- **جهاز قياس العكارة.**
- **أنابيب زجاج للعينات.**

الكيماويات والمواد:

- **محلول معلق عكارة مركز:**

١. تحضير المحاليل الأتية:
محلول (أ):
يذاب ١.٠٠جرام من كبريتات الهيدرازين (H4N2.H2.SO٤) في ماء مقطر ويخفف المحلول إلى ١.٠٠ ملليلتر في قارورة عيارية.
محلول (ب):
يذاب ١٠ جرام من سداسي ميثلين رباعي الأمين في ماء مقطر ويخفف حتى ١٠٠ملليلتر في قارورة عيارية.
٢. يخلط ٥ ملليلتر من محلول (أ) و٥ ملليلتر من محلول (ب) في دورق عياري سعة ١٠٠ملليلتر.
٣. يترك المحلول المحضر ٢٤ساعة عند درجة حرارة ٢٥± ٣°م ويخفف إلى العلامة ويرج.
٤. تبلغ عكارة هذا المعلق ٤٠٠وحدة (Nephelometric Turbidity Units, NTU) ويمكن تخزين هذا المعلق لفترة شهر.

- **محلول عكارة قياسي:**

يخفف ٢٥ملليلتر من معلق العكارة المركز بالماء المقطر حتى يصل حجمه ١٠٠ملليلتر (يحضر يومياً).

هذا المعلق له عكارة تكافئ ١٠٠وحدة (NTU). ويخفف ذلك المحلول عشر مرات للحصول على معلق له عكارة تكافئ ١٠وحدة (NTU).

الطريقة:

خطوة (١): معايرة جهاز قياس العكارة:

يعاير جهاز قياس العكارة باستخدام معلق بعكارة ١٠٠وحدة (NTU).

تؤكد هذه القراءة باستخدام معلق أخر بعكارة ١٠وحدة (NTU).

خطوة (٢): قياس عكارة أقل من ٤٠وحدة (NTU):

ترج العينة المراد قياس عكارتها وتترك حتى تختفي فقاقيع الهواء.

ويفرغ جزء منها في أنبوبة الجهاز وتقاس عكارة المحلول حيث تقرأ قيمة العكارة من قياس الجهاز مباشرة.

خطوة (٣): تخفيف العينة:

إذا ازدادت قيمة العكارة عن المدى الذي يمكن قياسه بالجهاز تخفف العينة بنسبة معلومة من الماء وتقاس عكارتها ويؤخذ معامل التخفيف في الاعتبار عند الحساب.

طريقة الحساب:

$$\text{العكارة (NTU)} = \frac{أ \times (ب + ج)}{ج}$$

حيث:

أ = درجة العكارة المقاسة للعينة (NTU).

ب = حجم الماء المستخدم في التخفيف بالملليلتر.

جـ = حجم العينة التي خففت بالملليلتر.

تسجل النتائج على النحو التالي:

مدى العكارة NTU	تسجيل لأقرب NTA
صفر-١	٠.٠٥
١-١٠	٠.١
١٠-٤٠	١
٤٠-١٠٠	٥
١٠٠-٤٠٠	١٠
١٠٠-١٠٠٠	٥٠
أكبر من ١٠٠٠	١٠٠

الاحتياطات:

يجب إزالة الرمال وفقاعات الهواء والمواد العالقة واستبعاد الأدوات الزجاجية غير النظيفة حيث أنها المصدر الرئيسي للتداخلات وعدم الحصول على نتائج جيدة.

المراجع:

1. USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cininnati, Ohio, 1983 (Method 180.1).

2. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book Press, Maryland, 1995 {Method 212.F}.

أمونيا – نيتروجين

Ammonia-Nitrogen

الطريقة الجهدية

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

أسس الطريقة:

تتحول الأمونيا في صورة امونيوم إلى غاز الأمونيا عند رفع الأس الأبدروجيني فوق ١١ باستخدام قلوي وتقاس الأمونيا المنطلقة باستخدام قطب أمونيا وبذلك لايلزم تقطير الأمونيا.

الأجهزة والأدوات:

- **جهاز قياس الرقم الأيدروجيني بمقياس واسع ٠.١ميللي فولت في المدى من – ٧٠٠ميللي فولت إلى +٧٠٠ ميللي فولت أو جهاز قياس الأيونات الانتقائي.**
- **قطب ايوني انتقائي لغاز الأمونيا.**
- **مقلب مغناطيسي معزول حرارياً وقضيب تقليب مغطى بالتفلون.**

الكيماويات والمواد:

- **ماء خالي من الأمونيا.**
- **محلول أيدروكسيد صوديوم ١٠عياري.**
- **محلول كلويد أمونيوم قياسي.**
- **محلول أيدروكسيد الصوديوم و EDTA ١٠ عياري:**

١-يذاب ٤٠٠جم من أيدروكسيد الصوديوم في ٨٠٠ملليلتر من الماء.

٢-يضاف ٤٥.٢جم من مادة (ethylenediaminetetra acetic acid sodium salt (tetrahydrats) (Na4 EDTA.4H_2O) ويرج المحلول حتى تمام الذوبان.

٣-يبرد المحلول ويخفف إلى ١لتر.

- **محلول كلوريد أمونيوم (١.٠٠ملليلتر – ١.٠٠ملليجرام نيتروجين أمونيا – ١.٢٢ملليجرام امونيا).**
- **محلول كلوريد أمونيوم قياسي (٠.١، ٠.١، ١.٠ ، ١٠.٠ ، ١٠٠.٠، و١٠٠٠ملليجرام نيتروجين –أمونيا/لتر).**

الطريقة:

خطوة (١): معايرة جهاز القياس:

أ. يوضع ١٠٠ملليلتر من كل محلول قياسي في كأس سعة ١٥٠ملليلتر.

ب. يغمر قطب الأمونيا في المحاليل القياسية بدئاً بالمحلول الأكثر تخفيفاً ويقلب المحلول بالمقلب المغناطيسي ويراعى التقليب بسرعة بطيئة حتى لا يفقد حزء من الأمونيا.

ملحوظة: يحتفظ بسرعة التقليب ثابتة ودرجة حرارة المحاليل المقاسة عند ٢٥^{O}م أثناء القياس.

جـ. يضاف حجم [illegible] الأيدروجيني فوق (١١). وفي حالة وجود ايونات الفضة او الزئبق يضاف محلول ايدروكسيد الصوديوم – EDTA بدلاً من أيدروكسيد الصوديوم.

ملحوظة:

إذا ما تطلب الأمر إضافة حجم أكبر من ١ملليلتر من محلول أيدروكسيد الصوديوم أو أيدروكسيد الصوديوم – EDTA يحسب الحجم المضاف ليؤخذ في الاعتبار عند إجراء الحسابات.

د. يستبقى قطب الأمونيا في المحلول مغموراً حتى ثبات قيمة الميللي فولت المقروء. ولا يضاف محلول أيدروكسيد الصوديوم قبل غمر القطب حتى لا يتطاير جزء من الأمونيا قبل القياس.
هـ. تكرر عملية القياس مع المحاليل القياسية ويبدأ دائماً بالمحاليل الاقل تركيزا فالاكثر تركيزا وينتظر حتى تثبت قراءة الميلى فولت (٢- ٣ دقيقة) قبل تسجيل القراءة للمحاليل المحتوية على ١ملليجرام أو أقل من نيتروجين – الأمونيا/ لتر.

خطوة (٢): تحضير المنحنى القياسي:

تستخدم ورقة نصف لوغاريتم ويرسم عليها التركيز مقدراً بملليجرامات نيتروجين – الأمونيا/لتر على المحور اللوغازيتمي وما يقابلها من ميللي فولت مقاس على المحور الخطي العادي ويبدأ بالتركيز الأقل عند قاع المقياس.

ملحوظة:

في حالة السلوك العادي لقطب الأمونيا فإن زيادة التركيز ١٠أضعاف يؤدي إلى تغيير في قيمة الجهد المقروء ٥٩ميللي فولت.

خطوة (٤): قياس العينات:

أ. تخفف العينة إذا كان ذلك ضرورياً حتى يصبح تركيز نيتروجين – الأمونيا في مدى منحنى المعايرة.
ب. ينقل ١٠٠ملليلتر من العينة إلى كأس سعة ١٥٠ملليلتر وتتبع الطريقة الموصوفة في الخطوة (١) السابقة.
ت. يسجل حجم محلول أيدروكسيد الصوديوم ١٠عياري المضاف ويقرأ تركيز نيتروجين الأمونيا من المنحنى القياسي.

طريقة الحساب:

$$\text{نيتروجين الأمونيا (ملليجرام/لتر)} = \text{أ} \times \text{ب} \times \frac{100}{\text{جـ}}$$

حيث:
أ = معامل التخفيف.
ب = تركيز نيتروجين الأمونيا (ملليجرام/لتر) المقرؤ من منحنى المعايرة.
جـ = حجم أيدروكسيد الصوديوم ١٠عياري المضاف إلى العينة بالملليلتر.
د = حجم أيدروكسيد الصوديوم ١٠عياري المضاف إلى المحلول القياسي بالملليلتر.

الإحتياطات:

- **يسبب وجود الأمينات تداخلات موجهة.**
- **لمنع تداخلات أيونات الزئبق والفضة في القياسات يستخدم أيدروكسيد الصوديوم مع (EDTA).**

المراجع:

1. USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cininnati, Ohio, 1983 (Method 350.2).
2. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book Press, Maryland, 1995 {Method 4500- NH_3(B)}.

الكلوريد

Chloride

طريقة المعايرة الحجمية المرئية

أسس الطريقة:

تعتمد الطريقة على معاييرة محلول حامضي من العينة مع محلول قياسي [illegible] (Mercuric nitrate) باستخدام دليل ثنائي فينيل كربازون (Diphenylcarbazone) وبروموفينول الأزرق (Bromophenol blue) وتميز نقطة نهاية المعايرة باللون القرمزي الناشئ عن تكون متراكب الزئبق مع الدليل المستخدم .

الأجهزة والأدوات:

الأدوات القياسية المستخدمة في المعايرات من ملصات سعة ١-٥ ملليلتر وبتدريج ٠.٠١ملليلتر.

الكيماويات والمواد:

- **محلول قياسي من كلوريد الصوديوم ٠.٠٢٥عياري.**
- **حمض نيتريك مخفف (٣+٩٩٧).**
- **محلول هيدروكسيد صوديوم (١٠جم/لتر).**
- **محلول فوق أكسيد الأيدروجين ٣٠%.**
- **محلول هيدروكينون ١٠ملليجرام/لتر.**
- **دليل مخلوط:**

١- يذاب ٠.٥جرام من بلورات ثنائي فينيل كربازون و٠.٠٥جرام أزرق البروموفينول في٧٥ملليلتر من ٩٥% كحول إيثيلي وينقل إلى قارورة عيارية سعة ١٠٠ملليلتر ويخفف المحلول حتى العلامة باستخدام ٩٥% كحول إيثيلي.

٢-يخزن في قارورة بنية لمدة ٦شهور.

- **محلول نترات الزئبقيك (٠.١٤١ عياري):**

١-يذاب ٢٥جرام من نترات الزئبقيك أحادية ماء التبلر في ٩٠٠ملليلتر من الماء المقطر المحمض بخمسة ملليلترات من حمض النيتريك المركز.

٢-يخفف المحلول حتى لتر باستخدام الماء المقطر ويرشح إذا لزم الأمر.

٣-يعاير المحلول مع محلول قياسي من كلوريد الصوديوم.

٤-تضبط العيارية عند ٠.١٤١عياري وتخزن في زجاجة داكنة اللون (كل ١.٠٠ملليلتر =٥.٠٠٠ملليجرام كلوريد).

- **محلول نترات الزئبقيك (٠.٠٢٥عياري) و (٠.٠١٤١عياري) يحضران بتخفيف المحلول المركز.**

الطريقة:

الخطوة (١): حجم العينة:

أ. يستخدم ٥٠ملليلتر من العينة أو حجم معلوم مخفف إلى ٥٠ملليلتر بالماء المقطر بحيث لا يزيد تركيز الكلوريد عن ٢٠ملليلتر في الحجم المأخوذ.

ب. يستخدم ٥٠ملليلتر من الماء المقطر والدليل لتعيين حجم نترات الزئبقيك المستهلك في التجربة الغفل.

ت. ركز مقدار مناسب من العينة إلى ٥٠ملليلتر في حالة احتواء العينة على تركيز أقل من ١.٠ملليجرام كلوريد/لتر.

الخطوة (٢): ضبط وسط المعايرة:

أ. يضاف ٥قطرات من الدليل المخلوط ويرج المحلول.

ب. إذا ظهر لون أزرق بنفسجي أو أحمر يضاف حمض نيتريك قطرة قطرة حتى يتحول اللون إلى الأصفر. أما إذا تكون لون أصفر أو برتقالي مباشرة بعد إضافة الدليل يضاف محلول أيدروكسيد الصوديوم قطرة قطرة حتى يتكون لون بنفسجي ثم يضاف حمض النيتريك قطرة قطرة حتى يتحول المحلول إلى اللون الأصفر.

الخطوة (٣): المعايرة:

أ. يضاف ١ملليلتر زيادة من حمض النيتريك.

ب. تجرى معايرة مع محلول فينسي من نترات الزئبقيك (أنظر الملحوظة) حتى يتحول اللون إلى الأزرق البنفسجي (القرمزي) الثابت.

ملحوظة:

استخدم محلول ٠.٠٢٥عياري من نترات الزئبقيك المعايرة وذلك في حالة احتواء العينة على أكثر من ٢.٥ملليجرام كلوريد. أما إذا احتوت العينة على تركيز أقل من ٢.٥ملليجرام كلوريد فيستخدم محلول ٠.٠١٤١عياري من نترات الزئبقيك.

الكلوريد (ملليجرام/لتر) = $\frac{\text{أ} - \text{ب} \times \text{ع} \times 35450}{\text{حجم العينة (ملليلتر)}}$

حيث:

أ = حجم نترات الزئبقيك المستهلكة في معايرة العينة.

ب = حجم نترات الزئبقيك المستهلكة في التجربة الغفل (Blank).

ع = عيارية نترات الزئبقيك.

ولتحويل الكلوريد إلى كلوريد صوديوم: ملليجرام/لتر – كلوريد صوديوم – (ملليجرام كلوريد/لتر) × ١.٦٥.

الاحتياطات:

- **يزال تأثير الكبريتيت (Sulfite) بأكسدة ٥٠ملليلتر من العينة باستخدام ٠.٥-١ملليلتر من فوق أكسيد الأيدروجين (H_2O_2).**
- **في حالة وجود الكرومات وغياب الحديديتكون لون زيتوني محمر (Olive-purple) الذي يتداخل مع نقطة النهاية ويصعب تمييزها حيث يتكون عندها في هذه الحالة لون أزرق محمر (Blue-violet). وتمنع هذا يضاف ٢ملليلتر من الهيدروكينون.**
- **في حالة تواجد الحديد لأيونات الحديديك يستخدم حجم من العينة لا يحتوي على أكثر من ٢.٥ملليجرام من أيون الحديديك أو الحديديك والكرومات معاً وذلك بتخفيف العينة ويضاف ٢ملليلتر من محلول الهيدروكينون المحضر حديثاً.**

المراجع:

1. USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cincinnati, Ohio, 1983 (Method 3٢٥.3).

2. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book Press, Maryland, 1995 {Method 4500-Cl (B)}.

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الكلور المتبقي

Residual Chloride

طريقة المعايرة الحجمية

أسس الطريقة:

ينتج اليود من محلول يوديد البوتاسيوم (Potassium iodide) عند رقم أيدروجيني ٤ أو أقل في وجود الكلور أو حمض الهيبوكلوريت. يعاير اليود المنطلق مع محلول قياسي معلوم التركيز من مادة مختزلة مثل ثيو كبريتات الصوديوم (Sodium thio sulfate) أو أكسيد فنيل أرزين (Phenylarsine oxide) واستخدام النشا كدليل وتحسب النتائج على أساس ملليجرامات كلور في كل لتر من العينة.

الأجهزة والأدوات:

- **الأجهزة القياسية العاديةالزجاجية.**
- **سحاحة ١٠ملليلتر مدرجة ٠.٠١ملليلتر.**
- **قلاب مغناطيسي وقضيب تقليب.**

الكيماويات والمواد:

- **حمض خليك مركز (ثلجي).**
- **بلورات يوديد بوتاسيوم.**
- **أكسيد فينيل ارزين (٠.٠٠٥٦٤و ٠.٠٣٧٥عياري).**
- **دليل نشا من النوع التجاري مثل (نيودين).**
- **محلول قياسي من اليود (٠.١و ٠.٠٢٨٢عياري).**
- **حمض كبريتيك (١:٤).:**

لمعايرة محلول ٠.٠٠٥٦٤ عياري و٠.٠٣٧٥ عياري من أكسيد الفنيل ارزين

١- يذاب حوالي ٢ ± ١جم يوديد بوتاسيوم في ١٠٠-١٥٠ملليلتر من الماء المقطر.

٢-يضاف ١٠ملليلتر من حمض الكبريتيك متبوعا بحجم ٢٠.٠ملليلتر من محلول ٠.٠٠٥عياري يودات بوتاسيوم لمعايرة محلول ٠.٠٠٥٦٤عياري من أكسيد الفينيل ارزين. أو محلول ٠.٠٥عياري من يودات البوتاسيوم لمعايرة محلول ٠.٠٣٧٥عياري أكسيد فينيل أرزين.

٣-يترك المحلول في الظلام لمدة ٥دقائق ويخفف بالماء إلى ٣٠٠ملليلتر ويعاير بمحلول قياسي ٠.٠٠٥٦٤عياري أكسيد فينيل أرزين إلى أن يصل اللون إلى الأصفر الفاتح (لون القش).

٤-يضاف ملعقة من دليل النشا فيتحول اللون إلى بنفسجي.

٥-يرج المحلول ليتجانس اللون في المحلول ثم تستكمل المعايرة قطره قطره حتى يختفي اللون الأزرق تماماً.

٦-تجرى تجربة أخرى حتى يحصل على نفس النتيجة أو نتيجة في حدود ٠.٠٥ملليلتر.

أكسيد فينيل أرزين المطلوب بالتخفيف للحصول على التركيز المطلوب.

لمعايرة محلول ٠.١ و ٠.٠٢٨٢ عياري من المحلول اليودى

١. يذاب حوالي ٢ ± ١جم تقريباً من يوديد البوتاسيوم في ١٠٠-١٥٠ملليلتر من الماء المقطر.

٢. يضاف ٢٠ملليلتر من محلول اليود.

٣. يخفف المحلول إلى ٣٠٠ملليلتر بالماء المقطر ويعاير مع محلول ٠.٠٢٧٥عياري أكسيد فينيل أرزين حتى يصبح لون المحلول أصفر فاتح بلون القش.

٤. تضاف ملعقة من النشا.

٥. يرج المحلول حتى يتجانس اللون الأزرق وتستكمل المعايرة قطرة حتى يختفي اللون.

وتجرى تجربة أخرى مزدوجة للحصول على نتائج متوافقة في حدود ± ٠.٠٥ملليلتر.

الطريقة:

خطوة (١): تحضير العينة:

أ-يوضع ٥ملليلتر من حمض الخليك في دورق مخروطي محتوياً على قضيب تقليب مغطى بالتيفلون.

ب-يضاف حوالي ١جم من يوديد البوتاسيوم.

جـ يضاف ٢٠٠ملليلتر من العينة.

د- يوضع الدورق على مقلب مغناطيسي تحت السحاحة.

خطوة (٢): معايرة العينة:
أ-تجري المعايرة بعيداً عن الضوء باستخدام محلول قياسي ٠.٠٠٥٦٤عياري من اكسيد فينيل أرزين حتى يصبح اللون أصفر فاتح بلون القش.
ب-يضاف ملعقة من دليل النشا فيتكون لون أزرق.
جـ-يرج المحلول ليتوزع اللون الأزرق في المحلول وتستكمل المعايرة حتى يختفي اللون الأزرق، حجم أكسيد فينيل أرزين المستهلك بالمليلترات يساوي تركيز الكلور في العينة مقدراً بالملليجرام/لتر مضاف إليه أو منقوصاً منه أي تصحيح للتجربة الغفل (blank).
خطوة (٣): معايرة التجربة الغفل:
باستخدام ماء مقطر بدلاً من العينة تجري الخطوة (١)السابقة.
يضاف ملعقة من دليل النشا واعتماداً على تكوين اللون تجرى واحدة من المعايرات الآتية:

- **معايرة تجربة العمل (أ):**

إذا تكون لون أزرق يعاير المحلول مع محلول قياسي ٠.٠٠٥٦٤عياري أكسيد فينيل أرزين حتى يختفي اللون الأزرق وتسجل النتيجة.

- **معايرة تجربة العمل (ب): إذا لم يتكون لون يعاير المحلول مع محلول قياسي ٠.٠٢٨٢عياري يود حتى يتكون لون أزرق. يسجل حجم اليود المستهلك (أ) ثم تعاد المعايرة المكتسبة باستخدام محلول قياسي ٠.٠٠٥٦٤عياري أكسيد فينيل ارزين حتى يختفي اللون الأزرق ويسجل الحجم المستهلك (ب). الفرق بين القراءتين (أ)و(ب) هو قيمة التجربة للغفل.**

طريقة الحساب:
الحجم المستخدم من ثيو كبريتات الصوديوم أو أكسيد فنيل أرزين (PAO) تحت الظروف المعملية الموصوفة في هذه التجربة يكافئ ملليجرامات الكلور الموجودة في اللتر.
ويمكن طرح قيمة التجربة للغفل (Blank-A) من الحجم المستهلك في الخطوة (٢) وتضاف قيمة التجربة للغفل (Blank-H) إلى حجم المحلول القياسي للمستهلك في المعايرة وهذا يشمل معامل (٥) إلا إذا استبدلت العيارية لمحلول اليود من ٠.٠٢٨٢ إلى ٠.٠٠٥٦٤عياري.
وعادة ما تكون المواد المستخدمة من النقاء بحيث لا تشكل التجارب للغفل قيم مؤثرة ويمكن إغفالها.
الاحتياطات:

- **تتداخل أيونات الحديد الثلاثي والمنجنيز والنيتريت في القياس ويقل التداخل عند استخدام محلول قياسي متعادل.**
- **يستخدم حمض الخليك (Acetic acid) للتحميض ويمكن استخدام حمض الكبريتيك ويستبعد تماماً حمض الأيدروكلوريك.**
- **إذا كانت العينة المراد قياسها معكرة أو ملونة فقد يؤدي ذلك إلى صعوبة في تحديد نقطة النهاية في المعايرة وتستخدم في هذه الحالة طريقة الإضافة القياسية Standard addition.**

المراجع:

1. USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cincinnati, Ohio, 1983 (Method 330.0).
2. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book Press, Maryland, 1995 {Method 4500-Cl(B) }.

أسس الطريقة:

يقدر الفلوريد بقياسه جهدياً (Potentiometrically) باستخدام قطب أيوني منتخب لأيون الفلوريد (Ion selective electrode) مقروناً بقطب قياسي وتسجل قراءة الجهد على جهاز قياس الجهد (pH/mV-meter) ذو مقياس قابل لتكبير الجهد (Expanded mV) أو جهاز تركيز الأيونات مباشرة.

الأجهزة والأدوات:

- **جهاز قياس الرقم الأيدروجيني بمقياس قابل للتكبير أو مقياس انتقائي للأيونات.**
- **قطب منتخب لأيون الفلوريد (Fluoride Ion selective eletrode).**
- **قطب مرجع أحادي الاتصال (Single junction) أو من نوع الغشاء (Sleeve type)، أو ثنائي الوصلة (Double junction).**
- **قلاب مغناطيسي.**

الكيماويات والمواد:

- **محلول منظم ضابط للقوة الأيونية الكلية (Total ionic Strength Adjustable Buffer.TISAB) ذو رقم أيدروجيني ٥-٥.٥.**
- **محلول فلوريد الصوديوم مركز ١.٠ملليجرام فلوريد/ملليلتر.**
- **محلول قياس من فلوريد الصوديوم ٠.٠١ملليجرام فلوريد/ملليلتر.**
- **محلول ايدروكسيد صوديوم (٥عياري).**

الطريقة:

الخطوة (١): تحضير المحليل القياسية:

أ. تحضر سلسلة من المحاليل القياسية للفلوريد في المدى من صفر حتى ٢.٠ملليجرام فلوريد/لتر.

ب. يوضع ٥٠ملليلتر من محلول الفلوريد القياسي و ٥٠ملليلتر من محلول منظم ضابط القوة الأيونية الكلية في كؤوس سعة ١٥٠ملليلتر.

جـ : يوضع المحلول فوق قلاب مغناطيسي ويبدأ تحريك المحلول.

الخطوة (٢): القياس

يغمر قطب الفلوريد مع القطب المرجع في المحلول لمدة ٣ دقائق على الأقل أو حتى تستقر قراءة الجهد.

الخطوة (٣): منحنى المعايرة

تسجل قراءة الجهد لكل محلول قياسي وترسم العلاقة بين التركيز والجهد على ورقة نصف لوغاريتم بحيث تكون قراءة التركيز على المحور اللوغاريتمي والجهد المقررة على المحور الخطي.

الخطوة (٤): قياس العينة

تكرر خطوات (١) و (٢) باستخدام ٥٠ملليلتر من المحلول المراد تقدير الفلوريد فيه ويسجل الجهد ويستخدم منحنى المعايرة في الخطوة (٣) لحساب تركيز الفلوريد في العينة.

الاحتياطات:

- **يجب مراعاة ان يكون الرقم الأيدروجيني للعينة المقاسة بين ٤-٦ حيث أن الرقم الأيدروجيني المرتفع يؤدي إلى تداخلات ونتائج خاطئة.**
- **أيونات العناصر الفلزية عديدة التكافؤ مثل Al , Fe, Si تتداخل لتكوينها متراكبات مع الفلوريد.**
- **يضاف محلول منظم (Buffer) ذو أس أيدروجيني= 5محتويا على مادة تتراكب مع بعض العناصر مثل الألومنيوم (وهو أكثر التداخلات شيوعاً) وغيره.**
- **تستخدم أواني من البلاستيك للقياس ,حفظ المحاليل كلما أمكن.**

المراجع:

1- USEPA methods for chemical analysis or water and wastewater , Cincinnati, Ohio, 1983 (Method 340.2)

2- Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book press, Maryland, 1995 [Method 4500 – F (C)].

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

النترات- النيتريت

Nitrite -Nitrate

طريقة الاختزال

أسس الطريقة:

تختزل النترات بإمرارها في عمود يحتوي على حبيبات من عنصر الكادميوم المعالج بالزئبق اوالنحاس وتتحول إلى نيتريت الذي يقدر بالطريقة القياسية لنيتريت. فإذا تم تقدير النيتريت مباشرة في عينة دون إمرارها في عمود الاختزال ثم أمررت عينة أخرى في عمود الاختزال لتقدير النيتريت الأصلي والنيتريت الناتج من اختزال النترات أمكن تحديد تركيز النيتريت والنترات كل على حدة.

الأجهزة والأدوات :

- **عمود اختزال**
- **أدوات زجاجية كتلك الوصوفة في تقدير النيتريت مثل أنابيب نسلر**
- **جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي**

الكيماويات والمواد:

حبيبات النحاس والكاديوم:

١- يغسل ٢٥ جم من حبيبات الكاديوم الجديدة أو المستعملة (بحجوم ٤٠-٦٠مش) بمحلول حمض أيدروكلوريك ٦ عياري وتشطف بالماء.

٢- يرج الكاديوم مع ١٠٠ ملليلتر من محلول ٢% كبريتات نحاس لمدة دقيقتين او حتى يضعف اللون الأزرق لكبريتات النحاس.

٣- تكرر هذه العملية باستخدام محلول جديد من كبريتات النحاس حتى يتكون رواسب غروية بنية اللون.

٤- تغسل حبيبات الكادميوم بالماء المقطر حتى يزال كل ما ترسب من عنصر النحاس البني.

محلول اللون – المنظم:

١- ينقل ١٠٥ ملليلتر من حمض الأيدروكلوريك في قارورة بنية اللون محكمة الغلق بغطاء زجاجي.

٢- يضاف ٥.٠ جم من سلفانيلاميد و ٠.٥ جم من N-(1-Naphthyl) ethylenediamine – dihydrochloride)

٣- يرج المحلول حتى يذاب الراسب ثم يضاف ١٣٦ جم من خلات الصوديوم ويرج مرة ثانية حتى تمام الذوبان.

٤- يخفف المحلول إلى ٥٠٠ ملليلتر بالماء المقطر. هذا المحلول ثابت لمدة أسابيع إذا ما تم حفظه في مكان مظلم مع تغطية القارورة برقائق الألومونيوم.

محلول كلوريد الامونيوم -EDTA:

١- يذاب ١٣ جرام من كلوريد الأمونيا NH4Clو ١٧ جرام EDTA في ٩٠٠ ملليلتر من الماء المقطر.

٢- يضبط الرقم الأيدروجيني عن ٨.٥ باستخدام محلول أمونيا مركز يكمل المحلول إلى لتر بالماء المقطر.

محلول كلوريد الأمونيوم-EDTA المخفف

يخفف ٣٠٠ ملليلتر من محلول كلوريد الأمونيوم EDTA إلى ٥٠٠ ملليلتر بالماء المقطر.
حمض أيدروكلوريك ٦ عياري
كبريتات النحاس ٢%
محلول نيتريت (١٠٠ ميكروجرام نيتروجين – نيتريت/ ملليلتر)
محلول نيتريت قياسي (١ ميكروجرام نيتروجين- نيتريت / ملليلتر)
محلول نترات (١ ملليجرام نيتروجين – نترات / ملليلتر)
محلول نترات قياسي (١٠ ميكروجرام نيتروجين – نترات/ ملليلتر)
الطريقة :
خطوة (١) : تحضير عمود الاختزال
أ- يسد العمود من القاع بصوف زجاجي ويملء بالماء.
ب- يملء العمود بكمية كافية من جبيبات النحاس – كادميوم بحيث يبلغ ارتفاعها حوالي ١٨.٥سم.
ت- تستبقى المياه في مستوى يسمح بتغطية حبيبات النحاس- كادميوم وذلك لمنع انحباس فقاعات هواء.
ث- يغسل العمود بـ ٢٠٠ ملليلتر من المحلول المنظم (كلوريد الأمونيوم- EDTA)
ج- ينشط العمود بإمرار ١٠٠ ملليلتر من محلول يحتوي على ١ ملليجرام نيتروجين – نترات/ لتر بسرعة سريان ٧-١٠ ملليلتر / دقيقة .
خطوة (٢) الترشيح وضبط الرقم الأيدروجيني
أ- ترشح العينة خلال غشاء ترشيح بمسامية ٠.٤٥ميكرون.
ب- يضبط الرقم الأيدروجيني للعينة من ٧و ٩ باستخدام أيدروكسيد الصوديوم او حمض الأيدروكلوريك حسب الظروف وهذا يضمن الوصول إلى رقم أيدروجيني ٨.٥ بعد إضافة محلول كلوريد الأمونيوم EDTA.
خطوة (٣) اختزال النترات
أ- يضاف ٧٥ ملليلتر من كلوريد الأمونيوم- EDTA إلى ٢٥ ملليلتر من العينة او حجم من العينة مخفف بالماء المقطر إلى ٢٥ ملليلتر، وتمزج العينة جيدا.
ب- يسكب محلول العينة في عمود الاختزال و يجمع المحلول الخارج من العمود بسرعة ٧-١٠ ملليلتر/ دقيقة.
ت- يستبعد حجم ٢٥ ملليلتر الأولى الخارجة من عمود الاختزال ويجمع المحلول الخارج من العمود بعد ذلك في القارورة الأصلية للعينة.
ث- إذا لم يستخدم العمود لعدة ساعات يغسل العمود بمحلول مخفف (٥٠ ملليلتر) من كلوريد الأمونيوم EDTA . ويحفظ العمود في نفس المحلول ولا يترك أبدا جافا (وليس هناك ضرورة لغسل العمود بين تجربة وأخرى).
خطوة (٤) اختزال المحاليل القياسية
يختزل محلول قياسي من نيتروجين – النتريت كما هو الحال مع العينة. ويجب أن يقارن محلول قياسي واحد من النيتريت على الأقل مع نفس التركيز من النترات لحساب كفاءة الاختزال.
خطوة (٥) تكوين اللون
أ- يضاف ٢.٠ ملليلتر من محلول اللون إلى ٥٠ ملليلتر من العينة أو المحلول القياسي ويرج المخلوط ويجب أن تجري عملية الإضافة بأسرع ما يمكن على ألا يزيد الوقت عن ١٥ دقيقة.
ب- يقاس امتصاص اللون الناتج بعد ١٠ دقائق وحتى ساعتين عند طول موجي ٥٤٣نانومتر في مقابل الماء المقطر كتجربة غفل.
خطوة (٦) تحضير المنحنى القياسي
يحضر منحنى قياسي برسم العلاقة بين درجة امتصاص اللون الناتج وكمية النترات ÷ النيتريت القياسية المستخدمة ويستخدم هذا المنحنى في قياس تركيز النيتريت + النترات في العينات باتباع طريقة العمل السابقة وقياس درجة امتصاص اللون ومقارنته بالمنحنى القياسي.

طريقة الحساب:

القراءة من منحنى المعايرة (ميكروجرام)

نيتروجين (النيتريت + النترات) ملليجرام / لتر = حجم العينة بالملليلترات

الاحتياطات :-

- **يقدر تركيز النترات فور جمع العينة واذا لزم الأمر تخزين العينة فتحفظ العينة فوق درجة حرارة التجميد وتضاف مادة حافظة مثل ٠.٨ ملليترات من حمض الكبريتيك لكل لتر من العينة.**
- **يفضل ترشيح العينة لمنع تكوين أية مواد عالقة على عمود الأختزال والتى تمنع سريان العينة فى العمود.**
- **تعالج العينات عالية العكارة بمحلول كبريتات الخارصين (Zinc Sulfate) قبل ترشيحها للتخلص من العكارة.**
- **يضاف محلول EDTA لمنع تداخلات التركيزات العالية من النحاس والحديد والكادميوم وعناصر أخرى حيث أن تواجد هذه العناصر يعمل على الحصول على نتائج منخفضة.**

المراجع

a. USHPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cincinnati, Ohio, 1983 (Method 352.3).

b. Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book press, Maryland. 1995
(Method 4500 –NO3 (E))

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

نيتروجين- نيتريت

Nitrite – Nitrogen

الطريقة الطيفية

أسس الطريقة:

يتفاعل النيتريت في وسط شديد الحموضة مع سلفانيلاميد (Sulfanilamide) (Diazo) الذي يتفاعل مع – diamine (N- (1- naphthyl) ethylene hydrochioride) ليعطي لون أحمر من صبغة الآزو (Azo) ويتناسب امتصاص هذه الصبغة مع تركيز النيتريت.

الأجهزة والأدوات:

- **جهاز قياس طيف الامتصاص**
- **أنابيب نسلر سعة ٥٠ ملليلتر وخلايا زجاجية سعة ١.٠سم**

الكيماويات والمواد:

محلول اللون والمنظم:

١- ينقل ١٠٥ مليلتر من حمض الأيدروكلوريك في قارورة داكنه بغطاء زجاجي.

٢- يضاف ٥ جم من سلفانيلاميد (Sulfanilamide) و ٠.٥ جم من N(1- naphthyl) ethylencdiamine – Di hydrochloride)
ويرج المحلول حتى تمام الذوبان

٣- يضاف ١٣٦ جم من خلات الصوديوم ويرج المحلول ثانية حتى الذوبان.

٤- يخفف المحلول حتى ٥٠٠ ملليلتر بالماء المقطر. هذا المحلول ثابت لعدة أسابيع إذا ما حفظ في الظلام او أغلقت القارورة التي تحتويه برقائق الألومونيوم.

محلول نيتريت (١ ملليلتر = ١٠٠ملليجرام نيتروجين- نيتريت)

محلول نيتريت قياسي (١.٠ملليلتر – ١.٠مليجرام نيتروجين – نيتريت)

الطريقة :

خطوة (١): تحضير العينات

أ- ترشح العينة إذا اقتضت الضرورة باستخدام غشاء ترشيح ذو مسامية ٠.٤٥ ميكرون.

ب- يوضع ١٠-٥٠ ملليلتر من العينة في أنابيب سعة ٥٠ملليلتر.

ت- تحضر سلسلة من المحاليل القياسية في أنابيب نسلر سعة ٥٠ ملليلتر.

(١.٠ – ٢٠.٠ ملليجرام نيتروجين- نيتريت في كل أنبوبة).

خطوة (٢): تكوين اللون

أ- يضاف ٢ ملليلتر من محلول اللون والمنظم إلى كل عينة وإلى المحاليل القياسية ويمزج المحلول ويترك لمدة ١٥دقيقة ليتكون اللون.

ب- يراجع الرقم الأيدروجيني للمحاليل لتتأكد من أنها بين ١.٥-٢.٠.

ت- يقاس امتصاص لون المحاليل القياسية والعينة باستخدام جهاز طيف الامتصاص عند طول موجي ٥٤٠ نانومتر وتكون التجربة الغفل في المقابل.

خطوة (٣): تحضير المنحنى القياسي

أ- يرسم منحنى قياسي بحيث يظهر العلاقة بين تركيز نيتروجين- النيتريت وكثافة الامتصاص.

ب- تستخرج قيمة تركيز نيتروجين- النيتريت في العينة باستخدام منحنى القياس بمعلومية كثافة امتصاص العينة.

طريقة الحساب:

$$\text{نيتروجين – نيتريت (ملليجرام/ لتر)} = \frac{\text{القراءة من منحنى المعايرة (ملليجرامات نيتروجين- نيتريت)} \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة المستخدم (ملليلترات)}}$$

الاحتياطات :

تجرى التحاليل والقياسات فور تجميع العينة لتجنب تغير تركيز النيتريت بواسطة النشاط البكتيري المؤكسد او المختزل.

إذا تطلب الأمر حفظ العينة لوقت قصير (يوم او يومين) تحفظ العينة في مجمد (Deep Freezer) عند درجة حرارة ٢٠ أو يضاف ٤٠ملليجرام من أيون الزئبقيك (Mercuric) لكل لتر من العينة وتحفظ عند درجة حرارة ٤° م.

المراجع:

1- USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cincinnati, Ohio, 1983 (Method 354.1).

2- Standard methods for the examination of water and wastewater, United Book press, Maryland. 1995 [Method 4500 –NO2 (B)].

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الفوسفور – الفوسفات

Phosphate- phosphorus

طريقة طيفية

أسس الطريقة:

تتفاعل الأورثوفوسفات في وسط حامضي مع الموليبيدات لتعطي موليبدو (molybdo phosphate) وفي وجود الفاندات ويتكون لون اصفر من حمض فانادوموليبدوفوسفوريك (Vanado molybdo phosphoric Acid) الذي تقاس كثافته الضوئية حيث تتناسب مع تركيز فوسفور

الفوسفات.

الأجهزة والأدوات:

- **جهاز قياس طيف الامتصاص عند ٤٠٠-٤٩٠ نانومتر**
- **أدوات زجاجية مغسولة بالحامض**
- **جهاز ترشيح ،ورق ترشيح**

الكيماويات والمواد:

- **دليل فينولفثالين**
- **حمض ايدروكلوريك (١+١)**
- **كربون منشط**
- **محلول قياسي من الفوسفات (١.٠٠مللليتر – ٥٠ميكروجرام فوسفور- فوسفات)**
- **محلول فاندات – موليبدات: يحضر المحلولين الآتين:**

١- محلول (أ) : يذاب ٢٥ جم موليبدات أمونيوم $(NH4)\ Mo7O24\ .4H2O$ في ٣٠٠ ملليلتر ماء مقطر

٢- محلول(ب): يذاب ١.٢٥جم ميتافاندات الأمونيوم NH4Va3 بالتسخين للغليان مع ٣٠٠ملليلتر ماء مقطر ويبرد المحلول ويضاف ٣٣٠ ملليلتر حمض أيدروكلوريك مركز.

٣- يبرد المحلول(ب) لدرجة حرارة الغرفة ويضاف عليه المحلول (أ) ويمزج المحلولين إلى ١ لتر .

الطريقة:

خطوة (١): تطبق إذا كان الرقم الأيدروجيني للعينة أكبر من ١٠

أ- يضاف ٠.٠٥ ملليلتر (قطرة من دليل الفينولفثالين إلى ٥٠ ملليلتر من العينة).

ب- يزال اللون الأحمر الذي يتكون بإضافة حمض أيدروكلوريك (١:١)

ت- يخفف المحلول إلى ١٠٠ ملليلتر.

ث- إذا كانت العينة ملونة يزال اللون الزائد برج ٥٠ ملليلتر من العينة مع ٢٠٠ملليجرام من الكربون المنشط في دورق مخروطي لمدة ٥ دقائق ثم يرشح المحلول لإزالة الكربون.

خطوة (٢) : تكوين اللون

يوضع ٥- ٣٥ ملليلتر من العينة المحتوية على ٠.٠٥- ١.٠ ملليجرام فوسفور في قارورة عيارية سعة ٥٠ ملليلتر ويضاف ١٠ ملليلتر محلول فاندات- موليبدات ويخفف المحلول إلى العلامة بالماء المقطر.

خطوة (٣): تحضير التجربة الغفل

تحضر تجربة غفل كما هو مبين في الخطوة (٢) باستخدام ٥-٣٥ ملليلتر من الماء المقطر بدلا من العينة.

خطوة (٤) : قياس الامتصاص

بعد مرور ١٠ دقائق يقاس امتصاص اللون المتكون بالمقابل مع التجربة الغفل عند طول موجي ٤٠٠-٤٩٠ نانومتر ويقارن مع منحنى قياسي.

خطوة (٥): المنحنى القياسي

يحضر منحنى قياسي باستخدام ١-٢٠ميكروجرام/ ملليلتر من محلول الفوسفات وذلك باتباع الخطوات السابقة ويرسم التركيز مقابل الامتصاص.

طريقة الحساب:

$$\text{الفوسفور (ملليجرامم لتر)} = \frac{\text{ملليجرام فوسفور (في ٥٠ ملليلتر من المحلول النهائي المقاس)} \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة (بالملليلتر)}}$$

الاحتياطات:

- **بسبب وجود السليكات والزرنيخات (Arsenate) تداخلات موجبة إذا سخنت العينة**
- **يمكن ان يسبب وجود الزرنيخات والفلوريد والثوريوم والكبريتيد والبيزموث والثيوكبريتات والثيوسيانات والزيادة من المولييبيدات تدخلات سالبة.**

- **تتداخل الكبريتيدات التي يمكن إزالة أثرها بالأكسدة بماء البروم.**
- **يتكون لون أزرق في حالة وجود الحديد الثنائي (Ferrous) ولكن ذلك اللون لا يتداخل إذا كان تركيز الحديد أقل من ١٠٠ ملليجرام/ لتر.**

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

السيليكا الذائبة Dissolved Silica

الطريقة الطيفية

أسس الطريقة:

تتفاعل السيليكا مع الموليبيدات في وسط حامضي لتكوين متراكب أخضر مصفر كثافته تتناسب مع السيليكا المذابة في المحلول ويقاس اللون عند طول موجي ٤١٠ نانومتر.

الأجهزة والأدوات:

- **جهاز قياس طيف الامتصاص عند ٤١٠نانومتر.**
- **أنابيب نسلر متماثلة سعة ٥٠ ملليلتر**
- **ماصات عيارية سعة ٥، ٢٥، ١٠، ٥٠ ملليلتر ودوارق مخروطية سعة ١٠٠ ملليلتر**

الكيماويات والمواد:

- **بودرة بيكربونات صوديوم (Sodium Bicarbonate)**
- **حمض كبريتيك ١ عياري**
- **حمض ايدروكلوريك (١+١)**
- **محلول موليبدات الأمونيوم (١٠جم/ ١٠٠ملليلتر): يضبط الرقم الأيدروجيني للمحلول عند ٧-٨ بواسطة محلول أيدروكسيد الأمونيا الخالي من السيليكا أو أيدروكسيد الصوديوم ويخزن في قارورة بلاسيتك.**
- **محلول حمض أسكاليك(١٠%)**
- **محلول سيليكا (١ ملليجرام/ ملليلتر SiO_2): يذاب ٤.٧٣ جم ميتاسيليكات الصوديوم المائية $Na_2SiO_3, 9H_2O$ في مياه حديثة الغليان ويبرد المحلول ويكمل إلى ١لتر بالماء المقطر.**
- **محلول قياسي سيليكا بتركيز ١٠.٠ ميكروجرام SiO_2 لكل واحد ملليلتر**

الطريقة :

الخطوة (١): ترشيح العينة

ترشح العينة إذا لزم الأمر خلال غشاء ترشيح ذو مسامية ٠.٤٥ ميكرون.

الخطوة (٢): تكوين اللون

أ- يوضع ٥٠ ملليلتر من العينة في أنبوبة نسلر.

ب- يضاف بسرعة ١.٠ ملليلتر من (١-١) و ٣.٠ ملليلتر من محلول موليبدات الأمونيوم.

ت- يرج المحلول ويخلط بقلب الأنبوبة ستة مرات وتيرك مدة ٥-١٠ دقائق .

ث- يضاف ١.٥ ملليلتر من محلول حمض الأكساليك ويرج المحلول جيدا.

ج- تقرأ كثافة اللون بعد دقيقتين وقبل مرور ١٥ دقيقة من إضافة حمض الأكساليك باستخدام جهاز قياس طيف الامتصاص.

ح- تجرى تجربة غفل (Blank) باستخدام الماء المقطر بدلاً من العينة وباتباع الخطوات السابقة.

الخطوة (٣):قياس الامتصاص

أ- يحضر منحنى معايرة باستخدام ٦ محاليل من السيليكا تغطي المدى ٢٠-١٢٠٠ ميكروجرام سيليكا/ ٥٤.٥ ملليلتر.

ب- تجرى الخطوة (٢) باستخدام الماء المقطر كمرجع ويقرأ امتصاص التجربة الغفل.

ت- تسجل قيم الكثافة الضوئية مقابل تركيز السيليكا بالميكروجرام في محلول حجمه النهائي ٥٤.٥ ملليلتر، تجرى تجربة غفل ومحلول قياسي واحد على الأقل مع كل مجموعة من المحاليل.

الخطوة (٤): التصحيح بسبب اللون او العكارة
يتبع خطوات (١)، (٢) ما عدا إضافة محلول موليبيدات الأمونيوم وذلك باستخدام حجم من العينة يضبط جهاز القياس ليعطي قراءة مقدارها صفر باستخدام التجربة الغفل قبل قراءة العينة.

طريقة الحساب:
يقرأ تركيز السيليكا SiO2 من المنحنى القياسي

$$\text{السيليكا (SiO2) ملليجرام / لتر} = \frac{\text{ميكروجرام سيليكا (SiO2)}}{\text{حجم العينة (بالملليلتر)}}$$

يتم تسجيل إذا ما استخدم بيكربونات الصوديوم في هضم العينة

الاحتياطات:
- **يتداخل اللون او العكارة في القياس وفي هذه الحالة يجري التصحيح بإجراء عينة غفل (Blank) تحت نفس الظروف باستبعاد موليبدات الأمونيوم.**
- **يمكن تقليل تداخلات التانين(Tannin) والفوسفات بإضافة حمض أكساليك**
- **تتداخل كميات كبيرة من الحديد والكبريتيد في القياس.**
- **يستبعد استعمال الأدوات الزجاجية.**
- **تستخدم مواد خالية من السيليكا وتجرى تجربة غفل (Blank).**
- **تحفظ المواد المستخدمة في القياس في أوعية بلاستيكية.**

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الكبريتات sulfate

طريقة قياس العكارة

أسس الطريقة :
تعتمد طريقة قياس الكبريتات على تحويلها إلي معلق كبريتات الباريوم [illegible] ثم تقاس درجة عكارة المحلول باستخدام جهاز الأطياف ويقارن مع منحني قياسي محضر من محلول قياسي للكبريتات

الأجهزة والأدوات :
- **قلاب مغناطيس**
- **جهاز قياس طيف الامتصاص عند ٤٢٠ نانومتر أو جهاز قياس العكارة**
- **ساعة إيقاف**
- **ملعقة قياس سعة ٠.٢ – ٠.٣ ملليلتر**

الكيماويات والمواد :
*** يحضر محلول التجهيز كالآتي :**
١- يخلط ٣٠ ملليلتر من حمض الايدروكلوريك المركز و٣٠٠ ملليلتر ماء مقطر و ١٠٠ ملليلتر ٩٥ % كحول إثيلي أو أيزوبروبيلي و ٧٥ ملليجرام كلوريد صوديوم في قارورة
٢- يضاف ٥٠ ملليلتر من الجليسرول ويمزج المحلول
- **كلوريد باريوم بلورات بحجوم ٢٠- ٣٠ (MESH)**
- **محلول كربونات صوديوم (٠.٠٥ عياري تقريبا)**
- **محلول قياسي من الكبريتات (١.٠٠ ملليلتر = ١٠٠ ميكروجرام كبريتات)**

الطريقة :
الخطوة (١) تحضير العينة
أ- يوضع ١٠٠ ملليلتر من العينة أو حجم مناسب مخفف إلي ١٠٠ ملليلتر في دورق مخروطي سعة ٢٥٠ ملليلتر .
ب- يضاف ٥.٠ ملليلتر بالضبط من محلول التجهيز

ت- يمزج المحلول جيدا

الخطوة (٢) تكوين المعلق

أ- يضاف كمية مقاسة بالمعلقة من بلورات كلوريد الباريوم أثناء تقليب المحلول وسجل الوقت

ب- يرج المحلول بسرعة ثابتة لمدة دقيقة

ت- ينقل للمحلول إلي خلية قياس الامتصاص

تابع الطريقة :

الخطوة (٣) قياس العكارة

أ- تقاس عكارة المحلول كل ٣٠ ثانية لمدة ٤ دقائق

ب- يسجل اعلي درجة عكارة يمكن الحصول عليها خلال ٤ دقائق

ت- يحضر منحني قياسي باستخدام محلول قياسي من الكبريتات بتركيزات ٠- ٤٠ ملليجرام /لتر من الكبريتات

طريقة الحساب :

$$\text{الكبريتات ملليجرام /لتر} = \frac{\text{كبريتات (ملليجرام) } \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة (بالملليلتر)}}$$

الاحتياطات :

- تتداخل المواد الملوثة أو العالقة وفي هذه الحالة يجب إجراء تصحيح للقياس باستخدام عينة غفل (Blank) تحت نفس الظروف باستبعاد كلوريد الباريوم
- تتداخل السيليكا إذا وجدت بتركيزات اكبر من ٥٠٠ ملليجرام /لتر
- يجري فحص صلاحية منحني المعايرة المستخدم بإجراء قياس لعينة قياسية معلومة التركيز بعد إجراء من ٣ إلي ٤ عينات من المحلول المراد قياسه .

المراجع :

١-USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater, Cincinnati, Ohio, 1983 (Method 370,4).

٢-Standard methods for the examination of water and wastewater, ...ss, Maryland. 1995 [Method 4500 –SO4 (B)].

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الفلزات

Metal(general)

(طريقة طيف الامتصاص الذري)

المعايرة ومواد القياس :

١- تحضر المحاليل القياسية من فلزات عالية النقاوة أو أكاسيد او أملاح غير متميأة باستخدم مياه مقطرة خالية من الأيونات وحمض نيتريك أو ايدروكلوريك معاد تقطيره ويستبعد استخدام حمض الكبريتيك والفوسفوريك حيث انهما يؤثران على كثير من العناصر . وتحضر المحاليل بتركيز ١٠٠٠ ملليجرام من العنصر /لتر ويمكن استخدام المحاليل القياسية التجارية .

٢- تحضر المحاليل القياسية بتخفيف المحاليل المركزة من العناصر وقت التحليل . وللحصول على نتائج مقبولة يجب تحضير المحاليل القياسية قبل إجراء مباشرة ويتخلص من الباقي بعد القياس . تحضر تجربة غفل وأربعة تركيزات مختلفة من المحلول القياسي في المدى الذي تقاس فيه العينة ويجب تحضير المحلول القياسي باستخدام نفس نوعية الأحماض وتركيزاتها المستخدمة مع العينة المقاسة وتحفظ المياه المرشحة بإضافة ١:١ حمض نيتريك معاد تقطيرة (٣ ملليلتر /لتر) ويعامل المحلول القياسي بنفس الطريقة ويبدأ بقياس التجربة الغفل والمحاليل القياسية وتسجيل قرائتها وتعاد التجربة مع العينة والمحاليل القياسية ويؤخذ متوسط القراءات ويتبع التعليمات المذكورة في كتيب الجهاز .

٣- تستخدم طريقة الإضافة القياسية (standard addition) عندما يكون وسط العينة ذو لزوجة أو توتر سطحي أو مكونات لا يمكن محاكاتها في المحلول القياسي تماما وتعتمد هذه الطريقة على إضافة كمية صغيرة معلومة من المادة المراد تقديرها إلي حجم معلوم من العينة المجهولة ويعطي الفرق بين امتصاص العينة قبل وبعد إضافة المحلول القياسي ويعطي ميل منحني للمعايرة .

٤- يحضر منحني معايرة في حالة استخدام أجهزة غير رقمية لا تعطي قراءة للتركيز مباشرة ويجب أن يغطي منحني المعايرة مدي التركيز المناسب . وهذا يعني عادة تحضير محاليل قياسية تعطي امتصاص من صفر إلي ٨٠ % والطريقة الصحيحة هي تحويل نسبة قراءة الامتصاص إلي الامتصاصية ورسم هذه القيمة مقابل التركيز .

وتستخدم العلاقة الأتية للتحويل :

$$Absorbance = \log (100\%\ T) = 2 - \log \%T$$

حيث $\%T = 100 - \%\ Absorption$

ويجب أن تزداد تركيزات المحلول القياسي المستخدم بالقرب من المنطقة التي لا يكون منحني المعايرة فيه خطيا

٥- طريقة الإضافة القياسية : في هذه الطريقة يضاف حجم من العينة إلي حجم مساوي له من الماء المقطر الخالي من الأيونات و الى ٣ محاليل قياسية تحتوي عل تركيزات مختلفة معروفة من العنصر المراد قياسه بحيث يكون حجم الماء والمحلول القياسي متساوي ويقاس امتصاص المحاليل ويرسم الامتصاص على المحور الرأسي والتركيز المعروف للمحاليل القياسية على المحور الأفقي وعندما يمد الخط الناشيء إلي قيمة امتصاص مقدارها صفر تكون نقطة التقاطع مع المحور السيني معبرة عن تركيز العينة مجهولة التركيز

يقسم المحور السيني على يسار المحور الرأسي نفس التقسيم للمحور السني على يمين المحور الرأسي

الطريقة :

يجب على المحلل أن يتبع التعليمات الخاصة بتشغيل الجهاز وفقا لكتاب التشغيل الصادر من المصنع

ملاحظة :

يراعي انه عند استخدام الفرن فإن تصحيح الخلفية Back ground correction يكون على درجة عالية من الأهمية وخصوصا إذا كانت القياسات تحت طول موجي ٢٥٠ نانومتر

٧- تنظف أنبوبة الفرن بتشغيل الفرن عند أقصي طاقة لمدة زمنية مثل تلك المستخدمة عادة في التحاليل .

٨- يحقن حجم معلوم (ميكرولتر) من العينة في نفس الوسط المستخدم ويمكن استخدام الحقن المتتابع لتحسين دقة النتائج وتحديد الخطأ الناتج من حقن العينة بالفرن .

٩- للتأكد من غياب التداخلات يسحب حجمين متساويين من العينة ويضاف للحجم الأول كمية معلومة من المادة المراد تحليلها ثم يخفف كلا المحلولين إلي حجم ثابت ويفضل أن يكون التخفيف بنسبة ١:٤ ولا يجب أن يكون التخفيف اقل من نسبة ١: ١.٠ وتحلل العينة المخففة المحتوية على التركيز القياسي والأخري التي تحتوي على التركيز القياسي وتضرب النتيجة في معامل التخفيف وتقارن بنتيجة العينة الأصلية قبل التخفيف وعندما تكون دقة النتائج في حدود ± ١٠ % فإن ذلك يعين غياب التداخلات

١٠- العينات التي تظهر تداخلات يمكن معالجتها بإحدي الطرق الآتية :

أ- تخفيف العينة تخفيف متتابع ويعاد تحليلها لتحديد ما إذا كانت التداخلات قد اختفت

ب- تحسين وسط العينة (Matrix modification) في الفرن باستخدام المواد المناسبة كما يلي :

العنصر المراد تقديره	مادة تحسين الوسط (Matrix modifier)
Ag, As,Au, Bi, Cu,Go , Mn, Mg, , Sb, Se, Sn, Te, Tl	١٥٠٠ ملليجرام /لتر pd + ١٠٠٠ ملليجرام /لتر $Mg(No)_3$
Ag, As, Au, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Po, Mg, Mn, Ni, Pb, Sh	٥٠٠ – ٢٠٠٠ ملليجرام /لتر Pd + (١-٢%) حمض ستريك أو حمض اسكورييك
Ba, Co, Cr, Fe, Mn , V	٥٠٠٠ ملليجرام /لتر $Mg(No_3)_2$

As, Gu, Co, Sn	١٠٠ – ٥٠٠ ملليجرام /لتر pd
As, Se, Sb	٥٠ ملليجرام /لتر Ni
Cd, Pd	٢ % $PO4^{-3}$ + ١٠٠٠ ملليجرام /لتر $Mg(No_3)_2$

ج- قم بتحليل العينة باستخدام طريقة الإضافة القياسية (Standard addition) (مع مراعاة الاحتياطات وحدود الاستخدام)

٦- العينات المحتوية على كميات كبيرة من مواد عضوية يجب أكسدتها بالهضم مع الحامض المناسب قبل إدخالها في الفرن

٧- يفضل حمض النيتريك للهضم أو لمراحل الإذابة وإذا ما تطلب الأمر يستخدم حامض أخر بالإضافة لحمض النيتريك ويجب استخدام اقل حجم ممكن وهذا ينطبق أساسا على حمض الأيدروكلوريك ويلية حمض الكبريتيك والفوسفوريك

٨- يجب أن يكون مكان إعداد العينات نظيفا تماما ويجب تنظيف الأنية الزجاجية ويراعي ألا تكون قسم الماصات البلاستيكية مصدر للتلوث ولذا يجب غمرها في حمض نيتريك ١ : ٥ ثم غسلها بالماء جيدا .

٩- يجري قياس لعينة قياسية كل ١٠ عينات من المادة وإذا ما كانت النتائج تفتقد إلي التكرارية أو يعيبها التغير في الإشارة (signal) الذي يحصل عليه فهذا يعني ضرورة تغيير أنبوبة الجرافيت (الفرن) .

الاستخلاص للتركيز:

١- عندما يكون تركيزات الفلز ضئيلة لا تسمح بقياسه مباشرة أو عندما تتواجد أملاح كثيرة ذائبة في العينة يفضل استخلاص العنصر المراد قياسه في مذيب عضوي في وجود مادة مخلبية تتفاعل مع هذا العنصر ويستخدم (Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate APDC) ذائبا في مذيب ميثيل أيزوبيوتيل كيتون (MIBK) الذي ثبت صلاحيته مع عناصر مثل الخارصين والكادميوم والحديد والمنجنيز والنحاس والفضة والرصاص والكروم ولا يتفاعل الكروم الثلاثي مع (APDC) إلا إذا تم أكسدته أولاً إلي الكروم السداسي .

لا يتفاعل الالومنيوم والبريليوم والباريوم والاستراتيوم مع (APDC) كما أن مشتق المنجنيز مع (APDC) غير مستقر في مذيب (MIBK) حيث يذوب في المحلول المائي بعد فترة وجيزة . وإذا استغرق الاستخلاص وقتا طويلا بتخفيض نسبة الاستخلاص كما هو الحال مع الكادميوم إذا ما زيد وقت الاستخلاص عن دقيقة في حين أن استخلاص بعض العناصر مثل الكروم يتطلب وقتا طويلا للاستخلاص (٣ دقائق) .

٢- عندما يجري تحليل لعديد من العناصر تستخدم أحجام كبيرة من العينة في عملية الاستخلاص أو يجرى استخلاص لكل عنصر على حدة ويقاس . والاستخلاص على مدى رقم ايدروجيني واسع يسمح بفصل عديد من العناصر الفلزية .

٣- يحضر منحني المعايرة برسم علاقة بين الامتصاص وتركيز العنصر (ميكروجرام/ لتر) في ٢٠٠ ملليلتر من المحلول المستخلص . ولحساب تركيز العينة تقرأ قيمة تركيز الفلز بالميكروجرام / لتر من منحني المعايرة أو من الجهاز مباشرة .

وإذا تطلب الأمر تخفيف العينة تستخدم العلاقة الآتية :

$$\text{الفلز في العينة (ملليجرام/لتر)} = \text{أ} \times \frac{\text{ب} + \text{ج}}{\text{ج}}$$

حيث :

أ = تركيز العنصر في الحجم المخفف المستخدم مقروءا من منحني المعايرة(ميكروجرام/لتر)

ب= حجم الماء المقطر المستخدم في التخفيف (ملليلتر)

ج= حجم العينة (ملليلتر)

طريقة الحساب :

لتقدير تركيز العناصر باستخدام جهاز طيف الامتصاص الذري المقترن بوجود فرن تقرأ قيمة التركيز ميكروجرام /لتر من منحني المعايرة مباشرة .

١- إذا استخدمت أحجام مختلفة من العينة والمحلول القياسي :

$$\text{تركيز العنصر (ميكروجرام /لتر)} = \text{أ} \times \frac{\text{ب}}{\text{ج}}$$

حيث : أ = قيمة التركيز (ميكروجرام /لتر) المقروء من منحني المعايرة

ب= حجم المحلول القياسي (ميكرولتر) المستخدم والمحقون بالفرن للحصول على منحني المعايرة

ج= حجم العينة (ميكرولتر) المستخدمة والمحقونة بالفرن .

٢- إذا تطلب الأمر تخفيف العينة واستخدام نفس الحجم من المستخدم مع العينة القياسية

$$\text{تركيز العنصر في العينة ميكروجرام/لتر} = \text{أ} \times \frac{\text{ب+ج}}{\text{ب}}$$

حيث : أ = تركيز العنصر (ميكروجرام/لتر) في المحلول المخفف والمستخدم في تحضير المنحني القياسي

ب= حجم العينة المستخدمة (ملليلتر)

ج= حجم الماء المستخدم في التخفيف (ملليلتر)

٣- في حالة العينات المحتوية على مواد عالقة

$$\text{تركيز العنصر في العينة ميكروجرام/لتر} = \text{أ} \times \frac{\text{ب}}{\text{ج}}$$

حيث : أ= تركيز العنصر في العينة المستخدمة في المعايرة (ميكروجرام/لتر)

ب= الحجم النهائي للعينة المجهزة للقياس (بالملليلتر)

ج= حجم العينة المجهزة للقياس (بالملليلتر)

٤- في حالة قياس العناصر في عينات صلبة جافة يذكر التركيز ملليجرام عنصر لكل كيلوجرام من الوزن الجاف .

$$\text{تركيز العنصر ملليجرام /كيلوجرام من العينة} = \frac{(\text{أ}/١٠٠٠) \times \text{ب}}{\text{ج}}$$

حيث : أ = تركيز العنصر (ميكروجرام/لتر) في العينة المستخدمة في منحني المعايرة

ب= الحجم النهائي للعينة المعدة للقياس (بالمليلتر)

ج= وزن العينة جافة بالجرامات

٥- في حالة قياس العناصر في عينات صلبة رطبة

$$\text{تركيز العنصر ملليجرام / كيلوجرام من العينة} = \frac{(\text{أ} / ١٠٠٠) \times \text{ب}}{\text{ج} \times \text{د}}$$

حيث : أ = تركيز العنصر في العينة (ميكروجرام/لتر) المقروء من منحني المعايرة

ب= الحجم النهائي للعينة المجهزة للقياس (بالملليلتر)

ج= وزن العينة الرطبة المستخدمة (بالجرام)

د= النسبة المئوية للمادة الصلبة في العينة

الصوديوم Sodium

طريقة طيف الامتصاص

أسس الطريقة :

تقدر كميات ضئيلة من عنصر الصوديوم بقياس طيف الانبـ[illegible]متر . وتنتشر العينة في اللهب وتثار تحت ظروف مناسبة ومتكرره وتناسب كثافة الضوء المنبعث عند ٥٨٩ نانومتر مع تركيز عنصر الصوديوم في العينة .

الأجهزة والأدوات :

- **جهاز قياس طيف الانبعاث في اللهب (Flame photometer) أو جهاز قياس طيف الامتصاص الذري في الوضع الذي يسمح بقياس الانبعاث .**
- **أدوات زجاجية تغسل جيدا بمحلول حمض نيتريك مخفف (١+١٥) ثم الماء المقطر الخالي من الأيونات .**

الكيماويات والمواد :

- **ماء مقطر خالي من الأيونات**
- **محلول صوديوم (يحتوي ١.٠ ملليلتر على ١.٠ ملليجرام صوديوم)**
- **محلول صوديوم قياسي (يحتوي ١.٠ ملليلتر على ١٠.٠ ملليجرام صوديوم)**
- **محلول ليثيوم قياسي (يحتوي ١.٠ ملليلتر على ١.٠ ملليجرام ليثيوم)**
- **يحضر منحني عياري جديد في كل مرة يتغير فيها محلول الليثيوم**

الطريقة :

الخطوة (١) : التشغيل

أ- نتبع التوصيات المرفقة في كتيب تشغيل الجهاز حيث يختار طول الموجة القياسي والعوامل الأخري المناسبة .

ب- يختار ضغط للوقود والهواء أو الأكسجين المناسب للتشغيل ويسخن الجهاز ونصحح التداخلات والخلفية الناتجة من اللهب وتسحب العينة وتدخل إلي اللهب وبقياس كثافة طيف الانبعاث .

تابع الطريقة :

الخطوة (٢) : قياس الكثافة المباشرة :

أ- نحضر تجربة غفل ومحاليل قياسية من الصوديوم تحتوي على التركيزات في المدى من صفر إلى ١ ومن صفر إلى ١٠ ومن صفر إلى ١٠٠مليجرام/لتر. يضاف محلول ليثيوم لكل محلول.

ب- يتم البدء بالتركيز الأكبر ويدفع به إلى اللهب لقياس طيف الانبعاث عند طول موجي ٥٨٩نانومتر.

ت- تكرر الخطوة السابقة مع المحاليل القياسية الأخرى المخففة وكذلك مع العينة، ويسمح بوقت كاف للحصول على قراءة ثابتة لكل تركيز.

ث- ترسم العلاقة بين التركيز وكثافة طيف الأنبعاث المقروء من الجهاز ويستخدم المنحنى القياسي في حساب تركيز عينات مجهولة التركيز.

طريقة الحساب:

تركيز الصوديوم (ملليجرام/لتر) = ملليجرام صوديوم/لتر × أ

حيث: الحجم النهائي للمحلول المقاس

أ – نسبة التخفيف = ———————————

حجم العينة قبل التخفيف

الاحتياطات :

- **يوضع الجهاز في مكان بعيد عن الضوء المستمر والشمس والتيارات الهوائية والأتربة وأدخنة السجائر ويراعي عدم التلوث الذي ينشأ من الفلين وورق الترشيح والمنظفات والغسيل غير المناسب .**
- **الأيونات الشائعة مثل الكلوريد – الكبريتات – والبيكروبونات تتداخل .**

- يتجنب انسداد الموقد بالمواد العالقة في العينة بالترشيح من خلال ورق ترشيح .
- يضاف محلول منظف صناعي أيوني في محاليل القياس لتسهيل انسياب المحاليل .
- تحفظ المحاليل في قوارير بلاستيك ونستخدم أوعية صغيرة الحجم لتقليل من الفاقد
- ترج القارورة جيدا قبل أخذ العينة منها .
- يحضر منحني قياسي جديد كلما تغير محلول الليثيوم المستخدم في القياس

المراجع :

1- Standard Methods for the examination of water and wastewater , united book press , Maryland , 1995 (Method 3500- Na (d)) .

الكالسيوم Calcium

طريقة طيف الامتصاص

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

تقدر كميات ضئيلة من عنصر الكالسيوم بقياس طيف الامتصاص الذري عند طول موجي ٤٢٢.٧ نانومتر الذي يمتص بواسطة ذرات الكالسيوم الحرة في الحالة الغازية ، وتتناسب كثافة الامتصاص مع تركيز الكالسيوم .

الأجهزة والأدوات :

- جهاز طيف الامتصاص الذري المقترن بفرن
- وقت التخفيف ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١٢٥ م
- وقت الترميد ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١١٠٠ م
- وقت الإثارة ودرجة الحرارة ١٥ ثانية عند ٢٨٥٠ م
- غاز الإزاحة : أرجون
- الطول الموجي المستخدم ٤٢٢.٧ نانومتر
- نتبع كافة التوصيات والتعليمات الموجودة بكتيب تشغيل الجهاز

الكيماويات والمواد :

- محلول مركز من الكالسيوم : يوزن ١.٢٥ جم من كربونات الكالسيوم المجففة عند درجة حرارة ١٨٠ م لمدة ساعة قبل الوزن ثم يضاف إليها كمية مناسبة من الماء المقطر الخالي من الأيونات ثم يضاف حمض أيدروكلوريك مخفف حتى تمام ذوبان المعلق المتكون – ويخفف للمحول إلي ١٠٠٠ ملليلتر بالماء المقطر الخالي من الأيوانات . كل ١ ملليلتر من المحلول – ٠.٥ مليلجرام كالسيوم (٥٠٠ ملليجرام /لتر)
- يحضر تركيزات مختلفة من المحلول المركز للكالسيوم لستخدم كمحاليل قياسية يضاف إلي ١٠ ملليلتر من كل منها ١.٠ ملليلتر من كلوريد اللانثانم (يمكن إضافة ٢.٠ ملليلتر من محلول كلوريد اللانثانم إلي ٢٠.٠ ملليلتر من محلول الكالسيوم فيصبح الحجم النهائي ٢٢ ملليلتر)
- محلول كلوريد اللانثانم : يذاب ٢٩ جم من أكسيد اللانثانم في ٢٥٠ ملليلتر من حمض الأيدروكلوريك ويخفف المحلول إلي ٥٠٠ ملليلتر بالماء المقطر الخالي من الأيونات .

الطريقة :

أ- يوصي باجراء تصحيح للخلفية (background correction)
ب- يمكن استخدام غاز النيتروجين للإزاحة من الفرن .
ت- عند تحليل عينات مختلفة يجب التأكد من أن استخدام طريقة الإضافة القياسية غير ضروري .
ث- إذا تطلب الأمر استخدام طريقة الإضافة القياسية يتبع الطريقة الموصوفة في جزء الفلزات .
ج- يتم تسجيل النتائج في الجهاز بوحدات ميكروجرام /لتر .
ح- مدي التركيز الأمثل القياسي هو ١- ٣٠ ميكروجرام / لتر ويبلغ حد القياس ٠.٢ ميكروجرام /لتر

طريقة الحساب :
تركيز الكالسيوم(ملليجرام/لتر) = (ملليجرام كالسيوم /لتر × أ
حيث : الحجم القياسي للمحلول المقاس
أ- نسبة التخفيف= _____
حجم العينة قبل التخفيف

الاحتياطات :

- **يوضع الجهاز في مكان بعيد عن الضوء المستمر والشمس والتيارات الهوائية والأتربة وأدخنة السجائر ويراعي عدم التلوث الذي ينشأ من الفلين وورق الترشيح والمنظفات والغسيل غير المناسب .**
- **تحفظ المحاليل في قوارير بلاستيك وتستخدم أوعية صغيرة الحجم للتقليل من الفاقد**
- **ترج القارورة جيدا قبل أخذ العينة منها .**
- **يحضر منحني قياسي جديد كلما تغير محلول الفلز المستخدم**

المراجع :

1- Standard methods for the examination of water and wastewater united Book press , Maryland , 1995 (Method 3500 Ca (B)

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الحديد Iron

طريقة طيف الامتصاص

أسس الطريقة :
تقدر كميات ضئيلة من عنصر الحديد بقياس طيف الامتصاص الذري عند طول موجي ٢٤٨.٣ نانومتر بواسطة ذرات الحديد الحرة في الحالة الغازية . وتتناسب كثافة الامتصاص مع تركيز عنصر الحديد ويستخدم لذلك جهاز قياس طيف الامتصاص الذري المقترن بالفرن.
الأجهزة والأدوات :

- **جهاز قياس طيف الامتصاص الذري المقترن بالفرن**
- **وقت التجفيف ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١٢٥ °م**
- **وقت الترميد ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١٠٠٠ °م**
- **وقت التطاير والانتشار ودرجة الحرارة ١٥ ثانية عند ٢٧٠٠ °م**
- **غاز الإزاحة : أرجون**
- **الطول الموجي ٢٤٨.٣ نانومتر**
- **يجب أن نراعي بعض عوامل التشغيل الأخري وفقا لكتيب الجهاز الصادر من المصنع .**

الكيماويات والمواد :
*** محلول الحديد : يوزن بدقة ١.٠ جم من سلك حديد نقي ويذاب في ٥ ملليلتر من حمض النيتريك المعاد تقطيره (يسخن المحلول إذا تطلب الأمر ذلك) ويكمل المحلول إلي ١ لتر بالماء المقطر الخالي من الأيونات . (ملليلتر ملليجرام حديد (١٠٠٠ ملليجرام /لتر)**
*** تحضر تركيزات مختلفة من المحلول القياسي لتحضير منحني المعايرة وقت القياس ويجب تحضير منحني المعايرة من محاليل تحتوي على ٠.٥ % حمض نيتريك**
*** تحضر مادة تحسين الوسط (Matrix modifier) بإذابة ٥ جم من نترات الماغنسيوم في لتر من الماء المقطر الخالي من الأيونات ويستخدم ١٠ ميكرولتر من المحلول لكل ١٠ ميكرولتر من العينة .**
الطريقة :
أ- يوصي بتصحيح الخلفية (Background correction)
ب- يمكن استخدام غاز النيتروجين في الإزاحة

ت- يجب فحص تأثير الوسط لمعرفة ما إذا كانت طريقة الإضافة القياسية مطلوبة أم لا

ث- مدي التركيز المناسب للقياس يتراوح بين ٥-١٠٠ ميكروجرام /لتر ويبلغ حد القياس ١ ميكروجرام / لتر

طريقة الحساب :

تركيز الحديد (ملليجرام /لتر) = ملليجرام الحديد /لتر × أ

حيث :

أ - نسبة التخفيف = الحجم النهائي للمحلول المقاس / حجم العينة قيل التخفيف

الاحتياطات :

- يوضع الجهاز في مكان بعيد عن الضوء المستمر والشمس والتيارات الهوائية والأتربة وأدخنة السجائر ويراعي عدم التلوث الذي ينشأ من الفلين وورق الترشيح والمنظفات والغسيل غير المناسب .
- تحفظ المحاليل في قوارير بلاستيك وتستخدم أوعية صغيرة الحجم للتقليل من الفاقد
- ترج القارورة جيدا قبل اخذ العينة منها
- يحضر منحني قياسي جديد كلما تغير محلول الفلز القياسي المستخدم .

المراجع :

1- USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater , cincinnali ohio , 1983 (Method 136.)

2- Standard methods for the examination of water and wastewater united book press Maryland 1995 Method 3500 Fe (B)

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

الرصاص Lead

طريقة طيف الامتصاص

أسس الطريقة :

تقدر تركيزات ضئيلة من عنصر الرصاص بقياس طيف الامتصاص الذري عند طول موجي ٢٨٣.٣ نانومتر والذي يمتص بواسطة ذرات الرصاص في الحالة الغازية . وتتناسب كثافة الامتصاص مع تركيز عنص الرصاص ويستخدم لذلك جهاز قياس طيف الامتصاص الذري المقترن بالفرن .

الأجهزة والأدوات :

- جهاز طيف الامتصاص الذري المقترن بالفرن
- وقت التجفيف ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١٢٥ °م
- وقت الترميد ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ٥٠٠ °م
- وقت الإثارة ودرجة الحرارة ١٥ ثانية عند ٢٧٠٠ °م
- غاز الإزاحة : أرجون
- الطول الموجي المستخدم ٢٨٣.٣ نانومتر
- تتبع كافة التوصيات والتعليمات الموجودة بكتيب تشغيل الجهاز

الكيماويات والمواد :

- محلول مركز من الرصاص : يوزن ١.٥٩٩ جم من نترات الرصاص وتذاب في ماء مقطر خالي من الأيونات وعند تمام الذوبان يحمض المحلول باستخدام ١٠ ملليلتر من حمض النيتريك المقطر ويخفف إلي ١ لتر بالماء المقطر الخالي من الإيونات (كل ١.٠ ملليلتر يحتوي على ١.٠ ملليجرام من الرصاص أو ١٠٠٠ ملليجرام /لتر)

- **محسن للوسط يتكون من لترات اللانثايم : يذاب ٥٨.٦٤ جم من أكسد اللانثانم في ١٠٠ ملليلتر من حمض النتيريك المركز ويخفف المحلول إلي ١٠٠٠ ملليلتر بالماء المقطر الخالي من الأيونات . (كل ١.٠ ملليلتر يحتوي على ٥٠ ملليجرام من اللانثايم).**
- **محلول قياسي من الرصاص : تحضر تركيزات مختلفة باستخدام الرصاص من المحلول المركز لاستخدامها في تحضير منحني المعايرة**
- **يجب أن يحتوي كل محلول قياسي على ٠.٥ % (حجم/حجم) من حمض النيتريك ويضاف ١٠ ملليلتر من نترات اللانثايم إلي كل ١٠٠ ملليلتر من المحلول القياسي المخفف .**

الطريقة :

أ- يوصي بإجراء تصحيح للخلفية (Background correction)

ب- يمكن الحصول على حساسية مرتفعة بإجراء القياس عند طول موجي قدرة ٢١٧ نانومتر ، ولكن ذلك يقلل من مدى التركيز الممكن قياسة ويمكن في هذه الحالة استخدام لمبة تفريغ بدون أقطاب (Lamp Electrode less discharge) بدلا من لمبة الكاثود المجوف (Lamp Hollow cathode) وكذلك استخدام درجة حرارة ٤٢٠٠ °م للإثارة للحصول على نتائج أفضل .

ج- للتقليل من أثر تداخل الكبريتات وحتي تركيز ١٥٠٠ جزء في المليون يضاف اللانثانم في صورة نترات إلي كل من العينة المراد قياسها والمحاليل للقياسية .

خ- يجب تنظيف جميع الأدوات الزجاجية جيدا قبل الاستخدام مباشرة حيث يعتبر تلوث الزجاج من المشاكل الرئيسية في تقدير الرصاص

د- عند تحليل عينات مختلفة يجب التأكد من أن استخدام طريقة الإضافة القياسية غير ضروري وإذا تطلب الأمر استخدام طريقة القياسية يرجع إلي جزء الفلزات .

ذ- يتم تسجيل النتائج في الجهاز بوحدات ميكروجرام /لتر

ر- مدي التركيز الأمثل القياسي هو ٥- ١٠٠ ميكروجرام / لتر ،وحد القياس ١ ميكروجرام /لتر .

طريقة الحساب :

تركيز الرصاص (ملليجرام /لتر) = ملليجرام رصاص /لتر × أ

حيث :

أ- نسبة التجفيف =

$$\frac{\text{الحجم النهائي للمحلول المقاس}}{\text{حجم العينة قبل التخفيف}}$$

الاحتياطات :

- **يوضع الجهاز في مكان بعيد عن الضوء المستمر والشمس الهوائية والأتربة وأدخنة السجائر ويراعي عدم التلوث الذي ينشأ من الفلين وورق الترشيح والمنظفات والغسيل غير المناسب**
- **تحفظ المحاليل في قوارير بلاستيك ونستخدم أوعية صغيرة الحجم للتقليل من الفاقد**
- **ترج القارورة جيدا قبل اخذ العينة منها**
- **يحضر منحني قياسي جديد كلما تغير محلول الفلز القياسي المستخدم .**

المراجع :

1- USHPA methods for chemical analysis of water and wastewater cuecinnati ohio 1983 (Method 239.2)

2- Standard methods for the exanimation of water and wastewater united book press Maryland

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

البوتاسيوم potassium طريقة طيف الامتصاص	٥٠

أسس الطريقة :
تقدر كميات ضئيلة من عنصر البوتاسيوم بقياس طيف الانبعاث عند طول موجي ٧٦٦.٥ نانومتر ، وتدخل العينة في اللهب لتثار ذراتها تحت ظروف مناسبة . ويقاس طيف انبعاثها الذي يتناسب مع تركيز العنصر
الأجهزة والأدوات :
- **جهاز قياس طيف الانبعاث باللهب (Flame photometer) أو جهاز قياس امتصاص طيف الامتصاص الذري المقرون باللهب .**
- **أدوات زجاجية تغسل جيدا بمحلول حمض نيتريك مخفف (١:١٥) ثم الماء المقطر الخالي من الايونات**

الكيماويات والمواد :
- **ماء مقطر خالى من الايونات**
- **محلول بوتاسيوم (يحتوي ١.٠ ملليلتر على ١.٠ ملليجرام بوتاسيوم)**
- **محلول بوتاسيوم قياسي (يحتوي ١.٠ ملليلتر على ١٠.٠ ملليجرام بوتاسيوم)**
- **محلول ليثيوم قياسي (يحتوي ١.٠ ملليلتر على ١.٠ ملليجرام ليثيوم)**

الطريقة
الخطوة (١) : تشغيل الجهاز
أ- تتبع التوصيات المرفقة في كتيب تشغيل الجهاز حيث يختار طول الموجة القياسي والعوامل الأخري المناسبة .
ب- يختار ضغط الوقود والهواء أو الأكسجين المناسب لتشغيل ويسخن الجهاز وتصحح التداخلات والخلفية الناتجة من اللهب وتسحب العينة وتدخل إلي اللهب .
الخطوة (٢) : قياس الكثافة المباشرة
أ- تحضر تجربة غفل ومحاليل قياسية من البوتاسيوم تحتوي على المدي من صفر إلي ١.٠ ومن صفر إلي ١٠ ومن صفر إلي ١٠٠ ملليجرام /لتر
ب- يتم البدء بالتركيز الأكبر ويدفع به إلي اللهب لقياس طيف الانبعاث عند طول موجي ٧٦٦.٥ نانومتر
ت- تكرر الخطورة السابقة مع المحاليل القياسية الأخري المخففة وكذلك مع العينة ويسمح بوقت كاف للحصول على قراءة ثابتة لكل تركيز
ث- ترسم العلاقة بين التركيز وكثافة طيف الانبعاث المقروء من الجهاز ويستخدم المنحني القياسي في حساب تركيز عينات مجهولة التركيز .
طريقة الحساب :
تركيز البوتاسيوم (ملليجرام/لتر) = (ملليجرام بوتاسيوم/لتر في الجزء المقاس) × أ
حيث :

$$\text{أ- نسبة التخفيف} = \frac{\text{الحجم النهائي للمحلول المقاس}}{\text{حجم العينة قبل التخفيف}}$$

الاحتياطات :
- **يوضع الجهاز في مكان بعيد عن الضوء المباشر والشمس والتيارات الهوائية والأتربة وأدخنة السجائر ويراعي عدم التلوث الذي ينشأ من الفلين وورق الترشيح والمنظفات والغسيل غير المناسب .**
- **يتجنب انسداد الموقد بالمواد العالقة في العينة بالترشيح من خلال ورق ترشيح**
- **يلاحظ تداخلات عندما تكون نسبة الكالسيوم /البوتاسيوم ١ : ١٠ أو أكثر أو نسبة الماغنسيوم / البوتاسيوم ١:١٠٠أو أكثر**

- يضاف محلول منظف صناعي انيوني في محاليل القياس لتسهيل انسياب المحاليل
- تحفظ المحاليل في قوارير بلاستيك وتستخدم أوعية صغيرة الحجم للتقليل من الفاقد
- ترج القارورة جيدا قبل اخذ العينة منها
- يحضر منحني قياسي جديد كلما تغير محلول الليثيوم المستخدم في القياس

المراجع :

1- standards methods for the examination of water and wastewater United book press , Maryland method 3500 K (D)

الخطوات القياسية للتحاليل المعملية

المنجنيز Manganese

طريقة طيف الامتصاص

أسس الطريقة :

تقدر كميات ضئيلة من عنصر المنجنيز بقياس طيف الامتصاص الذري عند طول موجي ٢٧٩.٥ نانومتر الممتص بواسطة ذرات المنجنيز الحرة في الحالة الغازية وتتناسب كثافة الامتصاص مع تركيز العنصر ويستخدم لذلك جهاز قياس طيف الامتصاص الذري المقترن بالفرن

الأجهزة والأدوات :

- جهاز طيف الامتصاص الذري المقترن بالفرن
- وقت التجفيف ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١٢٥ °م
- وقت الترميد ودرجة الحرارة ٣٠ ثانية عند ١٠٠٠ °م
- وقت الإثارة ودرجة الحرارة ١٥ ثانية عند ٢٧٠٠ °م
- غاز الإزاحة : أرجون
- الطول الموجي المستخدم ٢٧٩.٥ نانومتر
- نتبع كافة التوصيات والتعليمات الموجودة بكتيب تشغيل الجهاز

الكيماويات والمواد :

- محلول مركز من المنجنيز : يوزن ١.٠ جم من عنصر المنجنيز ويذاب في ١٠ ملليلتر من حمض النيتريك المقطر وبعد تمام الذوبان يخفف إلي ١ لتر بالماء المقطر الخالي من الإيونات (كل ١.٠ ملليلتر يحتوي على ١.٠ ملليجرام من المنجنيز أو ١٠٠٠ ملليجرام /لتر)
- تحضر تحفيفات من المحلول المركز للاستخدام في تحضير المنحني القياسي وقت القياس وتستخدم هذه المحاليل أيضاً في حالة تطبيق طريقة الإضافية القياسية
- محسن للوسط : يتكون من ٥ جم من نترات ماغنسيوم /لتر من الماء المقطر الخالي من الايونات ويستخدم ١٠ ميكرولتر منه لكل ١٠ ميكرولتر من العينة .

الطريقة :

أ- يوصي بإجراء تصحيح للخلفية (Background correction)

ب- يمكن استخدام غاز النيتروجين للإزاحة

ت- عند تحليل عينات مختلفة يجب التأكد من أن استخدام طريقة الإضافة القياسية غير ضروري

ث- إذا تطلب الأمر استخدام طريقة الإضافة القياسية تتبع الطريقة الموصوفة في جزء الفلزات

ج- يتم تسجيل النتائج في الجهاز بوحدات ميكروجرام/لتر

ح- مدي التركيز الأمثل القياسي هو ١- ٣٠ ميكروجرام /لتر وحدة القياس ٠.٢ ميكروجرام /لتر

طريقة الحساب :

تركيز المنجنيز (ملليجرام /لتر) = ملليجرام منجنيز /لتر × أ

حيث :

الحجم النهائي للمحلول المقاس

أ- نسب التخفيف = _____

حجم العينة قبل التخفيف

الاحتياطات :

- **يوضع الجهاز في مكان بعيد عن الضوء المستمر والشمس والتيارات الهوائية والأتربة وأدخنة السجائر ويراعي عدم التلوث الذي ينشأ من الفلين وورق الترشيح والمنظفات والغسيل غير المناسب**
- **تحفظ المحاليل في قوارير بلاستيك وتستخدم أوعية صغيرة الحجم لتقليل من الفاقد**
- **ترج القارورة جيدا قبل اخذ العينة منها**
- **يحضر منحني قياسي جديد كلما تغير محلول الفلز القياسي المستخدم**

المراجع :

1- USEPA methods for chemical analysis of water and wastewater Cincinnati , Ohio , 1983 (method 243.2)

2- Standard methods for the examination of water and wastewater , united book press Maryland , 1995 (method 3500- Mn (B) .

3-

تلوث التربة

إن التلوث بمعناه العام :- هو تواجد أى مادة من المواد الملوثة فى البيئة بكميات تؤدى بطريق مباشر أو غير مباشر وبمفردها أو بالتفاعل مع غيرها إلى الإضرار بالصحة ، أو تسبب فى تعطيل الأنظمة البيئية حيث قد تتوقف تلك الأنظمة عن أداء دورها الطبيعي على سطح الكرة الأرضية.

ويعرف تلوث التربة :- بأنه الفساد الذي يصيب التربة فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية او الكيميائية أو الحيوية بشكل يجعلها تأثر سلبا بصورة مباشرة أو غير مباشرة على من يعيش فوق سطحها من إنسان وحيوان ونبات.

كما يمكن تعريف تلوث التربة بأنه أي تغير فيزيائي أو كيمياوي للأرض و الذي يتسبب عنه عرقلة في استغلالها.

يقصد بالتربة تلك الطبقة السطحية من القشرة ألأرضية التي توجد وتنمو فيها جذور النباتات فضلا عن الحيوانات والكائنات الأخرى كالبكتيريا والفطريات ، وتعد التربة قاعدة ألأنظمة البيئية على اليابسة والوسط الطبيعي لنمو جذور النباتات العليا المسئولة عن تثبيت الطاقة وإنتاج الغذاء في عملية التركيب الضوئي كما وان التربة إلى جانب أنها مصدر الماء والعناصر الغذائية للنبات وسنده الميكانيكي فهي ملجئ لعدد هائل من الكائنات الحية لأنظمة البيئة على اليابسة.

وتتعرض الترب إلى التلوث من خلال النشاطات المختلفة في الزراعة مثل استخدام المبيدات للآفات الزراعية المختلفة وتشير إحصائيات منظمة الغذاء الزراعي الدولية بان هناك أكثر من ألف مستحضر كيميائي يستخدم كمبيد ويباع مئات ألآلاف من الأطنان سنويا حيث يستعمله المزارعون في مكافحة الآفات مثل مادة الادرنين والكلودين ودي دي تي وغيرها ويؤدي تأثيرها التراكمي في التربة إلى انقراض لعدد من الحيوانات كالطيور أو موت ألأسماك التي تعيش في المسطحات المائية القريبة.

لقد ساهم الإنسان في تلوث محيطه منذ القدم ولم يهتم بهذه المشكلة في تلك الآونة وذلك بسبب التعداد السكاني البسيط ، ولكن زيادة تعداد السكان وتناقص إنتاجية الأرض بسبب تلوث التربة والذي ساهم في تدني مستوى المعيشة بدأ الاهتمام بالموضوع واكتسب أهمية أكبر بظهور أنواع جديدة من الملوثات غير المعروفة في السابق مثل العديد من المواد غير القابلة للتحلل إضافة إلى النفايات النووية وغيرها من المواد.

أسبـاب تلوث التربـة :

١- التسرب من الخزانات والأنابيب مثل أنابيب النفط ومنتجاته.
٢- تخزين ونقل المواد الخام والنفايات .
٣- انبعاث الملوثات من أماكن تجميعها إلى البيئة المحيطة بها .
٤- انتقال المواد الملوثة مع مياه السيول أو المياه الجوفية.
٥- انتقال الغازات الخطرة من المناطق المجاورة .
٦- تمليح التربة والتشبع بالمياه ، فالاستخدام المفرط لمياه الري مع سوء الصرف يؤدي إلى الإضرار بالتربة .
٧- التوسع العمراني الذي أدى إلى تجريف وتبوير الأراضي الزراعية.

الخلل الذي يصيب التربة جراء التلوث الكيميائي

التلوث الكيميائي يقصد به كل أشكال التغيرات الكمية أو الكيفية في مكونات التربة من حيث صفاتها الكيميائية أو الفيزيائية أو الحيوية والتي تنتج بسبب استخدام بعض المواد الكيميائية سواء بقصد أم بغير قصد وبالتالي إفساد مكونات التربة ألأساسية وتغير تركيبها بحيث لم تعد تصلح للزراعة أو إن إنتاجها قد قل أو إنها تنتج غداءا ملوثا ضارا بالإنسان أما مصادر التلوث الكيميائي فهمي كثيرة ومن أهما التلوث بالمبيدات والمخصبات الزراعية والتلوث بالمنظفات الصناعية والتلوث بالمركبات العضوية الهالوجينية والتلوث بالأسلحة الكيماوية والتلوث الناتج عن الحوادث الصناعية .

ويمكن تصنيف أنواع الخلل التي تصيب التربة إلى:-

أولا:- خلل فيزيائي ويشمل

١- بناء التربة
٢- إزالة مواد غروية.
٣- تكوين طبقة غير نفاذة للجذور.
٤- صرف الماء الزائد.

ثانيا :- خلل كيميائي

١- تغيير الأس الهيدروجيني PH بشكل متطرف .
٢- تغير ملوحة التربة (قابلية التوصيل الكهربائي) .
٣- تجوية كيميائية لمعادن الطين .
٤- وجود معادن ثقيلة
٥- نقص الأوكسجين .

ثالثا :- خلل حيوي

١- انخفاض أعداد حيوانات التربة .
٢- وجود مسببات مرضية.

ويمكن تقسيم ملوثات التربة الكيميائية إلى

أولا:- ملوثات عضوية Organic Pollutants

١-هيدرو كاربونات عطرية حلقية Aromatic Polycyclic Hydrocarbons ومصادرها

- احتراق الفحم والبترول والخشب

•إسفلت
•قطران الفحم
•انبعاثات عوادم السيارات-الشحوم

٢-النترو العطرية Nitro Aromatic

ومصادرها (القنابل-المبيد الحشري-المبيد البكتيري)

٣-الفينولات وانيلينات Phenols, Anilines
ومصادرها:- (المبيدات البكتيرية،مياه الصرف للمصانع،مواد الصباغة،مبيدات الادغال)

٤-الهالوجينات العطرية Halogenated Aromatic
ومصادرها :--(مبيدات الحشائش،حرق المخلفات الطبية والمخلفات الصلبة ، احتراق البترول والفحم وألأطارات،مناجم الرصاص) .

٥ -الهالوجينات الأليفاتية Halogenated Aliphatic
ومصادرها :- صناعة البلاستك.

٦-المبيدات Pesticides
ومصادرها :- (الزراعة،صناعة المبيدات) .

٧- منتجات البترول
ومصادرها :- (صناعة تكرير البترول،السيارات ووسائل النقل،الصناعة)

ثانيا:- ملوثات غير عضوية Inorganic Pollutants وتشمل

١-العناصر الثقيلة والنادرة.
٢-النتروجين.
٣-النظائر المشعة.

المبيدات

إن ألاستعمال الخاطئ للمبيدات بأنواعها قد خلف كميات هائلة من هذه المبيدات في التربة ذلك ان نباتات والمحاصيل عامة لا تمتص من المبيدات ألا الكمية التي تتناسب وقدرتها ومعلوم ان المبيدات مع هطول ألأمطار أو الري تتسرب إلى طبقات الأرض مسببة بذلك تلوث للمياه السطحية والجوفية ويمكن أن تتبخر بفعل حرارة الشمس وتسبب تلوث الهواء المحيط.علاوة على ذلك فان هذه المبيدات تقتل الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة مخلة بذلك التوازن الدقيق والهام في بيئة التربة كما تحدث المبيدات تغيرا في الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وتؤثر بذلك على ألإنتاجية الزراعية وبدلا من تحسين الزراعة وتطوير المنتجات الزراعية ينقلب الحال إلى إضعافها ورداءه منتجاتها كي تساهم المبيدات في تحويل الآفات الثانوية إلى

آفات رئيسية وتعاني العديد من دول العالم الثالث من مشكلة الاستعمال الخاطئ للمبيدات حيث يضن الكثير من المزارعين انه بزيادة استعمال المبيدات يمكن القضاء على ألآفات الزراعية بشكل أفضل وبالتالي زيادة الإنتاجية ،فضلا عن أن بعض المبيدات تبقى في التربة لمدة طويلة قد تزيد على عشرين عاما ولنا هنا أن نتخيل تأثيرات هذه المبيدات على التربة نفسها وعلى ما ينمو فيها من نباتات فالمركبات العضوية للمبيدات تستطيع البقاء سنوات عديدة في الأراضي بسبب ثباتها البيولوجي وتنتقل المبيدات عاليه الثبات من مكان إلى أخر من خلال الماء والرياح.

وتشير العديد من البحوث إلى انه عند إضافة المبيد إلى التربة فان هنالك العديد من التحولات البيولوجية والبيئية التي تسهم بشكل كبير في تغيير خاصية ذلك المبيد اعتمادا على تركيزة وتركيبة الكيميائي وتلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا فعالا في التحولات المختلفة لذلك المبيد فتحوله إلى مركب ذي خصائص يختلف تماما عن خصائصه الأولية ثم تعمل على تفكيكه وتحليله إلى جزيئات تستطيع غرويات التربة ادمصاصها او تتحلل هذه الجزيئات مائيا لتنطلق منها العناصر المعدنية التي تدخل في تركيب المبيد لتقوم كائنات حية دقيقة أخرى بالتحولات المختلفة لها والتي تشمل المعدنة والتمثيل والثبوت والذوبان.
ومن أكثر أجناس الكائنات الحية الدقيقة القادرة على تحليل المبيدات وتفككها مثل :-
Pscudamonas ,Bacillus, Clostridum .

والفطريات *Aspergillus , Alternaria spp ,Calodosporium*.

ولان اغلب المبيدات تدخل في تركيبها كل من المركبات الحلقية والهالوجينيات والكبريت والفوسفور والنتروجينات فان هنالك علاقات وطيدة بين المبيدات التي تضاف للتربة والكائنات الحية الدقيقة فقد تعمل المبيدات على إحداث العديد من الأضرار المختلفة على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة نتيجة لزيادة تراكيز بعض تلك المركبات السابق ذكرها على حاجة الكائن الحي الدقيق.

وعموما فان الكائنات الحية الدقيقة قد تعمل على التخلص من المبيد بواسطة التحلل (Degradation) وقد تعمل على إزالة سميته (Detoxification) كما قد تعمل على تنشيطه (Activation) وأيضا قد تسهم في إحداث تفاعلات إضافية.

التلوث بالمخصبات(ألأسمدة)

المخصبات الزراعية Fertilizers المقصود بها هي تلك المركبات الكيمياوية (غير العضوية) وبالتحديد الأسمدة الفوسفاتية التي تستخدم لزيادة خصوبة التربة الزراعية وغني عن القول إن استخدام المخصبات الزراعية ضمن الحدود المدروسة قد يكون آثار ايجابية ويعود على الإنسان بالخير إلا إن الإسراف في استخدامها وسوء استخدامها كما ونوعا ومكانا وزمانا هو الذي يخل بمعادلة التوازن بينما يحتاجه النبات من هذه المخصبات وما يضاف منها إلى التربة الزراعية ذلك ان الكميات الزائدة عن حاجة النبات من هذه المخصبات تحدث إضرارا بالغة في عناصر البيئة المحيطة بهذه التربة فعلاوة على إن هذا الجزيء المتبقي من المخصبات في التربة يعد إسرافا ليس له مسوغا من الناحية الاقتصادية فهو أيضا يعتبر من عوامل تلوث التربة ويسبب كثير من الأضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة وذلك ان ري التربة الزراعية المحتوية على قدر زائد من المخصبات الزراعية يجعل جزءا من هذه المخصبات يذوب في مياه الري ويتم غسله من التربة بمرور الزمن حتى يصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية في باطن الأرض ويرفع

بذلك نسبة كل من المركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه كما وتقوم مياه الأمطار بدور هام في هذه العملية فهي تحمل معها أيضا بعض ما تبقى في التربة من هذه المركبات ويشترك بذلك كل من مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي بقيت في التربة إلى المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية كالأنهار والبحيرات وغيرها.

إن الأسمدة المستخدمة في الزراعة تنقسم إلى نوعين

١.الأسمدة العضوية

وهي تلك الناتجة من مخلفات الحيوانات والطيور والإنسان وكما هو معروف علميا ان هذه الأسمدة تزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

٢.الأسمدة غير العضوية

وهي تلك التي يصنعها الإنسان من مركبات كيميائيه وهي تؤدي إلى تلوث التربة بالرغم من إن الغرض منها هو زيادة إنتاج الراضي الزراعية ولقد وجد المهتمون بالزراعة في بريطانيا إن زيادة محصول الفدان الواحد في السنوات الأخيرة لا تزيد على الرغم من الزيادة الكبيرة في استعمال الأسمدة الكيميائية إذ إن الاستعمال الواسع للأسمدة الكيميائية يؤدي إلى تغطية التربة بطبقه لامساميه أثناء سقوط الأمطار الغزيرة بينما تقل احتمالات تكون هذه الطبقة في حالة الأسمدة العضوية.
وتقوم العديد من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة بالتحولات الكيميائية المختلفة للعناصر المعدنية الموجودة في المخصبات الزراعية عن طريق المعدنة أو التمثيل المعدني وقد استعيض في الوقت الحاضر عن تلك المركبات باستخدام الأسمدة العضوية من مخلفات الصرف الصحي ومخلفات الحيوانات والطيور لان لها العديد من الخصائص الجيدة التي تتفوق بها عن تلك المصنعة فإنها تتحلل في التربة تدريجيا كما تحتفظ بدرجة حرارة التربة وتلائم النشاط المكروبي وتسهم في احتفاظ التربة بقوامها ورطوبتها و تلائم نمو العديد من الخضروات و الفواكه .

التلوث الغذائي Food pollution

الغذاء.... يطلق عملياً على جميع ما يتناوله الإنسان من المواد الجافة من طعام نباتي أو حيواني ، أو المواد السائلة المختلفة المتمثلة بالماء والمشروبات الأخرى ...
يشكل الغذاء للإنسان كغيره من الكائنات الحية التي تعيش على الأرض المصدر الرئيسي للطاقة، هذه الطاقة التي تؤمن للجسم القيام بمختلف العمليات الحيوية اللازمة للبقاء ، ويتم ذلك بالاستعانة بأوكسجين الهواء الذي يحصل عليه بعملية التنفس للقيام بعملياته الحيوية. ويحتاج الإنسان أيضا كأي كائن حي الى عنصر حياتي أساسي وهو الماء الصالح للشرب كجزء هام في عملية البقاء واستمرار وجوده .
تشكل هذه العناصر الثلاثة جوهر الحياة بالنسبة للأحياء وعلى رأسها الإنسان ،ودأب الإنسان للمحافظة على حياته من خلال العناية بهذه المصادر باستمرار،ويمكن تجاوزا اعتبار جميع

المخاطر التي يتعرض لها الإنسان من الأمراض تسلك إحدى الطرق الثلاث سابقة الذكر. من خلال ما يدعى بالتلوث أو التلوث البيئي .

يقصد بالتلوث الغذائي أو تلوث الأغذية وصول الكائنات الحية الدقيقة أو أي أجسام غريبة غير مرغوب بوجودها في المادة الغذائية،حيث يعتبر الغذاء ملوثاً إذا احتوى على جراثيم ممرضه أو تلوث بالمواد المشعة أو اختلط بمواد كيمائية السامة، وتسبب ذلك في حدوث ما يسمى التسمم الغذائي ، لهذا فان التلوث الغذائي يا خد أشكالاً عدة. مما يعجل في ظهور علامات الفساد عليها وبالتالي جعلها غير مرغوبة أو غير صالحة للاستهلاك البشري.

مسببات التلوث الغذائي

أولاً : التلوث البكتيري
يعتبر هذا النوع من التلوث من أقدم أنواع التلوث التى عرفها الإنسان وأكثرها انتشاراً.
يحدث هذا النوع من التلوث الغذائي عن طريق الأحياء الدقيقة والتي عادة ما توجد في البيئة المحيطة بالمادة الغذائية كالتربة والهواء والماء، إضافة إلى الإنسان والحيوان، تحدث الإصابة بالمرض عن طريق تناول غذاء يحتوي على أعداد كبيرة من الميكروبات وعندما تصل هذه الميكروبات إلى الأمعاء الدقيقة للإنسان فإنها تتكاثر وتنتج سموم وبالتالي تظهر أعراض المرض .

وتختلف مصادر التلوث الغذائي تبعاً لشكل أو نوع التلوث فالتلوث الغذائي بالجراثيم تتبناه الميكروبات البكتيرية ويتم ذلك إما عن طريق الهواء أو عن طريق الحشرات والقوارض وبمعنى أخر يتعرض لمثل هذا النوع من الملوثات التي تؤدي إلى دخول عدد من الميكروبات إلى جسم الكائن الحي وذلك نتيجة لإهمال الغذاء عند إعداده أو تصنيعه أو حتى تداوله خاصة في تلك ألاماكن الملوثة والقذرة إضافة غلى عدم تبريد الأغذية في بعض الأحيان تبريداً ملائماً أو عن طريق تعرض الغذاء خاصة في ألاماكن الملوثة للذباب والحشرات.
ومصادر تلوث المواد الغذائية بالكائنات الحية عديدة ومتنوعة ، فالتربة على سبيل المثال تعتبر مأوى طبيعياً للعديد من الأحياء الدقيقة، مما يجعلها مصدراً هاماً لتلوث بعض النباتات خاصة تلك التي تلامس التربة كالنباتات الدرنية والجذرية. وتزداد أهمية التربة كمأوى الكائنات الحية الدقيقة كلما زادت خصوبتها مع توافر الرطوبة والحرارة المناسبتين، هذا بالإضافة لما تحتويه التربة من مواد عضوية ومعدنية يجعلها مناسبة لنمو وتكاثر تلك الكائنات الدقيقة.
أن التلوث الغذائي بالجراثيم من أهم أسباب تسمم جسم الكائن الحي والذي يظهر على شكل أمراض تعرف بالأمراض المعدية حيث أن الميكروبات التي تدخل إلى جسم الكائن الحي(الإنسان أو الحيوان) ، تعمل على مهاجمة أنسجة الجسم وتظهر حالات المرض الذي عادة ما يصنف بنوع الميكروبات او البكتيريا التي تغزو الجسم مثل حمى التيفوئيد التي يصاب بها الإنسان عند اصابتة بميكروب التيفوئيد.
أما التلوث الغذائي الجرثومي (الميكروبي) فهو ينتج بفعل تحلل المواد الغذائية بواسطة بعض الأحياء الدقيقة في حالات عديدة منها فساد الحليب ومشتقاته والفواكة وغيرها من الأطعمة التي لا تحفظ جيداً ، وتحدث الإصابة هنا بواسطة السموم (التوكسينات) التي تفرزها الميكروبات أثناء تكاثرها في الغذاء وهذه السموم هي التي تسبب المرض للإنسان وليس الميكروب نفسه .

وقد يلعب الإنسان دورا كبيراً إيصال هذه الكائنات إلي المواد الغذائية، نظراً لما قد يحمله وبأعداد كبيرة منها في جهازيه الهضمي والتنفسي أو على السطح الخارجي للجسم، وتزداد

احتمالات تلوث الأغذية عن طريق الإنسان إذا ما انخفض مستوى الوعي الصحي والنظافة الشخصية لديه، خاصة إذا كان هذا ممن يعمل في مجال إعداد وتحضير وتداول الأغذية سواء في منشأة غذائية أو في المنزل. كما أن الحشرات والقوارض تعتبر أحد أهم الوسائل في نقل الملوثات الميكروبية من البيئات ذات المحتوي العالي من هذه الكائنات كأماكن تجميع القمامة والمجاري إلى المواد الغذائية، مسببة تلوثاً لهذه الأغذية مما يؤدي للإصابة بأحد التسممات الغذائية أو الأمراض المنقولة عن طريق الغذاء، كذلك فإن الأدوات المستخدمة في إعداد وتحضير الأغذية كالسكاكين وألواح التقطيع والأسطح الملامسة للأغذية مباشرة، قد تكون مصدراً رئيسياً لتلوث الأغذية إذا لم تراع فيها الاشتراطات الصحية المطلوبة من حيث نظافتها وتنظيم عملية استخدامها، إضافة لذلك فإن المواد الغذائية نفسها قد تكون أحد المصادر الهامة للتلوث بالكائنات الحية، فتخزين أو ملامسة الأغذية الطازجة من أصل حيواني كاللحوم والدواجن والأسماك التي عادة ما تحمل على سطحها الخارجي أعداد كبيرة من الكائنات الحية مع الأغذية الأخرى، لا سيما تلك التي تستهلك طازجة دون طهي كالخضراوات المستخدمة في تحضير السلطات سيؤدي لحدوث ما يعرف بالتلوث الخلطي أو التبادلي فيما بينها وبالتالي قد يشكل هذا مخاطر صحية عند استهلاكها.

أهم مسببات التلوث البكتيري:

١- عدم الاهتمام بالنظافة الشخصية ونظافة الأدوات المستخدمة وأماكن تحضير الأطعمة.
٢- سوء تداول الغذاء وتخزينه في درجات حرارة غير مناسبة أو لفترات طويلة تسمح بنشاط البكتيريا المسببة للتلوث.
٣- عدم الطهي الجيد للغذاء وتناول الأغذية من المصادر غير الموثوق بها وخاصة الباعة المتجولين

ثانياً : التلوث بسموم الفطريات

تنمو بعض أنواع الفطريات على الأغذية وتفرز سموماً شديدة الخطورة على صحة الإنسان حيث تسبب سرطان الكبد وخللاً بوظائف القلب والأنسجة المختلفة، وكذلك حدوث تغيرات وراثية وتشوه بالأجنة.
والأغذية الأكثر عرضة للتلوث بالفطريات هي الحبوب مثل: القمح والذرة، والبقوليات مثل: الفول السوداني والعدس والفاصوليا واللوبيا ، وهكذا الخبز والدقيق إلى جانب الأنواع المختلفة من المكسرات مثل البندق واللوز، والفواكه المجففة مثل: التين والمشمش والزبيب .

وأهم مسببات التلوث بالفطريات:

١- التخزين السيئ في أماكن مرتفعة الحرارة والرطوبة.
٢- طول مدة التخزين وعدم استخدام العبوات المناسبة.

ثالثاً: التلوث بالمبيدات

على الرغم من ضرورة استخدامها للمحافظة على المنتجات الزراعية، فإنها قد تكون إحدى الملوثات الكيميائية الخطيرة للمنتجات الزراعية عندما ترش رشاً جائراً وبنسب عالية عن الحدود المنصوص عليها دولياً، إضافة إلى أن الاستعجال في قطف هذه المنتجات الزراعية من قبل المزارعين وعدم تركها فترة زمنية كافية للتخلص من بقايا هذه المبيدات يزيد من تفاقم هذه المشكلة

وترجع خطورة المبيدات إلى أنها تؤثر على الجهاز العصبي بصفة خاصة، وتحدث خللاً في وظائف أعضاء الجسم المختلفة مثل الكبد والكلى والقلب وأعضاء التناسل، بل يصل التأثير إلى أهم مكونات الخلية حيث تحدث تأثيرات وراثية أو سرطانية أو تشوه خلقي في المواليد، ويتعدى الأمر إلى خلل في سلوك الأفراد وخاصة الأطفال. وخطورة هذه المبيدات ليست فقط فى إحداث التسمم الحاد الذي قد يؤدى إلى الوفاة، وإنما في حدوث سمية مزمنة من خلال التعرض أو تناول الأشخاص لجرعات ضئيلة ولفترات طويلة من حياتهم.

تتواجد متبقيات المبيدات في معظم أنواع الخضر والفاكهة ودهون اللحوم والطيور والأسماك والألبان والأحشاء الداخلية وبعض الغدد الغنية بالدهن مثل المخ والكلى والكبد.

ويلاحظ أن الأطفال هم أكثر أفراد الأسرة تأثيراً بأخطار المبيدات، وهذا يستوجب بذل المزيد من الجهد لحمايتهم من هذه الأخطار.

ومن أهم مسببات التلوث بالمبيدات:

١. الإسراف أو الاستخدام السيئ لها خلال الإنتاج.
٢. عدم الإلمام بكيفية التخلص أو التقليل من متبقياتها بالأغذية المختلفة.

رابعا :- تلوث الغذاء الإشعاعي

أدى تطور استخدامات التكنولوجيا النووية العسكرية والمدنية، والتزايد المطرد في تطبيقات النظائر المشعة إلى ظهور أمراض خطيرة، مثل الأورام السرطانية وتلف أجهزة المناعة وتشوهات الأجنة والعقم وغيرها من الأمراض التي تنتج عن انتقال الإشعاعات إلى الإنسان بطرق مختلفة، على رأسها الغذاء الملوث بهذه الإشعاعات، في حالات تساقط الغبار الذري على النباتات والتربة الزراعية أو نتيجة لتلوث الهواء والماء بمخلفات التجارب أو النشاطات النووية أو الذرية، وهو ما يتطلب اهتمام الجهات المعنية بمعرفة أساليب تقدير العناصر المشعة وقياس النشاط الإشعاعي في الأغذية الصلبة والسائلة، وسبل الحد من تلوث الأغذية بالمواد المشعة.

ومشكلة تقدير مدى تلوث الأغذية بالمواد المشعة ترجع إلى تباين الخصائص الفيزيائية للمواد والنظائر المشعة المختلفة، حيث تتفاوت المواد المشعة من حيث درجة تركيزها، وتأثيراتها داخل جسم الإنسان.كما تختلف وفقاً للفترة التي تستغرقها لفقد إشعاعيتها، ويطلق علمياً على هذه الفترة التي تستغرقها حتى تفقد إشعاعيتها اسم (نصف العمر) إشارة إلى انخفاض التأثير الإشعاعي إلى النصف، وكلما زاد نصف العمر للعناصر المشعة كلما زاد خطرها.

وتلعب الفترة التي تسقط خلالها المواد المشعة على الأغذية دوراً هاماً في زيادة تأثيرها، ففي حال سقوط المواد المشعة في فترة حصاد المحاصيل فإن ضررها يكون أشد، حيث يؤدي ذلك إلى ترسب المواد المشعة على سطح النباتات فتمتصها الأوراق أو الجذور فيما بعد، وعندما يكون التلوث سطحياً فإن النباتات الخضراء العريضة الأوراق تكون أشد خطراً على الإنسان، كالخس والسبانخ والفاكهة التي لاتنزع قشرتها عند أكلها كالعنب والمشمش .

وينتقل التلوث الإشعاعي من المزروعات إلى الإنسان مباشرة عن طريق الغذاء، أو عبر وسيط مثل الحيوانات التي تتغذى على النباتات فتترسب المواد الإشعاعية في أجسامها، ثم تنتقل للإنسان عن طريق تناول لحومها أو ألبانها.

ويعد تلوث المواد الغذائية بالإشعاع عن طريق المياه والتربة، أقل خطورة من تلوث النباتات مباشرة بالغبار الذري، وقد تتلوث الحيوانات والأسماك بالإشعاع إذا كانت كمية المياه قليلة ومحدودة، في حين يقل خطر التلوث في البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات الكبيرة.
وفي حال تلوث التربة بالغبار الذري فإنها تحمي على المدى القصير المحاصيل الدرنية كالبطاطس والفجل والجزر والبصل من التلوث الفوري. وإذا كان نصف العمر للمادة المشعة قصيراً، فإنها تختفي قبل وصولها إلى شبكة الجذور أو المياه الجوفية. وتختلف درجة تلوث السلسلة الغذائية من خلال شبكة الجذور والمياه الجوفية حسب نوعية الغبار الذري. فمادة مثل السيزيوم تلتصق بالتربة كيميائياً، وإذا بقيت المواد المشعة في التربة فإن المحاصيل اللاحقة ستتلوث بدرجة كبيرة.

وتتزايد مخاطر الأغذية الملوثة إشعاعياً بالنسبة للأطفال وكبار السن، وكذا الأجنة التي يحدث لها تشوه إذا ما تعرضت للإشعاع ولو بجرعات بسيطة، ويعود سبب حساسية الأجنة للملوثات إلى الانقسام السريع الذي تشهده خلايا الجنين قبل عملية الولادة وأثناء الحمل، وتكون حساسية الجنين للإشعاع على أشدها في الثلث الأول من الحمل، ففي هذه الفترة تتم عملية تكوين الأعضاء وبعد هذه الفترة تؤثر الأشعة في الجهاز العصبي. وبعد الثلث الأول من الحمل يؤدي الإشعاع إلى صغر حجم الرأس وحدوث تخلف عقلي وتشويه الأيدي والأرجل عند المولود، وخاصة إذا زادت الجرعات من الأشعة عن ٢٥ راد. وقد دلت الدراسات على أن الأطفال الذين يتعرضون لراد واحد وهم في الثلث الأول من الحمل فتكون نسبة الإصابة بالسرطان نحو ٥% وترتفع الإصابة إلى ١,٥% في حال التعرض بعد ذلك لراد واحد.
كما تؤدي الأغذية الملوثة إشعاعياً إلى الإصابة بالعديد من الأورام السرطانية، وقد أثبتت الدراسات أن الأشعة تستطيع أن تسبب أنواع مختلفة من السرطانات في معظم أنسجة الجسم، وأن تأثير الإشعاعات في الحيوانات يتشابه كثيراً مع تأثيرها في الإنسان.
وعند اكتشاف حالات تلوث للأغذية فإنه يجب إتلاف هذه الأغذية فوراً، وهو ما يؤدي بالطبع إلى خسائر اقتصادية كبيرة للمنتجين، ولكن البديل هو خداع المستهلك وتركه يأكل أغذية غير صالحة للاستهلاك وتصيبه بأمراض خطيرة.
أما بالنسبة للحيوانات المصابة، فإنها يجب أن تنقل إلى مناطق مغطاة، مع استعمال الأعلاف المخزنة، وعدم تغذيتها بالأعشاب الملوثة، وفي حالة تلوث الخضروات، فإنه يمكن غسلها بمنظفات ومذيبات خاصة لتخفيف التلوث السطحي إلا هذه الطريقة مكلفة وتحتاج إلى خبراء لديهم القدرة على تنفيذ هذه العمليات، كما يمكن تغطية المحاصيل في حالة انتشار الغبار الذرية، ولكن هذا لا يمكن تنفيذه إلا على نطاق ضيق ومحدود.
ولحماية الأغذية من مخاطر التلوث الإشعاعي، فإنه يجب الاهتمام بإجراء المزيد من البحوث عن كيفية انتقال الإشعاع إلى المواد الغذائية المختلفة، ووسائل تجنب الغبار الذري، كما يجب توعية المواطنين بمخاطر التسرب الإشعاعي، ووضع نظم كفئة لمراقبة التلوث الإشعاعي على المستويين الدولي والوطني، وتبني معايير موحدة لتقييم الأخطار النووية الناجمة عن التلوث النووي للغذاء.

خامسا : التلوث بالمعادن الثقيلة

أصبح التسمم بالمعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكادميوم والزنك والنحاس من أكبر المشكلات التي تواجه الإنسان في الوقت الحاضر حيث يؤدى تعرض الإنسان وتناوله لهذه المعادن إلى حدوث بعض الأمراض مثل الفشل الكلوي، والذي أصبح في زيادة مخيفة فى الآونة الأخيرة.

ويؤدى هذا النوع من التسمم إلى : خلل وظائف الكبد وزيادة حالات الإجهاض والأنيميا، وقد يؤدى كذلك إلى حالات من التخلف العقلى ترجع إلى التأثير الضار لهذه المعادن على الجهاز العصبى.

والأغذية الأكثر عرضة للتلوث بالمعادن الثقيلة هي:

١. أسماك المياه الملوثة بمياه الصرف الصحي ومخلفات المصانع.
٢. الخضر والفاكهة المزروعة على جوانب الطرق حيث يعرضها ذلك للتلوث بعادم السيارات.
٣. الأغذية غير المغلفة والمعروضة للبيع على جوانب الطرق ومع الباعة المتجولين .

- الملوثات ذات الطابع العالمي
- ١-الاحتباس الحراري
- ٢-ثقب الاوزون
- الامطار الحامضيه
- الضباب الدخاني
- التدخين
- التلوث الاشعاعى

ملوثات الهواء ذات الطابع العالمي:

من المعروف ان الهواء متحرك وعند حركته لا يمكن تحديده جغرافياً في دولة واحدة حيث ان الغلاف الجوي للكرة الأرضية يعتبر مشتركاً عالمياً تقوده حركة الكتل الهوائي المتغيرة. فالملوثات الغازية والملوثات الإشعاعية يمكن ان تنتقل من منطقة إلى أخر ى. وفيما يلي بعض الأمثلة على ما يلوث الهواء ويؤثر في مناطق جغرافية عديدة قد تصل إلى كل الكرة الأرضية:

الاحتباس الحراري

مفهوم الاحتباس الحراري لا يختلف عن ظاهرة البيت الزجاجي، فهو يتعلق بزيادة تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي. ان تركيز غاز CO_2 هو في زيادة مستمرة ورغم ان هذه الزيادة هي ضئيلة وليس لها تأثير صحي على الإنسان أو الأحياء الأخرى ولكن خطر هذه الزيادة في كونها ستؤدي تقليل انتشار الحرارة من جو الكرة الأرضية إلى الفضاء الخارجي بفعل تأثير ظاهرة البيت الزجاجي مما يتسبب في ار تفاع معدلات درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية . ان اصطدام موجات الأشعة المرئية بأي حاجز يؤدي إلى تحولها إلى حرارة . يعمل كل من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وبخار الماء على امتصاص الاشعة المنعكسة من سطح الأرض وبهذه الطريقة يعملان وكأنهما لحافان الكرة الأرضية ويمنعان تسرب الحرارة المنعكسة من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي .

وبغير هذين اللحافين يحتمل ان تنخفض درجة حرارة الكرة الأرضية إلى (-٤٠م°) بدلاً من المعدل الحالي لدرجة الحرارة وهو نحو (١٥م°) ولكن إضافة كميات أخرى من بخار الماء وغاز ثنائي اوكسيد الكربون يعني إضافة طبقات أخرى من اللحافين مما يؤدي إلى منع التسرب الحراري بدرجات ومعدلات أعلى مما هي عليه في الطبيعة وهذا يعمل على رفع درجة حرارة سطح الأرض والمحيط الذي يعلوها مباشرة بشكل غير طبيعي.

ان ارتفاع معدل درجات الحرارة المتوقع لها على سطح الكرة الأرضية يؤدي في المحصلة النهائية إلى التأثير في مستوى سقوط الأمطار عالمياً وزيادة التصحر وانخفاض معدلات الانتاج الزراعي كما ان رفع درجة حرارة الأرض يؤدي إلى ذوبان الكتل الجليدية في القطبين ويؤدي إلى ارتفاع مستويات المياه في المحيطات وحدوث الفيضانات المدمرة.

ثقب طبقة الاوزون في الغلاف الجوي

طبقة الأوزون عبارة عن غاز الأوكسجين ثلاثي الذرات O_3 وهو احد المكونات الطبيعية للهواء إذ تبلغ نسبته الحجمية (٠.٠٢) جزء بالمليون. وله القابلية على امتصاص الاطياف الموجية الاقصر من (٣٠٠) نانومتر أو مليميكرون (الاشعة فوق البنفسجية) القادمة من الشمس. ورغم تركيز غاز الاوزون الضئيل لكنه يعد كافياً وضرورياً لحماية الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية. ويتواجد هذا الغاز في أعلى طبقة الستراتوسفير واسفل طبقة الميزوسفير. ويبلغ أعلى تركيز لهذا الغاز (٠.٠٢) جزء بالمليون على ارتفاع (١٦-٣٥) كم. ولقد ظهرت خلال عقد السبعينات من القرن العشرين ظواهر تثير القلق حول مصير هذه الطبقة وذلك ناجم عن مجموعة من النشاطات البشرية التي سببت اطلاق الإنسان لكميات كبيرة من الغازات الملوثة للغلاف الجوي. ومن بين هذه الملوثات كل من:

١. المركبات الكلورية العضوية مثل مبيدات DDT والكلوريدين والالدرين.
٢. مركبات الكلوروفلوركاربونات المعروفة تجارياً باسم غاز الفريون المستعمل في أجهزة التكييف والثلاجات والمجمدات وفي قناني العطور والكولونيا المضغوطة.
٣. وكذلك غاز احادي اوكسيد النتروجين الذي ينطلق من الطائرات النفاثة العملاقة ولاسيما طائرات النقل المدنية التي تفوق في سرعتها سرعة الصوت.

ان هذه الملوثات قد أسهمت في تلاشي طبقة الأوزون من خلال تفاعلات كيميائية متعددة تعمل على تحويل غاز الأوزون إلى الأوكسجين.

لقد تم اكتشاف وجود فجوة (ثقب) في هذه الطبقة فوق القطب الجنوبي ومن ثم فوق القطب الشمالي ولكان هذا الاكتشاف دق ناقوس الخطر للمهتمين بسلامة البيئة البشرية ومن بعدهم لعموم البشر. ولقد قدرت لجنة التنسيق التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) انه إذا استمر اطلاق كاربونات الكلور أو كاربونات الفلوركلورية بنسب عالية فإن ذلك سيؤدي إلى استنزاف طبقة الاوزون بنحو (١٠%) في سنة (٢٠٥٠) م ان الزيادة المطردة وغير المنظمة لانتاج هذه المركبات مع عدم اكتراث شركات النقل العالمية لأهمية تلوث الهواء بالغازات المنطلقة من الطائرات الضخمة سيؤدي حتماً إلى احداث اثار خطيرة لا تخص بلداً معيناً وإنما ستجعل البشرية كله ا معرضة إلى مضار الأشعة فوق البنفسجية القاتل

التلوث الاشعاعي

يعتبر الإشعاع ظاهرة طبيعية يحيط بالإنسان في كل مكان في حياته اليومية. وقد ادى نشاط الإنسان إلى زيادة تراكيزه في بعض المواقع أو بسبب حوادث عرضية أو مشاكل صناعية معينة أو سوء إدارة مما تؤدي إلى حالات تلوث خطيرة.

يعرف **التلوث الاشعائي**: بأنه انبعاث اشعاعات خطيرة نتيجة حوادث تحصل في المفاعلا ت النووية، أو من النفايات المشعة، أو أي مصدر يستعمل في الإشعاع، بجرعات ضارة تعمل على تدمير خلايا الكائن الحي بشكل مباشر عند التعرض للإشعاع بشكل مباشر أو غير مباشر خلال تركيزها في الهواء أو الماء أو التربة أو الغذاء.

فالتسرب الإشعاعي خلال الحوادث التي تحدث في المفاعلات النووية أو بسبب التجارب النووية أو النفايات المشعة التي تتسرب من خزانات الصواريخ والمركبات والاقمار الاصطناعية، أو بسبب القمامة الخطرة الناتجة من المصانع التي تستعمل الكيمياويات المعاملة اشعاعياً. حيث تصل هذه الإشعاعات إلى الأرض ملوثة الهواء والماء والتربة والغذاء مما يؤدي إلى مخاطر مميتة وقاتلة للإنسان والكائنات الحية الأخرى ، أو احداث تشوهات واختلالات في النظم الحيوية وحسب مستوى الجرعات الاشعاعية ونوعها .

أنواع الجسيمات الإشعاعية:

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الجسيمات الإشعاعية هي:

١. جسيمات ألفا (α) Alpha particles :

تتكون هذه الجسيمات من زوج من البروتونات مع زوج من النيوترونات وتكون موجبة الشحنة. مصدرها الطبيعي عنصر الراديوم والثوريوم. وتتميز هذه الجسيمات بكتلتها الكبيرة قياساً بانواع الإشعاع الأخرى ولكن سرعتها اقل منها. وأقل منها في القدرة على اختراق الاجسام التي تصطدم بها. فقد يتعذر عليها اختراق ورقة كتابة اعتيادية، انها لا تتمكن من اختراق الجلد. ولكن الضرر الفعلي يحدث فقط عندما يتم دخول جسيمات هذه الأشعة عن طريق أي من الجهازين الهضمي والتنفسي إلى داخل أجهزة الإنسان والحيوان وبهاتين الطريقتين تصبح هذه الجسيمات في حالة تماس مباشر مع أنسجة وأعضاء الجسم الداخلية وبذلك تسبب الضرب لخلايا هذه الأنسجة.

٢. جسيمات بيتا Beta particles (β)

تنبعث هذه الجسيمات من انوية المخلفات النووية الانحلالية لليورانيو م. وتتألف من الكترونات فقط وبذلك فهي اصغر من جسيمات ألفا بحوالي سبعة الاف مرة تقريباً وتزداد بذلك قابلية اختراقها الحواجز . تتميز بسرعتها الكبيرة جداً فضلاً عن طاقتها العالية . وكلا الصفتين تجعلانها ذات قوة تدميرية كبيرة جداً . ومن صفاتها ايضاً قدرتها على اختر اق الأجسام الحية بعمق سنتمتر واحد. وتكون هذه الجسيمات مشحونة الشحنة السالبة.

٣. أشعة كاما ( ) Gamma ray

تختلف أشعة كاما اختلافا تاماً عن بقية أنواع الإشعاع باستثناء كونها ذات مصدر نووي فهي عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بسرعة (٣×١٠^{١٠}) م/ثا ولها القدرة على اختراق الاجسام الكبيرة بدرجة اكبر من اشعاعات الفا وبيتا . وهي تحمل شحنة متعادلة تشبه النيوترون وتمتاز بأنها ذات طبيعة فوتونية عالية.

مصدرها الصناعي الكوبالت ٦٠ والسيزيوم ١٣٧ واليود المشع ١٣١. تشبه أشعة كاما الأشعة السينية x-ray. وكلا النوعين من الإشعاع (كاما والسينية) يتميزان بقوة اختراق عظيمة إذ يتمكنان من اختراق جسم الإنسان بشكل كامل.

وحدات قياس الإشعاع:

توجد أكثر من وحدة قياس للجرعات الاشعائية الممتصة وهي:

١. الراد Rad

وهو عبارة عن كمية الأشعة التي يمتصها كيلوغرام من المادة المعرضة للإشعاع.

٣. الريم Rem:

وهي عبارة عن كمية الطاقة الإشعاعية التي تحدث تأثيراً بايولوجياً يعادل تأثير (١) راد.

٣. الكراي Gray : الذي يعادل (١٠٠) راد .

٤. السيفرت Sievert

الذي يساوي (١٠٠) راد ويعادل كذلك (١٠٠)ريم أي ان الكراي والسيفرت متساويان كوحدتي قياس الأشعة.

٥. الكوري Curie

المشتق من اسم العالمة السويدية مدام كوري . وتستخدم هذه الوحدة لوصف فعالية المصدر المشع أي معدل الانحلال المتسلسل الاشعاعي في الثانية الواحدة.

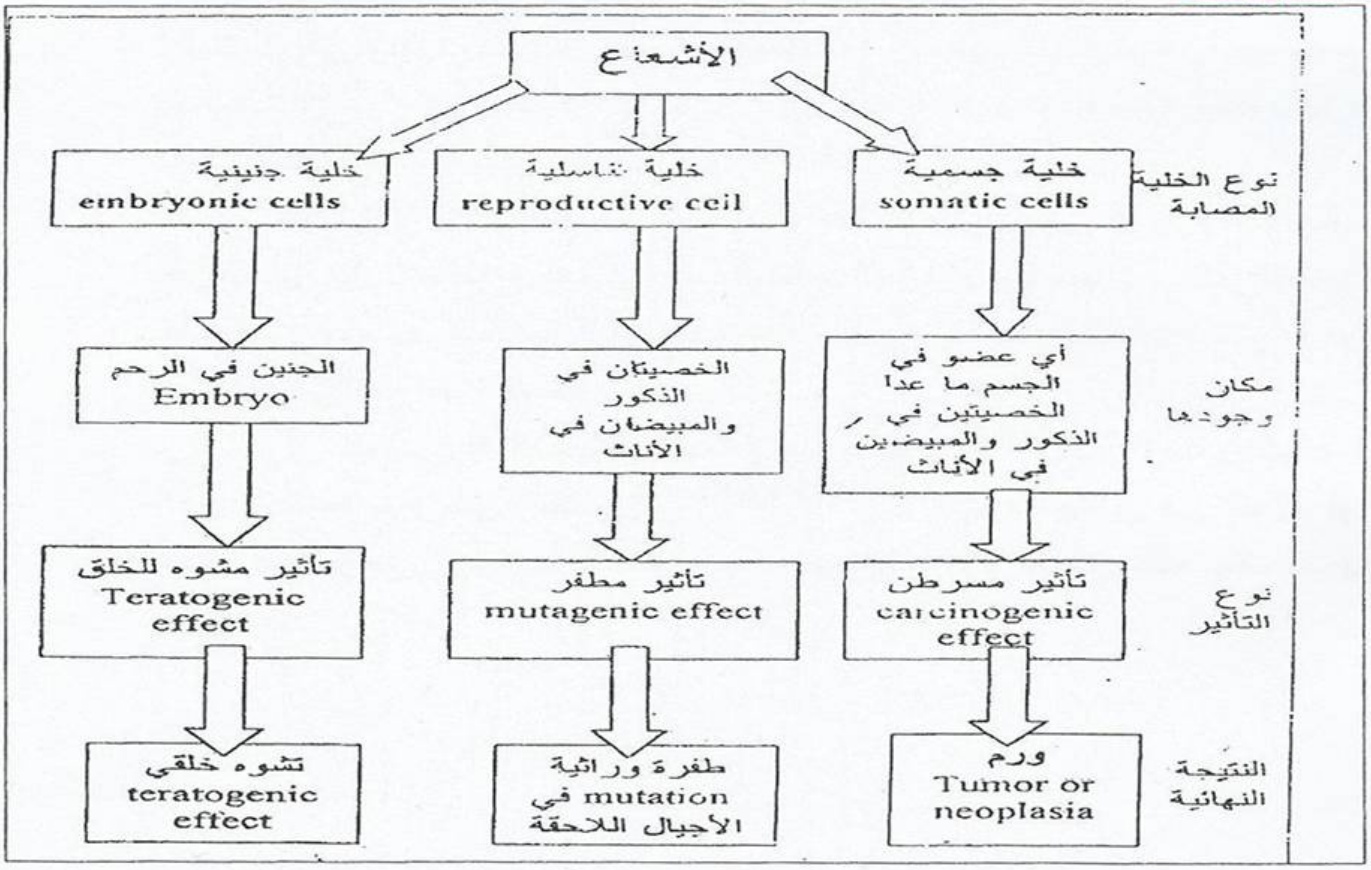
٦. الرونتجن Roentegen

وهي وحدات تستخدم لوصف مقدار التعرض إلى الأشعة السينية أو إلى أشعة كاما .

التأثيرات البيولوجية للإشعاع:

تعتمدا لتأثيرات البايولوجية للإشعاع على شدة التعرض ومدته. كما تعتمد خطورة الإشعاع على نوع الخلايا المصابة في عموم الجسم . ففي الخلايا الجسمية على سبيل المثال تفقد سيطرتها على آلية الانقسام مما يقود إلى تكون ورم سرطاني . اما الخلايا الجنسية التي تتعرض إلى الإشعاع فإنها قد تؤدي إلى تشوهات خلقية.

ان الجرعة المميتة من الإشعاع هي بحدود (١٠٠٠٠) راد وتكون نسبة الوفاة (١٠٠%) . وعندما يتعرض الجسم إلى (١٠٠٠٠٠) راد فالموت يكون في الحال أو بعد دقائق من التعرض بسبب تدمير عدد كبير من الانزيمات والفعاليات الحيوية للخلايا والأنسجة.



الشكل (12–7) : تأثير تعرض خلايا الجسم الى الاشعاع والنتيجة النهائية المترتبة عن ذلك (العمر 2000) .