مقرر حماية البيئة – السنة الخامسة

المحاضرة الأولى

الدكتور المهندس بسام العجي

قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق

الأنظمة البيئيّة الطبيعية ـ مفاهيم بيئيّة
Natural Ecosystem - Ecological Concepts

2022-2023

Damascus University

المفاهيم البيئية - مكونات البيئة - الدورات البيوجيولوجية

مقدمة عن البيئة:

البيئة Environment هي الوسط الذي يعيش فيه الكائن الحي بما يملكه من تضاريس وتربة وهواء ومياه وحيوانات ونباتات، وما يؤثر على هذه المكونات من عوامل المناخ كالحرارة والرطوبة والأمطار والرياح والإشعاعات...الخ، بالإضافة إلى الإنسان وأنشطته المختلفة .

وعلم البيئة Environmental science هو العلم الذي يدرس شروط أو ظروف وجود الكائنات الحية والعلاقات المتبادلة بينها وبين الوسط الذي تعيش فيه، لذلك فهو يدرس التفاعلات المركّبة التي تحدث بين الأحياء والمحيط الحيوي.

تعتبر الأرض كوكباً فريداً من كواكب النظام الشمسي له ظروف مناسبة لتطور الأشكال المختلفة وبقاءها على قيد الحياة، كوجود المياه والهواء عليها وامتلاكها للمحيط الحيوي. وتعتبر الأرض بيئة الجنس البشري، لكن البشر لا يعيشون في عزلة عن أشكال الحياة الأخرى على الأرض، كما أنهم يعتمدون عليها في الغذاء والسكن والضرورات الأخرى.

تتبع أنواع النباتات والحيوانات التي تعيش في منطقة معيّنة على البيئة الطبيعية في تلك المنطقة، وبالتالي فالبيئة التي يعيش فيها الفرد البشري تشمل البيئة الطبيعية أو غير الحية، والبيئة الحيوية أو الحيّة. تشمل البيئة الطبيعية الأرض، والمياه، والهواء، بينما تتضمّن البيئة الحيوية النباتات، والحيوانات، والكائنات الحية الأخرى. البيئة الطبيعية والحيوية تتفاعل مع بعضها البعض. يقود التغيّر في البيئة الطبيعية إلى تغيّر في البيئة الحيوية أو العكس بالعكس. وبالتالي فالبيئة هي مجموع الشروط والتأثيرات الخارجية التي تؤثر على حياة وتطور الكائنات الحية.

العناصر الطبيعية والحيوية في البيئة ديناميكية في طبيعتها، إلا أن التغييرات تحدث بشكل بطيء أو مفاجأ في طبيعة الأشكال الأرضية، وقد تؤدّي التغيرات طويلة الأجل التي تحدث في البيئة الطبيعية إلى انقراض أنواع محددة من النباتات والحيوانات لم تستطع التكيف مع هذه التغيرات، بينما يتكيّف تطور الأنواع الجديدة مع البيئة الطبيعية الجديدة. تبدو التغيرات في البيئة الطبيعية، وكذلك التحولات المترافقة في البيئة الحيوية، كظواهر طبيعية مرافقة للتاريخ الطويل للأرض، نتيجةً لبعض العمليات الطبيعية أو النشاطات البشرية.

أصناف البيئة :

من السهل خلال دراسة علم الايكولوجيا تقسيم البيئة إلى أصناف أساسية كبيرة مثل:

- البيئة البرية Terrestrial Environmentوالتي تستند على دراسة الأرض مثل دراسة السهول العشبية، أو الصحاري، أو الغابات.
- بيئة المياه العذبة Freshwater Environment والتي يمكن أن تقسّم إلى بيئة المواطن الثابتة مثل البحيرات، والخزانات المائية، وبيئة المواطن المتحركة مثل الجداول، والأنهار، ويقوم علم المياه العذبة (Limnology) بدراسة هذا الصنف من البيئة.
- البيئة البحرية Marine Environment وتقسم إلى بيئتين أساسيتين للمياه المالحة:

هما بيئة المياه الضحلة للإفاريز القارية وتسمى Neritic Zone وبيئة المياه الأعمق للمحيط وتسمى Oceanic Region، ويقوم علم بيئة المحيطات (Occanography) بدراسة هذا الصنف من البيئة.

- علم البيئة الفردية Autecology العلم الذي يهتم بدراسة بيئة نوع واحد أو بيئة مجموعة محدودة مترابطة تعيش مع بعضها وتتأثر ببعضها وبالبيئة المحيطة.
- بعلم البيئة الجماعية Synecology العلم الذي يدرس التعايش لنوعين أو أكثر من أنواع الكائنات الحية حيث يقوم هذا العلم بدراسة تأثير جميع العوامل البيئية للجماعات، بما في ذلك العناصر الحية والعناصر الغير حية في منطقة بيئية محددة، على الأنواع المدروسة.

مجالات دراسة العلوم البيئية: إطلاع

ويمكن تصنيف علم الايكولوجيا كذلك في مصطلحات تدفقات الطاقة والمواد، في علوم عدة :

- كعلم ايكولوجيا المحصول Crop Ecology،
- وعلم الايكولوجيا الحيوانية Animal Ecology،
- وعلم الايكولوجيا النباتية Plant Ecology،
- وعلم الايكولوجيا البرية Terrestrial Ecology،
- وعلم الايكولوجيا المائية Aquatic Ecology،
- وعلم الايكولوجيا البحرية Marine Ecology،
- وعلم ايكولوجيا المتحجرات Paleoecology،
- وعلم الايكولوجيا الفيزيولوجية Physiological Ecology،
- وعلم ايكولوجيا المناظر الطبيعية Landscape Ecology، وهو علم يدرس التجمّعات في جوار الأنظمة البيئية، ومثال على ذلك: البرك، المستنقعات، والغابات.
- وعلم الايكولوجيا العالمية Global Ecology
- وعلم ايكولوجيا التلوث Pollution Ecollgy
- وعلم ايكولوجيا الأحياء Organismal Ecology تكيفات الكائنات الحية الفردية
  - علم ايكولوجيا السلوك Behavioral Ecology
  - علم ايكولوجيا السكان Population Ecology
  - علم ايكولوجيا الجالية Community Ecology
- وعلم ايكولوجيا النظام البيئي Ecosytem Ecology.

يدمج علم البيئة فكرة نظرية الإستنتاج الافتراضي ، بإستعمال الملاحظات والتجارب لإختبار التفسيرات الإفتراضية من الظواهر البيئيّة. يواجه علماء البيئة تحديات إستثنائية في أغلب الأحيان في أبحاثهم بسبب تعقيد أسئلتهم، تنوع مواضيعهم، والفسحة الكبيرة للوقت والفضاء في أغلب الأحيان التي لا بد من إجرائها في جميع دراساتهم. الأسئلة البيئيّة تشكّل إستمرارية لعلوم البيئة من المجالات الأخرى مثل علم الأحياء biology، بما في ذلك علم الوراثة genetics، علم التطور evolution، علم الفيزيولوجيا physiology، وعلم السلوك behavior، بالإضافة إلى العلوم الأخرى، مثل الكيمياء، والفيزياء، والجيولوجيا ، وعلم أرصاد جوية meteorology.

النظام البيئي Ecosystem:

النظام البيئي هو مجموع مختلف الأجزاء البيولوجية وغير البيولوجية لمنطقة ما والتي تتفاعل فيما بينها لتسبب نمو النباتات، وتعفنها، ولتشكل الترب، أو الرواسب ، ولتغير من كيمياء المياه (John Aber and Jerry Melillo).

يتكون النظام البيئي من جميع الكائنات الحية والأحواض غير الحيّة التي تتفاعل معها هذه الكائنات (Chapin).

النظام البيئي هو جالية الكائنات الحية وتفاعلاتها ضمن البيئة الطبيعية التي تتدفّق الطاقة والمواد خلالها عبر السلاسل الغذائية.

ويشمل محيط النظام البيئي مجموعة معقّدة من العلاقات بين المصادر الحية (جالية الكائنات الحية) والبيئة غير الحية وقاطني تلك المنطقة، فعلى سبيل المثال، الكلاب ، والطيور، والحشرات، والأعشاب المنخفضة، والشجيرات (العناصر الحيّة) تتفاعل مع بعضها البعض كما تتفاعل مع التربة الجافّة، والرياح القوية، والمطر العرضي (العناصر غير الحية) لتكوين نظام المرج

قصير العشب البيئي. فالنظام البيئي هو بنية شديدة التعقيد يزداد ثباتها واستقرارها بزيادة تعقيدها مما يجعلها عرضة للنشاطات البشرية المؤذية للبيئة والتي تعمل على تبسيط هذا النظام وجعله أكثر عرضة للأخطار.

علم بيئة النظام البيئي Ecosystem Ecology:

علم يعنى بدراسة حركة الطاقة والمواد، بما في ذلك الماء، والمواد الكيميائية، والمواد المغذّية، والملوثات من وسط إلى آخر ضمن النظام البيئي، أو بين النظام البيئي ومحيطه ومن وإلى وضمن الأنظمة البيئية (Aber & Melillo) . أو هو علم يعنى بدراسة التفاعلات بين الكائنات الحية وبيئتهم كنظام متكامل (Chapin).

عمليات النظام البيئي Ecosystem Processes :

من العمليات الممثلة للنظام البيئي التركيب الضوئي Photosynthesis، عملية التنفس Respiration، التجوية Weathering، التبخير Evaporation، الموت والتفسخ.

قوانين البيئة الأساسية:

1- كل شيء مرتبط بكل شيء آخر، Everything is connected to everything else ، أي أن خطر صغير في مكان ما يمكن أن يكون له أثر كبير على المدى البعيد في مكان آخر. يشير هذا القانون إلى التعقيد الشديد للأنظمة البيئية وارتباطاتها. وعلى الرغم من التعقيد الشديد للطبيعة إلا أنها تملك مرونة كبيرة. فرغم هذا الترابط للطبيعة فإن الأنظمة البيئيّة يمكن أن تواجه كوارث مفاجئة فالنظام البيئي يمكن أن يفقد نوع ما وأن يمرّ بالكثير من التحولات الهامّة بدون إنهيار، فهو مستقرّ بخواص التعويض الذاتية الديناميكية؛ إلا أن هذه الخواص نفسها يمكن أن تؤدّي إلى إنهيار خطير للنظام البيئي إذا تعرضت للاجهادات الضخمة.

2- كلّ شيء يجب أن يذهب إلى مكان ما Everything must go somewhere . يعيد هذا القانون صياغة القانون الأساسي للثيرموديناميكا، الذي يشير إلى انه لاتوجد في الطبيعة نفاية نهائية وأن المادة والطاقة محفوظتان. فالحيوانات مثلاً تفرز ثاني أكسيد الكاربون إلى الهواء والمركّبات العضوية إلى التربة تساعد هذه النفايات في نمو النباتات التي تتغذى عليها الحيوانات.

3- الطبيعة تعرف أفضل Nature knows best فالطبيعة تعرف أكثر مما تعتقد بأنّ تدخلك قد يساعدها. فمن المحتمل أن تقود العوائق التي يخلقها الإنسان في نظام الطبيعة إلى أضرار غير محسوبة على هذا النظام. طوّرت الأحياء خلال ملايين السنين من التطور مجموعة كبيرة من المواد والتفاعلات التي شكلت مع بعضها المحيط الحيوي الحي، وعندما أدخلت الصناعة الكيمياوية النفطية الحديثة آلاف المواد الجديدة التي لم تكن موجودة أصلاً في الطبيعة دخلت هذه المواد الجديدة بسهولة إلى العمليات الكيمياوية الحيوية الموجودة، إلا أنها سببت تدميراً لبعض الأنظمة وأشكالاً كثيرة من الموت والمرض. لذلك يقال إن غياب مادة معيّنة من الطبيعة تكون في أغلب الأحيان إشارة إلى عدم التوافق مع كيمياء الحياة.

4- لاشيء يأتي من لاشيء Nothing comes from nothing ، يعني هذا القانون بأنّك يجب أن تعمل شيء لكي تحصل على شيء بالمقابل. بحسب القانون الثاني للديناميكا الحرارية فإنّ الإنسان يستهلك الطاقة بدون أن يحطّمها، أي يحولها إلى أشكال لم تعد مناسبة للعمل، فعلى سبيل المثال تستهلك السيارة الطاقة الكيميائية المخزنة في البنزين أما الأشكال الغير مناسبة المتبقية من الطاقة تنتقل إلى عادم السيارة مع الدخان. إن أي تحويل للطاقة يقود دوماً إلى خفّض هذه الطاقة لذا فإنّ التكاليف البيئيّة للإنتاج هي مرتفعة دائماً.

قانون التنافس Law of Competition:

لا يمكن لنوعين أن يحتلا نفس الموطن البيئيّ ويتنافسان على نفس المصادر تماماً في نفس الموطن لفترة طويلة جداً. إحدى المجموعات ستكسب ميزة تجبر المجموعة الأخرى على التحرّك أو تغيير السلوك أو الانقراض .

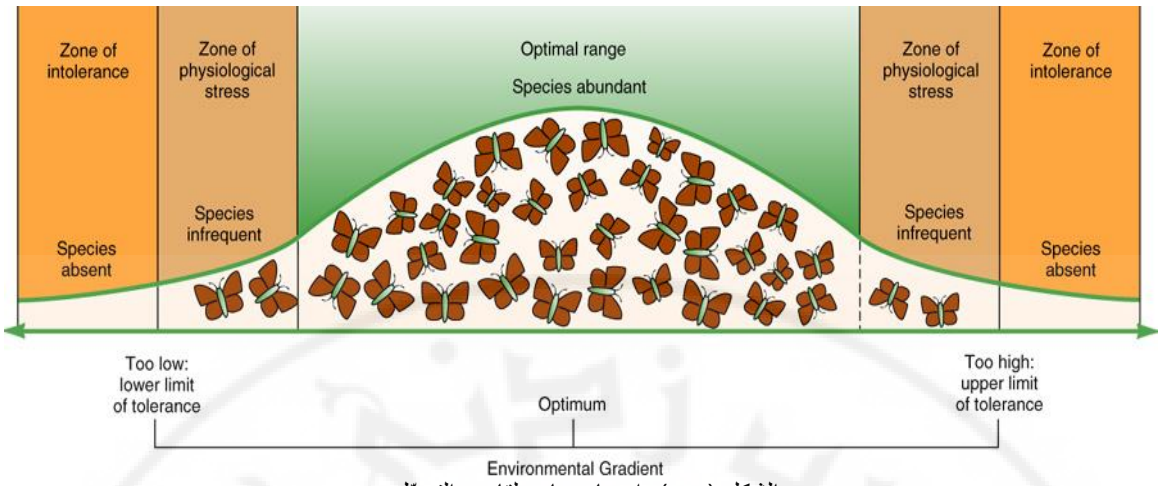
قانون التحمل: The Law Of Tolerance

إن أهمية عامل بيئي واحد قد عرف من قبل جوستس فون لايبيغ Justus von Liebig منذ العام 1840 بما يسمى بقانون لايبيغ للحدّ الأدنى Liebig's Law of the Minimum والذي ربط نمو النبات بأي عامل من العوامل الضرورية يقل عن حدوده اللازمة ضمن البيئة المحليّة. أعاد بلاكمان Blackman في العام 1905 صياغة قانون لايبيغ وذلك ضمن قانون العوامل المحددة Law of limiting factors، عندما أشار إلى أن النمو والتكاثر للكائن الحي أو لمجموعة من الكائنات الحية يرتبط بمجموعة معقدة من الشروط أو العوامل، وأن أي منها يصبح شرطاً أو عاملاً محدداً لنمو وتكاثر هذا الكائن أو هذه المجموعة من الكائنات عندما يقترب من حد التحمل الأدنى أو الأعلى أو يتجاوزهما. وسّع شيلفورد V. E. Shelford قانون لايبيغ ليطبّقه على كامل الأشكال الحية ويأخذ في الحسبان أن الزيادة الكبيرة جداً قد تكون مشابهة للانخفاض الكبير جداً ضمن قانون التحمّل Shelford's Law Of Tolerance حيث ربط نمو وتكاثر كائن حي ما في موطن معين باكتمال مجموعة معقدة من الشروط، ويقود النقص أو الزيادة النوعية والكمية في العوامل المتعددة التي يمكن أن تقترب من حدود التحمل لهذا الكائن الحي إلى انقراض الكائن الحي أو عدم نجاحه في التكاثر. يفرض قانون شيفلورد للتحمل أنّ انتشار النوع سيحدد بمدى تحمّله للعوامل البيئية المحليّة، وتعتبر الفرضية بأن عاملاً محدداً وحيداً مضلّلة، حيث تتفاعل العوامل البيئية المختلفة في الطبيعة بطرائق مختلفة يستحيل معها تحديد عاملاً واحداً كعامل محدد، فعندما يكون هنالك شرط واحد غير مثالي إنما محتمل لنوع ما قد يخفض حدود التحمّل للعوامل الأخرى. إن عدم تطرق قانون التحمّل إلى العوامل المحدّدة الحيوية كالافتراس والتنافس والمنافسة يحد من قابلية تطبيقه. إنّ وفرة النوع مرتبطة بتذبذب المتغيرات البيئية ضمن الحدود المثالية لذلك النوع في المنطقة المدروسة. ويكون النوع نادراً في المناطق التي تواجه إجهاداً فيزيولوجياً، حيث تكون قيم المتغيرات البيئية فيها إما عالية جداً أو منخفضة جداً، فالنوع لا يتواجد مطلقاً في المناطق خارج حدود تحمله العليا والدنيا. ويبين الشكل (1-1) ايضاح بياني لقانون التحمّل.

يجب أن يقوم علماء البيئة بتحليل الشروط البيئية الميكروية للموطن الميكروي، وذلك لفهم العوامل الطبيعية التي يجب أن تتحمّلها الكائنات الحية، فاستمرار الأنواع في موطن ما يتطلب منها جهداً فيزيولوجياً للبقاء والتكاثر في هذا الموطن البيئي. يعتبر تذبذب الطقس (درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة خلال السنة) وفترة الجفاف الطويلة على البيئة من العوامل الأكثر أهمية في تحديد انتشار وتوزع الكائن الحي، فالنبات الذي لا يستطيع تحمّل درجات الحرارة الأخفض من الصفر 0°C سيكون غير قادر على البقاء في المنطقة ذات المناخ الدافئ (درجة حرارة سنوية متوسطة 25°C مثلاً) إذا هبطت درجة الحرارة إلى أقل من 0°C ولو ليوم واحد في السّنة، فعلى الرغم من أنه قد تكون جميع الشروط الأخرى في المنطقة مثالية بالنسبة للنبات، لكن شرطاً واحداً لا يستطيع تحمّله يمنعه من النمو.

يمكن لاختلافات الطقس أن تكون محلية، فقد تصل اختلافات درجة الحرارة ضمن منطقة صغيرة، إلى عدّة درجات بين الأماكن الظليلة والأماكن المكشوفة، أو بين الارتفاعات الأرضية والمختلفة فوق سطح الأرض. اختلافات محليّة أخرى قد نجدها ضمن منطقة صغيرة نسبياً كالرطوبة، وسرعة الرياح، وكمية نور الشمس، ونوع التربة...الخ، ولذلك يجب ألا نتوقّع وجود نفس أنواع الكائنات الحية التي تعيش حتى ضمن مناطق صغيرة جداً يفترض أنها متشابهة.

اعتبارات أخرى شبيهة قد تطبق على السمات الأخرى للبيئة، فقد يكون مناخ منطقة ما ذات تربة غنية بالنتروجين والبوتاسيوم مثالياً لنوع معيّن من النبات، إلا أن غياب أو نقصان الفوسفور عن الحد الذي يحتاجه النبات قد يمنعه من النمو في هذه المنطقة.



الشكل (1-1): ايضاح بياني لقانون التحمّل

مستوى التراتبية في الحياة:

الذرة :

الجزيء : ارتباط ذرتين أو أكثر

العضية : تراكم للجزيئات الكبرية محاط لغشاء مثل المتقدرات وصانعات الغذاء الخضراء

الخلية: الوحدة البنيوية للكائنات الحية

النسيج: خلايا متشابهة تؤدي نفس الوظيفة

العضو: مجموعة نسج تؤدي نفس الوظيفة

الجهاز العضوي: عدة أعضاء مترابطة الوظيفة

الكائن :

الجمهرة: عدة كائنات من نفس النوع

المجتمع: أفراد من أنواع مختلفة في مكان محدد

النظام البيئي: المجتمع مع البيئة الفيزيائية المحيطة

المحيط الحيوي

المحيط الحيوي Biosphere:

أدخل هذا المفهوم إلى البيولوجيا من قبل لامارك 1809، وفي الجيولوجيا من قبل زيوس في عام 1875. عرف لامارك المحيط الحيوي بأنه محيط الكائن، واستخدمه زيوس لتوسيع أبحاث هيكل وتطور قشرة الأرض، إلا أنه لم يكتب شيئاً عملياً عن فحوى المحيط الحيوي. الدراسة الأولى للمحيط الحيوي قام بها فيرنادسكي (Vladimir Vernadsky) ، حيث تناول المحيط الحيوي كجسم جيولوجي يحدد شكله ووظيفته خواص الأرض والفضاء كالقشرة الفعالة للأرض والتي يشترك فيها نشاط الأحياء والإنسان، وتظهر كعوامل جيوكيميائية ذات مقياس ومفهوم على مستوى الكوكب. ظهر المحيط الحيوي تحت تأثير الطاقة الشمسية نتيجة العمليات البيوكيميائية الطويلة، وهو عبارة عن الغلاف حول الأرض بما في ذلك مجال المواد الحية المنتشرة في هذا الغلاف.

يدخل في تركيب المحيط الحيوي جزء الغلاف الجوي السفلي (التربوسفيرا والجزء السفلي من الستراتوسفيرا) بارتفاع 15–20 كم، وكامل غلاف الهيدروسفيرا hydrosphere الذي تلاحظ فيه الحياة، أي حتى عمق 11 كم في المحيطات، وإلى الجزء العلوي من قشرة الأرض (الليتوسفيرا lithosphere) بعمق 100–200 م وأكثر، وامتد مع الاكتشافات العلمية الحديثة ليصل إلى عدة كيلومترات في عمق الغلاف اليابس.

مكونات البيئة وفق المراجع الأوربية.

يتكون النظام البيئي من المكونات التالية:

- المكونات غير الحية والبيئة الفيزيائية للنشاط Abiotic Components: وهي المركبات والعناصر العضوية وغير العضوية مثل الكربون والهيدروجين والفوسفات وغيرها؛ والعناصر الفيزيائية كالجاذبية، والاشعاع، والطاقة الشمسية؛ والعناصر الغذائية؛ والمناخ (حرارة –رطوبة–ضغط –هواء)؛ والمياه؛ والتربة والهواء...الخ.
- المكونات الحية Biotic Components: لكلّ نظام بيئي منتجونه أو مصنعو الغذاء، ومستهلكوه، ومحلّلوه

مكوّنات البيئة وفق المراجع الأمريكية:

- الغلاف المائي Hydrosphere (المياه)
- الغلاف الجوي Atmosphere (الهواء)
- الغلاف اليابس Lithosphere (الأرض)
- الغلاف الحيوي Biosphere (النباتات، والحيوانات، والميكروبات)
- الغلاف البشري Anthrosphere (الإنسان يصنع الأشياء)
- الغلاف أو المحيط البشري THE ANTHROSPHERE:

المحيط البشري– مراحل التطور البشري

يعرّف المحيط البشري Anthrosphere بأنه جزء البيئة المصنعة أو المعدّلة من قبل الإنسان، والمستخدم لتأمين نشاطاته.

ويبين الشكل (2–1) ارتباط الغلاف البشري مع باقي الأغلفة (الغلاف الجوي والمائي واليابس والحيوي)، وارتباط الأغلفة السابقة مع بعضها البعض.

بما أن المحيط البشري هو نتيجة للتكنولوجيا، فمن الملائم مناقشة التكنولوجيا من هذه النقطة، فالتكنولوجيا تشير إلى الطرائق التي يتعامل فيها الإنسان مع المواد والطاقة. وقد اعتمدت التكنولوجيا بشكل كبير على المبادئ العلمية، التي اعتمدت على الاكتشاف، والتفسير، وتطوير النظريات فيما يخص الظواهر الطبيعية للطاقة، والمادة، والزمن، والفراغ استناداً إلى المعارف الأساسية للعلم، وزود علم الهندسة الإنسان بالخطط اللازمة لإنجاز أهداف عملية محددة، لتقوم التكنولوجيا باستخدام هذه الخطط لتنفيذ الأهداف المطلوبة. واستناداً إلى التكنولوجيا يمكن عرض المراحل التي مرت بها الطبيعة كما يلي:

مرحلة التنظيم الذاتي للطبيعة: كان تأثير الإنسان على الأرض صغيراً جداً في مرحلة التنظيم الذاتي للطبيعة، أي في بداية ظهور الإنسان في المحيط الحيوي، واعتمد الإنسان في هذه المرحلة على الصيد وجمع الثمار في غذائه، وعلى قطع بعض أشجار الغابة في بناء مساكنه البسيطة مستخدماً أدوات بدائية مصنوعة من الحجارة، والأخشاب، والعظام.

المرحلة الأولى لاضطراب التوازن البيئي: بدأت التكنولوجيا بالتطور بسرعة كبيرة عندما بدأ الإنسان يستقر في المدن، وبدأت المراحل الأولى لاضطراب التوازن البيئي مع بداية قيام الإنسان بتربية الماشية، وبالزراعة، حيث ازداد قطع وحرق الإنسان للغابات، وانقرضت بعض الأصناف النباتية والحيوانية.

مرحلة الإنسان المستكشف والمخترع:

تطورت التكنولوجيا مع تطور حاجات الإنسان، فقاد تدجين الحصان لاختراع العجلة، وتطورت الهندسة المعمارية لتمكن الإنسان من إنشاء الأبنية المرتفعة، وتطور علم الهيدروليك لتحسين وسائل الري، وشهدت العصور اليونانية والرومانية تطور الآلة، فظهرت الرافعة والبكرة، والطائرة، واللولب، والمنجنيق لرمي القذائف في الحرب، والنواعير لتحريك المياه، والتي طورت لاحقاً لإنتاج الطاقة. بدأ بعد ذلك ظهور بعض التكنولوجيات المبدعة مثل الطباعة بالخشب، واخترع البارود، وشهد القرن التاسع عشر انفجاراً

في التكنولوجيا، فظهر القطار البخاري، والتلغراف، والهاتف، والكهرباء، واخترع محرّك الاحتراق الداخلي الذي اعتبر ثورة في عالم النقل في القرون اللاحقة كما استخدم الحديد والفولاذ في بناء الجسور والمنشآت الهندسية.

وبدأ الإنسان في هذه المرحلة بالاستكشاف والاختراع لتبدأ مرحلة جديدة من اضطراب التوازن البيئي والتي اتسمت بما يلي:

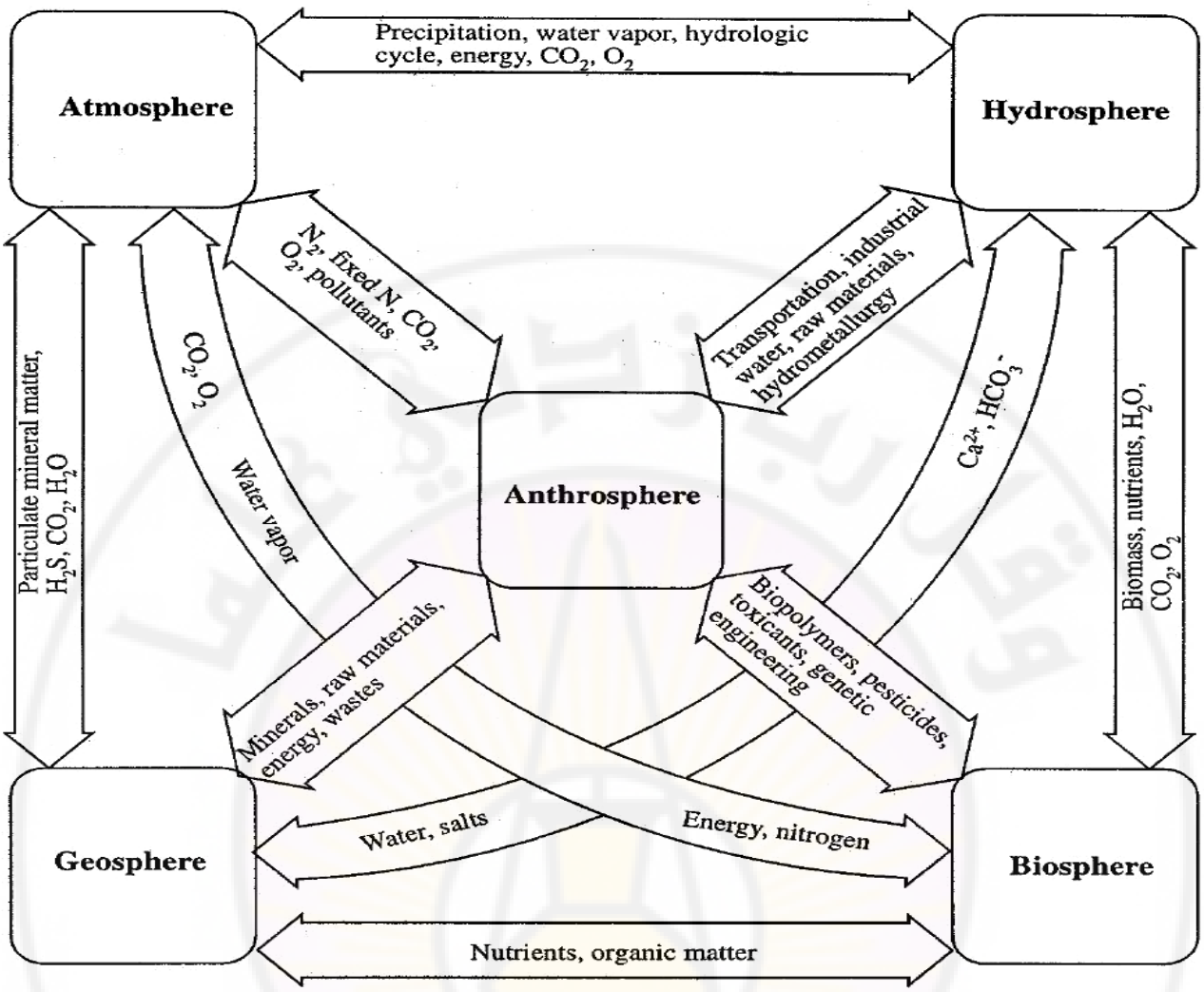
1. الاستخدام المتزايد للموارد الطبيعية
2. ظهور أشكال متعددة من التلوث في المياه والهواء والتربة
3. ازدياد التخريب في الغطاء النباتي على سطح الأرض
4. اختفاء بعض أشكال الأنواع النباتية والحيوانية.

مرحلة الإنسان المبذر:

بدأت هذه المرحلة مع بداية القرن العشرين وتميزت بتطور التكنولوجيا والاستخدام الواسع والمتزايد للطاقة، والتسارع المتزايد جداً في عمليات التصنيع، وفي المعلوماتية، والنقل، والاتصال، وظهور تشكيلات واسعة من المواد الكيميائية، واستخدام أساليب الزراعة المكثفة، والانفجارات السكانية، وعشوائية التخطيط...الخ. وقد بدأ الإنسان في هذه المرحلة بالتبذير وبالاستجرار الجائر للموارد الطبيعية، فبدأت معاناة الطبيعة من التدهور الشديد في جميع أجزائها، وبدأ التناقص المريع للأنواع النباتية والحيوانية، وكان التأثير البيئي للزراعة هائل جداً، وبدأت بالظهور مشاكل البيئة العالمية مثل الاحتباس الحراري، والمطر الحمضي، واستنزاف طبقة الأوزون، والضباب الدخاني، والتصحر، والتلوث الشديد للمجمعات المائية...الخ.

مرحلة الإنسان المفكر:

كان تأثير المحيط البشري على كوكب الأرض متعدداً وعميقاً، فقد انتشرت المنتجات الضارّة في المحيط البشري وفي الأغلفة البيئية الأخرى كنتيجة للنشاطات البشرية في أواخر القرن الماضي مع التطور السريع للصناعة والاتصالات والنقل والتكنولوجيا الحيوية والتكنولوجيا الحديثة المستندة إلى المواد المحسّنة كالبلاستيك، وألياف الفيبر، والخزف، والبوليميرات...الخ. وقد وجدت المنتجات الضارّة كالمعادن الثقيلة السامّة؛ ومركّبات الكلور العضوية؛ والنفايات الصناعية؛ والأسمدة الفوسفاتية؛ وحمأة مياه الصرف الصحي والصناعي...الخ، طريقها إلى المياه، والهواء، والتربة، وإلى مختلف الكائنات الحيّة، فتأذت أغلفة البيئة المختلفة من انتشار هذه الملوثات حيث وصلت مركبات الهيدروفلوروكربون، وغازات الكربون والنتروجين، إلى الغلاف الجوي مهددةً طبقة الأوزون في طبقة الستراتوسفير، وازداد تركيز المغذيات، والمعادن الثقيلة، والمبيدات، والأسمدة، ورشاحة وغازات النفايات الصلبة في مكونات الأغلفة البيئية المختلفة مسببةً الكثير من المشاكل البيئية، حيث لم يعر التقدّم التكنولوجي السابق أهمية تذكر للتأثيرات البيئية، فقد اعتمد استمرار الإنسان والكوكب علاقة تفاعلية ثنائية بين العلم والتكنولوجيا، أما الآن فقد أصبح تطبيق تكنولوجيا التسوية للنتائج البيئية التحدي التقني الأعظم للتكنولوجيا، وأصبح استمرار الإنسان والكوكب يتطلب علاقة تفاعلية ثلاثية تضمن بشكل إضافي إدراج ضرورات حماية البيئة في العلاقة التفاعلية السابقة. وبدأ الإنسان في هذه المرحلة بالتفكير بضرورة وضع علاقة جديدة بينه وبين الطبيعة، فبدأ يبحث عن حلول جديدة لمشكلة الطاقات التقليدية وملوثاتها، وبدأ يفكر بالمحافظة على التنوع الحيوي ويحسن من آلية استثماره للموارد الطبيعية محرزاً تطوراً كبيراً في مجال حماية البيئة من نشاطاته المؤذية.



الشكل (2–1): ارتباط الغلاف البشري مع باقي الأغلفة

الدورات البيوجيوكيميائية : Biogeochemical Cycles

تخضع المواد في البيئة لتغييرات كيميائية وفيزيائية مستمرة بين الأغلفة البيئية المختلفة، وتزيد التأثيرات البشرية الضارة أو المفيدة من هذه الحركة للمواد أو تنقص منها. وإحدى طرائق عرض حركة المادة خلال البيئة الجيولوجية العالمية هي استخدام الدورات البيوجيوكيميائية. تمثّل الصناديق في الدورات خزانات المواد، بينما تظهر الخطوط اتجاه حركة (جريان) المواد بين هذه الخزانات. تسمى أجزاء الدورة التي يجري فيها احتجاز العنصر الكيميائي لفترة طويلة من الزمن هذه بالمستودعات Reservoirs، بينما تسمى أجزاء الدورة التي يجري فيها احتجاز العنصر الكيميائي لفترة قصيرة من الزمن بالخزانات Pools. وتدعى الفترة الزمنية الوسطية لبقاء مادة معيّنة في المستودعات، أو الخزانات بزمن المكث residence time . وتعتبر الطاقة اللازمة لإنتقال المركبات أو العناصر من مستودع أو خزان إلى آخر المحرك الأساسي لهذه الدورات.

تملك الغازات فترة مكث تتراوح من عدة أيام حتى بضعة آلاف من السنين، حيث يملك غاز الميثان على سبيل المثال فترة مكث متوسطة في الجو قدرها أربع سنوات تقريباً، بينما تملك بعض المواد الصلبة فترة مكث قد تصل إلى مئات الملايين من السنين كالصوديوم المنحل في مياه البحر والذي يملك فترة مكث حوالي 210 مليون سنة، وقد تملك بعض المواد في الغلاف الصخري فترات المكث أطول من ذلك بكثير.

تتواجد في الطبيعة عشرات العناصر الأساسية التي يعتبر تواجدها ضروري لدورة الحياة على الأرض، إلا أن الأوكسجين، والماء، والكربون، والنيتروجين، والفوسفور، والكبريت، هي أكثر العناصر الرئيسة تأثيراً في النظام البيئي الحيوي، حيث أنها تدخل في تكوين المادة الحية (الكتلة الحيوية) للكائنات من خلال تواجدها على شكل مركبات كيميائية ضرورية مختلفة كالكربوهيدرات،

والبروتينات، والدهون، والفيتامينات ...الخ. تتحول العناصر السابقة في النظام البيئي من شكل لآخر ومن حالة لأخرى من خلال الدورات البيوجيوكيميائية التي تلعب دوراً مهماً في وضع سياسات حماية البيئة المحيطة، والتي تملك أهميةً كبيرةً في التعرف على غنى أو فقر النظام البيئي بالعناصر السابقة، وفي رصد مستويات التلوث في النظام البيئي.

يصنف بعض الباحثين الدورات السابقة إلى نوعين أساسيين يطلق على الأول اسم الدورة الغازية exogenic cycles مثل دورات الكربون والنتروجين، والأكسجين، والهيدروجين، والماء، ويطلق على الثاني اسم الدورة الرسوبية endogenic cycles وتسمى أحياناً بالدورات غير المكتملة لأن قسماً من موادها تنتهي في التربة والصخور، وتستغرق عودتها إلى الدورة زمناً طويلاً، مثل دورات الفوسفور، والكبريت، والعناصر الكيميائية الأخرى ..

دورة المياه الطبيعية (الدورة الهيدرولوجية) The natural water cycle

تعتبر المياه عنصراً هاماً للحياة على سطح الأرض، حيث تعتمد أغلب الكائنات الحية على المياه اعتماداً كبيراً للاستمرار في الحياة. تتواجد المياه في الطبيعة بأشكال مختلفة: على شكل بخار في الهواء، أو سائل في الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات وفي جوف الأرض، أو متجمد على شكل جليد في القطبين، ويعتمد هذا التواجد اعتماداً مباشراً على عناصر الطقس المختلفة من حرارة وضغط جوي ورياح وعلى الأوضاع الطبوغرافية والجيولوجية لليابسة.

إن المياه على سطح الأرض هي جزء من دورة المياه الطبيعية، أو الدورة الهيدرولوجية العالمية والتي تستند إلى الحركة المستمرة للمياه بين سطح الأرض والغلاف الجوي. تتضمّن دورة المياه توازناً ديناميكياً بين عمليتي التبخر والهطول. تتبخر المياه من سطوح كلاً من الغلاف المائي واليابس وترشح أيضاً من خلايا النبات الحيّة. يدور بخار المياه المنتج في كافة أنحاء الغلاف الجوي، حيث يسقط في النهاية كثلج وكمطر ليعود للتبخر من جديد وهكذا. يعتبر كلاً من الثلج والمطر المصدر الأولي لكلّ المياه الصالحة للشرب drinkable (potable) water على الأرض. يمكن للمياه أن تجري على سطح الأرض وصولاً إلى الجداول والأنهار لتصل في نهاية الطريق إلى البحيرات والمحيطات، وتعتمد كمية الجريان المطري على مسامية ونفاذية ورطوبة وسماكة الترب، حيث تبقى بعض المياه في التربة لتعود إلى الجو بواسطة التبخير، وتمتص النباتات جزءً من المياه من التربة ليرشح بعض منه من أوراقها. قد تتحرّك بعض المياه تحت تأثير الجاذبية خلال طبقات الصخور المسامية لتصل إلى الطبقات الكتيمة، حيث تتجمع لتشكل المياه الجوفيّة التي تعتبر مصدر تغذية الآبار والينابيع والأنهار والبحيرات.

دورة الأوكسجين The Oxygen Cycle :

يبدأ النصف الأول من دورة الأوكسجين من خلال قيام النباتات الخضراء ذاتية التغذية القادرة على استخدام طاقة الشمس بتحويل ثاني أكسيد الكربون والمياه إلى الكربوهيدرات والأوكسجين في العملية المسمّاة بالتركيب الضوئي، تقوم غيرية التغذية بتشكيل النصف الآخر من دورة الأوكسجين، فهي تستنشق الأوكسجين الذي يستخدم لتفكيك الكربوهيدرات لإنتاج الطاقة في العملية المسمّاة بالتنفس، فالأوكسجين ينتج في النباتات ويستهلك في الحيوانات. لكن دورة الأوكسجين ليست في الحقيقة بتلك البساطة، فالنباتات بحاجة لأن تقوم بتحليل الكربوهيدرات إلى طاقة كما تفعل الحيوانات، فتقوم باستهلاك قليل من الأوكسجين المنتج في عملية التركيب الضوئي لتحطيم الكربوهيدرات، لكي تعيش وتنمو. وتقوم النباتات بامتصاص الأوكسجين من الهواء وبطرح ثاني أكسيد الكربون كما تفعل الحيوانات. بالرغم من أنّ النباتات تنتج تقريباً من الأوكسجين نهاراً عشر مرات كمية استهلاكها له ليلاً، إلا أن استهلاك النباتات للأوكسجين في الليل قد يخلق شروطاً غير مناسبة (انخفاض الأوكسجين) في بعض البيئات المائية.

دورة الكربون Carbon Cycle:

يعتبر الكربون من العناصر المهمة على الأرض, وهو عنصر واسع الانتشار في الطبيعة بأشكال مختلفة: صلب في تركيب الصخور، وسائل في تركيب خلايا النباتات الحية، وغازي في الهواء والتربة. يتواجد الكربون فى جميع أشكال الحياة العضوية، حيث أنه يشكل هيكل جميه المركبات الحيوية مثل الجلوكوز (Glucose)، والتريوز (Triose)، والبنتوز (Pentose)،

واللاكتوز (Loctose)، والنشاء (Starch)، والغليكوجين (Glycogen)، والسليلوز (Cellulose)، والدهون، والشموع، والأحماض الأمينية، وملايين المركبات الكربوهيدراتية الأخرى، وهو المكون الأساسي للخشب، والفحم، والبترول، والأحماض النووية (Nucleic acids)، ومركبات الطاقة. ويعتبر بعض الباحثين دورة الكربون دورةً للأوكسجين والهيدروجين أيضاً بسبب إرتباط هذه العناصر جميعاً في دورة واحدة.

يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 حوالي 0.3 % من الغلاف الجوي، وتعتبر هذه النسبة نسبةً توازنيةً حيث تسبب زيادتها المشاكل البيئية والصحية. يتحرك الكربون ضمن دورة مغلقة يُستهلك خلالها هذا الغاز من قبل النباتات المائية والأرضية، حيث تقوم النباتات، وبعض الكائنات الحية الأولية، وبعض الطلائعيات بتنقية الهواء من الكميات الزائدة من الكربون من خلال عملية التركيب الضوئي، وذلك بتثبيتها ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الغذاء، والخشب، والأكسجين، والمركبات الهيدروكربونية. تقوم الكائنات السابقة خلال عملية التركيب الضوئي بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو، والضوء من أشعة الشمس، والمياه من التربة لتصنع مما سبق السلاسل الكربونية والكاربوهيدرات، لتستهلك جزءً من الطاقة الناتجة في بعض التفاعلات المباشرة، وتخزن المتبقي في أغشيتها وأوراقها وثمارها والتي تنتقل إلى الحيوانات المستهلكة لهذه النباتات ومن ثم إلى الإنسان والحيوان المستهلك للحيوانات السابقة، ثم ما يلبث الكربون أن يعود إلى الغلاف الجوي من خلال عمليات التنفس والتحلل المختلفة أو من خلال عمليات الاحتراق المختلفة كاحتراق الوقود والغابات، ليعود للسقوط من جديد من خلال الأمطار الحامضية أو بامتصاصه من قبل المسطحات المائية متحداً مع بخار المياه وهكذا تستمر الدورة.

يذوب ثاني أوكسيد الكربون في مياه البحار والمحيطات، ويستخدم الغاز المنحل في المحيطات من قبل العضويات البحرية marine biota خلال عملية التركيب الضوئي، ويعود جزء من هذا الغاز إلى الجو خلال عملية التبادل الغازي بين المحيطات والغلاف الجوي، ويترسب جزء منه في أعماق البحار والمحيطات على شكل دقائق جيرية.

دورة النتروجين Nitrogen Cycle :

يشكل النتروجين النتروجين أربعة أخماس الغلاف الجوي تقريباً، وتعتبر فضلات الكائنات الحية، ومنتجات تحللها، مصدراً مهماً للنيتروجين. يساعد النتروجين في صنع البروتينات، والمواد الكيميائية الأساسية للكائنات الحية، ويدخل في تكوين الكثير من المواد الأخرى، حيث يعتبر النيتروجين عنصراً أساسياً في تكوين الحياة على سطح الأرض.

يعتبر النتروجين مركباً خاملاً كيميائياً في درجات الحرارة والضغوط العادية، لذلك فإنّ إتاحة النتروجين من الجو محدودة جداً، حيث لا يجري استخدام النيتروجين بصورة مباشرة من الغلاف الجوي، وإنما لا بد من تحويله إلى مركبات تستطيع الكائنات الحية استخدامها عن طريق تثبيت النتروجينNitrogen fixation . تحول هذه العملية النتروجين إلى شكل قابل للذوبان تستطيع النباتات امتصاصه عبر نظام جذورها. يحدث أكثر من نصف عمليات تثبيت النتروجين السنوية عن طريق النباتات، كما يحدث التثبيت أيضاً خلال بعض العمليات الصناعية، وعمليات الاحتراق. تقوم البكتيريا اللاهوائية والطحالب الخضراء المزرقة والمتواجدة بكثرة في التربة والمحيطات بعملية تثبيت النتروجين، حيث تحوّل هذه الكائنات الحية النتروجين إلى الأمّونيا باستخدام محفّز الإنزيم النتروجيني enzyme catalyst nitrogenase . يمكن للكائنات الحية التعايشية المتواجدة في العقد الجذرية للبقوليات أن تؤمن هذا الأنزيم أيضاً. إنّ الآلية معقّدة جداً يدخل فيها عنصر المولبيديوم وجزيئات البروتين الحديدية ذات الكتلة الجزيئية الضخمة جداً.

تقوم البكتيريا بعملية تثبيت النتروجين فتحول غاز النتروجين الموجود في التربة إلى مركبات نتروجينية تستخدمها النباتات لإنتاج البروتينات، والأحماض الأمينية، وتعمل البكتيريا على تحويل البروتينات الموجودة في فضلات الكائنات الحية، أو بقاياها بعد موتها إلى أمونيا، ثم تقوم بكتيريا أخرى بتفكيك الأمونيا والمركبات النتروجينية محولةً إياها من جديد إلى غاز النتروجين.

دورة الكبريت: Sulfur Cycle

- لا يوجد الكبريت ومركّباته في الجو لكنّه يشترك في الدورة الجيوكيميائية المعقّدة، حيث يدخل الكبريت في تركيب المواد العضوية الحيوانية والنباتية. لذا يعد من العناصر الأساسية اللازمة لحياة الكائنات الحية. يعتبر الغلاف الصخري الخزان الرئيسي للكبريت، وتبدأ دورة الكبريت بخروجه خلال عملية التجوية الكيميائية لبعض أنواع الصخور التي تحتويه مثل صخور الجبس $CaSO4$، وخام الكبريت الحر. وينتقل الكبريت على شكل كبريتات منحلة $SO4$ إلى المياه السطحية أو الجوفية خلال ملامستها لهذه الصخور، لينتقل الجزء الأكبر منه إلى مياه البحار والمحيطات وترسب الكبريت متحولة مع الزمن الطويل إلى صخور من جديد كصخور الآنهيدريت.وبذلك تغلق دورة الكبريت على هذا الوجه.
- تمتص النباتات جزءً من الكبريت الذي يعبر التربة على شكل كبريتات منحلة، حيث يدخل في تركيب موادها العضوية وخاصةً البروتينات النباتية. ينتقل هذا الكبريت الموجود في المواد العضوية النباتية إلى المستهلكات الأعلى في السلسلة الغذائية، ليعود من جديد إلى التربة بعد موت المستهلكات والنباتات، حيث تقوم المحللات بتحليل المواد العضوية الحاوية على الكبريت، وتحريره من جديد لتبدأ دورة الكبريت من جديد.
- تعتبر البلانكتونات الضوئية البحرية المنتج الرئيس لكبريتيد الديميثيل $(CH3)2S$، (dimethyl sulphide)، الذي يتأكسد بواسطة الأوكسجين إلى ثاني أكسيد الكبريت وبعد ذلك إلى أيون الكبريتات (VI) $SO4$. ينحل ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن أكسدة المركّبات التي تحتوي على الكبريت بسهولة في المياه ليشكل محاليل حمضية كبريتية.
- وتمتاز دورة الكبريت عن دورة الفوسفور بتكوين طور غازي للكبريت لا يوجد مثله في دورة الفوسفور، إذ يمكن للكبريت أن يصل إلى الغلاف الجوي على شكل غازين أساسيين هما: ثاني أوكسيد الكبريت SO_2، وكبريت الهيدروجين H_2S، كما ينتج غاز ثاني أوكسيد الكبريت بشكل رئيس عن عمليات حرق الوقود الأحفوري، والفحم الحجري المحتويين له أساساً. ويمكن أن ينتج غاز ثاني أوكسيد الكبريت عن عمليات أكسدة الكبريت بفعل بكتريا الكبريت Thiobacillus ذاتية التغذية الكيميائية. ويصل غاز كبريت الهيدروجين إلى الغلاف الجوي نتيجة عمليات التحلل اللاهوائية للمركبات العضوية المحتوية على الكبريت. تساهم البراكين كذلك في وصول الغازين السابقين إلى الغلاف الجوي. يساهم غاز ثاني أوكسيد الكبريت عند تفاعله مع المياه في تشكيل حمض الكبريت H_2SO_4، والذي يسهم في تشكيل المطر الحمضي والذي يعتبر أحد المشاكل الخطرة على البيئة في عالمنا المعاصر.

دورة الفوسفور Phosphor cycle

يعتبر الفوسفور واحداً من العناصر المهمة في العمليات الحيوية للكائنات الحية، فهو مكون رئيس مهم في تركيب ATP , ADP ، بالإضافة إلى كونه أحد مكونات RNA, DNA، وأحد مركبات العظام والأسنان.

تختلف دورة الفوسفور عن دورات العناصر السابقة في أن الغلاف الجوي لا يشكل أحد خزاناته. يتواجد الفوسفور في القشرة الأرضية على شكل فوسفات، الذي يتحد بدوره مع أيون موجب، كأيون الكالسيوم، مكوناً فوسفات الكالسيوم الموجود في العديد من صخور القشرة الأرضية النارية والرسوبية، وينتقل إلى المياه الملامسة. وتلعب العوامل الجوية كالأمطار والرياح دوراً مهماً في نقل أيون الفوسفات خلال عمليات التجوية للصخور الحاوية على الفوسفات إلى مياه الأنهار والبحار، ومن ثم إلى النباتات عبر التربة، وبعد ذلك إلى الكائنات الحية المستهلكة، وكذلك تمتصه النباتات البحرية لينتقل إلى الطيور التي تعيش على هذه النباتات. يعود الفوسفور من جديد إلى التربة عند تحلل النباتات والحيوانات الميتة، أو فضلاتها الحاوية على الفوسفور لتغلق الدورة .

مقرر حماية البيئة – السنة الخامسة

المحاضرة الثانية

الدكتور المهندس بسام العجي

قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق

Solid Waste Management

إدارة النفايات الصلبة

4/2023

DAMASCUS UNIVERSITY

CIVIL ENGINEERING FACULTY

SANITARY AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Dr.Eng. Bassam Al Aji

TYPES AND PROPERTIES OF SOLID WASTE - INTEGRATED SOLID WASTE MANAGMENT- METHODS OF SOLID WASTE DISPOSAL - HAZARDOUS SOLID WASTES

أنواع النفايات الصلبة وخواصها

TYPES AND PROPERTIES OF SOLID WASTE

يشمل مصطلح النفايات الصلبة مختلف النفايات ذات الطور الصلب ونصف الصلب الناتجة عن النشاط البشري بأشكاله كافة، كما يشمل نفايات الشوارع والساحات، والنفايات الناتجة عن محطات تنقية المياه ومعالجتها. وتصنف النفايات الصلبة تبعاً لأصولها إلى: نفايات بلدية، ونفايات زراعية، ونفايات محطات المعالجة والتنقية، ونفايات صناعية، والنفايات خطرة.

1-1- أنواع النفايات الصلبة:

أولاً : النفايات الصلبة البلدية: (Municipal Solid Wastes -MSW)

أُطلقت قديماً تسمية النفايات الصلبة البلدية على النفايات الصلبة التي تشرف المؤسسات والسلطات البلدية على عمليات إدارتها، على الرغم من أن عمليات إدارة هذه النفايات تجري حالياً من قبل شركات خاصة في أكثر مدن العالم. تدخل مهام إدارة هذه النفايات في بلدنا ضمن مهام الشركات والمؤسسات البلدية.

إن هذه النفايات مختلفة في مصادرها متباينة في عناصرها، وتنسب إليها جميع النفايات الصلبة المنزلية والتجارية ونفايات المناطق الحرة.

مصادر هذه النفايات هي:

1-الأبنية السكنية بأنواعها كافة: تحتوي نفايات هذه الأبنية على فضلات المطابخ وعلى القمامة والرماد فضلاً عن بعض النفايات الخاصة. وتسمى النفايات الناتجة عن هذه الأبنية بالنفايات المنزلية.

2- الأبنية ذات الطابع الاجتماعي: ويقصد بهذه الأبنية مؤسسات الدولة العامة، والمطاعم والفنادق، والمكاتب، والمحال التجارية، ودور السينما، والمسارح، وصالات العرض، ودور الأطفال...الخ.وتسمى النفايات الناتجة عن هذه الأبنية بالنفايات التجارية، وهي تشبه النفايات المنزلية في تركيبها العام.

3- المناطق الحرة: ويقصد بالمناطق الحرة: الشوارع، والساحات العامة، ومواقف الباصات، ومحطات القطار، والملاعب، والحدائق، والشواطئ، والمنتزهات ...الخ. وتحتوي نفايات هذه المناطق على خليط كبير من العناصر يدخل ضمنها نفايات الأنقاض، وجثث الحيوانات، والأتربة، وأوراق الأشجار المتساقطة...الخ.

أما عناصر النفايات الصلبة البلدية فهي:

1- *الفضلات الغذائية*(Food Wastes): وهي الفضلات الناتجة عن عمليات تحضير الطعام وتقديمها، وتشمل مخلفات المطابخ في الأبنية السكنية والعامة، فضلاً عن مخلفات شركات التصنيع الغذائية، والمسالخ، ومستودعات حفظ الخضروات والفواكه، وأسواق بيعها والتي قد تدخل في بعض البلدان ضمن مصطلح النفايات الصلبة الزراعية. يمكن للفضلات الغذائية أن تكون ذات منشأ حيواني أو أن تكون ذات منشأ نباتي. وتحتوي الفضلات الغذائية في تركيبها على خامات غذائية غنية؛ كالنشاء، والبروتين، والكربوهيدرات، والفيتامينات...الخ. تتميز الفضلات الغذائية برطوبتها العالية والتي قد تصل في بلادنا صيفاً إلى 80% نظراً لكثرة بقايا الخضروات والفواكه، كما تتميز هذه الفضلات بأنها مواد سريعة التعفن والتحلل؛ تتغير تراكيب تراكم الفضلات الغذائية ومعدلاتها مع الزمن كما أنها تختلف من شعب لآخر، ومن مجتمع لآخر تبعاً للمستوى الاجتماعي والحضاري والاقتصادي السائد.

2- *القمامة*(Rubbish): وهي عبارة عن نفايات غير قابلة للتحلل أو التعفن، منها ما هو قابل للاحتراق في المحارق ذات درجات الحرارة العادية كالورق والكرتون (المطبوعات ومواد التغليف)، والأخشاب (بقايا الحدائق وبقايا الأثاث المنزلي)، والمواد البلاستيكية والمطاطية والنسيجية بأشكالها كافة، ومنها ما هو غير قابل للاحتراق في المحارق ذات درجات الحرارة العادية كالزجاج والخزف(حطام الصحون والكؤوس والنوافذ...الخ) والبقايا المعدنية. إن أغلب مواد القمامة ملائمة للاستخدام المتكرر عند تجميعها

بشكل منفصل، أو بعد فرزها عند تجميعها بشكل مشترك مع عناصر النفايات الأخرى. تسمى القمامة في بعض المراجع بنفايات الأشياء .

3- *الأنقاض* (Demolition and Construction Wastes) : وهي النفايات الناتجة عن إنشاء المنشآت الهندسية المختلفة أو هدمها أو إصلاحها أو ترميمها ، لذلك فهي تحتوي على مواد البناء المختلفة: كالرمل والحصى والحديد والأسلاك والقرميد والإسمنت وبقايا التجهيزات الصحية والكهربائية.

4- *النفايات الخاصة* (Special Wastes): تشمل هذه النفايات على نفايات الشوارع والساحات العامة، والمناطق الحرة الأخرى والتي تتكون من الأتربة والغبار، وأوراق الأشجار المتساقطة، والأغصان، وروث الحيوانات فضلاً عن بقايا النفايات الضخمة بما في ذلك هياكل السيارات القديمة، وبقايا الأثاث القديم، وجثث الحيوانات الميتة، وإطارات السيارات التالفة، وقد تسمى هذه النفايات بنفايات الخدمات البلدية(Municipal Services) .

5- *الرماد وبقايا الحرق*(Ashes): وهي مخلفات المدافئ والأفران التي تعمل على الحطب أو الفحم أو الوقود السائل وتشمل: الرماد، والشحار، والخبث الناتج عن هذه المدافئ. تُعد كمية الرماد الناتجة عن الأبنية السكنية صغيرةً جداً مقارنةً مع كمية الرماد الناتجة عن مصانع الطاقة التي تستخدم الخشب أو الفحم.

ثانياً: النفايات الزراعية: (Agricultural Solid Wastes)

وهي عبارة عن نفايات مختلف النشاطات الزراعية من بذار، وحصاد، وتقليم، وتطعيم ...الخ، وكذلك نفايات المحاصيل والمنتجات الزراعية، وبقايا العلف، وروث الحيوانات.

ثالثاً: نفايات محطات المعالجة: (Treatment Plant Wastes)

وهي النفايات ذات الطور الصلب ونصف الصلب الناتجة عن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي (الحمأة) وعمليات تنقية مياه الإمداد المنزلي والصناعي والزراعي (نواتج كشط المرسبات والمرشحات ...الخ). تختلف خواص هذه النفايات باختلاف العمليات المستخدمة والتكنولوجيات المطبقة، وكذلك باختلاف نوعية المياه الخاضعة للمعالجة. لا تدخل عمليات جمع هذه النفايات والتخلص منها ضمن مسؤوليات الشركات أو المؤسسات البلدية في أغلب بلدان العالم. ويمكن التخلص من نفايات محطات المعالجة بشكل منفصل ضمن مصانع متخصصة بذلك، أو بشكل مشترك مع النفايات البلدية، كما في معامل التحويل إلى كومبوست.

رابعاً: النفايات الصناعية : (Industrial Solid Wastes)

النفايات الصناعية هي النفايات الناتجة عن الصناعة بأشكالها كافة، والمكونة من بقايا مواد خام غير مصنعة ومواد نصف مصنعة ناتجة عن تنفيذ العمليات الصناعية، وكذلك المواد المصنعة غير المطابقة لمواصفات الاستخدام جزئياً أو كلياً. بما أن المصانع والمعامل والورش هي مصدر النفايات الصناعية، لذلك فإن كمية هذه النفايات ونوعيتها تختلف باختلاف نوعية الصناعة، ونوعية التكنولوجيا المستخدمة فيها.

تتميز النفايات الصناعية بالإمكانية العالية لإعادة استخدامها، لذلك يجب أن تكون دراسة إمكانية الاستفادة من عناصرها كمصدر للمواد الخام من الدرجة الثانية في مجالات الاقتصاد المختلفة من أولويات معالجة هذا النوع من النفايات.

خامساً: النفايات الخطرة : (Hazardous Solid Wastes)

النفايات الخطرة هي النفايات ذات التأثير الخطر على البيئة المحيطة. ليست جميع النفايات الصناعية خطرة، وليست جميع النفايات الخطرة صناعية، فالنفايات الطبية هي نفايات خطرة ولكنها ليست صناعية، ونفايات صناعة الأخشاب هي نفايات صناعية ولكنها ليست خطرة. يمكن تصنيف النفايات الخطرة تبعاً لصفاتها أو تبعاً للمواد الموجودة فيها.

يتم وضع تكنولوجيا التخلص من النفايات الصلبة الصناعية استناداً إلى درجة خطورتها التي تتحدد بسميتها، أو بإمكانية اشتعالها أو تأكسدها أو انفجارها، أو بقدرتها على التسبب بالتآكل أو على إعادة النشاط، أو بآثارها الإشعاعية أو الكيميائية أو البيولوجية الضارة على البيئة المحيطة.

1-2- تحديد خواص النفايات الصلبة:

إن عملية تحديد مواصفات النفايات الصلبة وخصوصاً البلدية منها عملية صعبة نظراً لاختلاف هذه المواصفات من بلد لآخر ومن مدينة لأخرى، وكذلك لكثرة **العوامل المؤثرة في خواص النفايات الصلبة** والتي تختلف من مجتمع لآخر بل وضمن المجتمع الواحد كما أنها تتباين مع الزمن. ونذكر من هذه العوامل:

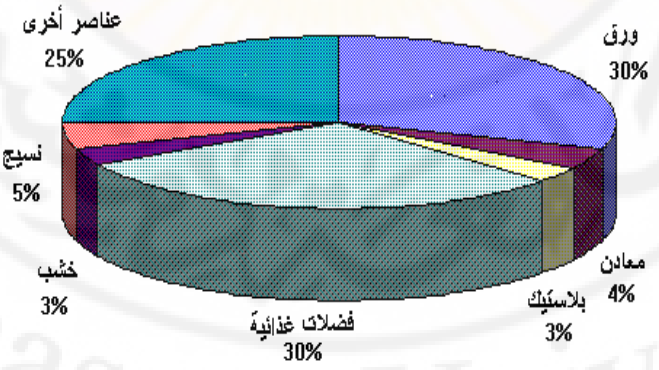
- مستوى رفاهية المنطقة السكانية: وتعني وجود أنظمة الرفاهية؛ كأنظمة الإمداد المائي المركزي، وأنظمة الصرف الصحي، وأنظمة التدفئة المركزية، وأنظمة إمداد الغاز المركزية، وكذلك أنظمة جمع النفايات الصلبة المنزلية بواسطة القساطل.
- الظروف المناخية ومدة استمرار الطقس الجاف.
- مستوى المعيشة: يؤثر مستوى معيشة الفرد بشكل كبير في كمية النفايات الصلبة الناتجة عنه ونوعيتها.
- استهلاك السكان للخضار والفواكه.
- تطور التغذية الاجتماعية.

تؤثر هذه العوامل بشكل مباشر في معدل طرح النفايات اليومي للشخص الواحد، وعلى مواصفات النفايات الصلبة.

الخواص الفيزيائية للنفايات الصلبة *Physical Properties of Solid Waste*:

إن تحديد الخواص الفيزيائية للنفايات الصلبة يتضمن تحديد الخواص الآتية:

1- التركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة: ويعبر التركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة (Morphological Composition of Solid Waste) عن النسب المئوية لكتل كل من مكونات النفايات الصلبة (فضلات غذائية، وورق، وخشب، وبلاستيك، ومطاط...الخ) منسوبة إلى الكتلة الكلية للنفايات الصلبة. ويعكس الجدول (1-1) التركيب المورفولوجي للنفايات المنزلية لمناطق شرق البحر الأبيض المتوسط. يمكن التعبير عن التركيب المورفولوجي بالشكل التخطيطي المبين في الشكل (1-1) الذي يبين التركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة المنزلية الخاصة بإحدى المدن الأوربية.



الشكل (1-1): الشكل التخطيطي للتركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة المنزلية الخاصة بإحدى المدن الأوربية

ويفيد هذا التركيب في تحديد نوع المعالجة المثلى للنفايات الصلبة، وكثيراً ما يتم اللجوء إلى تحاليل أكثر تفصيلاً للتركيب المورفولوجي للنفايات الصلبة بهدف الحصول على تصور أفضل عن المواد القابلة للتدوير وإعادة التصنيع، فيتم التمييز بين بلاستيك التغليف والأدوات البلاستيكية المخصصة للاستخدام لمرة واحدة، والعبوات البلاستيكية للمياه المعدنية والغازية...الخ،

وكذلك يصنف الزجاج إلى عبوات زجاجية، وإلى فتات الزجاج المخلوط مع الخزف وكذلك تحسب النسب المئوية لكتلة كل من الورق النقي نسبياً والورق الملوث.

الجدول(1-1):التركيب المورفولوجي للنفايات المنزلية لمناطق شرق البحر الأبيض المتوسط.

العنصر	نسبة الكتلة، %	العنصر	نسبة الكتلة، %
فضلات الطعام	30-85	قماش	1-7
ورق	4-53	لدائن وجلود	0-3
زجاج	0-8	عظام	0-4
معادن	0-4	مواد خاملة	2-18

يتأثر التركيب المورفولوجي بعوامل كثيرة كالتغير الفصلي، والتطورات الحضارية المختلفة، ونظام الجمع المتبع في المدينة. فالتغير الفصلي يؤثر كثيراً في هذا التركيب، حيث تزداد نسبة فضلات الطعام في كتلة النفايات الصلبة البلدية صيفاً نتيجة الاستهلاك الكبير للخضراوات والفواكه من قبل السكان، وينخفض تركيز الأتربة في كتلة النفايات الصلبة شتاءً نتيجة غسل الأمطار لهذه الأتربة من الشوارع. كما يلاحظ ازدياد في تراكيز اللدائن ضمن كتلة النفايات الصلبة البلدية سنةً بعد أخرى، ويلاحظ انخفاض تراكيز المواد القابلة للتدوير في كتلة النفايات الصلبة البلدية عند اتباع نظام الجمع المنفصل للنفايات الصلبة البلدية في أماكن تشكلها. كما يلاحظ التأثر الكبير للتركيب المورفولوجي في تطور البلد، انظر الشكل (2-1).

2- التركيب الحبي للنفايات الصلبة: ويعبر التركيب الحبي للنفايات الصلبة (Physical Composition of Solid Waste) عن التركيز النسبي لكتل العناصر المارة خلال المناخل ذات الفتحات المختلفة (50,100,150,250,350 mm)، ويساعد التركيب الحبي في تخطيط عمليات جمع النفايات الصلبة ونقلها ، كما يفيد في اختيار أنواع المناخل والفرامات والفارزات المستخدمة في مصانع معالجة النفايات الصلبة. يتغير التركيب الحبي كما التركيب المورفولوجي بشدة خلال فصول السنة للمدينة الواحدة.

يتم اعتماد إحدى القياسات الآتية أثناء حساب أبعاد عناصر النفايات:

$$Sc = L$$
$$Sc = (L+W)/2$$
$$Sc = (L+W+H)/3 \quad (1\text{-}1)$$
$$Sc = \sqrt{L.W}$$
$$Sc = (L.W.H)^{\frac{1}{3}}$$

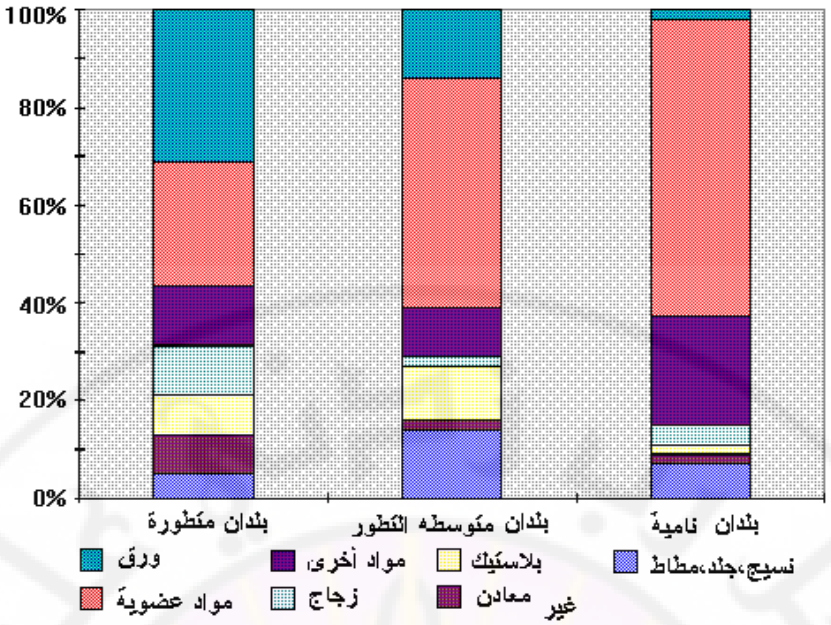
حيث: Sc – القياس المعتمد.

L – طول عنصر النفايات.

W – عرض عنصر النفايات.

H – ارتفاع عنصر النفايات.

يعطي التركيب المورفولوجي الحبي المشترك للنفايات الصلبة معلومات أدق وأكمل عن خواص هذه النفايات.



الشكل(2-1): تأثر التركيب المورفولوجي في تطور البلد.

3- الرطوبة النسبية:الرطوبة النسبية(Moisture Content of Solid Waste) هي كمية المياه معبراً عنها بنسبة مئوية من الحالة الرطبة لكتلة العينة، ويمكننا ضمن تقريب مقبول اعتماد النسب المئوية لرطوبة عناصر النفايات الصلبة الواردة في الجدول(2-1). ولتعيين رطوبة العينة الكلية يتم تحديد كتلة العينة الجافة عن طريق وزن العينة بعد وضعها في فرن درجة حرارته 77 ^{O}C لمدة 24 ساعة وذلك حتى لا يسمح بتطاير المواد القابلة للتبخر.

الجدول (2-1): نسبة الرطوبة وكثافة النفايات الصلبة.

العنصر	حدود الرطوبة النسبية،%	M *	حدود الكثافة، kg/m^3	الكثافة النموذجية **
1-نفايات منزلية غير مرصوصة				
فضلات غذائية(خليط)	50-80	70	130-470	290
-ورق	4-10	6	40-130	85
-كرتون	4-8	5	40-80	50
-بلاستيك	1-4	2	40-130	65
-نسيج	6-15	10	40-100	65
-مطاط	1-4	2	100-200	130
-جلد	8-12	10	100-260	160
-مخلفات حدائق	30-80	60	55-225	100
-خشب	15-40	20	130-320	235
-زجاج	1-4	2	160-480	195
-عبوات قصدير	2-4	3	50-160	85

160	65-240	2	2-4	–ألمنيوم
320	130-1150	3	2-4	–معادن أخرى
740	650-830	6	6-12	–رماد
130	85-180	15	5-20	–قمامة
2–نفايات صلبة تجارية				
540	470-950	70	50-80	–فضلات غذائية رطبة
180	150-200	1	0-2	–أدوات
3–نفايات صلبة تجارية مرصوصة				
105	105-160	20	10-30	صناديق وأقفاص خشبية
150	100-180	5	20-80	بقايا أشجار
115	50-180	15	10-30	–قمامة قابلة للاحتراق
300	180-360	10	5-15	قمامة غير قابلة للاحتراق
160	140-180	15	10-25	–قمامة(مزيج)
4–نفايات صلبة بلدية				
295	175-450	20	15-40	–في حاويات الجمع
450	360-495	25	15-40	–في حقول الردم (رص عادي)
600	590-740	25	15-40	–في حقول الردم (رص ممتاز)
5–نفايات أنقاض				
1420	1000-2595	4	2-10	–نفايات هدم مخلوطة غير قابلة للاحتراق
355	300-400	8	4-15	–نفايات هدم مخلوطة قابلة للاحتراق
260	180-255	8	4-15	–نفايات إنشاء قابلة للاحتراق
1530	1195-1800	–	0-5	–بيتون مكسر
6–نفايات صناعية				
1000	800-1100	80	75-99	أوحال كيميائية رطبة
800	700-895	4	2-10	–رماد متطاير
160	100-250	10	6-15	–قطع جلد
1780	1500-2000	–	0-5	–خردة معدنية ثقيلة
735	495-735	–	0-5	خردة معدنية خفيفة
895	700-1500	–	0-5	–خردة معدنية (خليط)
945	800-1000	2	0-5	–زيوت،قطران ،إسفلت
290	100-350	20	10-40	–نشارة خشبية
495	400-675	25	30-60	–خشب خليط

180	100-215	10	6-15	-نفايات نسيجية
7-نفايات زراعية				
355	400-750	-	-	-نفايات زراعية خليط
355	200-495	-	-	-حيوانات ميتة
1000	245-750	94	60-90	-نفايات فواكه خليط
355	200-700	75	60-90	-نفايات خضراوات خليط

* الرطوبة النسبية النموذجية

**الكثافة النموذجية، kg/m^3

يسمح بتحديد كتلة العينة الجافة التقريبية عن طريق تجفيف العينة في فرن درجة حرارته ^{O}C 105 لمدة ساعة كاملة. بعد تحديد كتلة العينة الجافة تحسب نسبة الرطوبة من العلاقة الآتية:

$$M = \frac{a-b}{a}.100\% \qquad (1\text{-}2)$$

حيث a : كتلة العينة بالحالة الرطبة.

b: كتلة العينة بالحالة الجافة.

وتتراوح رطوبة المخلفات الصلبة المنزلية لبلدان شرق البحر الأبيض المتوسط من 40-70% ، أما المخلفات الأخرى فتختلف رطوبتها باختلاف مصادرها.

4- الكثافة: تعرف الكثافة (Densities of Solid Waste) بأنها وزن واحدة الحجم، وتكون وحدتها للنفايات الصلبة Kg/m^3 أو Ton/m^3 . تتم عملية تحديد الكثافة بوزن وقياس حجم عينة النفايات الصلبة في أملكن تجميعها قبل عملية الترحيل. لكثافة النفايات الصلبة علاقة مباشرة مع تركيبها المورفولوجي والرطوبة النسبية لعناصر هذه النفايات، فوجود نسب كبيرة من فضلات الطعام والحديد والقرميد والحجارة يزيد من كثافة العينة ،بينما تنخفض كثافة العينة بارتفاع تركيز الورق والبلاستيك والنسيج. كما ترتبط كثافة العينة بطول مدة التخزين قبل الترحيل نتيجة إمكانية الارتصاص الذاتي للعينة. وتقدر كثافة النفايات الصلبة المنزلية لبلدان شرق البحر الأبيض المتوسط بـ Kg/m^3 150-360 تقريباً. ويمكن اعتماد معطيات كثافة عناصر النفايات الصلبة الواردة في الجدول (1-2).

الخواص الكيميائية للنفايات الصلبة*Chemical Properties of Solid Waste* :

تختلف الخواص الكيميائية المطلوب تحديدها للنفايات الصلبة تبعاً لطريقة المعالجة المقترحة، وتشمل هذه الخواص عموماً المواصفات الآتية:

أ-التحليل الكيميائي العام: يعطي التحليل الكيميائي العام للنفايات الصلبة (General Chemical Analysis of Solid Waste) نسب العناصر الكيميائية الأساسية لعينة النفايات الصلبة(الكربون، والهيدروجين، والأوكسجين، والنتروجين، والكبريت، والفوسفور، والبوتاسيوم، والرماد، والرطوبة ... الخ). وتتبع نوعية العناصر الكيميائية المختارة في التحليل الكيميائي العام طريقة المعالجة المقترحة. فيتم مثلا التركيز على نسبة الفوسفور والبوتاسيوم ونسبة الكربون إلى النتروجين يضاف إليها قيمة pH النفايات في حالات اقتراح طريقة التحويل إلى سماد.

ويظهر الجدول (3-1) التحليل الكيميائي العام للمخلفات الصلبة المنزلية لدول شرق البحر الأبيض المتوسط. وتجدر الإشارة إلى أن هذا التحليل يخص الجزء العضوي من كتلة النفايات الصلبة، لذلك غالبا ما يتم فرز الجزء غير العضوي من كتلة النفايات عندما يصار إلى كتابة الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات الصلبة.

ب- محتوى الطاقة ونسبة المادة الخاملة (الرماد): إن محتوى طاقة النفايات الصلبة (Energy Content) هو مقدار الطاقة التي يمكن استخلاصها من كيلوغرام واحد من النفايات أثناء الحرق، ومن الواضح أن كمية الطاقة التي يمكن استخلاصها من الجزء العضوي القابل للاحتراق اكبر بكثير من تلك التي يمكن استخلاصها من عناصر النفايات غير القابلة للاحتراق .

أما نسبة المادة الخاملة أو ما يسمى بالرماد (Percent of Inert Residue) في عينة النفايات الصلبة فهو باقي الاحتراق بالدرجة ^{o}C 950، أما الجزء المتطاير من هذه العينة في هذه الدرجة فيسمى بالمادة المتطايرة. ويمكن اعتماد نسبة المادة الخاملة في عناصر النفايات الصلبة بعد الاحتراق ومحتوى الطاقة لكل من هذه العناصر الواردة في الجدول (4-1).

الجدول (3-1):التحليل الكيميائي العام للنفايات الصلبة المنزلية لدول شرق البحر الأبيض المتوسط.

العنصر	النسبة المئوية	العنصر	النسبة المئوية	العنصر	النسبة المئوية
كربون C	32-43	نتروجين N	1-3	فوسفور P	1-9
هيدروجين H	4-6	كبريت S	0-1	نسبة C/N	12-40
أوكسجين O	34-48	بوتاسيوم K	0-1		

الجدول (4-1) :نسبة المادة الخاملة في عناصر النفايات الصلبة بعد الاحتراق ومحتوى الطاقة لكل منها.

العنصر	حدود النسبة المئوية للمادة الخاملة المتبقية %	النسبة المئوية للمادة الخاملة المتبقية النموذجية،%	حدود محتوى الطاقة kJ/kg	محتوى الطاقة النموذجي kJ/kg
1-عناصر عضوية				
-فضلات غذائية	2-8	5.0	3450-6950	4650
-ورق	4-8	6.0	11600-18600	16750
-كرتون	3-6	5.0	13950-17450	16285
-بلاستيك	6-20	10.0	27900-37200	32565
-منسوجات	2-4	2.5	15100-18600	17450
-مطاط	8-20	10.0	20900-27900	23250
-جلد	8-20	10.0	15100-19750	17450
-مخلفات حدائق	2-6	4.5	2300-18600	6500
-خشب	0.6-2	1.5	17450-19750	18600
2-عناصر غير عضوية				

–زجاج	96-99	98	115-230	140
–علب قصدير	96-99	98	230-1150	700
–ألومنيوم	90-99	96	-	-
–معادن أخرى	94-99	98	230-1150	700
–رماد	60-80	70	2300-11600	7000
3–نفايات بلدية	-	-	9300-13950	11600

ويمكننا الجدول السابق من حساب الطاقة التي يمكن استخلاصها من كيلو غرام واحد من عينة النفايات الصلبة بحالتها الطبيعية؛ أي الرطبة E^P ولحساب محتوى الطاقة للعينة في الحالة الجافة؛ أي بعد إزالة رطوبتها نستخدم العلاقة الآتية :

$$E^d = \frac{1}{1-M}.E^p \qquad (1\text{-}3)$$

حيث: M: الرطوبة النسبية للعينة، %.

E^P : محتوى الطاقة في العينة الرطبة، kJ/kg.

E^d: محتوى الطاقة في العينة الجافة، kJ/kg.

كما يمكننا حساب محتوى الطاقة للعينة بعد احتراقها من العلاقة الآتية :

$$E^r = \frac{1}{1-M-A}.E^p \qquad (1\text{-}4)$$

حيث E^r : محتوى الطاقة في العينة بعد الاحتراق kJ/kg.

A : النسبة المئوية للرماد المتبقي بعد الاحتراق من الكتلة الكلية للعينة ، %.

ج– التحليل الكيميائي الحدي(التفصيلي) للنفايات الصلبة: يعطي التحليل الكيميائي التفصيلي للنفايات الصلبة (Ultimate Chemical Analysis of Solid Waste) كمية كل عنصر كيميائي في جميع عناصر النفايات الصلبة كل على حدة. ويمكننا الاعتماد على الجدول (1-5) في تحديد التحليل الكيميائي التفصيلي للنفايات الصلبة. ويفيدنا هذا التحليل في اشتقاق الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات والتي نستخدمها خلال الدراسات التقنية والاقتصادية لتكنولوجيا معالجة النفايات الصلبة.

الجدول (1-5): تحديد التحليل الكيميائي التفصيلي للنفايات الصلبة.

عناصر النفايات الصلبة	النسبة الوزنية					
	C	H	O	N	S	A
فضلات الطعام:						
دهون	73	11.5	14.8	0.4	0.1	0.2
فضلات غذائية (خليط)	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5
فضلات فواكه	48.5	6.2	39.5	1.4	0.2	4.2
فضلات لحوم	59.6	9.4	24.7	1.2	0.2	4.9
منتجات ورقية						

كرتون	43	5.9	44.8	0.3	0.2	5
مجلات	32.9	5	38.6	0.1	0.1	23.3
صحف	49.1	6.1	43	< 0.1	0.2	1.5
ورق(خليط)	43.4	5.8	44.3	0.3	0.2	6
كرتون مشمع	59.2	9.3	30.1	0.1	0.1	1.2
منتجات بلاستيكية:						
بلاستيك خليط	60	7.2	22.8	-	-	10
بولي ايتيلين P.E	85.2	14.2	-	< 0.1	< 0.1	0.4
بوليستيرين P.S.	87.1	8.4	4.0	0.2	-	0.3
بولي فينيل الكلوريد P.V.C	45.2	5.6	1.6	0.1	0.1	2
نسيج	48	6.4	40	2.2	0.2	3.2
مطاط	69.7	8.7	-	-	1.6	20
جلد	60	8	11.6	10	0.4	10
أخشاب:						
مخلفات حدائق	46	6	38	3.4	0.3	6.3
أغصان خضراء	50.1	6.4	42.3	0.1	0.1	1
خشب قاس	49.6	6.1	43.2	0.1	< 0.1	0.9
خشب خليط	49.5	6	42.7	0.2	< 0.1	1.5
رقائق خشبية	48.1	5.8	45.5	0.1	< 0.1	0.4
زجاج	0.5	0.1	0.4	< 0.1	-	98.9
معادن خليط	4.5	0.6	4.3	< 0.1	-	90.5
دهانات ، زيوت	66.9	9.6	5.2	2	-	16.3
عناصر النفايات الصلبة البلدية	النسبة الوزنية %					
	C	H	O	N	S	A
عناصر عضوية:						
فضلات غذائية	48	6.4	37.6	2.6	0.4	5
ورق	43.5	6	44	0.3	0.2	6
كرتون	44	5.9	44.6	0.3	0.2	5
بلاستيك	60	7.2	22.8	-	-	10
نسيج	55	6.6	31.2	4.6	0.15	2.5
مطاط	78	10	-	2	-	10
جلد	60	8	11.6	10	0.4	10

مخلفات حدائق	47.8	6	38	3.4	0.3	4.5
خشب	49.5	6	42.7	0.2	0.1	1.5
عناصر غير عضوية:						
زجاج	0.5	0.1	0.4	< 0.1	-	98.9
معادن	4.5	0.6	4.3	< 0.1	-	90.5
رماد، آجر...	26.3	3	2	0.5	0.2	68

الخواص الجرثومية (البكتريولوجية) للنفايات الصلبة:

Bacteriological (bacterial) Properties of Solid Wastes

تعد النفايات وسطاً مناسبا لتكاثر عدد هائل من الميكروبات الممرضة؛ كالعصيات التيفية والباراتيفية (نظيرة التيفية)، والمتحولات الزحارية، والكوليرا .... الخ، فضلاً عن بيوض الديدان المعوية، والإسكارس...الخ، وكذلك تعد مكاناً لنمو عدد كبير من الذباب والبعوض والحشرات ... الخ.

مسألة –1–:

إذا كان لدينا عينة من النفايات الصلبة البلدية وزنها 100 kg ذات تركيب مورفولوجي مبين في الجدول الآتي:

العنصر	فضلات غذائية	ورق	كرتون	بلاستيك	مخلفات حدائق	أخشاب	قصدير (علب)	المجموع
نسبة الكتلة %	15	45	10	10	10	5	5	100%

والمطلوب:1–تحديد الوزن الجاف للعينة والرطوبة النسبية لها

2–تحديد كثافة العينة

3–تحديد محتوى الطاقة للعينة الرطبة، فالجافة، ثم المحترقة حتى الوصول إلى الرماد وذلك بفرض نسبة المادة الخاملة (الرماد) 5% من الكتلة العامة .

الحل: ننشئ جدولا حسابيا لتحديد كل من الوزن الجاف للعينة، والكثافة، ومحتوى الطاقة، والصيغة الكيميائية التقريبية بالاعتماد على الجداول (1-2)،(1-4)، (1-5).

العنصر	نسبة الكتلة %	الوزن الرطب kg	الوزن الجاف kg	الحجم m^3	الطاقة kJ	الوزن الرطب للجزء العضوي kg
1	2	3	4	5	6	7
فضلات غذائية	15	15	4.5	0.025	69750	15
ورق	45	45	42.3	0.529	753750	45
كرتون	10	10	9.5	0.200	163000	10
بلاستيك	10	10	9.8	0.154	325650	10
مخلفات حدائق	10	10	4	0.095	65000	10
أخشاب	5	5	4	0.021	93000	5
علب قصدير	5	5	4.9	0.056	3500	-
المجموع	100	100	79	1.107	1474000	95

الوزن الجاف للجزء العضوي kg	الكربون C	الهيدروجين H	الأوكسجين O	الآزوت N	الكبريت S	الرماد A
8	9	10	11	12	13	14
4.5	2.16	0.29	1.63	0.12	0.02	0.32
42.3	18.4	2.54	18.61	0.13	0.08	2.54
9.5	4.18	0.56	4.24	0.03	0.02	0.48
9.8	5.88	0.71	2.33	-	-	0.98
4	1.91	0.24	1.52	0.14	0.01	0.18
4	1.98	0.24	1.71	0.01	-	0.06
-	-	-	-	-	-	-
74.1	34.51	4.58	30	0.43	0.13	4.47

بالاعتماد على نتائج العمود /4/ في الجدول السابق وبتطبيق العلاقة (2-1) نجد الرطوبة النسبية للعينة :

$$M = \frac{a-b}{a}.100 = \frac{100-79}{100}.100 = 21\%$$

وبالاعتماد على نتائج العمود /5/ وبتطبيق علاقة الكثافة نجد أن كثافة عينة النفايات تساوي:

$$D = \frac{100}{1.107} = 90.33 kg/m^3$$

وبالاعتماد على نتائج العمود/6/ نجد محتوى الطاقة للعينة الرطبة :

$$E^P = 1474000/100 = 14740 kJ/kg$$

بتطبيق العلاقة (3-1) نجد محتوى الطاقة للعينة الجافة :

$$E^d = \frac{1}{1-M}.E^P = \frac{1}{1-0.21}.14740 = 18658 kJ/kg$$

بتطبيق العلاقة (4-1) نجد محتوى الطاقة لعينة المحترقة حتى الوصول إلى رماد :

$$E^r = \frac{1}{1-M-A}.E^P = \frac{1}{1-0.21-0.05}.14740 = 19919kJ/kg$$

نوجد الرطوبة في الجزء العضوي للعينة (بعد استثناء علب القصدير من كتلة النفايات) من نتائج العمودين /7/ و/8/ :

$$W = 95-74.1 = 20.9kg$$

نحول الرطوبة إلى عناصرها الأساسية بالاعتماد على معادلة تشكل الماء :

$$H_2 + O \rightarrow H2O$$

..2.....16.....18

...Y.....X.....20.9

وبالتالي فان كمية الأوكسجين الإضافية الناتجة عن رطوبة الجزء العضوي:

$$X = 20.9.16/18 = 18.58kg$$

وكمية الهيدروجين الإضافية الناتجة عن رطوبة الجزء العضوي :

$$Y = 20.9.2/18 = 2.32kg$$

إذا بالاعتماد على نتائج الأعمدة /14-9/ وبإضافة عناصر رطوبة نحصل على التحليل الكيميائي العام الوارد في الجدول الحسابي الآتي، والمخصص لتحديد الصيغة الكيميائية التقريبية لكتلة النفايات :

العنصر	الوزن، kg	النسبة الوزنية للعناصر %،	الوزن الذري g/mole	عدد المولات moles	النسبة المولية بوجود الكبريت S=1	النسبة المولية من دون كبريت N=1
C	34.51	36.3	12.01	2873	718.2	92.7
H	6.9	7.3	1.01	6832	1708	220.4
O	48.58	51.1	16	3036	759	97
N	0.43	0.5	14.01	31	7.8	1
S	0.13	0.1	32.06	4	1	0
A	4.47	4.7	-	-	-	-
المجموع	95.02	100%				

وبالاعتماد على نتائج جدول الحساب السابق نوجد الصيغة الكيميائية التقريبية بوجود الكبريت:

$$C_{7182}H_{1708}O_{759}N_{7.9}S$$

أما الصيغة الكيميائية التقريبية من دون كبريت :

$$C_{92.7}H_{2204}O_{97.9}N$$

وبطريقة مشابهة يمكننا إيجاد الصيغ الكيميائية التقريبية السابقة بحذف الماء من كتلة النفايات الصلبة .

مسألة -2-:

احسب وزن الهواء اللازم لحرق طن واحد من النفايات الصلبة ذات الصيغة الكيميائية التقريبية $C_{50}H_{100}O_{40}N_4S$ وذلك حتى الوصول إلى احتراق كامل للنفايات، بافتراض تحول كامل الكربون إلى غاز ثاني أوكسيد الكربون.

الحل:

1- حساب الوزن الجزيئي للصيغة :

$$50 . 12 +100. 1+16. 40+14. 4+32. 1 =1428$$

2- حساب النسبة المئوية لتوزيع العناصر الأساسية في كتلة النفايات الصلبة:

$$C = \frac{50.12}{1428}.100 = 42\%$$

$$H = \frac{100.1}{1428}.100 = 7\%$$

$$O = \frac{16.40}{1428}.100 = 44{,}8\%$$

$$N = \frac{4.14}{1428}.100 = 4\%$$

$$S = \frac{1.32}{1428}.100 = 2{,}2\%$$

3-حساب الهيدروجين الحر غير المرتبط : الهيدروجين الكلي = الهيدروجين الحر + الهيدروجين المرتبط (Hydrogen in bound) .

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

..4.....32.....36

..1.....8.....9

فالهيدروجين الحر يحسب بالشكل الآتي: $H_{Free} = 7 - (44{,}8 / 8) = 1{,}4\ \%$

4- حساب كمية الهواء المطلوبة لحرق طن واحد من النفايات حرقاً كاملاً:

-احتراق الكربون : $\frac{42}{100}.10^3.11{,}52 = 4838{,}4 kg/ton$

-احتراق الهيدروجين الحر : $\frac{1{,}4}{100}.10^3.34{,}56 = 484 kg/ton$

-احتراق الكبريت: $\frac{2{,}2}{100}.10^3.4{,}32 = 95{,}04 kg/ton$

-الكمية الكلية :

$4838{,}4+484+95{,}04=5417{,}44 kg/ton=5417{,}44/1{,}2928=4190\ m^3/ton$

<u>مسألة رقم -3-:</u>

احسب حجم الهواء اللازم لأكسدة 1 ton من النفايات الصلبة ذات الصيغة الكيميائية التقريبية $C_{50}H_{100}O_{40}N$ أكسدة كاملة لتحويلها إلى كومبوست.

الحل:

$$C_{50}H_{100}O_{40}N + 54.25O_2 \rightarrow 50CO_2 + 48.5H_2O + NH_3$$

...1354.....1736.....17

...1000.....X.....Y

وبالتالي: $X = 1282kg/ton$ و $Y = 12.56kg/ton$

$$NH_3 + 2O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

17.....64

12.56...Z

وبالتالي: $Z = 47.3kg/ton$

كمية الأوكسجين اللازمة:

$$1282 + 47.3 = 1329.3kg/ton$$

كمية الهواء اللازمة:

$$M = \frac{1329,3.100}{23,15} = 5742kg/ton$$

حجم الهواء اللازم:

$$V = \frac{5742}{1.2928} = 4442m^3/ton$$

إدارة النفايات الصلبة SOLID WASTE MANAGEMENT

ظهرت النفايات الصلبة مع ظهور الإنسان الأول إلا أنها لم تتفاقم بشكل كبير إلا بعد التزايد الكبير للكثافة السكانية والتطور الحضاري الهائل للمجتمعات البشرية. لذلك كان لابد للإنسان من التدخل في عمليات تدبير النفايات الصلبة ومعالجتها بشكل علمي سليم، نظراً **للمخاطر الصحية والبيئية لهذه النفايات** والتي نذكر منها :

1-مخاطر على الصحة العامة للسكان ناجمة عن تكاثر نواقل المرض: سيؤدي تراكم النفايات الصلبة بما تحويه من مواد قابلة للتعفن والتخمر إلى تراكم أعداد هائلة من نواقل المرض كالذباب والحشرات الأخرى والصراصير والفئران، والتي تجد في النفايات الصلبة مكاناً مناسباً لنموها وتكاثرها، ومصدراً مستمراً لغذائها. وقد أكدت الأبحاث العلمية أن زوجاً واحداً من الذباب يمكنه أن ينتج ملايين الذباب في المدة ما بين آذار وأيلول من العام نفسه، وهي قادرة على نقل أكثر من 42 مرضاً للإنسان والحيوان، وأنه لو ترك زوج واحد من الفئران للتناسل لمدة ثلاثة سنوات لأنتج 3.5 مليون فأر تنقل عديداً من الأمراض إلى الإنسان وتدمر جزءاً كبيراً من غذائه.

2- انتشار الحيوانات الضالة كالكلاب والقطط التي تسبب عدداً من الأمراض المعدية.

3- انتشار القاذورات والروائح الكريهة التي تؤثر بشكل كبير في النواحي الجمالية والسياحية والعامة للمنطقة، مما ينعكس سلباً على الروح المعنوية للسكان.

4-تصاعد الغبار المحمل بالنفايات وإعاقة حركة المرور نتيجة تراكم النفايات على أطراف الشوارع والساحات العامة.

5-إمكانية نشوب الحرائق التلقائية أو تلك التي تنشب بفعل بعض المواطنين بهدف التخلص من الروائح الكريهة، وكلتا الحالتين تؤديان إلى تلوث الهواء بالغازات والأبخرة التي تسبب التهاب العيون، والجهاز التنفسي للإنسان.

6-مخاطر صحية على الأولاد وهم الأكثر عرضةً للأضرار الناجمة عن تراكم النفايات الصلبة في الشوارع، وذلك بحكم نشاطهم ولعبهم في الشوارع وخصوصاً في البلدان النامية.

7-مخاطر صحية على الأشخاص الذين تتعرض أجسامهم للتماس المباشر مع النفايات الصلبة (نابشي القمامة،عمال الجمع)، حيث تنتشر بينهم أمراض العيون والجلد الجهاز التنفسي.

8-تلوث المياه السطحية والجوفية بالعصارة الناتجة عن تحلل النفايات الصلبة، فضلاً عن تلوث التربة بالملوثات المختلفة الموجودة في النفايات الصلبة.

9-تلوث الهواء بالغازات المختلفة الناتجة عن عمليات تحلل النفايات الصلبة.

هكذا أخذت مشكلات النفايات الصلبة تنال اهتماماً دولياً، ولم يعد رمي النفايات الصلبة بشكل مكشوف في الطرق والساحات العامة حلاً لتجميع هذه النفايات، فأصبحت عمليات التخزين والتجميع تتم باستخدام حاويات مغلقة، وتطور نقل النفايات من عربات تجرها الحمير والبغال إلى النقل باستخدام السيارات ذات التحميل والتفريغ الآلي المجهزة بآليات كبس النفايات، وتطورت طرائق المعالجة من طرائق للتخلص من النفايات بإلقائها في البحر أو في مقالب مكشوفة إلى طرائق متقدمة للاستفادة من مكونات هذه النفايات وعناصرها للحصول على الطاقة والغاز الحيوي، واسترداد المواد المفيدة منها ...الخ.

وترتبط مشكلة النفايات الصلبة بعدد من الأمور المترابطة فيما بينها وهي:

- زيادة معدل الطرح اليومي للفرد، والحجم العام للنفايات الصلبة .
- زيادة تعقيد مواصفات النفايات الصلبة باحتوائها على كميات أكبر من العناصر الخطرة ايكولوجياً.
- زيادة تشدد القوانين الحكومية الخاصة بالتعامل مع النفايات الصلبة.
- زيادة معارضة السكان للطرائق التقليدية في معالجة النفايات الصلبة.
- زيادة تعقيد اقتصاد إدارة النفايات الصلبة .

الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة

Integrated Solid Waste Management

إن مفهوم إدارة النفايات الصلبة هو مفهوم واسع يشمل عمليات جمع النفايات الصلبة ونقلها وترحيلها والانتفاع بعناصرها، متضمناً أيضاً عمليات معالجة النفايات الصلبة، والإجراءات الخاصة بتخفيض كميتها.

وبما أن خدمات إدارة مشروعات النفايات الصلبة، إحدى أكثر الخدمات الحضرية كلفةً، حيث تصرف مليارات الدولارات سنوياً في الدول الصناعية للتخلص من النفايات الصلبة وأضرارها البيئية، إلا أن أكثر من نصف هذه المبالغ تدفع على عمليات حفظ النفايات الصلبة وجمعها وترحيلها، لذلك لا بد من الإدارة المثلى لهذه المشروعات بغية تخفيف كلفة هذه الخدمات مع المحافظة على الوضع البيئي والصحي الجيد من خلال برامج متكاملة لإدارة النفايات الصلبة .

تبدأ برامج حل مشكلات النفايات الصلبة من خلال تغيير النظرة إلى النفايات الصلبة؛ فهي ليست مادة وإنما خليط مصطنع للمواد المختلفة، حيث تجتمع المواد المفيدة مع المواد غير المفيدة، والمواد السامة مع المواد غير السامة، والمواد القابلة للاحتراق مع المواد صعبة الاحتراق، ولا نفاجئ بحصولنا على خليط غير مفيد سام وصعب الاحتراق. وتتلخص النظرة غير التقليدية إلى مشكلة النفايات الصلبة في أنه بقدر ما تكون عملية ضبط المواد القادمة إلى موقع التخلص النهائي سهلة تكون عملية وصولها إلى البيئة المحيطة من هذه المواقع سهلة أيضاً. وبالتالي فإن أحد أهم مبادئ برامج حل مشكلات النفايات الصلبة تتلخص في أن النفايات الصلبة تتركب من عناصر مختلفة لا يفترض خلطها مع بعضها بعضاً، ويجب الانتفاع بها منفصلة عن بعضها بعضاً بأكثر الطرائق ملائمةً من الناحيتين الاقتصادية والايكولوجية.

تقترح هذه البرامج استخدام الطرائق التقليدية في معالجة الجزء غير المناسب للانتفاع من النفايات الصلبة، فضلاً عن ضرورة اتباع الإجراءات المناسبة لتخفيض كمية النفايات الصلبة، وللاستفادة منها كمصدر ثان للمواد الأولية.

أولويات البرامج المتكاملة لإدارة النفايات الصلبة:

أولاً: تقليص النفايات الصلبة من مصادر تشكلها:

يقصد بذلك تخفيض كمية النفايات الصلبة، أو تخفيض سميتها أو الاثنتين معاً وذلك من خلال:

- ترشيد استهلاك المواد الأولية

- زيادة العمر الاستثماري للسلع المنتجة
- تخفيض كمية المواد المستخدمة في تعليب وتغليف السلع الاستهلاكية

ثانياً: الاستفادة من النفايات الصلبة كمصدر ثانٍ للمواد الأولية:

1-الاستفادة من عناصر النفايات الصلبة البلدية القابلة للاسترداد وإعادة التصنيع:

هناك عدد من عناصر النفايات الصلبة البلدية يمكن إعادة تصنيعها نذكر منها:

- الزجاج: يجري إعادة تصنيع الزجاج المسترد بحالة جيدة عن طريق طحنه وإعادة صهره ليعاد استخدامه من جديد.
- العبوات الفولاذية والألومينية: تُعد عمليات تدوير العبوات الفولاذية والألومينية أكثر عمليات التدوير ربحاً.
- الورق: يجري استخدام النفايات الورقية المخلوطة أو ذات النوعية المنخفضة لإنتاج الورق والمحارم والكرتون.
- النفايات البلاستيكية: تظهر النفايات البلاستيكية في كتلة النفايات البلدية ضمن سبعة أنواع:



أنواع النفايات البلاستيكية الموجودة ضمن كتلة النفايات الصلبة البلدية.

وهناك عدة برامج أعدت لتحسين إعادة استخدام كثير من عناصر النفايات الصلبة مثل Door step milk ، حيث تقوم الشركات الموزعة للحليب إلى المنازل بجمع العبوات الفارغة مباشرةً من المنازل، وإعادة استخدامها مرةً أخرى بعد التعقيم، وبرنامج(Tier trade) حيث تقوم الشركات المصنعة للإطارات بدفع ثمن الإطارات المستهلكة للسائقين لتقوم بإعادة تصنيعها بدلاً من رميها، وبرامج كثيرة أخرى.

بينت الخبرات المتراكمة في هذا المجال أن **نجاح برامج فرز النفايات الصلبة من المصدر مشروط بعدة أمور**:

- دراسة السوق المتوافرة لتصريف هذه المنتجات وتطوير هذه السوق.
- البدء من خلال البرامج التجريبية التي تسمح باكتساب الخبرات اللازمة.
- محاولة جذب السكان للمشاركة في هذه البرامج.
- وضع هدف واضح للبرنامج.

2- الاستفادة من مكونات النفايات الصلبة الصناعية كمصدر ثانٍ للمواد الخام:

3- اختيار طريقة المعالجة الأنسب ومحاولة الاستفادة قدر الإمكان من نواتجها:

أساليب جمع النفايات الصلبة المنزلية من المناطق السكنية:

هناك عدة أساليب لجمع النفايات الصلبة المنزلية من المناطق السكنية تختلف عن بعضها بحجم العمل المطلوب من ساكن المنزل وهي :

1- الجمع من نقاط الحفظ الجماعي:

يتسم هذا الأسلوب بالسهولة والكلفة المتدنية، إلا أن قسما كبيرا من النفايات المنزلية سوف يلقى في الشوارع المؤدية لنقاط الحفظ الجماعي هذه في حالات تباعدها الكبير، وذلك بسبب تكاسل السكان البعيدين عن هذه النقاط من إيصال نفاياتهم إليها، مما يزيد بشكل كبير من تكاليف تنظيف الشوارع.

2-الجمع من المربع السكاني:

تقوم سيارة الجمع طبقا لهذا الأسلوب بالسير في طريق محدد وثابت وعلى مراحل منتظمة مرة كل يومين أو كل ثلاثة أيام، وتتوقف السيارة عند كل مفترق وتدق جرسا يدعو سكان الحي إلى حمل قمامتهم بأنفسهم إلى السيارة وتسليمها إلى العمال لتفريغها وإعادتها. يتميز هذا الأسلوب بأنه يحافظ على الشوارع نظيفة إلا أن التخلف عن موعد السيارة أو الغياب خارج المنزل في هذا الوقت يعني تراكم النفايات في المنزل حتى الموعد الجديد للسيارة.

3-الجمع من حافة الرصيف:

يحتاج هذا الأسلوب إلى خدمة منتظمة، ومواعيد عمل دقيقة للغاية، حيث يقوم السكان بوضع أوعيتهم على الرصيف قبل مواعيد التجميع، ويسترجعونها بعد إتمام التفريغ، إلا أن سرقة هذه الأوعية، أو عبث الأولاد بها بسبب تكاسل السكان في استرجاع أوعيتهم بسرعة بعد التفريغ يسيء إلى الناحية الجمالية للشوارع، لذلك يفضل في هذا الأسلوب استخدام الأكياس البلاستيكية بدلاً من استخدام الأوعية القابلة للتنظيف وإعادة الاستخدام. يفضل أن يتم الجمع بهذا الأسلوب يومياً بدلاً من الجمع مرة واحدة أو مرتين في الأسبوع كما في الولايات المتحدة الأمريكية.

4-الجمع من باب إلى باب:

لا يقوم صاحب البيت بأي دور في هذا الأسلوب من الجمع، حيث يقوم عامل الجمع بالدخول إلى حديقة المنزل أو ساحته، أو يطرق بابه ليحمل وعاء النفايات إلى السيارة لتفريغه وإعادته. وهذا الأسلوب مكلف في حالات التجميع على مراحل متقاربة، حيث إن السيارة تفقد جزءاً كبيراً من إنتاجيتها مما يفرض تخفيض تواتر عملية الجمع، وذلك ما يجعل هذه الطريقة غير مناسبة للمناطق الحارة .

خطوط سير الجمع (مسالك سيارات الجمع):

إن خطوط سير الجمع تصف حركة السيارات أثناء تنفيذها لعملية جمع النفايات الصلبة منذ بداية إقلاعها من المرآب وحتى عودتها إليه في نهاية العمل. يتم على مسالك الجمع تحديد بداية الجمع ونهايته واتجاه حركة السيارة مع التوضيح الكتابي لأسماء مناطق التخديم للرحلة الواحدة للسيارة، ويجري عادةً وضع مخطط تفصيلي لأوقات الحركة بحيث يمكن تحديد موقع السيارة أثناء العمل، وزمن وصولها إلى مكان التفريغ، وزمن إرسالها إلى الرحلة التالية.

حتى نقوم بوضع خط سير الجمع ومخطط حركة السيارة لابد من توافر المعطيات الآتية:

1-معلومات تفصيلية عن المشروع المخدم: والمقصود بذلك معدلات تراكم النفايات الصلبة، وحجوم هذه النفايات الأسبوعية، وتواتر عملية الجمع، وعدد الحاويات المطلوبة وسعاتها وأماكن وضعها، وطبيعة اقتراب السيارة منها، وكذلك الإضاءة حول هذه الحاويات.

2-معلومات معمارية لمنطقة المشروع تبين مخطط القطاعات السكنية والمساحات حولها.

3-معلومات عن نظام عمل الطرق في المنطقة: ويتضمن ذلك قواعد الحركة على الطرق، وكثافة الحركة عليها، وتفرعاتها الداخلية.

4-معلومات متعلقة بالمؤسسات المسؤولة عن عملية الجمع: وتتضمن هذه المعلومات أنواع المركبات والسيارات المتوافرة لدى هذه المؤسسات، وحجم الطاقم العمالي الذي يمكن تأمينه، فضلاً عن الأنظمة الداخلية لهذه المؤسسات.

يجري **وضع خط سير الجمع** ومخططات حركة الآليات من قبل اختصاصيي النفايات الصلبة، وذلك عن طريق الخطأ والصواب أو بالاستخدام الرياضي لنمذجة عملية جمع النفايات الصلبة، **ويجب خلال ذلك مراعاة** ما يأتي:

1- أن يكون خط سير الجمع مستمراً، وأن يكون مرور السيارة أكثر من مرة في الشارع نفسه أقل ما يمكن.

2- أن تحدد بداية خط سير الجمع الصباحي أقرب ما يمكن إلى المرآب عندما يبدأ يوم عمل السيارة من المرآب.

3- أن يتجه خط سير الجمع قدر الإمكان نحو مكان التخلص النهائي؛ أي أن تكون الحاوية الأخيرة أقرب ما يمكن إلى مكان التخلص النهائي.

4- تجميع النفايات في الشوارع ذات الازدحام الكبير جداً، وكذلك الشوارع ذات حركة المشاة الكبيرة جداً قبل ساعات الذروة.

5- تجميع النفايات من الشوارع ذات الانحدار الكبير (% 15-12) باتجاه موافق لميل هذه الشوارع.

6- استخدام -ما أمكن- الأكواع اليمينية إلى الشوارع الفرعية في القطاعات السكنية، وذلك لتجنب التقاطع مع الحركة المقابلة للسير، أو المناورة على التقاطعات المتصالبة.

7- تجميع نفايات المناطق التي تولد أكبر كمية من النفايات خلال الجزء الأول من النهار.

يجب أن تتم متابعة خطوط سير الجمع، ومخطط عمل الآليات باستمرار أثناء عملية الاستثمار، وكذلك لا بد من متابعة التغيرات التي تطرأ على الظروف المحلية مثل:

1-ازدياد كمية النفايات المتشكلة أو انخفاضها.

2-تغير تركيب المشاريع المخدمة.

3-تغير ظروف الحركة على القطاع المخدم؛ كتغير حركة السير على أحد الطرق، أو تغير نظام الجمع، أو نوعية آليات الجمع.

مقرر حماية البيئة – السنة الخامسة

المحاضرة الثالثة

الدكتور المهندس بسام العجي

قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق

Solid Waste Treatment

معالجة النفايات الصلبة

3-2023

DAMASCUS UNIVERSITY

CIVIL ENGINEERING FACULTY

Sanitary and environmental engineering

Prof. Dr. Eng. Bassam Al Aji

METHODS OF SOLID WASTE TREATMENT (SANITARY LANDFILL - COMPOSTING - INCINERATION METHOD), HAZARDOUS SOLID WASTES

طرائق معالجة النفايات الصلبة

METHODS OF SOLID WASTE DISPOSAL

يمكننا تصنيف طرائق معالجة النفايات الصلبة البلدية كما يأتي:

1-طرائق بدائية في التخلص من النفايات الصلبة.

2-طرائق تقليدية لمعالجة النفايات الصلبة.

3-طرائق حديثة لمعالجة النفايات الصلبة.

الطرائق البدائية في التخلص من النفايات الصلبة

تقوم هذه الطرائق بالتخلص من النفايات الصلبة بشكل غير مدروس ومن دون الانتفاع بعناصرها أو بمنتجات معالجتها. تُعد الطرائق البدائية بمجملها مرفوضة، ولم تعد تُعتمد في الوقت الحالي؛ نظراً لمشكلاتها البيئية والصحية المختلفة.ولم تستخدم هذه الطرائق قديماً لجميع أنواع النفايات الصلبة. ونذكر من هذه الطرائق:

A. **المقالب غير المراقبة المكشوفة أو المغلقة:**

تعتمد هذه الطريقة على تجميع النفايات الصلبة من دون رص أو عزل في مواقع غير مراقبة هندسياً فوق الأرض أو داخل التراب، ومن دون أن يتم الانتفاع المنظم من عناصر هذه النفايات أو منتجات معالجتها.

لهذه الطريقة مساوئ كثيرة نذكر منها:

- انتشار الأوبئة والأمراض في منطقة المقلب نظراً لانتشار نواقل المرض المختلفة.
- تجمع الحيوانات الضالة في منطقة المقلب.
- تلوث البيئة المحيطة بمنتجات تحلل النفايات الصلبة كتلوث الهواء بالغازات الناتجة عن عمليات تخمر النفايات الصلبة أو الناتجة عن الاحتراقات المحتملة، وتلوث المسطحات المائية السطحية والجوفية بعصارة التحلل الناتجة عن عملية التخمر للنفايات الصلبة، والتي تصل إلى هذه المسطحات مع مياه الرشح الناتجة عن الغسل المستمر لمياه الأمطار لهذه المواقع، أضف إلى ذلك تلوث الترب بالملوثات الموجودة في كتلة النفايات الصلبة.

B. **إلقاء النفايات الصلبة في المجاري المائية والبحار:**

حُرّمت هذه الطريقة من قبل المنظمات الدولية المسؤولة عن البيئة، ووضعت قوانين صارمة تمنعها، إلا أنه لا تزال تجري عمليات خرق هذه القوانين من قبل بعض الشركات الصناعية، وخصوصاً في المناطق الساحلية التي تفتقر إلى المساحات الكافية الرخيصة من الأراضي لردم النفايات الصلبة، ولذلك تقوم هذه الشركات بنقل النفايات إلى البحر بواسطة سفن خاصة ليتم إلقائها في المناطق البعيدة عن الشاطئ والتي تزيد الأعماق فيها عن 25 m . لا يمثل إلقاء النفايات الصلبة في البحار أو المحيطات تخلصاً حقيقياً من هذه النفايات فكثير من المواد الخفيفة الموجودة ضمن كتلة النفايات الصلبة تعود إلى الشواطئ بفعل الرياح والأمواج مسببةً كثير من المضايقات للمدن الساحلية ولشواطئ الاصطياف وتسبب خطراً كبيراً على التوازن البيئي في الأوساط البحرية ويؤدي اتهام بعض الأحياء البحرية للنفايات البوليميرية (وخصوصاً أكياس النايلون) إلى موت هذه الأحياء.

C. **الحرق العشوائي للنفايات الصلبة:**

لا يجري في هذه الطريقة الاستفادة من الطاقة الناتجة عن عملية الاحتراق، وتؤدي طريقة الحرق العشوائي إلى تلوث كبير للبيئة المحيطة، وخصوصاً تلوث الهواء بالغازات الناتجة عن عملية الاحتراق، مما حد بشكل كبير من انتشار هذه الطريقة؛ بل وضعت القوانين الصارمة للحد من استخدامها.

الطرائق التقليدية في معالجة النفايات الصلبة

تقسم الطرائق التقليدية في معالجة النفايات الصلبة بحسب المبدأ التكنولوجي المعتمد إلى طرائق حرارية كيميائية وبيولوجية وميكانيكية. ويمكن للطرائق التقليدية المتبعة أن تعتمد أكثر من مبدأ تكنولوجي واحد من المبادئ السابقة ،وأكثر الطرائق انتشاراً في الاستخدام في أغلب دول العالم هي:

- التخلص من النفايات الصلبة في مواقع الردم الصحي(تخلص بيولوجي ميكانيكي).
- الحرق المنظم للنفايات الصلبة –ترميد (تخلص حراري).
- تحويل النفايات الصلبة إلى كومبوست (تخلص بيولوجي).

i. طرائق الردم الصحي:

هناك عدد من طرائق الردم الصحي نذكر منها:

a) **طريقة الفرش السطحي (طريقة المساحة**– Area Method):

تعتمد هذه الطريقة عندما تكون منطقة موقع الردم الصحي غير صالحة للحفر وإنشاء الخنادق فيها. تفرش النفايات الصلبة في هذه الطريقة على مقاطع طولية فوق سطح الأرض، تجري تغطيتها اليومية بطبقة عزل ترابية تُجلب من أراض مجاورة بواسطة آليات نقل التربة. يتراوح عرض الخلية اليومية من 2.5-6 m ، بينما يتعلق طولها بالعمق المقترح لها.

b) **طريقة الخنادق**(Trench Method):

تستخدم هذه الطريقة في المناطق التي تتوافر فيها مادة العزل الترابية بعمق مناسب بعيداً عن المستوى الأعظمي للمياه الجوفية. يمكن تجميع النفايات الصلبة على أحد أطراف الخندق لتشكل حاجزاً ثم ترمى في الخندق وترص، أو أن يجري استقبال النفايات الصلبة مباشرةً من سيارات الجمع إلى الخندق المحفور. يجري الاستفادة من تربة الخندق نفسه لأغراض العزل المرحلي والنهائي للموقع ،ويفضل الاحتفاظ بالتربة الزراعية العلوية للخنادق لاستخدامها كتربة عزل نهائي للموقع.

c) **طريقة الميل** (Ramp Method):

تستخدم هذه الطريقة وسيلة للجمع بين طريقتي المساحة والخنادق في تنفيذ مواقع الردم الصحي، وذلك في حالات توقع الحصول على تربة العزل من الموقع ذاته وضرورة إعادة تشكيل تضاريس منطقة الموقع.

d) **طريقة المنخفضات** (Canyon / Depression Method):

تستخدم هذه الطريقة لردم النفايات الصلبة في منخفضات طبيعية كالأودية، أو في منخفضات محفورة مسبقاً لأغراض غير ردم النفايات الصلبة كالمحاجر والمناجم ...الخ. وتختلف طريقة التعامل مع مواقع الردم الصحي المنفذة بهذه الطريقة تبعاً للخواص المحلية لهذه المواقع.

e) **الردم الصحي في المناطق الرطبة** (Landfills in wetland areas):

ويقصد بالمناطق الرطبة المستنقعات، والسبخات، والبحيرات الضحلة، ومناطق المد والجزر...الخ. ويتم تقسيم هذه المواقع عادةً إلى برك صغيرة منفصلة بمساحات لا تتجاوز 1 هكتار، وذلك بإنشاء سدود من النفايات الخاملة بين هذه البرك. ثم تسحب المياه من هذه البرك وتردم كما في الطرائق السابقة. تُعد كلف تشغيل المناطق الرطبة عالية جداً مع الصعوبات الكبيرة في حماية البيئة المحيطة من التلوث المحتمل الناجم عن تراكم النفايات الصلبة في هذه المواقع.

- ***تحديد الهدف المحلي لمشاريع الردم الصحي:*** *Ultimate Use for Completed landfills*

يمكننا خلال تنفيذ مشاريع الردم الصحي، تحقيق أهدف ثانوية محلية، فضلاً عن الهدف الأساسي من إنشاء هذه المشاريع، ألا وهو التخلص من النفايات الصلبة، ومن تأثيرها الضار في البيئة المحيطة. تتعلق الأهداف الثانوية المحلية بظروف موقع الردم الصحي وبظروف المنطقة المحيطة به، ونذكر من هذه الأهداف:

أ- تعبئة المناجم والمحاجر القديمة التي تم الانتهاء من استثمارها.

ب- استصلاح المستنقعات بردم النفايات فيها.

ج- استصلاح الأراضي البور :حيث نتمكن من استثمار مواقع الردم الصحي المقامة على الأراضي البور بعد إغلاقها لبعض الأغراض الزراعية.

- ***اختيار موقع مشروع الردم الصحي***

يُعد اختيار موقع الردم الصحي من أكثر الأمور حساسيةً في مشاريع الردم الصحي، ويشترك في إجراءات هذا الاختيار ثلاثة أطراف:

1-مخططو استخدام الأراضي في المدن وإدارات التخطيط على مستوى الدولة: يقوم هؤلاء المخططون بتقديم قائمة بالمواقع المتاحة بما فيها المواقع التي يمكن تحسينها بالردم الصحي (المستنقعات، والمحاجر والمناجم القديمة ، والأراضي البور ...الخ) والتي تُعطى نسبياً درجة أولوية. يقرر هؤلاء المخططون استخدامات مواقع الردم الصحي بعد إغلاقها على المدى البعيد والمناسيب التي يجب أن يصل إليها الردم، وبالتالي التقدير الافتراضي لعمر مشروع الردم الصحي.

2-السلطات المسؤولة عن معالجة النفايات الصلبة: تقوم هذه السلطات بتقويم المواقع المختارة من حيث بعدها عن المدينة وحجمها وتوافر الطرق المؤدية إليها والقادرة على استيعاب حركة المرور الناجمة عن العمل في موقع الردم الصحي فضلاً عن مؤشرات كثيرة أخرى تؤثر في اختيار الموقع وطبيعة تشغيله.

3-السلطات المسؤولة عن المياه: تحال المواقع بعد اختيارها من قبل السلطات المسؤولة عن معالجة النفايات الصلبة إلى السلطات المسؤولة عن المياه لتقويمها من النواحي الجيولوجية والهيدروجيولوجية والهيدرولوجية.

وفي المرحلة الأخيرة يتم إجراء مقارنة للمؤشرات البيئية-الاقتصادية للمواقع المختارة، واختيار المكان الأمثل لتوضع موقع الردم الصحي آخذين بالحسبان عدم وقوع المطمر داخل المدينة بعد التوسع التنظيمي لها.

- ***العوامل التي تؤثر في اختيارنا لموقع الردم الصحي (Landfill Siting Consideration):***

توفر مساحات مناسبة من الأراضي (Available land Area):

يشترط في الموقع أن يكون ذا مساحة كبيرة ،وذلك لأن كلفة التشغيل النوعي للمواقع الكبيرة أقل منها في المواقع الصغيرة؛ لذلك يفضل أن يستوعب الموقع المختار النفايات المتولدة عن المنطقة المخدمة لمدة لا تقل عن خمس سنوات، ويمكن استخدام المواقع الصغيرة بشرط توفر المسوغات لذلك. تدخل المساحات التخديمية الملحقة بمنطقة المشروع ضمن حسابات مساحة الموقع المطلوب، وتقدر هذه المساحات بـ % 40-20 تقريباً من مساحة الردم الصحي.

مسافة النقل إلى الموقع وازدحام الحركة على الطرق المؤدية إليه:

كلما ازدادت مسافة النقل ازدادت كلفة التشغيل؛ لذلك تفضل المواقع القريبة من حدود المناطق السكنية بمسافات لا تقل عن 500 m ، مع مراعاة ضرورة قرب هذه المواقع من طرق المواصلات بمسافة لا تزيد عن 500 m وأن تتحمل هذه الطرق شدة حركة المرور المتوقعة لدى تشغيل مواقع الردم الصحي، كما يجب أن تبعد هذه المواقع عن المطارات المجاورة مسافةً لا تقل عن 10 km وذلك لما تسببه الطيور التي تنجذب إلى مواقع الردم الصحي من خطر على حركة الطائرات. لابد من دراسة التأثير البيئي لمواقع الردم الصحي في المناطق السكنية أو الصناعية (ضجيج، وغبار، وحشرات، ونفايات متطايرة...الخ) في حالات اقتراب مواقع الردم الصحي من هذه المناطق.

الوضع الطبوغرافي للموقع المختار:

إن للوضع الطبوغرافي لموقع الردم الصحي أثره الكبير في عمليات تحضير هذا الموقع وفي طبيعة تشغيله وتزويده بالآليات والتجهيزات اللازمة؛ لذلك يجب أن تتم دراسة الوضع الطبوغرافي لموقع الردم الصحي بشكل دقيق أثناء تقويمه.

الظروف المناخية للموقع المختار وهيدرولوجيا المياه السطحية:

تتضمن الدراسات المناخية المحلية لمنطقة الموقع دراسة اتجاهات الرياح السائدة، حيث لا يسمح –مثلاً– بوجود موقع الردم الصحي في اتجاه هبوب الرياح على المناطق السكنية، وكذلك دراسة الشدة المتوقعة للرياح بغية اقتراح مصدات الرياح المناسبة؛ وذلك من أجل تجنب تطاير المواد الخفيفة كالورق والأكياس. ويفضل ألا يكون موقع الردم الصحي شديد الرياح. يضاف إلى ما سبق أنه لا بد من دراسة درجات الحرارة المنخفضة، وحالات الصقيع التي يمكن حدوثها خلال فصل الشتاء، والتي تعيق عملية الحصول على تربة العزل مما يفرض ضرورة توفير مخزون احتياطي من مادة العزل في الموقع.

تدرس التصاريف المطرية لمنطقة الموقع، وكذلك حركة المياه السطحية القريبة من موقع الردم الصحي، واحتمالات الفيضانات ضمن الدراسات الهيدرولوجية للمياه السطحية، ويفضل ألا تكون منطقة الموقع شديدة الأمطار.

الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية لموقع الردم الصحي:

إن الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية لموقع الردم الصحي تعطي صورةً واضحةً عن ملائمة هذا الموقع للردم الصحي من الناحية البيئية، وكذلك عن الشروط الهندسية الواجب اتباعها أثناء الإنشاء. وتعطي التحريات الجيولوجية أيضاً فكرةً أوليةً عن إمكانية استخدام تربة الموقع كمادة للعزل في جسم المطمر، ومدى كفاية هذه التربة لعملية العزل.

التكلفة الاقتصادية لموقع الردم الصحي:

وتشمل التكلفة الاقتصادية ثمن شراء أرض الموقع مع جميع الكلف المتعلقة بتحضير الموقع وتشغيله ،وكذلك ثمن مبيع الأرض بعد إغلاق الموقع . إن ارتفاع سعر الموقع بعد إغلاقه يخفض بشكل كبير في بعض البلدان كلفة استئجار هذه المواقع ولسنوات طويلة حيث تتعدد إمكانيات استخدام مواقع الردم الصحي بعد إغلاقها (ملاعب بمختلف أشكالها، وحدائق ومتنزهات، واستراحات...الخ). ويستحسن دوماً البحث عن الأراضي الرخيصة أو تلك التي تحتاج إلى استصلاح.

- ***التحضيرات الأولية للموقع المختار:***

1- تحضير خريطة طبوغرافية للموقع بمقياس 1/1000 وبتباعد خطوط كونتور 1m، يسمح في بعض البلدان باستخدام خرائط بمقياس 1/1500 مع تباعد لخطوط الكونتور 0.5m للمواقع التي تخدم مناطق زراعية صغيرة .

2- رسم مقاطع جيولوجية بعمق أدنى قدره 4 m يجري عليها تحديد نفاذ التربة . أما في حالات وجود أنواع مختلفة من التربة فيجب إجراء مقاطع جيولوجية تصل حتى الطبقة الكتيمة مع عمق 1-1.5 m في هذه الطبقة.

تفيد المقاطع الجيولوجية في معرفة مدى الحاجة إلى إنشاء أنظمة صرف للمياه الراشحة في قعر المطمر . كما تجري عادةً دراسات مخبرية لتحديد خواص التربة أسفل الموقع.

3- تحضير خرائط هيدروجيولوجية تحدد مستوى المياه الجوفية واتجاهات تياراتها مما يفيد في تحديد العمق المسموح به للموقع تحت سطح الأرض .

4- دراسة هيدرولوجية تحمل على الخرائط الطبوغرافية تجمع فيها المعلومات الكافية عن الهطول المطري والتبخر في منطقة الموقع ومساحة المسايل الفيضانية ، ومياه الذوبانات للثلوج المتراكمة في المناطق التي تعلو الموقع في حالات وجودها .

5- تقدير حركة المرور اليومية داخل الموقع ، وتحديد عدد الآليات، وعدد العمال اللازمين للموقع .

- ***تحديد معايير التشغيل لموقع الردم الصحي:***

حدود موقع الردم الصحي :

ينشأ على حدود موقع الردم الصحي سور بارتفاع1.8 m ، وينصح باستخدام الشباك المعدنية التي تفصلها قوائم بيتونية. يجري استبدال السور بخندق ذي عمق لا يقل عن2 m في مواقع الردم الصحي القائمة على مناطق رطبة أو على مناطق منحدرة شديدة الأمطار. يمكن استبدال السور في بعض المواقع بأكوام ترابية بارتفاع لا يقل عن 3. m يجري تصميم بوابة واحدة أو حاجز

قلاب إلى الموقع وذلك في نقطة مراقبة السيارات القادمة إلى المشروع أو الخارجة منه،ولا يسمح بإنشاء بوابات غير مراقبة على سور الموقع.

إنارة موقع المشروع:

تجري إنارة مشاريع الردم الصحي بواسطة مصابيح كاشفة متوضعة على صوار بارتفاع 16-20 m، مركبة خارج حدود منطقة تراكم النفايات الصلبة. عندما يزيد ارتفاع منطقة تراكم النفايات الصلبة عن ارتفاع الصواري يجري تنفيذ الإنارة لموقع العمل على المراحل الأخيرة هذه وفق مخططات لا تدخل ضمن تركيب مخططات المشروع الأولية.

تحديد الطرق ضمن موقع الردم الصحي وآلية تنفيذها:

تحدد الطرق في مواقع الردم الصحي استناداً إلى عدد الآليات المستخدمة في هذه المواقع ونوعيتها. ويعد الطريق الرئيسي إلى موقع الردم الصحي من أهم عناصر التشغيل لهذا الموقع، حيث يجب أن يسمح هذا الطريق بالوصول بحرية إلى أبعد نقطة من الموقع وفي مختلف الظروف الجوية. يمكن للطريق الرئيسي أن يحاذي أحد جوانب الردم أو أن يكون مركزياً بحيث يخترق الموقع كاملاً. يفضل إحاطة الطريق الرئيسي من جهتيه بالسياج، ويفضل إحاطة الطرق الفرعية –قدر الإمكان– بالسياج أيضاً. يتفرع الطريق الرئيسي عن الطريق المؤدي إلى المدينة بطول لا يقل عن 60 m وذلك لتجنب تأثير الازدحام المحتمل من سيارات جمع النفايات الصلبة على حركة المرور للطريق المؤدي إلى المدينة.

العلامات والأوتاد:

يجري وضع صفين من الأوتاد مع وضع قوائم عرضية على ارتفاع الطبقة في منطقة العمل، وذلك حتى لا يتجاوز العمال العمق المطلوب للطبقة مع تقدم العمل. تساعد الأوتاد في مراقبة رص النفايات الصلبة داخل خلايا الردم، فيجب ألا يزيد عمق الطبقات المرصوصة لنصف يوم عمل عن 1. m يمكن استخدام البلدوزر كمؤشر قياس متحرك، وذلك برسم خط أبيض لامع على هيكله على ارتفاع2 m عن الأرض .الأوتاد عبارة عن أعمدة خشبية أو معدنية شاقولية، ويمكن استخدام الأوتاد المصنوعة من الخرسانة المسلحة. تقسم الأوتاد وفق تدرجات ذات تباعد قدره 0.25 m بواسطة دهان لامع.

مراقبة خطر تلوث المجمعات المائية:

تتشكل مياه الرشح (الرشاحة) في مواقع الردم الصحي من المياه الراشحة عبر كتلة النفايات الصلبة أو المتقطرة نتيجة تحلل هذه النفايات. وتشكل المياه القادمة إلى الموقع من مصادر خارجية(سيول، وأمطار ...الخ) الجزء الرئيسي من كمية الرشح الكلية؛ لذلك فإن عملية الإنشاء الهندسي السليم لمواقع الردم الصحي والعزل المناسب لها عن تأثير المياه الخارجية يخفض بشكل كبير كمية مياه الرشح الناتجة، وبالتالي كمية التلوث المتوقع للمجمعات المائية.

أظهرت التجارب الاستثمارية عدم إمكانية تشكل مياه الرشح الناتجة عن الهطولات المطرية في مشاريع الردم الصحي المنفذة في المناطق الحارة والجافة؛ أي التي لا تزيد فيها كمية الهطول المطري السنوي عن 100 mm عن كمية الرطوبة المتبخرة من السطح وذلك للنفايات ذات الرطوبة الأقل من 0.52% ، وبالتالي لا حاجة في هذه الظروف إلى التشدد في تنفيذ قاعدة موقع الردم الصحي، أي لا ضرورة لزيادة كتامة تربة القاعدة. بينما تنفذ هذه القاعدة مع أخذ إمكانية تشكل الطور السائل (المياه الراشحة) بالحسبان في الظروف المغايرة.

السيطرة على الحرائق في حالات حدوثها:

تحدث الحرائق في مواقع الردم الصحي لأسباب كثيرة أهمها:

–بقايا الرماد المشتعل المنقول ضمن حمولة سيارات جمع النفايات الصلبة.

–إلقاء أعقاب السجائر المشتعلة من قبل عمال الجمع ضمن كتلة النفايات الصلبة.

–انعكاس أشعة الشمس على قطع الزجاج الموجودة على سطح النفايات الصلبة.

يمكن تفادي هذه الحرائق التي قد تسبب فجوات داخلية تؤدي إلى انهيار السطح في حالات الحرائق العميقة عن طريق التوعية المستمرة للعمال، ومعاقبة المخالف منهم، وعدم السماح لهم مطلقاً بإشعال النار للطهي، أو للتخلص من النفايات كبيرة الحجم كفروع الأشجار، وكذلك منع دخول العابثين بالقمامة بعد انتهاء ساعات العمل. لدى اشتعال النيران في الحرائق العميقة لا بد من الحفر أولاً لإخراج الجزء المشتعل قبل استخدام المياه في الإطفاء، وقد تحتاج الحرائق العميقة إلى استخدام البلدوزر لإخراج الجزء المشتعل.

منع تطاير الغبار والنفايات الخفيفة أثناء عمليات تشغيل موقع الردم الصحي:

يتشكل الغبار بشكل أساسي في أوقات الجفاف الطويلة مما يستدعي رش التراب بشكل دوري بالمياه أو ببعض الزيوت المستهلكة. أما تطاير النفايات الخفيفة فيحدث في المواقع ذات الرياح الشديدة، والتي تُطمر فيها نفايات ذات نسبة كبيرة من الورق واللدائن. ويفضل، لتفادي ذلك، استخدام مصدات من الشباك بعرض 2.5 m للواحدة وبارتفاع 4-5 m ذات خلايا للشباك 40-50 mm. تُصف هذه المصدات على شكل قوس يوضع بالجهة المعاكسة لاتجاه الرياح، وتجمع النفايات المحجوزة خلف هذه المصدات بشكل منتظم، بمعدل مرة واحدة على الأقل لكل وردية.

الوقاية من الكائنات الممرضة ومكافحة نواقل المرض:

يظهر التأثير الأكبر للكائنات الممرضة على العمال الذين يتعرضون للتماس المباشر مع النفايات الصلبة ،لذلك لا بد من إلزام العمال على ارتداء الملابس الواقية(أحذية مطاطية طويلة وقفازات غير قابلة للثقب، وملابس خارجية خاصة)، وتجبر بعض الدول العمال على ارتداء أغطية للمجاري التنفسية. يجري دورياً تبديل الملابس، وغسلها بشكل دوري.

لا تظهر خطورة الحشرات في حالات استخدام العزل المرحلي إلا في حالات التنفيذ السيئ لخلايا النفايات الصلبة، أو في حالات العبث والإهمال من قبل العمال، لذلك لا بد من مراقبة هذه الأمور بشكل دائم، ورش المبيدات الحشرية عند الضرورة. في حالات استرداد بعض المواد المفيدة من كتلة النفايات الصلبة في موقع المشروع لا بد من إجراء هذه الأعمال بشكل منظم ، كما يجب ألا تتجاوز مدة تخزين هذه المواد في الموقع عن يومين مع مراعاة ضرورة رشها بالمبيدات الحشرية بشكل دوري. عندما تنجذب بعض القوارض من المناطق المجاورة إلى موقع العمل يجب المسارعة إلى القضاء عليها باستخدام السموم، واستدعاء مجموعات المكافحة الخاصة في حالات الضرورة.

تشغيل موقع الردم الصحي في حالات المطر الكثيف:

تؤدي الأمطار الغزيرة أحياناً إلى انغراز عجلات السيارات في كتلة النفايات ،لذا تزود المواقع بتجهيزات خاصة تعمل كطريق متنقل في حالات المطر الكثيف، فضلاً عن ضرورة توفر آليات مخصصة لإنقاذ السيارات في حالات انغرازها، وتترك مساحات احتياطية قريبة من الطريق الرئيسي لاستخدامها في حالات كهذه، وفي حالات الطوارئ.

- ***أنظمة السيطرة على الغازات المنطلقة من مواقع الردم الصحي:***

تهدف عملية السيطرة على حركة الغازات إلى:

-خفض الانبعاثات الغازية إلى الغلاف الجوي.

-خفض إطلاق الروائح إلى الحد الأدنى.

- خفض الهجرة الجانبية للغازات إلى الحد الأدنى.

-السماح باسترجاع الطاقة من الميتان المنطلق مع الغازات.

- ***إيجابيات طريقة الردم الصحي في معالجة النفايات الصلبة وسلبياتها:***

يجري في كثير من الأحيان اعتماد طريقة الطمر الصحي في معالجة النفايات الصلبة نظراً للمحاسن الكثيرة لهذه الطريقة، والتي نذكر منها:

1–تعدّ طريقة الردم الصحي من أكثر الطرائق التقليدية في معالجة النفايات الصلبة اقتصاداً، وخصوصاً في ظروف مشابهة لظروف بلادنا نظراً لتوافر المساحات الكافية والواسعة والرخيصة والملائمة لإقامة مواقع الردم الصحي، ونظراً لانخفاض كلف إنشاء هذه الطريقة وتشغيلها مقارنةً مع الطرائق الأخرى.

2–يمكن بهذه الطريقة استقبال جميع عناصر النفايات الصلبة البلدية، أي أنه يمكننا الاستغناء عن عمليات فرز المواد المرفوضة وفصلها، كما في الطرائق التقليدية الأخرى.

3–تُعد طريقة الردم الصحي طريقةً مرنةً للمعالجة، حيث يمكن استيعاب أحجام متفاوتة من النفايات الصلبة.

4–يجري التخلص من النفايات الصلبة بهذه الطريقة بشكل نهائي ،مع إمكانية تنفيذ هدف محلي للردم الصحي.

أما سلبيات هذه الطريقة فنذكر منها:

1–زيادة تكلفة طريقة الردم الصحي مع الزمن بسبب متطلبات قوانين السيطرة البيئية المتزايدة وبسبب أسعار الأراضي، حيث تعاني المؤسسات المسؤولة عن النفايات الصلبة من إيجاد مساحات كافية لهذه المواقع ما لم تكن مسافة النقل إليها كبيرة.

2–ضرورة التقيد بتنفيذ عملية الردم الصحي بمقاييسه الدقيقة حتى لا تتحول هذه العملية إلى ردم مكشوف.

3–اعتراض السكان القريبين من مواقع الردم الصحي على إقامة هذه المشاريع لما لهذه المشاريع من مشكلات مرتبطة بالضجيج والغبار والنفايات المتطايرة...الخ.

4–ضرورة المراقبة والإصلاح المستمرين للموقع حتى بعد إغلاقه بسنين طويلة نتيجة الهبوطات الممكنة للموقع.

5–تعارض مواقع الردم الصحي مع خطة التوسع العمراني للمناطق السكنية.

6–خطر انتشار غاز الميتان حتى بعد إغلاق الموقع بسنين طويلة جداً.

ii. حقول تحويل النفايات الصلبة إلى كومبوست:

تُعد المهمة الأساسية لمصانع معالجة النفايات الصلبة هي التخلص من هذه النفايات ومعالجتها بهدف حماية البيئة المحيطة من أخطار التلوث بها. يجري في مصانع معالجة النفايات استخلاص العناصر المفيدة من كتلة النفايات الصلبة (ورق، وزجاج، وبلاستيك...الخ) عن طريق فرزها من كتلة النفايات وإعادة استخدامها في الصناعة كمصدر ثانوي للمواد الخام، كما يتم فضلاً عن ما سبق إنتاج الكومبوست، أو الوقود العضوي الحبيبي باستخدام حقول تحويل النفايات الصلبة إلى كومبوست.

تشكل الأكوام في حقول تحويل النفايات الصلبة إلى كومبوست على ساحات مستوية كتيمة مرصوفة ببلاطات بيتونية أو إسفلتية. تشكل الأكوام بحيث توازي حركة الرياح السائدة في المنطقة وذلك لتعريضها للهواء بشكل جيد. غالباً ما تكون حقول التحويل قريبة من مواقع الردم الصحي وذلك لتأمين التخلص من النفايات الضخمة غير المتخمرة الناتجة عن المناخل. ويمكن تصميم هذه الحقول متكاملة مع مواقع الردم الصحي بغية تخفيض مساحة موقع الردم الصحي، حيث تنخفض عند ذلك مساحة مواقع الردم الصحي بحدود 6-4 مرات عن مساحة الموقع في حالات عدم وجود حقول التحويل. عند وجود حقول التحويل مع مواقع الردم الصحي متكاملة تجري دراسة أنظمة الإمداد المائي، وأنظمة التزويد بالكهرباء، وأنظمة تدوير الراشح سوياً.

يمكن أن تلحق حقول التحويل بتجهيزات حرق صغيرة أو مواقع ردم صحي محلية صغيرة وذلك في حالات عدم توافر مواقع الردم الصحي القريبة.

تصنف **النفايات الصلبة** بحسب صناعة الكومبوست إلى:

1- عناصر ضرورية لإنتاج الكومبوست: وهي المواد العضوية سهلة التحلل؛ كفضلات الطعام وبقايا الحدائق.

2- عناصر مقبولة لإنتاج الكومبوست: كالورق والمواد الخام صغيرة الحجم.

3- عناصر قابلة للاسترجاع: كالورق والزجاج والمعادن والبلاستيك والقماش...الخ، وأغلب هذه العناصر هي مرفوضات لا تفيد في عملية تحول النفايات الصلبة إلى كومبوست، فضلاً عن أنها تسيء إلى الكومبوست المنتج.

تتكون **منتجات مصانع تحويل النفايات الصلبة** إلى كومبوست من المواد الآتية:

1- مواد الذبال(الكومبوست): وهي مواد يمكن استخدامها كمحسنات للتربة نتيجة إمكانية تخفيفها للترب الثقيلة وإمكانية تحسينها لتركيب التربة الرملية الخفيفة ومساعدتها في زيادة قدرة التربة على احتفاظها بالماء وتعميق جذور النباتات في التربة، فضلاً عن تقديمها العناصر الغذائية للتربة (K, P , N).

2- مواد مسترجعة يمكن إعادة استخدامها كالزجاج والمعادن ...الخ .

3- مواد مرفوضة يجري التخلص منها بالردم غالباً .

عمليات تشكيل وتقليب الأكوام في حقول تحويل النفايات الصلبة إلى كومبوست:

يختلف المقطع العرضي للأكوام بحسب طريقة تشكيلها وتقليبها ويمكن تمييز أكثر من حالة لتشكيل الأكوام :

1–تشكيل أكوام مخروطية ثابتة وذلك عند استخدام السيور المحمولة على سقالات متحركة لنقل النفايات من مواقع المعالجة الأولية إلى ساحات تشكيل الأكوام. تجري عمليات تهوية هذه الأكوام عبر فتحات أرضية تصل المسافات بينها إلى عدة أمتار، يجري ضخ الهواء المضغوط عبرها إلى داخل الأكوام نظراً لصعوبة تقليب هذه الأنواع. أما مساوئ هذه الطريقة فهي صعوبة تأمين الرطوبة التي تنخفض بسرعة مع استمرار عمليات التخمر، وكذلك صعوبة ضخ الهواء المتوازن إلى كامل كتلة النفايات مما يؤدي إلى ظهور جيوب لا هوائية ضمن أكوام النفايات، وكذلك إطالة مدة تحلل النفايات السطحية. ولتجنب انتشار الذباب نتيجة عدم التقليب تجري عمليات تغطية الأكوام بطبقات عزل ترابية، أو بطبقة من مواد خاملة، أو بطبقة من كومبوست متخمر بسماكة 10-20 cm .

2–تشكيل أكوام بمقطع عرضي على شكل شبه منحرف وذلك عند استخدام الروافع الملقطية في نقل النفايات من مواقع المعالجة الأولية إلى ساحات تشكيل الأكوام. تقوم الروافع الملقطية عادةً بتخديم كومتين تسميان قطاعاً، يتم تزويدهما –غالباً– بالهواء بشكل صناعي.

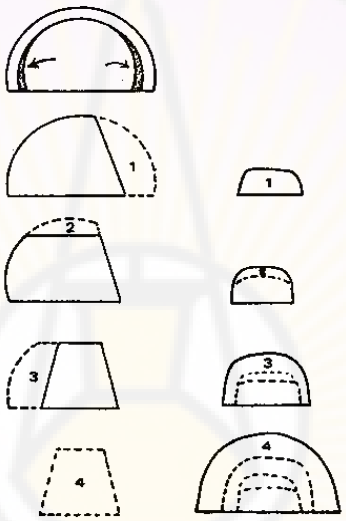
يؤخذ ارتفاع الكومة بحدود 2.5 m بطول 10-50 m، وتؤخذ قاعدة شبه المنحرف العلوية بما لا يقل عن 2m، وتؤخذ زوايا ميل وجهي شبه المنحرف 45^o، كما تؤخذ المسافة بين الأكوام الطولية المتوازية 3-6 m . ويبين الشكل (24-9) قطاعات تخمير النفايات الصلبة.

3–تشكيل أكوام بمقطع عرضي نموذجي على شكل نصف دائرة وذلك باستخدام الآليات المتحركة (التركسات) والأيدي العاملة في نقل الأكوام وتشكيلها وتقليبها. تُعد تكاليف النقل والتشكيل اليدوي لهذه الأكوام كبيرة وخصوصاً عندما يتم نقل النفايات إلى ساحات التشكيل لمسافات كبيرة مما يفرض ضرورة وجود الجرارات بمقطورات في هذه الحالات. يؤخذ العرض الأدنى للمقطع العرضي للكومة 2-4 m وبارتفاع 1.5-2 m ، أما طول الكومة فيتبع نوع التقليب، وحجم النفايات اليومية الواردة إلى حقول التحويل.

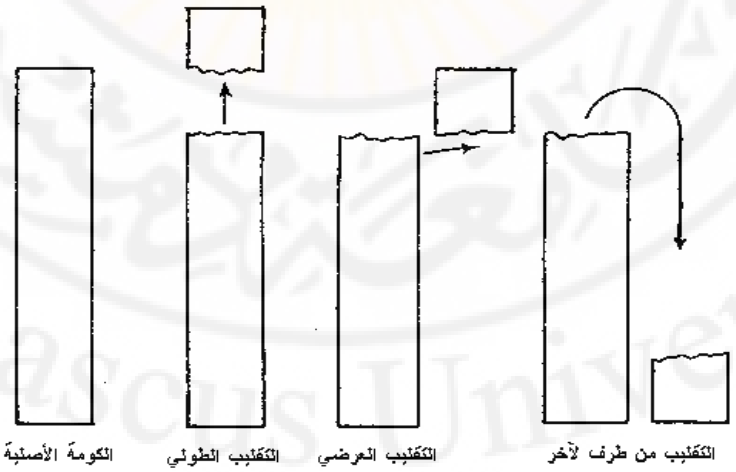
أما الطريقة الأفضل لتشغيل حقول التحويل فهي استخدام السيور المتحركة لعمليات نقل النفايات الصلبة من مواقع المعالجة الأولية إلى ساحات التشكيل، بينما يجري استخدام اللودر لعمليات تشكيل الأكوام وتقليبها، أو أن تتم عملية تفريغ النفايات مباشرةً في ساحات الأكوام عندما لا يكون هناك حاجة إلى معالجة أولية لهذه النفايات.

وتعتمد عملية تحديد المساحات اللازمة لساحات تشكيل الأكوام على مدة الاحتفاظ بالكومة حتى تخزينها وعلى نوع التقليب المستخدم . وهناك ثلاث طرائق لتقليب النفايات.

1–التقليب الطولي: يستخدم في هذا النوع من التقليب مساحة أقل من الأراضي مقارنةً مع الطرائق الأخرى للتقليب، وهذا يسهل تنفيذ التقليب اليدوي لهذه الطريقة. تسمح جرافة التحميل الأمامي ذات إمكانية التفريغ الخلفي بتنفيذ التقليب الآلي لهذه الطريقة. يؤخذ طول ساحة التقليب بالنسبة لهذه الطريقة مساوياً طول الكومة الأساسي، ومضافاً إليه هامشاً احتياطياً بمقدار 20% من طول الكومة الأساسي مع مسافة تقليب بحدود 5m ، وكذلك إضافة 10 m من كل طرف للكومة لتسهيل الحركة. أما عرض مساحة التقليب فيؤخذ مساوياً عرض الكومة الواحدة مضافاً إليه المسافة بين كومتين، ثم يضرب الناتج بمدة بقاء الكومة حتى التخزين مضافاً إلى العرض الناتج 5 m من كل طرف لتسهيل الحركة.



طريقة إعادة تشكيل الأكوام



طرائق تقليب النفايات الصلبة

طول الساحة=طول الكومة الأساسي + 20% من طول الكومة كهامش احتياطي + 5 m مسافة تقليب+ 10 m من كل طرف لتسهيل الحركة.

عرض الساحة=(عرض الكومة الأساسي+1 m مسافة بين كومتين متتاليتين)x (مدة بقاء الكومة حتى التخزين) + 5 m من كل طرف لتسهيل الحركة.

2-التقليب العرضي والتقليب من طرف إلى آخر :يمكن تنفيذ التقليب العرضي يدوياً وذلك بتقليل المسافة بين الأكوام حتى 1 m ، ومع ذلك تُعد عملية تنفيذ التقليب العرضي يدوياً عمليةً صعبةً ، أما التقليب من طرف إلى طرف فتحتاج إلى الآليات لتنفيذ ذلك، ويفضل في هذا النوع من التقليب زيادة عرض الكومة قدر الإمكان وذلك للتقليل من طول الكومة قدر الإمكان. وتؤخذ أبعاد ساحات تشكيل الأكوام في حالة التقليب العرضي كما يأتي :

طول الساحة=طول الكومة الأساسي + 20% من طول الكومة كهامش احتياطي + 10 m من كل طرف لتسهيل الحركة.

عرض الساحة=(عرض الكومة الأساسي+1 m مسافة بين كومتين متتاليتين)x (مدة بقاء الكومة حتى التخزين +عدد مرات التقليب والتي تؤخذ عادةً 4)+ 5 m من كل طرف لتسهيل الحركة.

مسألة رقم (1):

احسب المساحة اللازمة لتشكيل الأكوام بالتقليب الطولي والعرضي علماً بأن :

معدل النفايات الواردة يومياً 100 tons وكثافتها $400\ kg/m^3$.

عرض الكومة 4 m ومتوسط مساحة المقطع العرضي $6\ m^2$.

مدة بقاء الكومة في الموقع 20 يوماً تقلب خلال ذلك 4 مرات.

الحل :

حجم الكومة : $\frac{100.10^3}{400} = 250m^3$

طول الكومة : $\frac{250}{6} = 42m$

1-حالة التقليب الطولي:

طول الساحة : $L = 42.1,2 + 5 + 20 = 75m$ ، أما عرضها :

$$B = (4+1).(20) + 10 = 110m$$

وبالتالي مساحة الساحة اللازمة: $A = L.B = 110.75 = 8250m^2$

2-حالة التقليب العرضي:

طول الساحة : $L = 42.1,2 + 20 = 70m$ ، أما عرضها :

$$B = (4+1).(20+4) + 10 = 130m$$

وبالتالي مساحة الساحة اللازمة: $A = L.B = 130.70 = 9100m^2$

- ***المحافظة على الظروف الهوائية لعمليات التحلل الهوائي:***

تعتبر عمليات التحلل اللاهوائي غير مناسبة بيئياً نظراً لبطء العملية وللروائح الناتجة عنها وتتم المحافظة على *الظروف الهوائية* لعمليات التحلل الهوائي عن طريق:

1- توفير الرطوبة المناسبة لهذه العمليات: تنخفض سرعة عمليات التحلل الهوائي عند رطوبة نسبية أقل من 40%، وتتوقف عند رطوبة نسبية أقل من 20% ، بينما تتحول عمليات التحلل الهوائي إلى عمليات لاهوائية عند زيادة الرطوبة النسبية

عن55%. ولذلك فإن انخفاض الرطوبة النسبية عن40% يضطرنا إلى ترطيب النفايات الصلبة أثناء المعالجة عن طريق رشها بالماء، أما ازدياد الرطوبة النسبية عن55% فيضطرنا إلى تقليب النفايات الصلبة بهدف تخفيض رطوبتها أثناء المعالجة.

2- توفير الأوكسجين اللازم لهذه العمليات: إن نفاذ الأوكسجين أثناء عمليات التحلل الهوائي للنفايات يقود إلى تحول عمليات التحلل هذه إلى عمليات تحلل لاهوائي مما يؤدي إلى الانخفاض السريع في درجة الحرارة، وإلى انطلاق الروائح الكريهة؛ لذلك لا بد من تأمين الهواء اللازم لهذه العمليات عن طريق تقليب النفايات أثناء عمليات المعالجة.

3-نسبة الكربون إلى النتروجين C:N: تساعد النسبة المثالية لهذين العنصرين في عملية التحول السريع للنفايات الصلبة إلى كومبوست، حيث يُعد الكربون مصدر الطاقة للبكتريا التي تقوم بعمليات تحلل النفايات الصلبة، بينما يُعد النتروجين أساساً لتكوين خلايا هذه البكتريا. تُعد فضلات الطعام المصدر الأساسي للنتروجين، بينما تُعد النفايات الورقية والفحم المصدر الأساسي للكربون. تتراوح النسبة المثالية للكربون إلى النتروجين من 30:1 وحتى 35:1 .إن ازدياد هذه النسبة عن الحدود المثالية سيؤدي إلى ازدياد الزمن اللازم لعملية التحلل مما يفرض ضرورة إضافة مصادر غنية بالنتروجين؛ كالحمأة الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحي والتي تملك نسبةً عالية للكربون إلى النتروجين(6:1)، أما بنقصان هذه النسبة عن الحدود المثالية فإن الآزوت الزائد سوف يطرح على شكل غاز نشادر مؤدياً إلى ظروف غير مستحبة مما يفرض ضرورة إضافة مصادر غنية بالكربون كالورق والقش.

iii. ترميد النفايات الصلبة – أنظمة الحرق

تهدف الطرائق الحرارية المتطورة إلى حرق النفايات الصلبة بغية الحصول على متبقٍ خامل ذي خصائص تلويثية قليلة على البيئة المحيطة، والحصول على غازات نقية يمكن استخدامها لإنتاج الطاقة. وتُعد عملية ترميد النفايات الصلبة في الأفران عمليةً كيميائيةً معقدةً هي محصلة مجموعة من العمليات الكيميائية ذات خواص الأكسدة العنصرية الإرجاعية.

الطرائق الحديثة في معالجة النفايات الصلبة

قاد تطور إدارة النفايات الصلبة ومفهوم الإدارة المستديمة لهذه النفايات إلى تطوير حلول بديلة لعمليات معالجة النفايات الصلبة ولعمليات التخلص منها مع التركيز على عمليات الاستفادة القصوى من نواتج هذه المعالجة. وقد حاول مروجو الطرائق الحديثة التشكيك في مصداقية عمليات المعالجة التقليدية للنفايات الصلبة؛ كالطمر الصحي، والترميد، والتحويل إلى كومبوست، إلا أن التجارب الاستثمارية الطويلة لبعض هذه الطرائق أكدت عدم إمكانية الاستغناء عن الطرائق التقليدية في التخلص من النفايات الصلبة. وقد نالت بعض الطرائق الحديثة اهتماما خاصاً؛ نظراً لانخفاض تأثيرها على البيئة المحيطة مع إمكانية الاستفادة القصوى من عناصر النفايات أو الطاقة الناتجة عنها دون تلوث يذكر على البيئة المحيطة، بينما لم تجد طرائق أخرى رواجاً في الاستثمار؛ نظراً لارتفاع تكاليفها الإنشائية أو الاستثمارية، أو عدم إمكانية التخلص من النفايات الصلبة نهائياً بواسطة هذه الطرائق.

a) **حلمهة (الحلمهة الحامضية) وتخمير النفايات الصلبة**
b) **معالجة النفايات الصلبة العضوية في الظروف اللاهوائية**
c) **الجمع المنفصل لفضلات الطعام وتحويلها إلى علف للحيوانات**
d) **كبس النفايات الصلبة ضمن قوالب نظامية**
e) **التحلل الحراري**

التحلل الحراري:

التحلل الحراري هو الانحلال والتفكك الحراري للنفايات العضوية في غياب الأوكسجين وذلك بهدف إنتاج الفحم الكربوني والزيوت والغازات القابلة للاحتراق مع تطبيق حرارة منخفضة نسبياً مقارنةً مع الحرارة المستخدمة في طريقة الترميد (في حدود400-800°C).

تتمثل عمليات التحلل الحراري بالعلاقة الآتية:

نفايات صلبة + حرارة = غاز + (قطران +محاليل سائلة) + خبث فحمي.

إن علاقة المنتجات المتشكلة (غاز ، قطران ،مادة صلبة) وتراكيبها مرتبطة بظروف التحلل الحراري وتركيب النفايات الصلبة.

النفايات الصلبة الخطرة :HAZARDOUS SOLID WASTES

النفايات الخطرة هي النفايات ذات التأثير الخطر على البيئة المحيطة. وتُعد النفايات الصلبة خطرةً ؛ إذا كانت سامة (Toxic)، أو قابلة للاشتعال (Ignitable)، أو قادرة على التسبب بالتآكل (Corrosive)، أو قادرة على إعادة النشاط (Reactive)، أو ذات آثار إشعاعية أو بيولوجية خطرة. وتعرف المواد أو العناصر التي تعطي صفة الخطورة للنفايات الصلبة بالمواد أو العناصر الخطرة. ويمكن لبعض النفايات الخطرة أن تملك أكثر من خاصة من الخواص السابقة؛ كأن تكون سامة وقابلة للاشتعال. ويجري تصنيف النفايات الخطرة كما يأتي:

–النفايات السامة: وهي النفايات الصلبة التي تسبب أضراراً على صحة الإنسان، أو على البيئة المحيطة من خلال تأثيرها على الطعام، أو الهواء، أو الماء، وهي النفايات الحاوية على مواد كيميائية محددة ؛ كبعض المعادن الثقيلة، والمبيدات، وبعض المركبات العضوية...الخ.

–النفايات القابلة للاشتعال: وهي النفايات الصلبة التي تملك نقطة توهج (Flash Point) أقل من $60\ ^oC$ ، وكذلك التي تسبب النيران من خلال احتكاكها بالرطوبة أو امتصاصها لها. وتُعد النفايات الصلبة الحاوية على غازات مضغوطة قابلة للاشتعال أو الحاوية على المؤكسدات القوية (Oxidizer) نفايات قابلة للاشتعال.

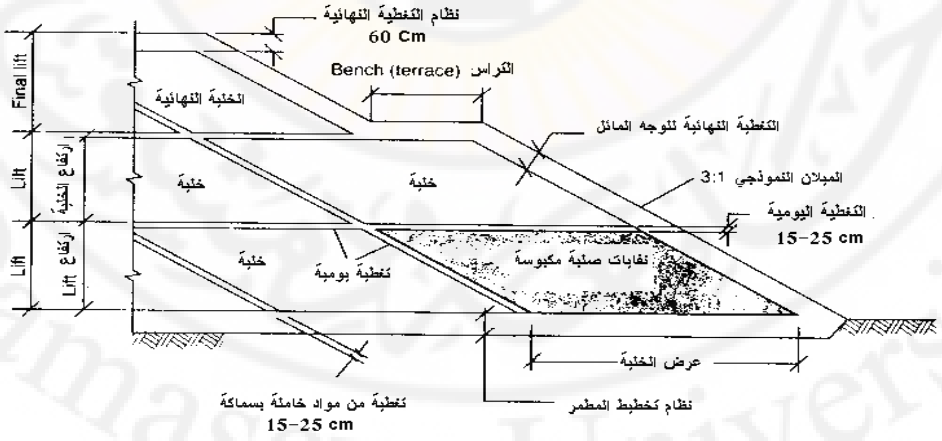
–النفايات القادرة على التسبب بالتآكل: وهي النفايات الصلبة التي تعطي محاليلاً مائيةً ذات قيمة pH أقل من 2 أو أكثر من 12، وكذلك النفايات التي تسبب صدأ الفولاذ بسرعة تتجاوز 0.25 inches/year .

–النفايات القادرة على إعادة النشاط: وهي النفايات الصلبة شديدة التفاعل مع الماء، أو التي تنتج غازات سامة، أو ضباب أو بخار سامين بتفاعلها مع الماء، أو مع مواد محددة أخرى، أو التي تحتوي على السولفيد، أو السيانيد (يمكن لهذه العناصر الكيميائية أن تنطلق خلال قيمة pH=2…12.5)، أو النفايات التي يمكن أن تلتقط النيران، أو النفايات القابلة للانفجار (Detonation or Explosion) خلال تماسها مع الماء أو مع مواد محددة أخرى أو خلال تعرضها للحرارة.

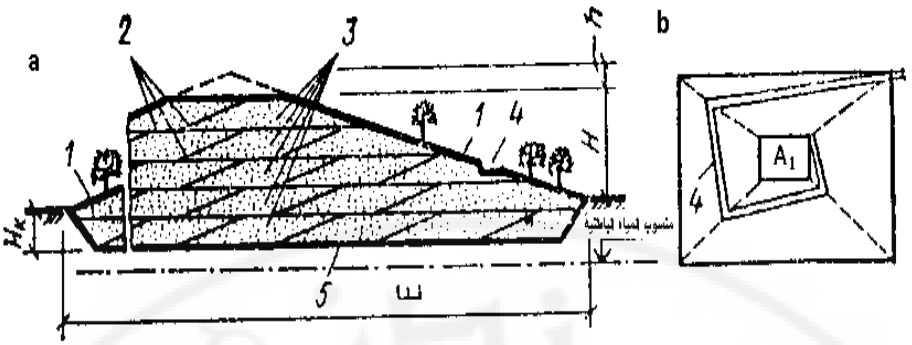
–النفايات النووية المشعة: تُعد هذه النفايات من أشد أنواع النفايات الصلبة خطورة، وتنتج النفايات النووية المشعة عن عمليات استخراج العناصر المشعة، وعمليات تحويلها إلى وقود نووي، وعن عمليات استثمار هذه العناصر في الصناعات المدنية والحربية. ويجري تصنيف النفايات النووية تبعاً لشدة الإشعاع الصادر عنها. وتكمن شدة خطورة هذه النفايات في المدة الزمنية الطويلة جداً للتأثير الخطر جداً لعناصرها على البيئة المحيطة.

–النفايات الطبية: تنتج هذه النفايات عن المشافي والمخابر والعيادات ومصانع الأدوية...الخ، وتُعد هذه النفايات خطرة عندما يكون لها آثاراً بيولوجيةً على البيئة المحيطة. يجري تجميع هذه النفايات منفصلةً عن النفايات الصلبة البلدية ضمن حاويات خاصة، وتجري معالجة نفايات المشافي عادةً ضمن محارق خاصة ملحقة بهذه المنشآت.

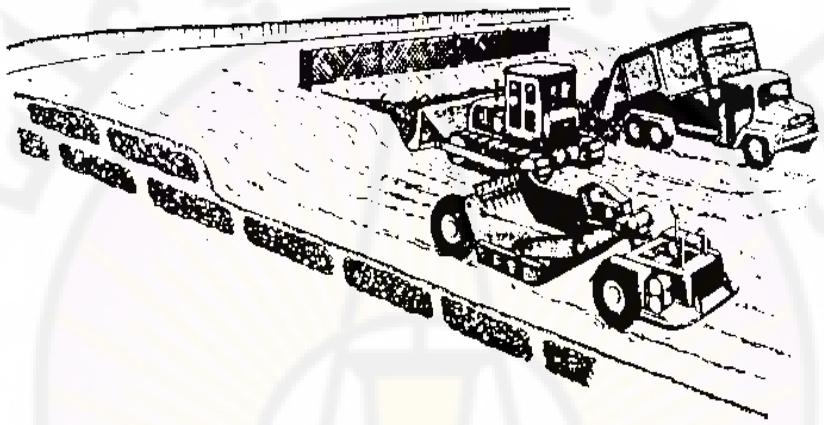
أشكال للاطلاع



الشكل (1): مقطع عرضي في خلايا موقع ردم صحي

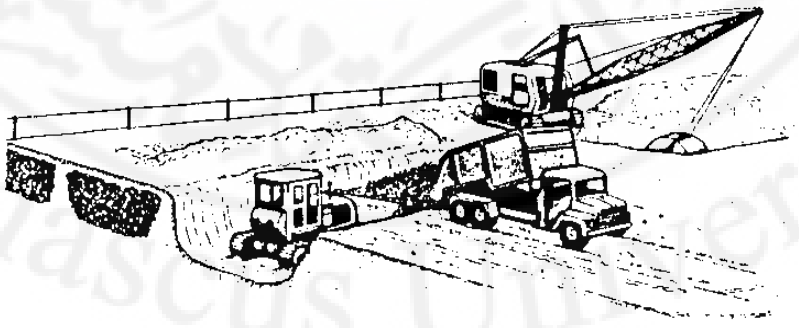


الشكل (2) : مخطط لموقع ردم صحي منفذ بطريقة الفرش السطحي. a– مقطع عرضي للموقع b –مخطط الطريق إلى المساحة العلوية. 1–طبقة العزل

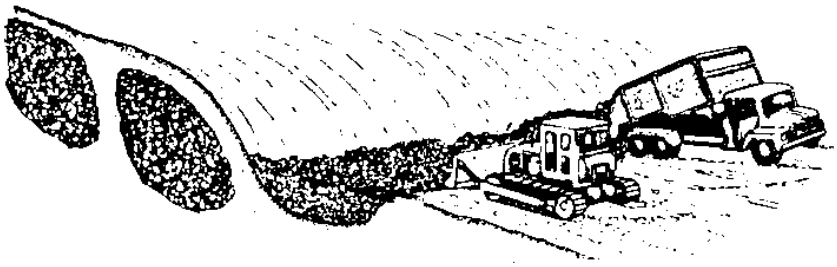


النهائية 2–طبقات العزل المرحلية 3–النفايات الصلبة المرصوصة 4–الطريق إلى المساحة العلوية 5–القاعدة الكتيمة 6–المساحة العلوية.

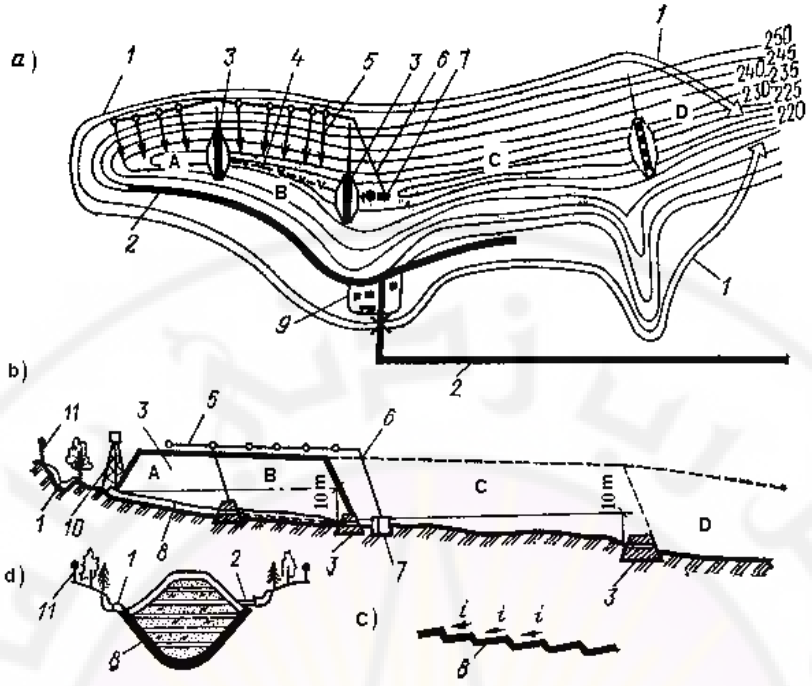
الشكل (16-8): آلية تنفيذ طريقة الفرش السطحي.



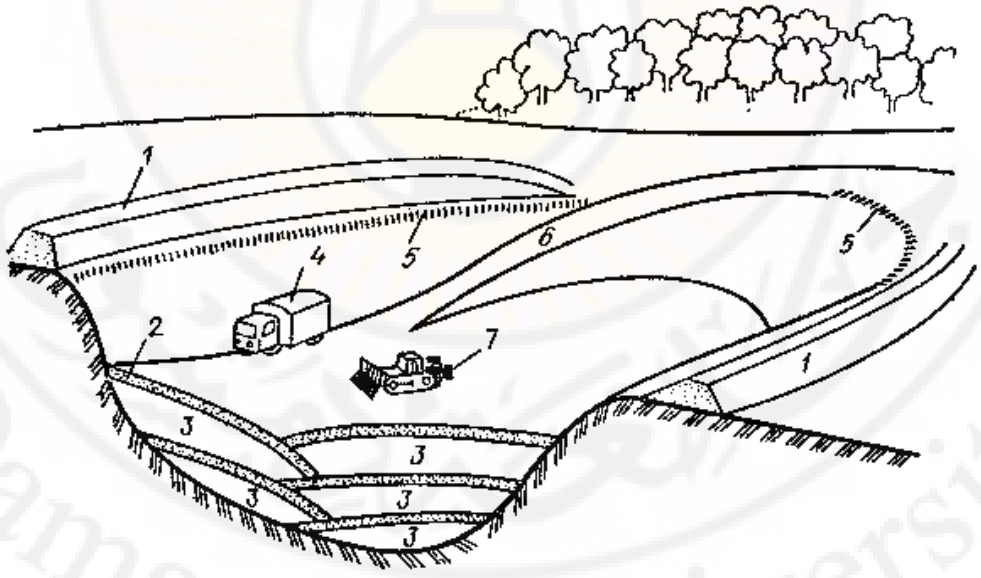
الشكل (3): طريقة الخنادق في تنفيذ مواقع الردم الصحي.



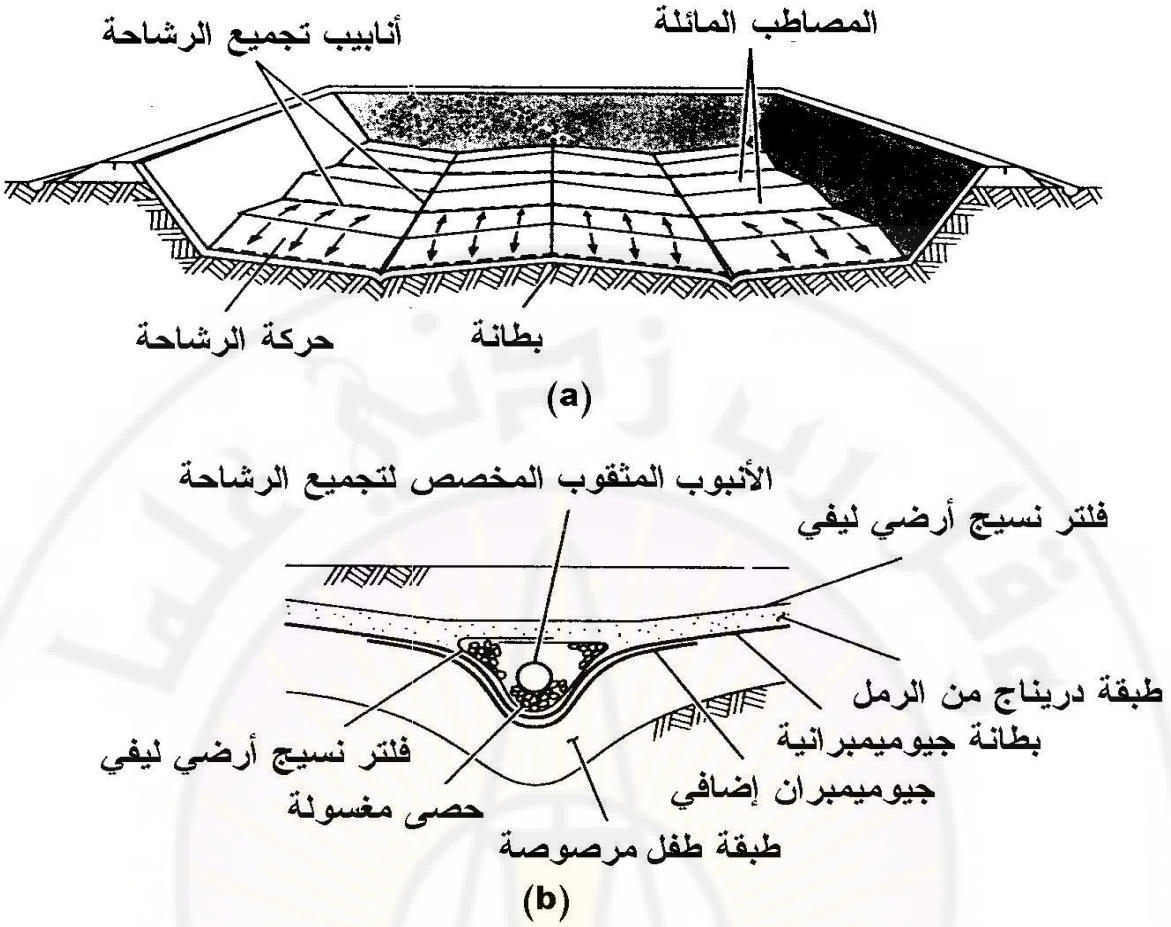
الشكل (4): طريقة الميل في تنفيذ مواقع الردم الصحي.



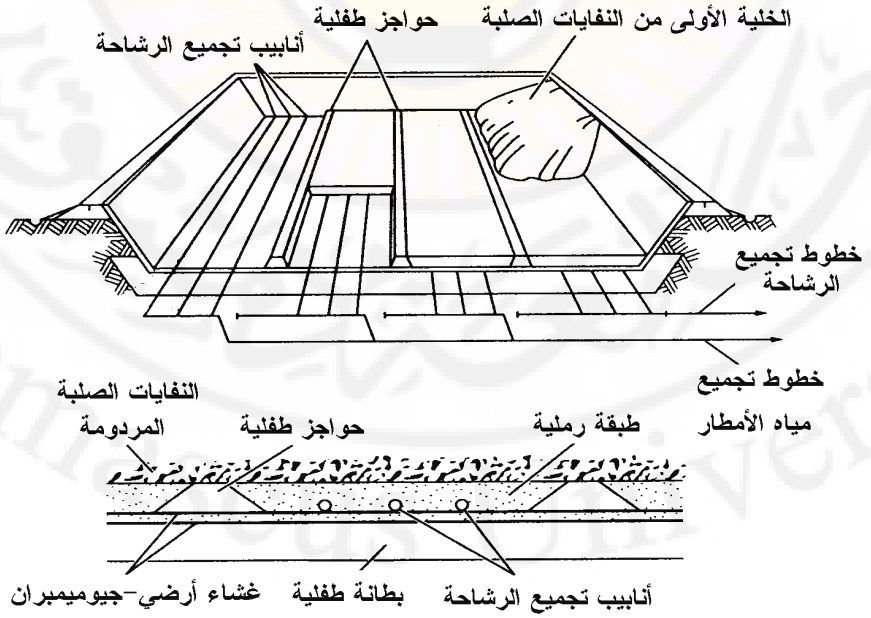
الشكل (5):تنفيذ الردم الصحي في المنخفضات الطبيعية. a–مسقط الموقع b –مقطع طولي في الموقع c– تدرج الميلانات العكسية في قاع الموقع d – مقطع عرضي في الموقع. 1 –القناة العلوية 2–طريق 3–سد ترابي4 –شبكة الدريناج 5–شبكات التجميع 6–أنبوب رئيسي لتجميع الراشح 7–محطة ضخ 8–شاشة مقاومة للترشيح 9–منطقة إدارية 10–ساري الإنارة11–سياج.A,B,C,D – قطاعات العمل.



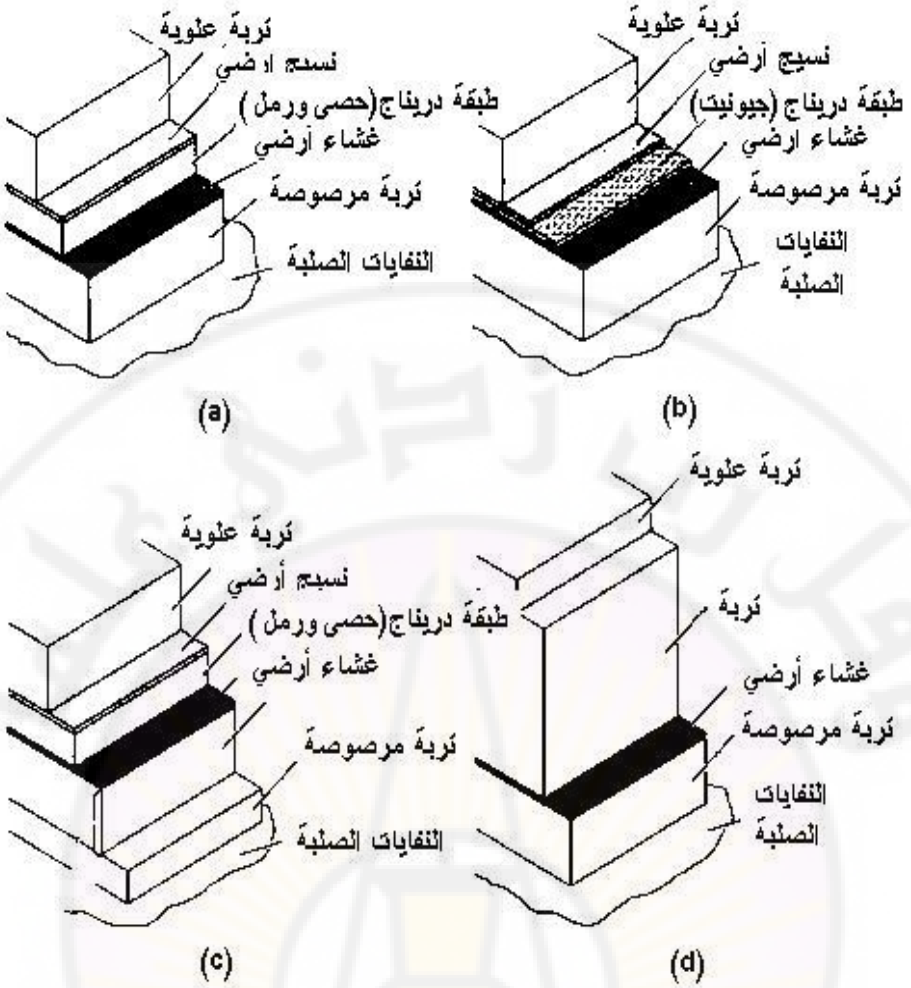
الشكل (6): تنفيذ الردم الصحي في المنخفضات الاصطناعية.



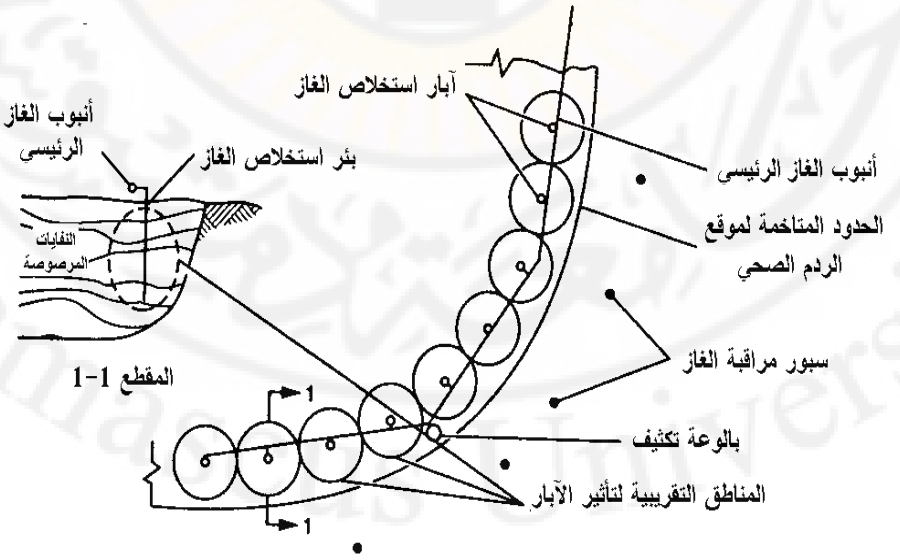
الشكل (7): مخطط تجميع الرشاحة باستخدام المصاطب المائلة.



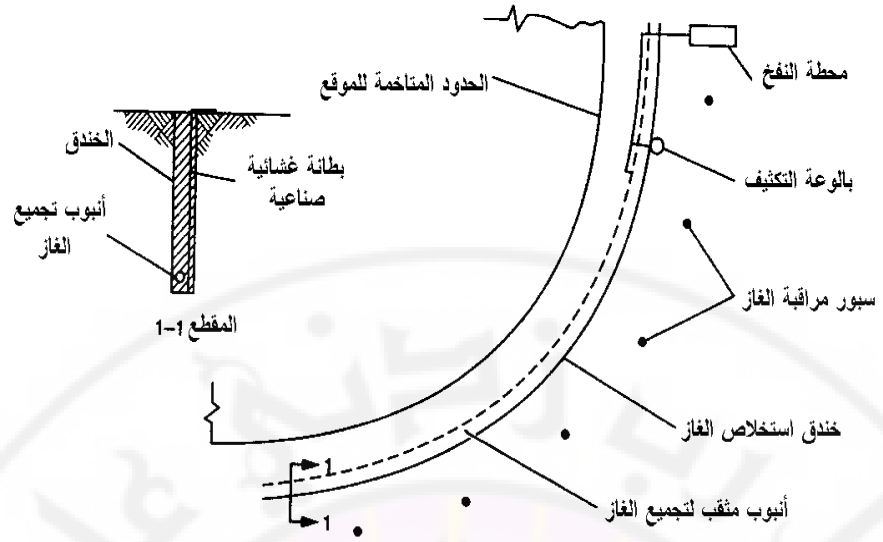
الشكل (8): المخطط الأنموذجي لتجميع الرشاحة بإنشاء قاعدة من الأنابيب.



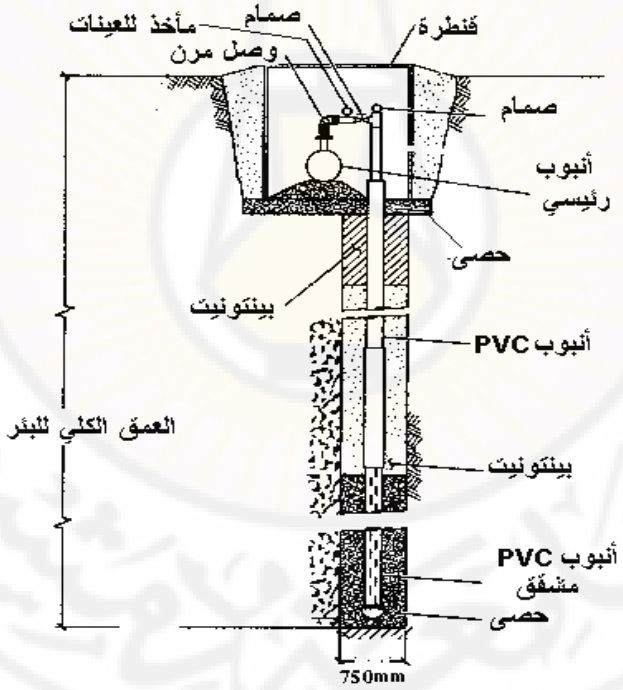
الشكل (9): بعض أشكال تصاميم الأغطية المستخدمة والمقترحة لطبقة التغطية النهائية



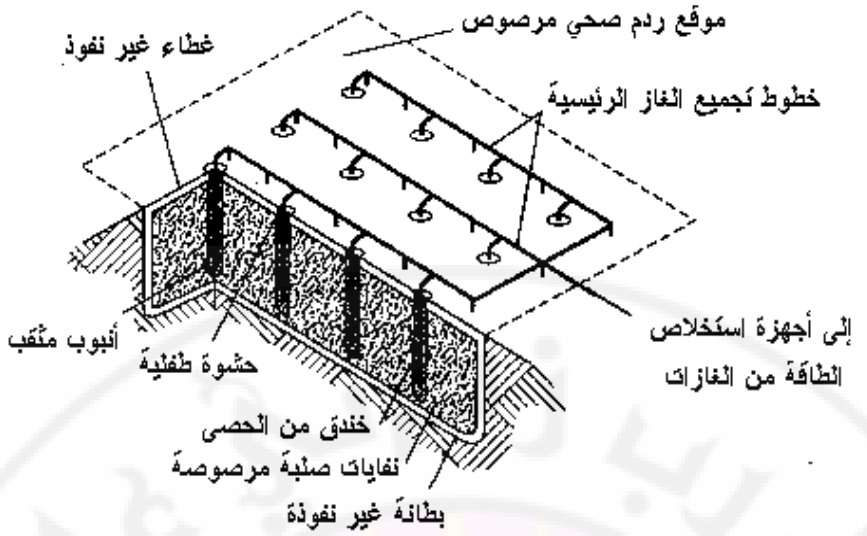
(a)



الشكل (10): أنظمة السيطرة الفعالة على الغازات المنطلقة من مواقع الردم الصحي باستخدام الآبار أو الخنادق المحيطية. a– استخدام الآبار المحيطية b– استخدام الخنادق المحيطية.



لشكل (34-8): تفصيلة بئر استخلاص غازات موقع الردم الصحي.



الشكل (11): أنظمة السيطرة الفعالة على الغازات المنطلقة من مواقع الردم الصحي باستخدام آبار انتزاع الغاز الشاقولية.

مقرر حماية البيئة – السنة الخامسة

المحاضرة الرابعة

الأستاذ الدكتور بسام العجي

قسم الهندسة البيئية –كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق

EIA: Environmental Impact Assessment

2022-2023

EIA: Environmental Impact Assessment can be defined as "the whole process whereby information about the environmental effects of a project is collected, assessed and taken into account in reaching a decision on whether the project should go ahead or not". It can also be defined more simply as "an assessment of the impacts of a planned activity on the environment". In addition to the decision on whether a project should proceed, an EIA will consider aspects such as project options/alternatives and mitigation measures that should be implemented if the development is allowed. EIAs involve individual assessments of aspects of the environment (e.g. population, landscape, heritage, air, climate, soil, water, fauna and flora) likely to be significantly affected by a proposed project.

Our study will focuses on assessment methods (practical techniques) used in the EIA process for analyzing a development's impacts on the environmental components.

Damascus University

تقييم الأثر البيئي هو أداة من أدوات التخطيط غايتها الأساسية إعطاء البيئة المكانة التي تستحقها في عملية صنع القرار من خلال تقويم واضح للعواقب البيئية المترتبة على النشاط المقترح قبل تنفيذه.

وهو أداة من أدوات التخطيط هدفها إدخال الاعتبارات البيئية ضمن عمليات اتخاذ القرار وتأمين اطار قانوني وأساس معلوماتي لاتخاذ القرار بما يتعلق بالنشاطات المؤثرة على البيئة.

يتضمّنُ تقييم الأثر البيئي تقديراتَ شخصيةَ لسماتِ البيئة (ومثال على ذلك: السكان، منظر طبيعي، تراث، هواء، مناخ، تربة، ماء، حيوانات، نباتات) التي يحتمل تأثرها بالمشروع المُقتَرَح. دراستنا لهذا الفصل ستتضمن التركيز على وسائل التقييم المستخدمة في عملية تقييم الأثر البيئي لتحليل التأثيرات على عناصر البيئة.

المبدأ الأساسي لتقييم الآثار البيئية هو التحقق من أن أي نشاط (صناعي أو خدمي أو سياحي ...الخ.) لن تكون له آثار سلبية على البيئة ويحقق **مبدأ التنمية المستدامة** التي تعرف بأنها :

- القدرة على ضمان تلبية حاجيات الإنسان الحاضر دون الإنقاص من قدرة الإنسانية على تلبية حاجيات الأجيال القادمة
- ضمان التوافق بين التطور الصناعي والازدهار الاقتصادي مع جودة البيئة والمساواة الاجتماعية

أهداف EIA الآنية :

- تطوير البعد البيئي في المقترح (تحسين التصميم البيئي للمشروع المقترح)
- التأكد من ان الموارد تستثمر بشكل امثل (التأكيد على الاستخدام الكفوء للمصادر)
- تحديد الاجراءات المناسبة لخفض الاثار المتوقعة
- وضع متخذي القرار بالصورة الدقيقة مما يسهل الاطلاع على عمليات اتخاذ القرار

أهداف EIA البعيدة المدى:

- حماية الصحة العامة والإنسان
- تفادي الاثار والأضرارغير العكوسة على البيئة
- حماية الموارد والنظم البيئية
- التأكد من اخذ البعد الاجتماعي في المشروع بعين الاعتبار

قبل اقامة أي مشروع يجب أن نتحقق من النقاط الاساسية التالية وهي:

- هل سيتعارض موقع اقامة المشروع مع مشروعات اخرى اكثر جدوى منها (سياحية – خدمية – سكانية)
- هل سيتحمل النظام البيئي أحمال الملوثات الناجمة عن النشاط

- هل سيؤدي المشروع المزمع اقامته الى آثار صحية طويلة المدى
- ما هي احتمالات حدوث كوارث من المشروع وما مدى آثارها على الانسان والبيئة المحيطة
- ما هي آثار المشروع على التنمية الاقتصادية والاجتماعية في منطقة المشروع
- هل سيؤثر المشروع على مشروعات أخرى في المنطقة او على فئة معينة
- هل تتوفر البيئة الاساسية للمشروع في المنطقة المقترحة
- ما هو حجم العمالة المطلوبة وما هو اثرها على منطقة المشروع
- ما هي الملوثات المختلفة التي يمكن ان تصدر عن المشروع وطبيعة آثارها (رجعية وغير رجعية) وما هي الطرائق التي ستتخذ للتعامل مع هذه الملوثات.

المبادئ الارشادية لتقييم الأثر البيئي:

هادف : يحقق هدف الدراسة وأغراضها

مركز: يركز فقط على الآثار ذات العلاقة

متكيف: يستجيب للقضايا والحقائق الحالية

تشاركي : يشرك العامة بصورة كاملة وكذلك الاطراف المهتمة

شفاف : واضح وسهل أمام المراقبة الخارجية والتقييم

صارم : يوظف افضل طرق المشاركة

ذو مصداقية: يتم تنفيذه بصورة صادقة واحترافية

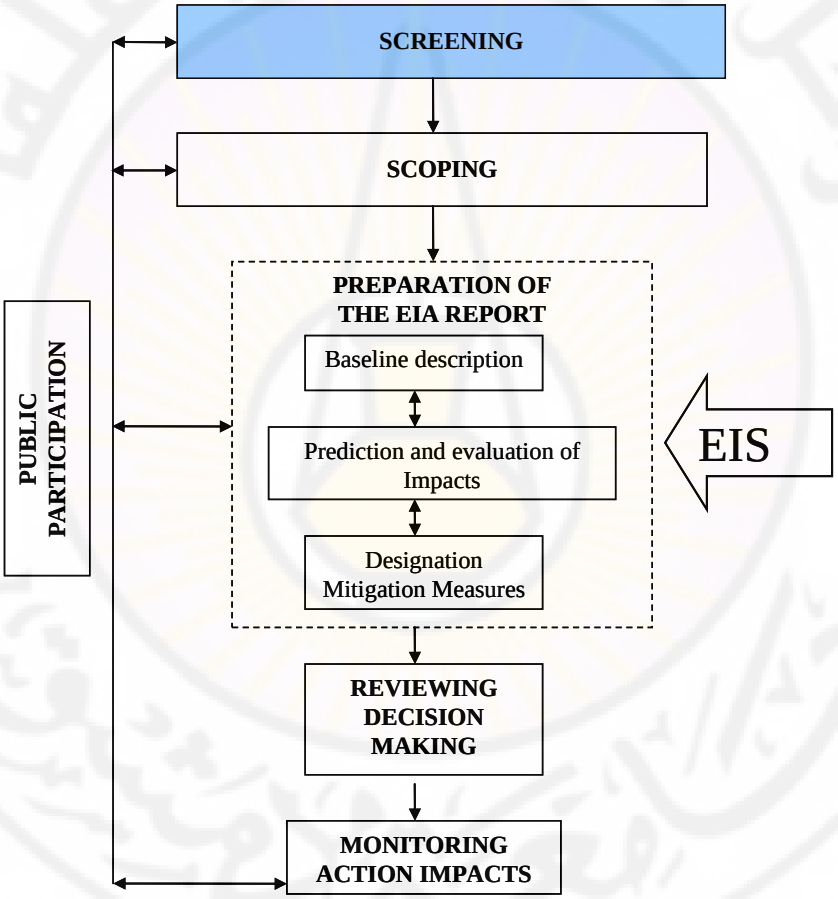
كفوء : يحمل صاحب المشروع اقل التكاليف الممكنة

فوائد تقييم الأثر البيئي:

- حماية افضل للبيئة والصحة البشرية
- تصميم منسجم مع البيئة ومستدام بشكل أكبر
- تخفيض وقت وكلفة المشاريع المقترحة
- انسجام افضل مع المعايير
- توفير رأس المال وتكاليف العمليات
- مشاركة العامة

The EIA process comprises

- screening - to decide if and at what level EIA should be applied
- scoping - to identify the important issues and prepare terms of reference
- impact analysis - to predict the effects of a proposal and evaluate their significance
- mitigation - to establish measures to prevent, reduce or compensate for impacts
- reporting - to prepare the information necessary for decision-making
- review - to check the quality of the EIA report.
- decision-making - to approve (or reject) the proposal and set conditions
- follow up – to monitor, manage and audit the impacts of project implementation
- public involvement - to inform and consult with stakeholders



Screening الغربلة

- أول خطوة في اجراء تقييم الأثر البيئي، يتم اعتماد الملحق 2 في المنهجية السورية.
- عملية اقرار فيما اذا كان المشروع المقترح يتطلب تقييم بيئي ام لا وتحديد مستوى هذا التقييم.
- يساعد على التركيز على المشاريع ذات الأثر البيئي الهام العكوس الممكن أو الآثار الغير معروفة بشكل كامل وواضح.

تحديد نطاق الدراسة Scoping

تحديد نطاق الدراسة خطوّة كبيرة الأهمية تحدث عند بداية عملية التقويم .وتهدف هذه العملية إلى تحديد المستوى الملائم لدراسة التقويم وإلى تحديد الآثار والجوانب والقضايا البيئية الرئيسية التي تتناولها عملية التقويم، وكذلك تضع حدود عملية التقويم .وهي تحدد المكونات البيئية التي يمكن أن تتأثر بالمشروع والمكونات التي يمكن أن ينصب عليها الاهتمام العام .ويشمل هذا تحديد عناصر المشروع التي يجب أن تشملها الدراسة، والعناصر البيئية التي يمكن أن تتأثر، وكذلك بعد هذه العناصر عن موقع المشروع .ويجري تحديد نطاق الدراسة في مرحلة ما تزال فيها جميع البدائل مفتوحة وخاضعة للدراسة، وحيث ما يزال بالإمكان إدراج الإجراءات التخفيفية ضمن تصميم المشروع.

والأهداف الرئيسة من خطوة تحديد نطاق الدراسة هي:

- إقامة الإتصال المبكّر بين المطوّر، والمستشارون، ورجال القانون والمجموعات ذات الإهتمامات الخاصة الأخرى والتي تستطيع تزويدنا بالنصيحة والمعلومات؛
- تحديد الأمور الهامة التي يجب لحظها في تقويم الأثر البيئي·
- تحديد زمن المهمة ومجالها وحدودها الأخرى·
- تقليل الحاجة إلى طلب معلومات إضافية في مرحلةٍ لاحقة من عملية تقويم الأثر البيئي
- المعلومات من أجل عملية صنع القرار
- تحديد الآثار الهامة التي يجب دراستها بالتفصيل وتحذير المطوّر من أيّ مشاكل قَدْ تَحدث لاحقاً في عمليةِ التقييم·
- توفير المال والوقت المخصص لدراسة التأثيرات والمستقبِلات الهامة·
- التعرف في مرحلة مبكّرة على المستقبلات؛ وللأخذ بالإعتِبار التأثيرات وبدائل المشروع ، ولمعرفة المنهجيات الواجب اتباعها، ولمن سنتوجه بالاستشارة .
- تقليل حجم البيانات والمعلومات الشمولية غير اللازمة·
- تحديد بدائل إضافية للمشروع·
- ضمان الحصول على مدخلات الجهات المعنية المحتملة والعامة المعني في وقتٍ مبكر.

وتتضمن عملية تحديد نطاق الدراسة النموذجية عادةً الخطوات التالية:

- تحديد الآثار المحتملة تقويم أهمية كلٍّ منها·
- تحديد الآثار الهامة التي تتطلب مزيداً من الدراسة·
- استبعاد الآثار غير الهامة من نطاق الدراسة، و التأكيد على الآثار الهامة·
- إعداد تقرير تحديد نطاق الدراسة أي إعداد وثيقة تحديد نطاق الدراسة.

أدوات وأساليب تحديد نطاق الدراسة :

الأساليب الشائعة في عملية تحديد نطاق الدراسة هي:

- الطرائق القياسية لتقويم الأثر البيئي: قوائم التحقق، والمصفوفات، والنماذج الشبكية، وأنظمة المعلومات الجغرافية.
- المشاركة العامة: الندوات المفتوحة، والاستطلاعات، والمقابلات، والخطوط الهاتفية الساخنة
- المشاريع المماثلة أو الشبيهة، أو المشاريع المقامة في بيئات مماثلة أو شبيهة
- آراء المختصين
- أساليب النقاش الجماعي : مناقشات الطاولة المستديرة، والمناقشات التفاعلي ..إلخ.

أنواع الآثار البيئية:

- الآثار الأولية المباشرة : تظهر نتائجها مباشرةً خلال التطور للمشروع .
- الآثار الغير مباشرة/التأثيرات الثانوية: تنتج هذه الآثار غالباً في مواقع أخرى خارج المشروع أو كنتيجة لتقاطعات مختلفة.
- الآثار المباشرة
- الآثار المؤقتة
- الآثار المتراكمة – تحدث بمرور الوقت مِنْ عدد مِنْ النشاطات، والتي قد يساهم فيها مشروع جديد.
- الآثار السلبية
- الآثار الايجابية
- الآثار الناتجة عن آثار أخرى

متطلبات التنبؤ بالأثر:

- فَهْم جيد لطبيعة المشروع المُقتَرَح، يتَضْمن تصميم المشروع ونشاطات البناء والتوقيت؛
- معرفة نتائج المشاريع التقييم المماثلة، بضمن ذلك تأثير إجراءات تخفيف؛
- معرفة ماضي وواقع المشاريع التي قَدْ تسبب تأثيرات تفاعلية أَو متراكمة في المشروعِ المُقيّمَ؛
- تنبؤات بتأثير المشروعَ على المكوّناتِ البيئية الأخرى تلك قَدْ يَتفاعلُ معها خلال الدراسةِ؛
- معلومات كافية حول المُستقبِلات ذات العلاقة ومعرفة تأثيرها المؤدية إلى تغييرات بيئية واضطرابات.

الاحتمالية	الإطار الزمني
حدة الأثر	
المدة	المدى

الاحتمالية: C= مؤكد، P= مرجح، U= مستبعد، ؟= غير معروف
الزمن: I= فوري، D= مؤجل، ؟ = غير معروف.
حدة الأثر: 5 = كبير، 3 = متوسط، 1 = صغير.
الاتجاه: + = موجب، – = سالب، ؟ = غير معروف.
المدى: L= محلي، R= إقليمي، N= وطني.

المدة P دائمة, L على المدى الطويل, S على المدى القصير

مشاركة العامة

تعتبر مشاركة العامة عملية تواصلٍ يجري بالاتجاهين. إن الأهداف الرئيسية لهذه الإجراءات في سورية هي تعريف العامة بالمعلومات المتعلقة بالأثر البيئي للمشروع وبإجراءات التخفيف المتخذة للتعامل معه، وكذلك إعطاء العامة فرصة التعليق على هذه المعلومات والمساهمة فيها قبل اتخاذ قرار بشأن التقييم البيئي للمشروع.

الإعلان عن المشروع: تطلب السلطة المرخصة من السلطات البيئية الإعلان عن المشروع بطريقة ملائمة وذلك على نفقة المستثمر. يتضمن الإعلان المعلومات البيئية والتقنية الضرورية، ووصف المشروع متضمناً معلومات حول موقع المشروع ومدة تنفيذه مع ذكر تاريخ بداية ونهاية التنفيذ، ومسودة تحديد نطاق الدراسة (ضمن ملخص غير فني). يتم عقد اجتماعين عامين ,الهدف من الاجتماع الأول هو الإعلان وشرح المشروع في بدايته ويعطى لذلك مدة شهر واحد وبعد انتهاء المدة بأسبوعين يعقد الاجتماع الثاني وذلك للإطلاع على وثائق المشروع.

مساوئ مشاركة العامة:

- زيادة مدة إجراءات الترخيص بسبب المزيد من مشاركة العامة؛
- التعقيدات الناشئة عن الاعتراضات الجديدة على المشروع؛
- التكاليف الإضافية الناجمة عن الإعلان عن المشروع ·
- ليس لدى العامة معرفة كافية بكيفية تقديم حجج ملموسة، مما يعقد إجراءات الترخيص؛
- ليست العامة متعلمة بالقدر الكافي للمشاركة.

لكن مشاركة العامة لا تقتصر على المساوئ فقط، فمن حسناتها:

- توليد المعارف الأساسية لدى العامة حول قرار الترخيص؛
- بناء معرفة محددة بإجراءات الترخيص لدى المنظمات غير الحكومية؛
- تقبل السكان للمشروع بشكلٍ أفضل.

بيان الأثر البيئي

يعتبر بيان الأثر البيئي EIS بياناً مكتوباً يعمل كأداة لضمان السياسات والأهداف الحكومية المصبوبة على البرامج المستمرة والنشاطات الحكومية. يُؤمن نقاش كامل وعادل للتأثيرات البيئية الهامّة ويزود صانعي القرار والجمهور بالبدائل المتاحة لتحسين نوعيةَ البيئة البشرية ولتجنب أو لتقليل التأثيرات المضادّة.

أوجه القصور العامة في بيان الأثر البيئي

- الهدف من المقترح موصف على نحو في منتهى المحدودية
- الوصف لا يغطي النشاط بالكامل
- عدم وصف البديل الأفضل (أو وصفه على نحو غير كاف)
- بدائل لا تضع البيئة في الاعتبار
- عدم وصف المشكلات الأساسية
- إغفال عناصر حساسة في البيئة
- عدم ذكر الآثار الخطيرة أو وصفها بشكل غير صحيح
- استخدام نماذج للتنبؤ إما بالية أو قديمة
- عدم النظر في التدابير الملائمة لتخفيف الأثر
- استخلاص استنتاجات خاطئة

ملاحظة:

عند إعداد تقرير تقييم الأثر البيئي، يجب تقديمه أولاً في صورة مسودة لإتاحة المجال للتعليق عليه، مع تخصيص وقت محدد لتحديثه، ثم يقدم في صورة تقرير نهائي يراجع بشكل رسمي ثم يتم اتخاذ القرار .

مراجعة تقرير تقييم الأثر البيئي: إن الأهداف الرئيسية من عملية المراجعة هي :

- تقييم مدى كفاية تقرير تقييم الأثر البيئي وجودته
- أخذ تعليقات الجمهور في الحسبان
- تحديد مدى كفاية المعلومات للاستناد عليها لاتخاذ قرار نهائي
- تحديد النواقص التي يجب التعامل معها قبل تقديم التقرير النهائي، اذا استدعت الضرورة لذلك.

الخطوات الثلاثة في عملية المراجعة:

- الخطوة الأولى: تحديد النواقص في تقرير تقييم الأثر البيئي باستخدام الشروط المرجعية، والمبادئ التوجيهية ذات الصلة، والمعايير والمعلومات المتحصل عليها من أية تقارير تقييم الأثر البيئي التي يمكن المقارنة بها وكذلك تقارير مراجعة هذه التقارير.
- الخطوة الثانية: التركيز على أوجه القصور في التقرير وتحديد أي منها يعوق عملية صنع القرار.
- الخطوة الثالثة: عمل توصيات بهدف معالجة أوجه القصور الخطيرة على نحو يمكن من صنع قرار مستنير.

مخرجات عملية المراجعة

- تقرير مقبول لتقييم الأثر البيئي يمكن من عمل توصيات ووضع شروط لعملية صنع القرار.
- إذا كانت أوجه القصور خطيرة، قد يطلب إعداد تقرير تكميلي أو تقرير جديد.
- إذا لم تكن على درجة كبيرة من الخطورة، يمكن إرفاق ملاحظات توضيحية بالتقرير، أو إرفاق شروط بالموافقة.

عمليات تدقيق تقييم الأثر البيئي تستخدم للأغراض التالية:

- تحديد الآثار والنتائج
- التحقق من استيفاء الشروط والموافقة
- اختبار دقة التنبؤ بالآثار
- فحص مدى فعالية التدابير الرامية إلى التخفيف
- تحسين الالتزام والأداء

بعض الصعوبات في عمليات تدقيق تقييم الأثر البيئي:

- محدودية المعلومات التي تشكل خط الأساس
- تنبؤات نوعية ولا يمكن تدقيقها
- تغيرات في تصميم المشروع وإجراءات التخفيف
- طول الوقت المؤدي لحدوث بعض الأنواع من الآثار

عملية اتخاذ القرار: عند تقديم تقييم الأثر البيئي، يمكن اتخاذ قرار نهائي:

- بالإمكان المضي بالمشروع كما هو مع تنفيذ التدابير الموصى بها.
- يمكن المضي بالمشروع في ظروف محددة مثل المخرجات، والانبعاثات، والتصميم... الخ
- لا يمكن المضي بالمشروع في وضعه الحالي.

خطة الإدارة البيئية : تحتوي خطة الإدارة البيئية على:

- التدابير المقترحة للتخفيف
- الجدول الزمني للتنفيذ
- برامج الترصد والرصد
- إجراءات رفع التقارير، والتدقيق، والمراجعة
- أية متطلبات مؤسساتية أو متطلبات لبناء القدرات

المراقبة والرصد البيئي في عمليات تقييم الأثر البيئي

المراقبة (Monitoring): هي عملية الادارة المستمرة والتي تهدف بشكل رئيسي لتقديم المعلومات الإرتجاعية المنتظمة والدلائل الأولية حول تحقيق تقدم أو عدم تحقيقه في متابعة الأثار البيئية المتوقعة للمشاريع أو الأداء

الفعلي بناء على ما تم تخطيطه أو توقعه حسب مقاييس محددة وبشكل مسبق وتستلزم عادة جمع وتحليل البيانات حول عمليات ونتائج المشروع وتزكية الإجراءات التصحيحية.

ويمكن تعريف المراقبة بأنها نشاط يجري للحصول على معلومات محددة حول خصائص المتغيرات البيئية والاجتماعية وعملها في الزمان والمكان.

تعتبر عملية المراقبة Monitoring وما يليها حجر زاوية الأساسي في تطبيق عملية تقييم الأثر البيئيEIA . تعتمد المكوّنات الأخرى على المدى والنوع لمراقبة المعلومات التي جرى التزويد بها. إنّ الهدف الأساسي من المراقبة هو بالدرجة الأولى التزويد بالمعلومات التي ستساعد في عمليات إدارة الأثر تأثير، وبالدرجة الثانية ولاستشراف الفهم الأفضل للعلاقة بين النشاط والأثر ولتحسين إمكانية تنبؤ عملية تقييم الأثر البيئي وتحسين طرق التخفيف. ولا بد لنا من الإشارة إلى المحاسن متوسطة المدى والمحاسن طويلة المدى التي يجري الاستفادة منها من خلال تبني عملية المراقبة كجزء أساسي من عملية تقييم الأثر البيئي، إلا أن ذلك غير معترف به لدى الكثير من الدارسين لعملية تقييم الأثر البيئي.

وتكون للمراقبة أهميةُ خاصة عندما:

- تكون التأثيرات المحتملة كبيرةً أو غير مؤكدة
- تكون إجراءات تخفيف الأثر البيئي غير مجربة وغير مضمونة

استناداً إلى هدف المراقبة بعد اتخاذ القرار، يمكن تحديد **مجموعتي مراقبة رئيسيتين:**

مراقبة آثار المشروع أو سيره: تهدف مراقبة الآثار إلى قياس المؤشرات البيئية أثناء إنشاء المشروع وتشغيله من أجل رصد التغيرات لهذه المؤشرات، وتأكيد النتائج المتوقعة وتحذير مديري المشروع من الآثار غير المتوقعة . وتشمل مراقبة الآثار أيضاً التحقق من أن إجراءات التخفيف منها تتفق مع ما جرى تحديده. وقد يتضمن هذا التحقق تفتيشاً مادياً على موقع المشروع أو أخذ قراءات للملوثات الهوائية أو لمستوى الضجيج مثلاً .

مراقبة التزام المشروع بالمعايير المقررة وذلك من خلال أخذ عينات دورية أو إجراء قياس مستمر للمؤشرات البيئية. وثمة أنواع كثيرة لمراقبة التزام المشروع:

- **المراقبة من خلال التفتيش** :يجري في الموقع المحدد من أجل إجراء عمليات تحقق منتظمة من الالتزام بالإجراءات والتدابير المتفق عليها ضمن حدود معايير السلامة .وهو يتضمن زيارات للموقع وإصدار تقارير دورية
- **المراقبة من خلال الترخيص** :يجري في الموقع المحدد ويتضمن تقديم وثائق منتظمة لابد منها لإبقاء الترخيص أو تمديد أجله
- **مراقبة الاتفاقيات** :أي مراقبة الالتزام بالاتفاقيات المبرمة بين المستثمر والجماعات المتأثرة به، ويتضمن تتبع التغيرات السكانية، وحالة الإسكان، ومستوى معيشة الناس .....إلخ.

تستخدم المراقبة لـ:

- ضمان التقيد بشروط الموافقة التي نالها المشروع وتدقيق مدى الإلتزام بالشروط والمعايير المتفق عليها؛
- قياس التأثيرات التي تحدث أثناء إنشاء وتشغيل المشروع وضمان عدم تجاوز الآثار الناجمة عنه ·

- معرفة مدى دقة توقع الآثار ·
- التحقق من تنفيذ إجراءات التخفيف كما نص عليها تقرير المراقبة ·
- تأمين إنذار مبكر بأية أضرار بيئية محتملة، والإشارة إلى المواضع التي يتعين فيها تعديل خطط الإدارة وتدابير تخفيف الأثر البيئي وتسهيّل إدارة الأثر (مثال على ذلك: التحذير من التأثيرات الغير متوقّعة؛ وتحديد دقة التنبؤات بالأثر وفعالية إجراءات التخفيف).
- تأسيس التوجهات والشروط الأساسية– خط الأساس trends and conditions baseline ؛

Environmental Reviewing

المراجعة البيئيـــة

تعريف المراجعة البيئية:

المراجعة البيئية هي آلية تهدف إلى تحديد الشروط البيئية وطبيعة ومدى المشاكل البيئية في منشأة صناعية أو أية منشأة قائمة مع تقديم البدائل.

أهمية عملية المراجعة البيئية:

تستعمل عملية المراجعة البيئية للحصول على معلومات كيفية وكمية لفهم أفضل لمشاكل التلوث. وتقترح طرائق وبدائل للتحكم بها .

هدف المراجعة البيئية:

تهدف المراجعة البيئية إلى إجراء تقييم لعمليات الإدارة البيئية لمنشأة، والشروط المحيطة بالموقع. وتحديد المشاكل أو الأضرار البيئية في المنشأة، وتقييم التحسينات التي تمت في المنشأة كالتعديلات التي تمت على عملية التصنيع والتعامل مع المواد والفضلات.

أساليب المراجعة البيئية:

هناك عدة أنواع من أساليب المراجعة البيئية.

– مراجعة لعمليات تخفيض إنتاج الفضلات: ويتم خلالها التحقق من كميات وأنواع الفضلات المنتجة وكيف يتم التخلص منها وتخفيض إنتاجها

– مراجعة المطابقة: ويتم خلالها تحديد مدى مطابقة الإجراءات المتخذة في المنشأة مع الأنظمة البيئية وسياسات الشركة.

– مراجعة الخطورة: تهدف إلى التحقق من مدى الخطورة الناتجة عن العمليات الصناعية والإجراءات المتخذة لإزالة أو تخفيض هذه الخطورة.

– مراجعة للمسؤولية: تستعمل لتحديد المسؤوليات المالية والقانونية الناتجة عن وجود مشكلة تلوث ما مدى التجاوز للأنظمة البيئية مدى الخطورة المسؤوليات

تجري عملية المراجعة البيئية عادة على مرحلتين:

مراجعة من النوع I يتم خلال هذه المرحلة وصف العمليات الصناعية يهدف إلى تقييم شروط الموقع وتحديد المشاكل البيئية وتطوير توصيات لحل المشاكل.

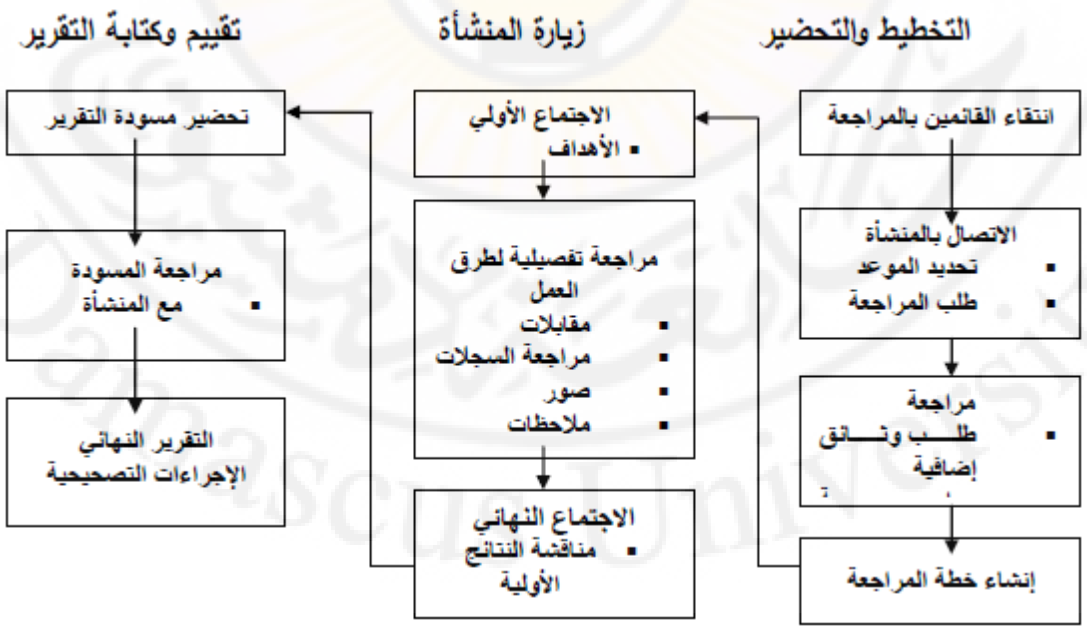
مراجعة من النوع II وينفذ إذا كانت عملية المراجعة من النوع I لم تعط المعلومات الكافية لإصلاح وحل المشاكل، وتتم في الموقع.

المراجعة من النوع I

الهدف	تعريف المشاكل البيئية– تطوير الحلول
المجال	دراسة شروط الموقع الحالية والسابقة والعمليات التي تتم في المنشأة– صرف الفضلات
الأدوات	خطوات، دلائل مكافحة التلوث الصناعي
الطرائق	فحص بالنظر، مراجعة السجلات، مقابلات
المدة	يوم إلى يومين
المنفذون	شخص إلى شخصين
استعمال النتائج	تحديد مدى الحاجة لمراجعة من النوع II الإجابة على الشكليات مساعدة إدارة المنشأة في حل مشاكل التلوث تأمين سجلات الدراسة البيئية

خطوات المراجعة البيئية من النوع I

مخطط صندوقي لعملية المراجعة من النوع I



المراجعة البيئية من النوع II

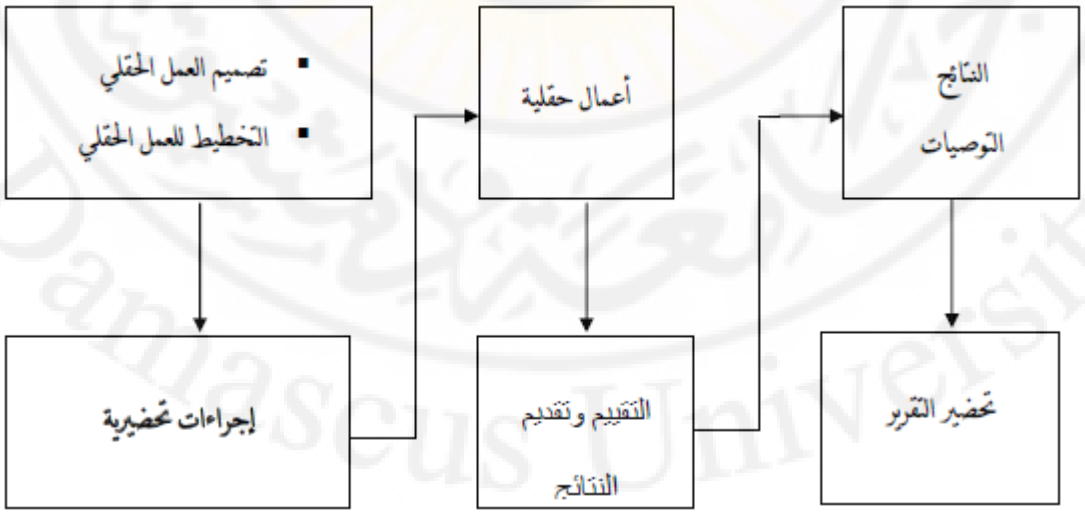
وهي مرحلة لاحقة في عملية التدقيق والتقييم للشروط البيئية في المنشأة تهدف إلى تطبيق برنامج تصحيحي للمشاكل البيئية. تدخل جميع الأعمال والتحقيقات التي تتم بعد الانتهاء من المراجعة من النوع I في مجال عمل المراجعة من النوع II. وتشمل:

- قياس الإصدارات الغازية
- قياس تصريف السوائل
- قياس كميات الفضلات الصلبة
- فحص خزانات التجميع
- فحص المياه الجوفية

مفهوم عملية المراجعة من النوع II

الهدف	الحصول على معلومات إضافية للمشاكل البيئية التي حددت من خلال المرجعة I
المجال	فحص شروط الموقع
الأدوات	أجهزة اختبار، أجهزة اعتيان، أجهزة تحليل، وثائق خاصة، معايير مكافحة التلوث
الطرائق	عمل حقلي مع اختبارات واعتيان وتحليل
المدة	تبعاً للحاجة
المنفذون	عدد من المفتشين، عناصر مخبر التحليل
النتائج	تحدد أبعاد المشكلة وإجراءات المكافحة والإجراءات التصحيحية، تزويد سجلات بيئية

خطوات عملية المراجعة من النوع II



١٣ - كما أن الهندسة البيئية تشمل مدى واسع من الأبحاث والدراسات والاختصاصات والتطبيقات في مختلف المجالات.

مهام وواجبات مهندس البيئة:

إن لمهندس البيئة في مجال عمله صلةوثيقة مع مجموعات إدارة البناء والصحة العامة ضمنالمدن كما يلعب دورا بوضع السياسات البيئية .تعمل الهندسة البيئية على تأمين بيانات شاملة وإحصاءات وتقارير عن مختلف التطبيقات الصناعية.

غالبا "ما تتحدد واجبات مهندس البيئة بما يلي:

١ .تقدير وتخمين الشروط البيئية للمشاريع
٢ .تطبيق العلوم والمبادئ الهندسية لتقدير وتقييم منطقة ما
٣ .تحديد المقدرة الزراعية
٤ .تحديد التأثيرات الاجتماعية والبيئية لمشاريع النقل
٥ .تطوير الإجراءات المخففة لأي ضرر محتمل ضمن المشاريع حفاظا "على السلامة
٦ .تأمين مصادر المياه المناسبة للاستعمالات الزراعية
٧ .تحديد مواقع وجود مصادر مياه الشرب
٨ .تصميم وتصنيع وسائل الاحتراق الصديقة للبيئة
٩ .جمع البيانات والمساعدة بالحلول الصناعية وتطوير عملية الإنتاج الغير مؤذية للبيئة
١٠ . تطوير وسائل قياس التلوث الهوائي وإيجاد الحلول العملية للتحكم بالتلوث الهوائي
١١ . تحسين وسائل التحكم بالضجة المزعجة
١٢ . العمل مع مجموعات الصحة البيئية لوضع الاشتراطات البيئية حيث يعتبر تخصص الهندسة الصحية البئية المعروفة باسم (صحة البيئة) من أهم فروع الهندسة البيئية.

تقوم صحة البيئة بأعمال مراقبة جودة البيئة بكل مكوناتها وذلك من خلال القياسات المستمرة لعناصر البيئة وذلك بطريقة دورية لاكتشاف أي ملوثات أو متغيرات من شانها أن يكون لها تأثيرسلبي على صحة الإنسان وذلك من خلال:

1 - مراقبة سلامة الغذاء
2 - مراقبة سلامة الهواء
3 - التخلص الآمن من النفايات الطبية
4 - مكافحة الحشرات
5 - مراقبة أعمال الهدم والبناء
6 - مراقبة جودة المياه

يمكن تعريف البيئة: على انها مجموعة العناصر التي تحيط وتؤثر بالأحياء كما انها تتأثر بها. واهم هذه العناصر الحيوية هي الماء والهواء والارض. وعلى الرغم من عظم حجم كوكب الارض فان التفاعل بين الأحياء وعناصر البيئة محدود في حيز لايتجاوز الكيلومترات العديدة سمكا.

كما يمكن تعريف البيئة بانها الوسط الذي يعيش فيه الكائن الحي ويؤثر ويتاثر به.

أما علم البيئةفيمكن تعريفه على انه العلم الذي يهتم بدراسة الكائن الحي وعلاقته بالبيئة ويطلق عليه مصطلح (Ecology).

تقسم البيئة الى:

1 - بيئة مادية وتشمل الهواء و الماء والارض.
2 - بيئة بايولوجية وتشمل النباتات و الحيوانات و الإنسان.

النظام البيئي (Ecosystem) :- هو مجموعة من التفاعلات بين المكونات الحية والمكونات غير الحية لاحداث توازن في البيئة وهناك العديد من الانظمة البيئية من امثلتها (الغابة ، النهر ، الصحراء) ويعده العلماء الوحدة الاساسية في علم البيئة.

أن أي خلل في النظام البيئي قد ينتج عنه خلل في التوازن البيئي حيث يمكن تعريف التوازن البيئي على انه بقاء مكونات وعناصر البيئة الطبيعية على حالتها.

مكونات النظام البيئي:

يتكون النظام البيئي من مكونات حية ومكونات غير حية وتشمل المكونات الحية:

1 - الكائنات المنتجة : وهي ذاتية التغذية وتتمثل في النباتات والطحالب وكافة العناصرالتي لها القدرة على عملية البناء الضوئي.

2 - كائنات مستهلكة : وهي غير ذاتية التغذية وذلك لخلوها من صبغة اليخضور (الكلوروفيل). وهي تكون اما :

أ - مستهلكات كبيرة وتكون هذه المستهلكات مثل ىكلات الاعشاب مثل الخروف وآكلات اللحوم مثل الأسد.

ب -مستهلكات صغيرة مثل البكتريا والفطريات ومجاميع أخرى من الاحياء المجهرية التي لها القدرة على تفكيك المواد العضوية المعقدة وتحويلها الى مركبات بسيطة يسهل امتصاصها.

أما المكونات غير الحية: فتشمل:

أ - موادكيميائية مثل الكاربون والاوكسجين.

ب -مواد عضوية مثل بقايا الكائنات الحية.

ت -المناخ مثل الهواء والحرارة والرطوبة.

ث -التربة.

خصائص النظام البيئي:-

للنظام البيئي عدة خصائص أهمها:

1 - تعدد مكوناته.

2 - ترابط النظام البيئي.

3 - استعمال الفضلات.

4 - التوازن البيئي.

أسباب اختلال التوازن البيئي:-

1 - تغير الظروف المناخية.

2 - ادخال مخلوق حي في بيئة جديدة.

3 - القضاء على بعض احياء البيئة.

4 - تدخل الانسان المباشر.

أن لتدخل الانسان المباشر في البيئة تأثير سلبي عليها وذلك من خلال مايتم طرحه بصورة مباشرة او غير مباشرة من خلال نشاطات الانسان وذلك من خلال الثورة الصناعية التي ازدهرت في نهايات القرن التاسع عشر ومانتج عنها من مخلفات صناعية أدت الى ظهور التلوث البيئي.

يمكن تعريف التلوث على انه إدخال الملوثات في البيئة التي تسبب عدم الاستقرار والاضطراب، أو الضرر بالنظام البيئي ويمكن أن يتخذ التلوث شكل المواد الكيميائية، أوالطاقة، مثل الضوضاء والحرارة أو الطاقة الضوئية .قد تكون الملوثات وعناصر التلوث مواد أومصادر طاقة خارجية، أو قد تحدث بشكل طبيعي.

يصنف مصادر التلوث الى صنفين رئيسيين:

1 - مصدر التلوث المركزي (Point source)

2 - مصدر التلوث اللامركزي (Non Point source)

أما التلوث فأنه يعرف اصطلاحا بـ (Pollution) أو (Contamination).

من أهم اسباب التلوث:

1 - التقدم الصناعي.

2 - الزراعة المكثفة.

3 - تزايد السكان.
4 - الأمطار الحامضية.
5 - الموت البيولوجي للأنهار والبحيرات.
6 - استنزاف طبقة الأوزون.
7 - ارتفاع درجة حرارة الكون(ظاهرة البيوت الزجاجية)
8 - التصحر.
9 - التلوث السمعي والتلوث البصري والتلوث الحراري.

الأشكال الرئيسة للتلوث:
أن أهم الأشكال الرئيسة في العالم هي:

1 - تلوث الهواء (Air Pollution): وينتج عن اطلاق المواد الكيميائية والجسيمات في الغلاف الجوي. أن أهم ملوثات الهواء الغازية الشائعة تشمل أول أكاسيد الكربون، ثاني أكاسيد الكبريت، الكلوروفلوروكاربون (مركبات الكربون الكلورية فلورية) أكاسيد النيتروجين التي تنتجها الصناعة وتطلقها محركات السيارات.
2 - تلوث المياه (Water Pollution):- وذلك بإطلاق النفايات والملوثات إلى الجريان السطحي (run off) أي ايصال شبكات الصرف الصحي الى النهرأو المياه الجوفية.
3 - تلوث التربة (soil contaminant):- ويحدث نتيجة سكب المواد الكيميائية أو تسريبها تحت الأرض.من بين هي أهم مسببات التربة الملوثة استعمال مبيدات الحشرية (pesticides) ومبيدات الاعشاب (herbicides) وكذلك المعادن الثقيلة (heavy metals) والهيدروكاربونات المكلورة (chlorinated hydrocarbons) .
4 - التلوث الإشعاعي (Radioactive contamination):- وينتج عن انشطة الفيزياء الذرية (atomic physics) وقد ظهر هذا النوع من التلوث في بدايات القرن العشرين نتيجة أبحاث الأسلحة النووية وتصنيعها وانتشارها وكذلك توليد الطاقة الكهربائية.
5 - التلوث الضوضائي (Noise Pollution):- والذي يشمل ضوضاء الطريق (roadway noise) وضوضاء الطائرات (aircraft noise) وكذلك الضوضاء الصناعية (industrial noise) .
6 - التلوث الضوئي:- ويشمل الإفراط في الإضاءة (Over illumination) والتداخلات الفلكية.
7 - التلوث البصري:- الذي يمكن أن يشار إليه بوجود خطوط الطاقة الكهربائية العلوية، اللوحات الإعلانية على طريق السيارات و أماكن تخزين النفايات المفتوحة أو النفايات الصلبة العامة.
8 - التلوث الحراري (Thermal Pollution):- هو التغير في درجة الحرارة الطبيعية الناتجة عن التأثير البشري، مثل استخدام مياه التبريد في محطة للكهرباء.

<u>تلوث موارد المياه</u>
اولا:- خواص الماء : في مختلف خصائصه يشذ الماء عن قواعد الكيمياء والفيزياء.
1 - انه عديم اللون والرائحة والطعم.
2 - سائل ثابت ومذيب جيد ومصدر عظيم لطاقة التفاعلات الكيمياوية.
3 - ان الماء عكس كل مادة على سطح الارض فإن الماء عندما يتحول الى الحالة الصلبة (يتجمد) فأن كثافته تقل.
4 - امكانية وجوده في الحالات الثلاث(الصلبة والسائلة والغازية)ضمن درجات الحرارة المألوفة.
5 - انه الوسط الجيد لكافة الانشطة الحياتية. كل حي حتى ارقى الكائنات وهو الانسان فإن أكثر من 70% من وزنه هو ماء.
6 - يتميز الماء بظاهرتي التماسك والتلاصق. حيث ان الشد السطحي هي نتيجة تماسك جزئيات الماء لبعضها البعض وبهذه الخاصية يصعد الماء الى ارتفاعات عالية ضد الجاذبية الارضية بالخاصية الشعرية.
7 - قابلية الماء على اذابة الكثير من المعادن المعروفة حيث ان ماء البحر يحتوي على الكثير من المعادن المذابة. وتساهم خاصية الاذابة بتغذية جميع الكائنات الحية فالسكريات والكحوليات وحامض الخليك والفوسفات وهذه المحاليل لها دور في نقل وتخزين الطاقة في الكائنات الحية.

ثانيا:- مصادر المياه :-هنالك خمسة مصادر رئيسية اعتاد الانسان استخدامها وهي:

1. **المتساقطات: المطر والبرد وغيرها من مصادر المياه.**
2. **المصادر السطحية : كالأنهار والبحيرات (الطبيعية منها والصناعية).**
3. **المياه الجوفية : مثل الآبار والعيون.**
4. **مياه البحر المحلاة.**
5. **المطروحات السائلة المستصلحة.**

إن ما يتوفر من المياه لا يتجاوز 3/1% (ثلث بالمائة) فقط من مجموع مياه العالم وتقع المصادر الثلاثة الأولى ضمن الـ 3/1%:

1 - <u>المتساقطات:</u> في بعض الحالات يتم تجميع مياه الأمطار في موسم الامطار لاستخدامه عند الحاجة. حيث يتم جمع مياه الامطار من خلال منظومة متكاملة للإسالة.

ان نوعية المياه المجمعة فإنها حصيلة نوعية مياه المطر والسطح المجمع عليه المطر، فالمطر يغسل ما في الجو من جسيمات وغازات وابخرة كذلك يكون تركيز الأحياء المجهرية، وكمية الملوثات محدودا. ان قلة تركيز الاملاح تجعل طعمها غير مستساغ لمن يستخدمها لأول وتعالج بإمرار المياه على طبقة حجر الجير لإذابة كمية من الاملاح لتحسين طعم المياه، اما المواد العالقة فيتم التخلص منها بطبقة الترشيح البسيط .

تسلك مياه الامطار المتساقطة على اليابسة واحدا من ثلاثة طرق تنقسم عليها:

الطريق الأول: هو أن تتبخر مباشرة تحت تاثير اشعة الشمس او تتبخر عن طريق أمتصاصها بواسطة النباتات ثم نتحها.

الطريق الثاني: هو تدفق المياه على سطح الأرض فوق التربة أو داخل أجزائها القريبة من سطح الارض حتى تصل الى احدى قنوات التصريف الرئيسية مثل الجداول والانهار والأودية الموسمية وتعرف هذه الكمية بالجريان السطحي المباشر.

الطريق الثالث: أن تتغلغل في اعماق التربة حتى تصل الطبقات الصخرية الواقعة تحتها ومن ثم الطبقات المشبعة بالماء لتعطي اضافات جديدة الى المياه الجوفية يعرف هذا الجزء بامداد المياه الجوفية أو تغذية المياه الجوفية Grounrd Water Recharge.

<u>كميات مياه الامطار Amount of Storm Water:</u>

عند دراسة وتصميم مشاريع تصريف مياه الامطار فمن الضروري معرفة كمية مياه الامطار الجارية على سطح الارض والتي يمكن تحديدها باكثر من طريقة حسب الظروف المناخية والجغرافية للمنطقة والمعلومات المتوفرة عن كمية الامطار والمياه الجارية خلال الفترات الماضية واهم هذه الطرق:

1 - **الطريق المنطقية.**
2 - **طريقة الصيغة التجريبية.**
3 - **طريقة الرسم المائي.**
4 - **طريقة الحساب الرقمية.**

وسوف يتم التطرق الى الطريقة المنطقية (Rational Method) فقط كونها اكثر شيوعا وأستخداما وهذه الطريقة تربط كمية المياه المتدفقة نتيجة الامطار على مساحة معينة من الارض وخلال فترة من الزمن بغزارة او شدة مطر محددة حيث أن:

$$Q = CIA$$

Q = اعلى قمة للسيح المطري (م^3\ ثا)

A = مساحة منطقة السيح (م^2)

I = شدة المطر (م\ ساعة). هناك عددمن الصيغ التجريبية التي يمكن الأستعانة بها في حساب شدة سقوط المطر وأكثر تلك الصيغ تطبيقا العلاقة التالية:

$$I = \frac{A}{t + B}$$

t= وقت فترة سقوط المطر- وقت التجميع (دقيقة)

A, B = ثوابت تعتمد على طبيعة المنطقة.

C = معامل السيح (بدون وحدات) ويختلف بحسب نوع السطح.

وعندما تحتوي المنطقة المصرفة على اسطح مختلفة بمعاملات متباينة فان المعامل المناسب لكل سطح يضرب في جزئية مساحته ومن ثم تجمع المعاملات كما في العلاقة الآتية:

$$C_{avg.} = \frac{\sum C_i . A_i}{\sum A_i}$$

مثال: احسب كمية السيح المطري (التصريف) لمنطقة مساحتها 10^5 م^2 اذا كان زمن التركيز ربع ساعة ، فإذا علمت ان معادلة الشدة المطرية $I = \frac{5230}{t+30}$ (t بالدقائق، I ملم/ ساعة) وكان $C = 0.35$

الحل:

$$I = \frac{5230}{t + 30}$$

$$I = \frac{5230}{15 + 30} = 116 \frac{mm}{hr}$$

$$= 0.116\, m/hr$$

$$Q = CIA$$

$$Q = 0.35 * 0.116 \frac{m}{hr} * 100000\, m^2$$

$$= 4060 \frac{m^3}{hr}$$

$$= 1.13 \frac{m^3}{sec}$$

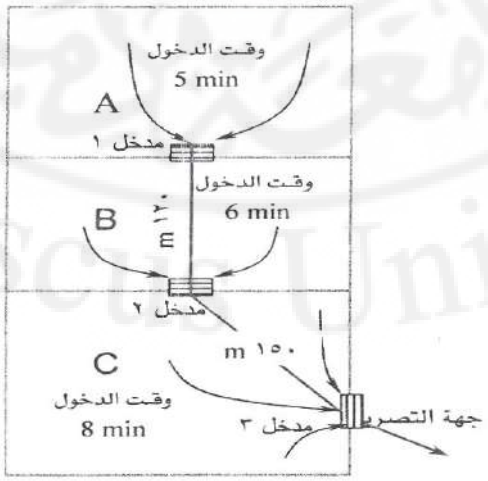
وقت التجميع Time of Concentration:

عند سقوط الامطار على منطقة مخدومة بنظام تصريف الامطار فان المياه الجارية تحتاج الى وقت لتتدفق من مساحات المنطقة المختلفة الى فتحات او مداخل التصريف. وهذا الوقت يشتمل على وقت التدفق (Time of Flow) ووقت الدخول (Inlet time).

أن القصد من وقت التدفق هو الوقت الذي تحتاجه مياه الامطار للتدفق من نقطة الى اخرى. أما وقت الدخول فيقصد به وقت سقوط المطر الى اللحظة التي يبدا عندها الماء بالتدفق في أنابيب تصريف الامطار وتتراوح قيمته في الغالب من 5 الى 20 دقيقة. ويتأثر وقت التجميع بعدة عوامل اهمها ميول الارض ، المسافة بين فتحات تصريف الامطار ، نوع الاسطح المصرفة والاحوال الجوية. أي أن وقت التجميع هو الوقت اللازم لتدفق مياه الامطار الجارية باعلى كمية عند شدة مطر كافية لوصول تدفق أبعد نقطة الى فتحات التصريف ويشمل وقت التدفق ووقت الدخول.

مثال:

الشكل ادناه يوضح منطقة بها نظام تصريف الامطار وتحتوي على ثلاثة اجزاء حسب التقسيم المائي لها (Water shed). احسب وقت التجميع اذا علمت أن سرعة التدفق في الانابيب 0.75 م/ثا.



الحل:

من خلال العلاقة بين كل من المسافة والسرعة والزمن يتم حساب وقت التدفق في أنابيب الصرف كما يلي :

وقت التدفق خلال الأنبوب من المدخل ١ إلى المدخل ٢:

$$= \frac{120\ m}{0.75\ \frac{m}{s} \times 60\ \frac{\text{sec}}{\text{min}}} = 2.67\ \text{min}$$

وقت التدفق خلال الأنبوب من المدخل ٢ إلى المدخل ٣:

$$= \frac{150\ m}{0.75\ \frac{m}{s} \times 60\ \frac{\text{sec}}{\text{min}}} = 3.33\ \text{min}$$

وقت التجميع من أبعد نقطة في كل تقسيم مائي إلى المدخل الأخير (مدخل ٣):

للمساحة A :

$$= 5 + 2.67 + 3.33 = 11\ \text{min}$$

للمساحة B :

$$= 6 + 3.33 = 9.33\ \text{min}$$

للمساحة C :

$$= 8\ \text{min}$$

وبالتالي فإن أعلى وقت تجميع للمنطقة هو 11 min وهو الوقت الذي يمثل فترة تساقط المطر.

2 - المياه السطحية: تعد هذه المياه أوفر وأيسر واقدم المصادر استخداما ويقال عن هذه المياه بانها مناسبة ولا يسعنا ان نحجم عن استخدامها ما لم تكن سيئة النوع, ويصعب فصل هذا المصدر عن المصدرين الاول والثالث.
ان كمية السيل السطحي تتذبذب تبعا لتوزيع المزن المطرية خلال السنة ، كذلك يصعب تقدير كيفية توزيع السقيط.
ان العوامل الاخرى التي تؤثر على المياه السطحية اضافة الى كميات المطر هي ضائعات التبخر وما يفقد نتيجة الرشح الى التربة (الى المياه الجوفية).
ان النسبة القليلة من مياه المطر الذي يتوجه الى الانهار والجداول يتعرض الى اشد الاستخدامات المائية، والى اساءات البشر للماء. ان تفضيل المياه السطحية يعود الى المميزات التالية:

1. **المجمعات السكنية (المدن) تقع على ضفاف الموارد المائية.**
2. **من السهل تنظيم وادارة استخدامها بتشريعات وقوانين مناسبة.**
3. **يسهل تقدير كمياتها المتوقعة من سجلات الانهار.**
4. **اجزائها القريبة من المنابع تتميز بنوعيات مياه جيدة.**
5. **يعتمد عليها عند الحاجة الى سحب كميات كبيرة من المياه.**

اما سلبياتها

1. **تكون متعرضة للتلوث كونها مكشوفة.**
2. **تتذبذب نوعية مياه هذه المصادر (الانهار الصغيرة) مع تذبذب تصريفها.**
3. **البحيرات وخزانات المطر تتعرض في الصيف الى التطبق الحراري مما يساعد على خلق ظروف لا هوائية في القعر مؤديا الى تغير طعم ورائحة الماء.**
4. **مشاكل الاخصاب (الاثراء الغذائي) في المصادر السطحية الراكدة مما يؤثر على تغيير خصائص المياه.**

5. تعاني الاجزاء السفلى من مجاري الانهار من طرح الفضلات في النهر.

ملوثات المياه السطحية

يمكن تلخيص مصادر الملوثات كالاتي:

1. الملوثات الهوائية (الغازات والدقائق) تصل الانهار بواسطة الامطار.
2. ما يجرفه السيل من ملوثات زراعية.
3. مصبات الفضلات الصناعية والمنزلية.
4. الملوثات الزراعية خلال مياه البزل.
5. تسرب الملوثات ضمن مخلفات الانشطة التي تجري في وادي النهر عندما يكون مستواه منخفضا وتجرف مياه النهر هذه الفضلات مرة واحدة في موسم الفيضان.
6. التبادل النوعي مع المياه الجوفية فعندما يكون اتجاه جريان النهر من الماء الجوفي الى النهر تتأثر نوعية ماء النهر بنوعية الماء الجوفي وبالملوثات ان وجدت.
7. عملية التطبق الحراري Thermal Stratification .

3 - المياه الجوفية: عندما تسكن المياه داخل الطبقات وتصبح الاخيرةمشبعة بها تعرف هذه المياه بالمياه الجوفية. تتيح المياه الجوفية امكانات استخدام رائعة تصل احيانا الى اقصى ما يتمناه الانسان مثل مياه الينابيع ومياه الابار الارتوازية.

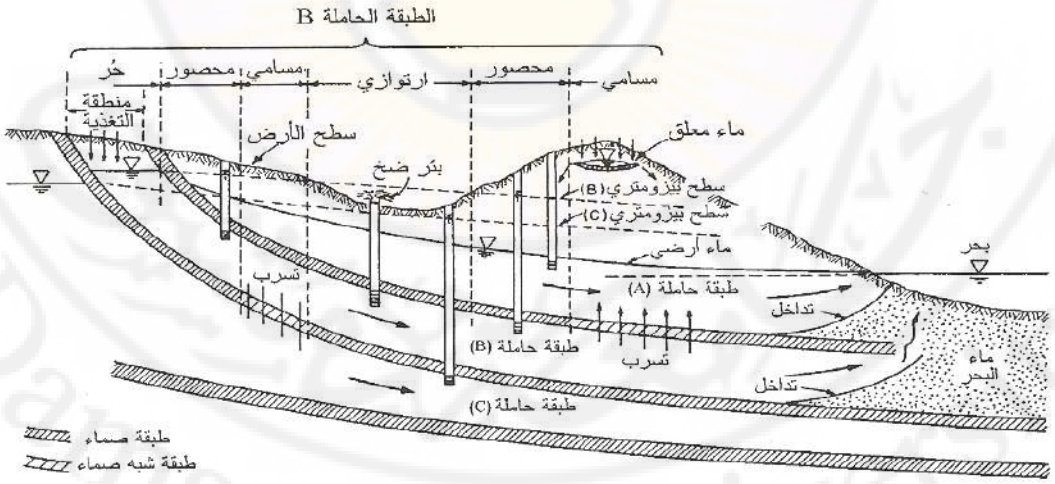
توجد المياه الجوفية في نوعين او حالتين من الطبقات الحامِلة وهما الطبقة المحصورة (Confined Aquifer) والطبقة غير المحصورة (Unconfined Aquifer).

ويمكن تعريف الطبقة الحاملة بانها تكوين جيولوجي يحتوي على ماء بين فراغاته البينية ويسمح بحركته تحت الظروف الطبيعية.

اما الطبقة المحصورة فتعرف بانها تلك الطبقة التي يحدها من الاعلى والاسفل تكوينات غير نفاذة أي انها محصورة بين طبقتي اما من النوع الحافظ للماء غير النفاذ او من النوع المصمت.

وتعرف الطبقة غير المحصورة (الحرة) بانها تلك الطبقة الحاملة التي يحدها من الاعلى منسوب الماء الارضي وتجثم أسفلها طبقة صماء غير منفذة للماء.

يبين الشكل ادناه رسم تخطيطي لانواع التكوينات الجيولوجية المختلفة



يتحرك الماء داخل الطبقات حركة بطيئة جدا لذا فان هذه الطبقات تمثل ما يشبه الخزانات تحتفظ بالماء لسنوات طويلة يمكن الاستفادة منها عند الحاجة اليها. تعتمد كمية الماء الممكن أختزانها داخل الطبقة الصخرية على مجموعة كبيرة من العوامل المتعلقة بالأبعاد الهندسية للطبقات والخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية للصخور.

نقصد بالمعلومات الهيدرولوجية بانها تلك المعلوات التي تختص بالمياه السطحية (كما هو متعارف عليه). اما المعلومات الهيدروجيولوجية فهي تلك المعلومات التي تختص بالمياه الجوفية والتي تسكن داخل طبقات الارض.

تعد المسامية والنفاذية (التوصيل المائي) والعطاء النوعي (معامل التخزين) من اهم الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقات الحاملة.
تمثل المسامية حجم المخزون المائي داخل الطبقات ويعبر الجيولوجيون في العادة عن المسامية بالنسبة المئوية للفراغات في الصخور الى الحجم الكلي للصخر أو التربة. يمكن تحديد المسامية مختبريا بسهولة وبدقة كبيرة.
ويعبر عن المسامية بالعلاقة التالية:

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{(V - V_s)}{V} = 1 - \frac{V_s}{V}$$

حيث أن:
n= المسامية.
V_v= حجم الفراغات في التربة.
V = حجم النموذج الكلي.
V_s= حجم المواد الصلبة في التربة = الوزن الجاف للنموذج.
أن النسبة بين الفراغات الى المواد الصلبة خلال التربة يطلق عليه بنسبة الفراغات (e) ويعبر عنه رياضيا بالعلاقة التالية:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

عليه فان العلاقة بين المسامية ونسبة الفراغات هي:

$$e = \frac{n}{1 - n}$$
$$n = \frac{e}{1 + e}$$

أما النفاذية (التوصيلية المائية) فهي تصف مقدرة الطبقات على امرار الماء من خلالها. فكمية الماء التي تمر من خلال مقطع احدى الطبقات الحاملة للماء تعتمد بالدرجة الاولى على فرق الجهد المائي وعلى نفاذية الطبقة. ويمكن تحديد النفاذية باستخدام العديد من التجارب المختبرية والحقلية. ومن أشهر العلماء الذين قاموا بدراسة النفاذية هو العالم دارسي حيث ان قانون دارسي يمكننا من حساب النفاذية. يبين الشكل ادناه اهم مكونات قانون دارسي.

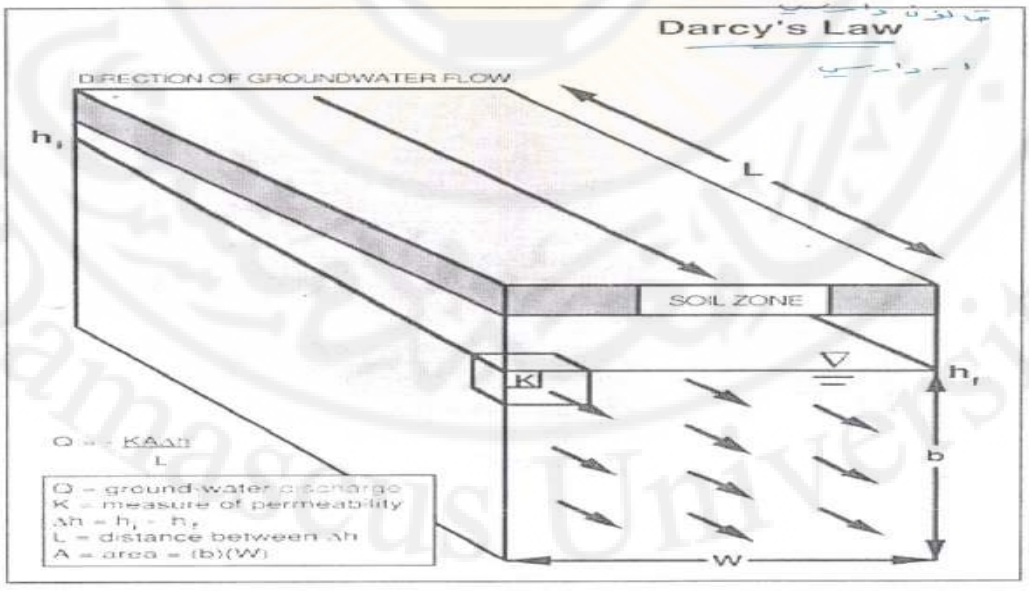


Figure 6.1. Darcy's Law.

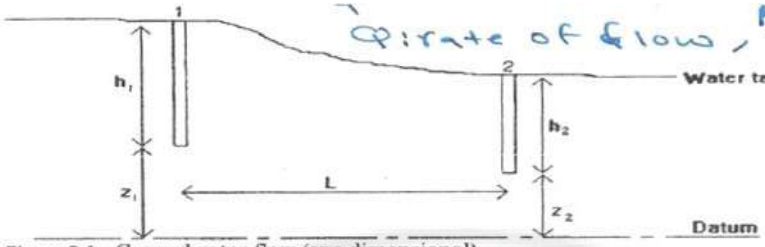


Figure 3.4 Groundwater flow (one dimensional).

where v = Darcy velocity of flow, mm/s or ft/s
K = hydraulic conductivity of medium or coefficient of permeability, mm/s or ft/s
i = hydraulic gradient, m/m or ft/ft
h_1, h_2 = pressure heads at points 1 and 2, m or ft
z_1, z_2 = elevation heads at points 1 and 2, m or ft
L = distance between points (piezometers) 1 and 2, m or ft

The pore velocity v_p is equal to the Darcy velocity divided by porosity as follows:

$$v_p = v/n \tag{3.11}$$

Darcy's law is applied only in the laminar flow region. Groundwater flow may be considered as laminar when the Reynolds number is less than unity (Rose, 1949). The Reynolds number can be expressed as

$$\mathrm{R} = \frac{VD}{\nu} \tag{3.12}$$

where R = Reynolds number
V = velocity, m/s or ft/s
D = mean grain diameter, mm or in
ν = kinematic viscosity, m^2/d or ft^2/d

مثال:

Example 1: Determine the Reynolds number when the groundwater temperature is 10°C (from Table 4.1a, $\nu = 1.31 \times 10^{-6}$ m^2/s); the velocity of flow is 0.6 m/d (2 ft/d); and the mean grain diameter is 2.0 mm (0.079 in).

الحل:

$$V = 0.6 \text{ m/d} = (0.6 \text{ m/d})/(86{,}400 \text{ s/d})$$
$$= 6.94 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$
$$D = 2 \text{ mm} = 0.002 \text{ m}$$
$$\mathrm{R} = \frac{VD}{\nu} = \frac{6.94 \times 10^{-6} \text{m/s} \times 0.002 \text{ m}}{1.31 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}}$$
$$= 0.011$$

Note: It is a laminar flow (R < 1).

مثال:

Example 3: The slope of a groundwater table is 3.6 m per 1000 m. The coefficient of permeability of coarse sand is 0.51 cm/s (0.2 in/s). Estimate the flow velocity and the discharge rate through this aquifer of coarse sand 430 m (1410 ft) wide and 22 m (72 ft) thick.

solution:

Step 1. Determine the velocity of flow, v, using Eq. (3.10a)

$$i = 3.6 \text{ m}/1000 \text{ m} = 0.0036$$
$$v = Ki = 0.51 \text{ cm/s}(0.0036)$$
$$= 0.00184 \text{ cm/s } (86{,}400 \text{ s/d})(0.01 \text{ m/cm})$$
$$= 1.59 \text{ m/d}$$
$$= 5.21 \text{ ft/d}$$

Step 2. Compute discharge

$$Q = vA = 1.59 \text{ m/d} \times 430 \text{ m} \times 22 \text{ m}$$
$$= 15{,}040 \text{ m}^3\text{/d}$$
$$= 15{,}040 \text{ m}^3\text{/d} \times 264.17 \text{ gal/m}^3$$
$$= 3.97 \text{ MGD (million gallons per day)}$$

Example 5: If the water moves from the upper to the lower lake through the ground. The following data are given:

difference in elevation $\Delta h = 25$ m (82 ft)
length of low path $L = 1500$ m (4920 ft)
cross-sectional area of flow $A = 120$ m^2 (1290 ft^2)
hydraulic conductivity $K = 0.15$ cm/s
porosity of media $n = 0.25$

Estimate the time flow between the two lakes.

solution:

Step 1. Determine the Darcy velocity v

$$v = Ki = K\Delta h/L = 0.0015 \text{ m/s } (25 \text{ m}/1500 \text{ m})$$
$$= 2.5 \times 10^{-5} \text{m/s}$$

Step 2. Calculate pore velocity

$$v_p = v/n = (2.5 \times 10^{-5} \text{ m/s})/0.25$$
$$= 1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

Step 3. Compute the time of travel t

$$t = L/v_p = 1500 \text{ m}/(1 \times 10^{-4} \text{ m/s})$$
$$= 1.5 \times 10^7 \text{ s} \times (1 \text{ day}/86{,}400 \text{ s})$$
$$= 173.6 \text{ days}$$

مثال:

A sand aquifer 12.19 m thick is about 1.61 km wide. The aquifer is covered by a confining unit of glacial till about 13.72 m thick beginning from the land surface. The difference in the hydraulic head between two wells 1524 m apart is 3.05 m (Fig. 6.4). The hydraulic conductivity of the sand aquifer is 20.44 m / day. What is the quantity of ground water passing through a cross-section of this aquifer in ft^3 / day, gallons per day, and m^3 / day?

Method 1:

$A = (12.19\ m)(1610\ m) = 19626\ m^2$

$i = \Delta h/L = (3.05\ m) / (1524\ m) = 0.002$

$K = 20.44\ m / day$

$$Q = KAi = \left(20.44\ \frac{m}{day}\right)(19626\ m^2)(0.002) = 802\ \frac{m^3}{day} \qquad 6.1$$

$$Q = 802\ \frac{m^3}{day} \times 264 = 211{,}728\ gpd$$

$1\ m^3 = 264.17$ gallons

$1\ m^3 = 35.25$

$$Q = 802\ \frac{m^3}{day} \times 35.32 = 28{,}327\ \frac{ft^3}{day}$$

Method 2:

$i = \Delta h/L = (3.05\ m)/(1524\ m) = 0.002$

$K = 20.44\ m / day$

$b = 12.19\ m$

$W = 161\ km = 161{,}000\ m$

$T = Kb = (20.44\ m / day)(12.19\ m) = 249\ m^2 / day$

$$Q = TWi = \left(249\ \frac{m^2}{day}\right)(1{,}610\ m)(0.002) = 802\ \frac{m^3}{day} \qquad 6.6$$

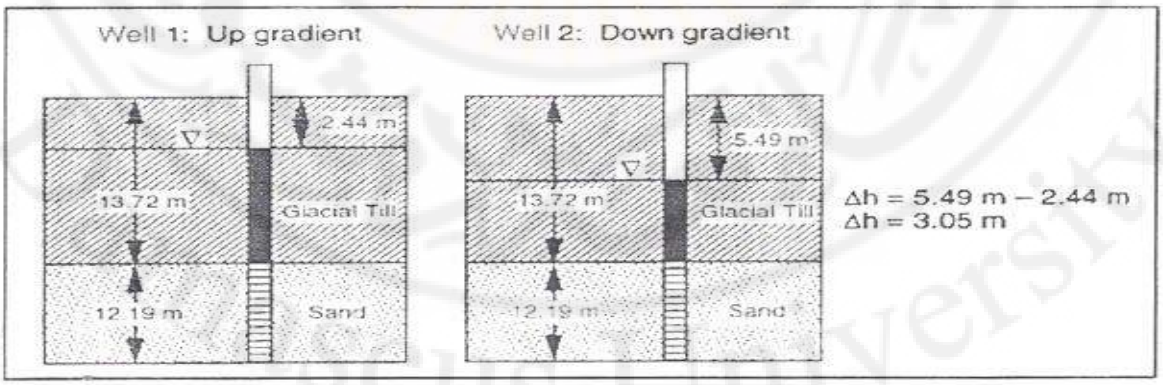


Figure 6.4.

اما العطاء النوعي (معامل التخزين) فهو معامل يعبر عن كمية المياه الممكن استخراجها من الطبقة من حجم معين معروف من الطبقات المشبعة تحت تأثير الجاذبية الارضية.

تشمل المياه الجوفية الينابيع والآبار والكهاريز وغيرها.

تتميز المياه الجوفية:

1 - خلوها من المواد العالقة والبكتيريا (عملية ترشيح).
2 - تبقى درجة حرارة الماء ثابته تقريبا خلال الصيف والشتاء.
3 - وجود CO_2 بعكس O_2الذي ينعدم في هذه المياه.
4 - لا يتوفر الماء الجوفي بكمية كافية في كل المناطق حيث ان هذا يعتمد على الموازنة السنوية لكمية الامطار الراشحة الى الماء الجوفي ومساحة المنطقة المغذية لهذه المياه الجوفية، وفي جميع الاحوال يجب ان لا يزيد السحب السنوي من الابار عن كمية التغذية بمياه الامطار.

تلوث الموارد الجوفية:

ان كافة الانشطة الجارية على سطح الارض والتي تكون مصدرا للملوثات من الممكن ان تنتقل الى الماء الجوفي بطريق او اخر. فعلى سبيل المثال تتسرب المطروحات المدنية والصناعية السائلة من خلال مفاصل المجاري وكسورها الى الماء الجوفي كذلك فان اكداس المطروحات الصلبة سواء كانت مدنية (منزلية) او صناعية تتخللها مياه الامطار وتذيب الكثير من الملوثات ناقلة اياها الى الماء الجوفي. ومثلما تم ذكره في تلوث الموارد السطحية ان السيول الحاوية على الملوثات الهوائية ومياه السقي تنقل العديد من الملوثات الزراعية كالاسمدة والمبيدات الى الماء السطحي (نهر أو بحيرة) ولكن في الواقع ان جزءا كبيرا من هذه الملوثات رشح الى المياه الجوفية، كذلك يؤدي التبادل بين المياه الجوفية المالحة والمياه الجوفية الحلوة مؤديا الى زيادة ملوحة الاخيرة. واخيرا فان بعض الصناعات تحقن ملوثاتها السامة في آبار عميقة مؤدية الى تلوث المياه الجوفية.

تحلية مياه البحر:

تحلية مياه البحر او المياه المالحة الجوفية تعني ازالة الايونات الملحية وتحويله الى ماء مناسب للاستخدام. تحتاج جميع طرق التحلية الى مصادر طاقة وتمثل تحلية البحر امل المستقبل في مواجهة حاجة العالم لمياه.

اهم طرق التحلية

1. التقطير بمختلف طرقه المعقدة والبسيطة.
2. الديلزة الكهربائية(Electro Dialysis) والتي تعتمد على استخدام طاقة التيار الكهربائي لفصل الايونات خلال اغشية بلاستيكية تخييرية.
3. عكس الضغط التنافذي بواسطة تسليط ضغط ميكانيكي على الماء عبر اغشية نصف نفاذة (Semi-Permeable Membraned) حيث تزال نسبة 97% من الاملاح.
4. التجميد والذي يعتمد على مبدأ مفاده ان اول ما يتجمد من الماء المالح هو بلورات الماء النقية تاركة بقية المحلول ورائها اكثر ملوحة وعند فصل هذه البلورات واعادة صهرها يتم الحصول على مياه عالية النقاوة.
5. طريقة المبادلات الايونية (Ion Exshange).
6. طريقة الفصل المغناطيسي (Magnetic Separtor)

استصلاح مياه الفضلات(المطروحات)

عادة ما يتم استصلاح مياه الفضلات واعادة استخدامها في الصناعة والري (السقي) لكن الحاجز النفسي بقي عائقا في طريق اعادة الفضلات المستصلحة الى شبكة مياه الشرب. اما الاتجاه الاخر من استخدامات مياه الفضلات المستصلحة فهي تغذية المياه الجوفية او اعادة شحنها كما يعبر عن العملية احيانا (Ground Water Recharge) ويمكن تحقيق عملية التغذية بعدة اشكال . فهناك اسلوب نشر المياه على مساحات واسعة وفي تربة نافذة مما يتيح تسربا الى المياه الجوفية او حقن المياه المستصلحة في ابار حقن الى الطبقة الجوفية.

بعض الخصائص النوعية للمياه الطبيعية

الخصائص المدرجة ادناه مشتركة في كل المياه وهي:

1 - المواد العالقة : تزال المواد العالقة بالترسيب ثم الترشيح خلال مرشحات رملية.
2 - اللون : سببه تحلل النباتات ويقاس بوحدات الكوبلت اللونية (200 وحدة لا يصلح للشرب).
3 - الفلوريدات : المسموح بتركيزه في المياه لا يزيد عن 1.5 ملغم / لتر.
4 - العسرة : الماء العسر هو الذي يجعل الصابون لا يرغو ويستهلك كميات كبيرة من الماء.

5 - الحوامض: من الفضلات الصناعية والامطار الحامضية اصبحت مشكلة كبيرة.
6 - السيلكا: مألوفة في قشرة الارض تتراوح تراكيزها من 1 الى 100 ملغم \ لتر وتسبب مشاكل في المراجل.
7 - الحديد : تحتوي المياه الجوفية على الحديد الذي يصل الى 5 ملغم/ لتر.
8 - ثاني اوكسيد الكاربون: معظم مياه الابار تحتوي من 5 الى 50 ملغم لكل لتر ويسبب تآكل المعادن.
9 - الحياة المجهرية: البكتريا والرواشح تسبب امراض (التهاب الكبد الفايروسي ، تيفوئيد وشلل الاطفال)

استخدامات ومواصفات المياه:

يمكن تصنيف استخدامات المياه الى ثلاثة قطاعات رئيسية:

1 - الصحية 2- الاقتصادية 3- الترفيهية

الاستخدامات الصحية: استخدام الماء البشري المباشر كالشرب والطهي والاستحمام
الاستخدامات الاقتصادية: استخدام الماء لتحقيق مكاسب مالية ويقع ضمن هذا الاستخدام المياه الصناعية والمستخدمة للزراعة ويمكن شمول النقل المائي ضمن هذا الاستخدام.
الاستخدامات الترفيهية: يعد الماء في هذا الصنف عنصرا حيويا كما في الممارسات الرياضية اضافة الى الناحية الجمالية التي تحققها المياه في مناطق تواجدها.

اما اهم استخدامات الماء هي:

1 - الاستخدامات المدنية (البلدية).
2 - الاستخدامات الزراعية والصناعية.

استخدامات مياه الشرب:

تطلق تسمية مياه الشرب جوازا على المياه التي تجهز خلال شبكة الاسالة وللأغراض البلدية المختلفة اضافة الى الاغراض الصناعية المحلية. يتراوح ما يضخ في الشبكة للمواطن حوالي 400 لتر /شخص. يوم ومن الممكن توزيع حصص الاستهلاك البلدي للماء كما يأتي:

- **استهلاك منزلي 45%**
- **استهلاك صناعي 18%**
- **استهلاك تجاري 15%**
- **استهلاك عام 12%**
- **ضائعات الشبكة 10%**

الاستهلاك المنزلي: الاستخدامات المنزلية للماء (شرب ، طبخ ، استحمام ، غسل اواني ، الحدائق المنزلية ، المبردات).
الاستهلاك العام : سقي الحدائق العامة ، غسل الشوارع ، اطفاء الحرائق.
الضائعات: الفقدان بالمياه والربط غير النظامي والتسرب ويقل الضائع عند انخفاض ضغط الماء (شبكات المدن الصغيرة).
*** ملاحظة : ان قيمة ما يتم طرحه من المياه كفضلات مياه يتراوح بين 60 الى 80% من المستهلك وللحسابات تؤخذ النسبة 70%.**

تعداد السكان:

يعتبر معرفة عدد السكان خلال عقدين الى ثلاثة عقود من الزمن امرا ضروريا عند تصميم اسالة الماء ومنظومة المجاري ولتخمين عدد السكان عادة ما يستخدم عدة طرق احصائية ومنها الطريقة الحسابية المبينة في المثال التالي:

مثال:

احسب السكان لمدينة عام 2020 اذا كان لديك المعلومات ادناه وذلك باستخدام (الطريقة الحسابية)، ثم احسب كمية الاستهلاك بالحجم يوميا لماء الشرب المطلوب لهذه المدينة لذلك العام وكمية مياه الفضلات بالحجم المطروحة يوميا من تلك المدينة لذلك العام.

العام	السكان (نسمة)
1990	200000
2000	260000
2010	340000

الحل:

$$K = \frac{P_f - P_i}{t_f - t_i}$$

$$K_1 = \frac{260000 - 200000}{2000 - 1990} = 6000\ p/year$$

$$K_2 = \frac{340000 - 260000}{2010 - 2000} = 8000\ p/year$$

$$K_{av.} = \frac{6000 + 8000}{2} = 7000\ p/year$$

$$7000 = \frac{P_f - 340000}{2020 - 2010}$$

$$P_f = 410000\ p$$

$$water\ Consumption = 400 \frac{L}{p.day}\ 410000\ p = 164000\ \frac{m^3}{day}$$

$$Wastewater\ discharge = 0.7 * 164000\ \frac{m^3}{day}$$

$$= 114800\ \frac{m^3}{day}$$

التغيرات في استهلاك الماء:

ان استهلاك الماء لا يبقى ثابتا فقد لوحظت تغييرات سنوية , شهرية , اسبوعية , يومية وساعية. استهلاك الماء لبعض السنوات الجافة يسبب استهلاك اكثر للماء كما انه في الاشهر الحارة تستهلك كميات كبيرة من الماء في الشرب, السباحة, سقي الحدائق والعشب. وفي ايام العطل الرسمية ونهايات الاسبوع نجد ان ان استهلاك الماء يكون عاليا وحتى خلال اليوم فان استهلاك الماء يتغير حيث يكون عاليا اثناء ساعات الصباح وقريب الظهر ويقل الاستعمال في الليل.

يمكن حساب الطلب الاقصى على المياه في الساعات اليوم, الاسبوع , الشهر والسنة باستعمال معادلة Good Rich:

$$\rho = 180\%\ (t)^{-0.1} \qquad \rho = 1.8(t)^{-0.1}$$

ρ = معامل الحد الاقصى

t = الفترة الزمنية المراد حساب الاستهلاك الاقصى خلالها

ملاحظة: معادلة Good Rich تستخدم لفترة زمنية محددة حيث ان حدود (t) كالتالي

2hr< t<360 day

اي انها تستخدم لايجاد الطلب الاقصى على المياه للفترة من ساعتين ولغاية تقريبا سنة واحدة

حساب الطلب الاقصى على المياه اليومي:

$$(Q_{max.})_{daily} = Q_{av.} * 1.8 * (1)^{-0.1} * 1$$

$$= Q_{av.} * 1.8$$

$$= 1 \quad (1)^{-0.1}$$

حساب الطلب الاقصى على المياه الاسبوعي:

$$(Q_{max.})_{weekly} = Q_{av.} * 1.8 * (7)^{-0.1} * 7$$

حساب الطلب الاقصى على المياه الشهري

$$(Q_{max.})_{monthly} = Q_{av.} * 1.8 * (30)^{-0.1} * 30$$

وهكذا لبقية عدد الايام ولغاية 360 يوما فلو اراد مثلا الاستهلاك الاقصى لثلاثة ايام نعوض (t=3)وبعد ذلك نضرب في(3).

ملاحظة: لبيان معنى القانون لنأخذ مثلا الاستهلاك الاقصى الاسبوعي

$$(Q_{max.})_{weekly} = Q_{av.} * 1.8 * (7)^{-0.1} * 7$$

$$Q_{av.} * 7 = Q_{av.weekly}$$

$$1.8 * (7)^{-0.1} = \rho$$

$$(Q_{max.})_{weekly} = Q_{av.weekly} * \rho$$

الشرط الرئيسي لما تقدم ان معدل الاستهلاك يكون بوحدة حجم/اليوم

$$Q_{av.} = vol./day$$

لحساب الطلب الاقصى على الاستهلاك لساعتين t=2hr

$$(Q_{max.})_{2\ hr} = Q_{av.} * 1.8 * (\frac{2}{24})^{-0.1}$$

تكون وحدات معدل الطلب في هذه المعادلة بوحدة حجم/ساعة أي:

$$Q_{av.} = vol./hr$$

لحساب الطلب الاقصى على الاستهلاك لساعة:

وهي حالة خاصة لا تخضع لمعادلة Good Rich حيث تم الاشارة مسبقا ان حدود الزمن في معادلة Good Rich (2hr< t<360 day)

لحساب الاستهلاك الاقصى بالساعة

$$(Q_{max.})_{hourly} = \frac{(Q_{max.})_{daily} * 1.5}{24}$$

$$(Q_{max})_{daily} = Q_{av.} * 1.8$$

ملاحظة مهمة جدا:

ادنى استهلاك يحصل في اوقات باردة فالاستهلاك اليومي يكون قليل ويرمز له (Q_{min})

$$(Q_{min}) = \frac{Q_{av.}}{2}$$

مثال:

مجتمع سكاني تعداد نفوسه 5000 نسمة ومعدل استهلاك الشخص الواحد من الماء يوميا 450 لتر احسب اقصى استهلاك للماء لهذا المجتمع بالساعة، اليوم، الاسبوع والشهر.

الحل:

$$Q_{av.} = 5000\ capita * 450\ \frac{l}{day.capita} = 2250000\frac{l}{day}$$

$$Q_{av.} = 2250000\frac{l}{day} * \frac{m^3}{1000\ l} = 2250\ \frac{m^3}{day}$$

$$Q_{av.} = 2250\ \frac{m^3}{day} * \frac{day}{24\ hr} = 93.75\frac{m^3}{hr}$$

$$Q_{(max)\ hourly} = 93.75 * 1.8 * 1.5 = 253.125\frac{m^3}{hr}$$

$$Q_{(max)\ dailly} = 2250 * 1.8 = 4050\frac{m^3}{day}$$

$$Q_{(max)\ weekly} = 2250 * 1.8 * (7)^{-0.1} * 7 = 23336.9\frac{m^3}{week}$$

$$Q_{(max)\ monthly} = 2250 * 1.8 * (30)^{-0.1} * 30 = 86469.74\frac{m^3}{month}$$

العوامل التي تؤثر على معدلات الاستهلاك المائي للفرد:

1 - حجم المدينة ومستوى المعيشة.
2 - الحالة المناخية في المنطقة (حارة ، رطبة..... الخ)
3 - نوعية الماء ودرجة معاملته.
4 - ضغط الماء بالشبكة.
5 - وجود او عدم وجود شبكة مجاري.
6 - وجود العدادات والسياسة النقدية.
7 - الحالة العمرانية (منطقة مستقرة وكاملة) او في طور البناء.
8 - استخدام الماء لأغراض التبريد.

الخصائص العامة لمياه الشرب:

ماء الشرب يجب ان يكون صافي اللون (شفاف من غير لون) طيب المذاق وامين الاستخدام (لا يسبب لشاربه المرض).
يستطيع الانسان ان يتحسس خصائص المياه المرئية والتي تستشعر بالمذاق والشم. ولكن الضرر قد يأتي من شوائب غير مرئية او غير محسوسة بالمذاق او الشم.

الخصائص النوعية لمياه الشرب:

قد يأتي الضرر في ماء الشرب من شوائب غير مرئية أو محسوسة بالمذاق او الشم وقد هذه الشوائب مواد ميتة او كائنات حية ويعبر عن تركيز الشائبة وتركيزها المسموح به بمواصفات الماء. وقد عملت جهات عديدة محلية ودولية على وضع معايير لماء الشرب وتسمى بالمواصفات القياسية لمياه الشرب (Drinking Water Standards) ومن هذه المنظمات:

1. **منظمة الصحة العالمية World Health Organization (WHO).**
2. **وكالة حماية البيئة Environmental Protection Agency (EPA).**

وفي العراق هناك قانون رقم 25 لسنة 1967 المتعلق بالمواصفات القياسية للمياه.

الجدول ادناه يوضح بعض مواصفات مياه الشرب حسب منظمة الصحة العالمية (WHO).

الخاصية	اعلى تركيز محبذ	اقصى تركيز مسموح به
المواد الصلبة الكلية	500mg/L	1500mg/L
اللون	5C.u	50C.u
الطعم	مستساغ	-
الرائحة	مستساغة	-
الكدرة	5NTU	25NTU
الكلوريدات	200mg/L	600mg/L
العسرة الكلية بدلالةcaco3	100mg/L	500mg/L
الكالسيوم	75mg/L	200mg/L
الكبريتات	200mg/L	400mg/L
الرقم الهايدروجيني	8 - 7	6.5(min)
الرصاص	-	0.1
الزئبق	-	0.001
الكروم	-	0.05
الزرنيخ	-	9.2 max

كذلك هنالك مواصفات بكتريولوجية

1. **ما لا يقل عن 95% من النماذج (حجم 100 مللتير) يجب ان تكون خالية من بكتريا الكوليفورم (خلال سنة كاملة).**
2. **يجب ان تكون خالية من مجموعة بكتريا E-Coli.**
3. **يجب ان لا يزيد بكتريا الكوليفورم في (100 مللتر) عن 10 خلايا.**
4. **يجب ان لا تظهر بكتريا الكوليفورم في نموذجين متعاقبين.**

معاملة المياه لاستخدامات الشرب:

ان مفهوم معاملة الماء الخام (مهما كان مصدره) تعني تعديل نوعية الماء الخام بتقليل تركيز شوائبه (وأحيانا بإضافة شائبة) حتى يصبح ضمن مواصفات مياه الشرب.

يعتمد تعقيد المعاملة او درجة المعاملة على العوامل التالية:

1. **نوعية مياه المصدر المائي.**
2. **مدى التشديد في مواصفات مياه الشرب.**
3. **الجانب الاقتصادي.**

معاملة (تنقية الماء) لأغراض الشرب والوحدات التقليدية:

ان الهدف من محطة معاملة (إسالة) المياه الخام لأغراض الشرب هو انتاج ماء امين للشرب ومستساغ المذاق. ان الوحدات المستخدمة لهذا الغرض يجب ان تكون ذات كلفة معقولة ويكون تشغيلها ممكنا بالأمكانيات المحلية اضافة الى قابليتها على مواجهة التغيرات النوعية التي تحدث في مياه المصدر تبعا للمواسم (الفيضانات وغيرها). اضافة الى ان تكون المحطة بسعة مناسبة لتجهيز حاجة المدينة من الماء بنوعية مناسبة دوما.

انواع المعاملة (التنقية):

تتباين معاملة الماء الخام قدر تباين نوعية مصادر هذا الماء ، وحيث ان مصادر المياه متنوعة وان نوعية مياهها تختلف من مصدر لآخر ومن كموقع لأخر لنفس المصدر.

هناك نوعان رئيسان لمحطات معاملة (اسالة) ماء الشرب

التلوث الهوائيAir Pollution

يعد تلوث الهواء من اخطر واحرج انواع التلوث لسببين:

1 - محدودية المورد الهوائي.

2 - أن الانسان يستهلك 15 كغم يوميا من الهواء مقارنة بـ 3 كغم من الماء و 1 كغم من الغذاء. كما أن حاجة الهواء مستمرة لايستطيع الانسان الاستغناء عنه لدقائق معدودة.

التلوث الهوائي اما أن يكون طبيعي ناتج عن انفجار البراكين وحرائق الغابات وتسرب الغازات من باطن الأرض او أن يكون الانسان سببا في أحاثه بسبب الثورة الصناعية والتقدم التكنولوجي (المصانع والسيارات) او بسبب استخدام الفحم كوقود للتدفئة.

حدثت كوارث كبيرة للتلوث الهوائي في تاريخ العالم منها في لندن بسبب حرق كميات كبيرة من الفحم وصدر اعلان عام 1306 يلزم حرق الفحم في الافران فقط ومنها حادثة ضباب لندن الكيمياوي أشهر كارثة للتلوث الهوائي بسبب غاز CO_2 وصدر على أثرها لائحة الهواء النقي عام 1956 في بريطانيا وعقد في لندن عام 1959 اول مؤتمر للتلوث الهوائي.

مصادر الملوثات الهوائية وانواع الملوثات:

تقسم ملوثات الهواء حسب طبيعتها الى ملوثات غازية Gases وملوثات جسيمية Particulates او دقائقية.

أولا: الملوثات الغازية Gases :

1 - غازات لاعضوية مثل:

أ - ثاني اوكسيد الكبريت SO_2.

ب -أكاسيد النتروجين NOx.

ت -أول أوكسيد الكاربون CO .

ث -كبريتيد الهيدروجين H_2S.

2 - غازات (ابخرة) عضوية:

أ - الهيدروكاربونات

ب -الكحول الكبريتي.

ت -الكحول.

ث -املاح عضوية.

ج -الكينوات.

الملوثات الجسيمية Particulates او الدقائقية:

تشمل الدقائق الصلبة او السائلة التي تبقى عالقة في الجو لفترة محدودة بين عدة ثواني الى عدة أشهر تبعا لحجم تلك الذرات وتقسم الجسيمات تبعا لطريقة اخذ النموذج الى نوعين:

1 - الدقائق العالقة Total suspended Particulates: وهي الدقائق التي يتم جمعها بواسطة جامع العينات المسمى Large Volume sampler.

2 - الغبار الساقط او المترسب Dust fall: ويقصد به ذلك الجزء من الدقائق التي لها الحجم والوزن النوعي الكافي لكي تترسب بواسطة الجاذبية الأرضية في جامع عينات الغبار الساقط Dust fall Sampler خلال مدة شهر واحد وبالتاكيد فان الغبار الساقط هو أقل بكثير من الدقائق العالقة المذكورة آنفا.

وتجدر الاشارة من خلال التعريف بالمصادر المختلفة للتلوث الهوائي الخمسة (أول اوكسيد ، اكاسيد الكبريت ،الهيدروكاربونات ، أكاسيد النتروجين) اضافة الى الجسيمات هي المسؤولة 90% عن مشكلة التلوث الهوائي.

وحدات قياس الملوثات الغازية:

يقاس تركيز الملوثات الغازية بحجم الملوث الغازي في كل مليون حجم من الهواء ويرمز له جزء بالمليون (ppm).

ويستخدم المايكروغرام / م^3 أو الـ ملغم/م^3 لقياس الملوثات الغازية ومن الممكن تحويل العلاقة الحجمية لتركيز الملوثات الى علاقة وزنية كالتالي:

حجم الوزن الجزيئي الغرامي من الغاز (ظروف قياسية) = 22.4 لتر.

التركيز (ملغم/م^3) = (التركيز الحجمي ppm / 22.4) * الوزن الجزيئي للغاز

<u>مثال:</u>

أذا كان التركيز الحجمي لغاز اول أوكسيد الكاربون الخارج من عادم السيارة = 1.5 ppm فما التركيز الوزني (ملغم/م^3) له؟

الحل:

الوزن الجزيئي الغرامي لـ CO = 28 غرام

التركيز الوزني (ملغم/م^3) = 1.5 * (22.4/28) = 1.875

وسائل قياس الجسيمات Particulates:

تعرف الدقائق بتسميات متعرف عليها كالتالي:

1. **الغبار Dust : دقائق من المواد الصلبة تتباين اقطارها بشكل كبير.**
2. **الدخان Smoke : جسيمات صلبة (كاربونية) وقطرات متكاثفة مع السوائل أقطارها بين 1 الى 10 مايكرون.**
3. **الضباب Fog : جزيئات ماء متكاثفة موجودة بكميات كبيرة في الهواء.**
4. **الابخرة المعدنية Fumes: جسيمات المعادن والمواد العضوية تتراوح اقطارها بين 0.01 الى 1 مايكرون.**
5. **الرذاذ Spray : قطرات سوائل متكاثفة ومتباينة الحجم.**

الوسائل:

1. **جدول رينكلمان Ringleman Chart: يفيد في تحديد كثافة الدخان.**
2. **جامعات الغبار الأسطوانية: لقياس الجسيمات القابلة للترسيب التي يزيد حجمها عن 10 مايكرون. وتحسب كمية المتساقطات (الرواسب الغبارية) بـ (ملغم/سم^2) أو (طن /ميل^2) في الشهر الواحد.**
3. **مرشح الهواء Air filter: لقياس مجمل الدقائق الموجودة في الهواء وذلك بسحب الهواء بواسطة مضخة من خلال ورقة أو قماش ترشيح تتجمع عليها الدقائق المسحوبة خلال فترة زمنية محدودة. يحسب الفرق الوزني بين غشاء الترشيح قبل سحب الهواء وبعده ويقسم على حجم الهواء المسحوب.**

<u>مثال:</u> استخدم مرشح هواء لايجاد المعدل اليومي لتركيز الدقائق الموجودة في حي سكني يبعد 800 م عن معمل اسمنت. كان الفرق بين الغشاء قبل الترشيح وبعده يعادل 33.6 غم علما بان سعة المضخة الساحبة 100 م^3 /

ساعة وان عملية اخذ النماذج أستمرت 24 ساعة. ماهو التركيز اليومي للدقائق بـ (ملغم/ م ^{3}) في هذا الحي السكني.

الحل:

وزن الدقائق= 33.6 غم * 1000 ملغم = 33600 ملغم

حجم الهواء المرشح = 100 م^3 / ساعة * 24 (ساعة / يوم) = 2400 م^3 / يوم

تركيز الدقائق = 33600 ملغم / 2400 = 14 ملغم / م^3 (المعدل اليومي).

السيطرة على ملوثات الهواء:

أن التنسيق لمجابهة أزمة التلوث الهوائي تتكون من ثلاثة مستويات عمل أو مراحل كما مبين ادناه:

المرحلة الاولى: تعريف المحددات النوعية للهواء Air Quality Criteria : أي تحديد درجة نقاوة الهواء وتثبيت التراكيز الامينة للشوائب المختلفة وبالاخص الجسيمات Particulats واكاسيد النتروجين والكبريت واول أوكسيد الكاربون والهيدروكاربونات (الملوثات الخمسة الاولية) والمؤكسدات الكيمياضوئية (الملوثات الثانوية).

المرحلة الثانية: ترجمة محددات نوعية الهواء Criteria الى معايير لنوعية الهواءAir Quality Standards تصف أو تعرف الحدود المسموح بها لهذه الشوائب في الهواء المتاخم. أي يجب وضع معايير عند مناطق انبعاث الملوثات سواء كانت مدخنة مصنع ام كاتم سيارة وتعرف هذه المعايير بمعايير الانبعاث Emission Standards.

المرحلة الثالثة: تطبيق وسائل السيطرة لتحقيق معايير الأنبعاث وخير مثال على ذلك هو قيام منتجي السيارات في العديد من الدول بتصميم محركات هذه السيارات بحيث تعطي اقل قدر ممكن من الملوثات. كذلك فان من وسائل السيطرة فرض استخدام اجهزة السيطرة على الملوثات بالنسبة على السيارات القديمة نسبيا حتى تكون غازات عادم هذه السيارات ضمن الحدود المقبولة.

<u>التقنيات الهندسية للسيطرة على تلوث الهواء:</u>

معظم الاجراءات العلاجية منصبة في الواقع على تصفية الهواء المنبعث من مصادر التلوث الناتجة كمحطات توليد الطاقة وصناعة الاسمنت وغيرها. أن هذه الطريقة تتطلب امكانيات تكنولوجية واسعة وإجراءات مرتبطة فقط بالصناعة التي تقرر اتخاذ الاجراءات المناسبة لقنص او عزل الملوثات من غازاته المنبعثة فيما يحقق تخفيض تركيز الملوثات في الهواء المغادر للصناعة عن طريق المداخن مثلا. وسيتم التركيز على مصادر التلوث الثابتة وذلك بسبب تقنيات ازالة الملوثات المستخدمة لاحتمالات تعرض مهندس البيئة للقيام بصيانة او تصميم او تعديل مثل هذه الوحدات. وتزيل أجهزة ومعدات قنص الملوثات نوعين رئيسيين من الشوائب:

1 - الدقائق او الجسيمات Particulates.

2 - الغازات Gases .

عزل الدقائق من الهواء الملوث – المصادر الثابتة:

من الضروري التاكيد على نقطة اساسية هي أن تقليل حجم الغازات المحتوية على الشوائب ما امكن ذلك يساعد بالتاكيد على سهولة التخلص من هذه الشوائب باقل كلفة ممكنة. وقبل أن نتطرق الى الوسائل المختلفة لازالة الدقائق لا بد من التذكير ببعض الانواع المالوفة في الهواء الملوث المنبعث من المصادر الثابتة وهذه الانواع هي:

1 - القطيرات السائلة (السديم أو الطل) (Mist): وهي القطيرات من السائل يقل قطرها عن مايكرون واحد وشكلها كروي.
2 - الابخرة Fumes: وتعرف احيانا بـ الابخرة المعدنية وهي جسيمات صلبة يقل قطرها عن 1 مايكرون ويكون شكلها كروي بفضل الشد السطحي وتنتج الابخرة من الصناعات المعدنية.
3 - الغبار Dust : جسيمات كروية صلبة يتراوح قطرها بين 1 الى 100 مايكرون وقد تكون صفائحية Flakes أو ليفية Fibers.
4 - القذى Grit :وهي اجسام غير منتظمة الشكل حجمها اكبر من 100 مايكرون قد تكون على شكل اسفنجي او ليفي او صفائحي.

يعتمد اختيار الطريقة المناسبة في عزل الدقائق على خصائص هذه الدقائق كتوزيعاتها الحجمية لذلك من الضروري تحليل حجم الدقائق بطريقة مناسبة مثل استخدام المناخل او المجهر أو الترسيب. كذلك مادة الجسيمة لها اهمية في اختيار طريقة العزل مثلا كونها صلبة او سائلة وخصائصها الكيمياوية.

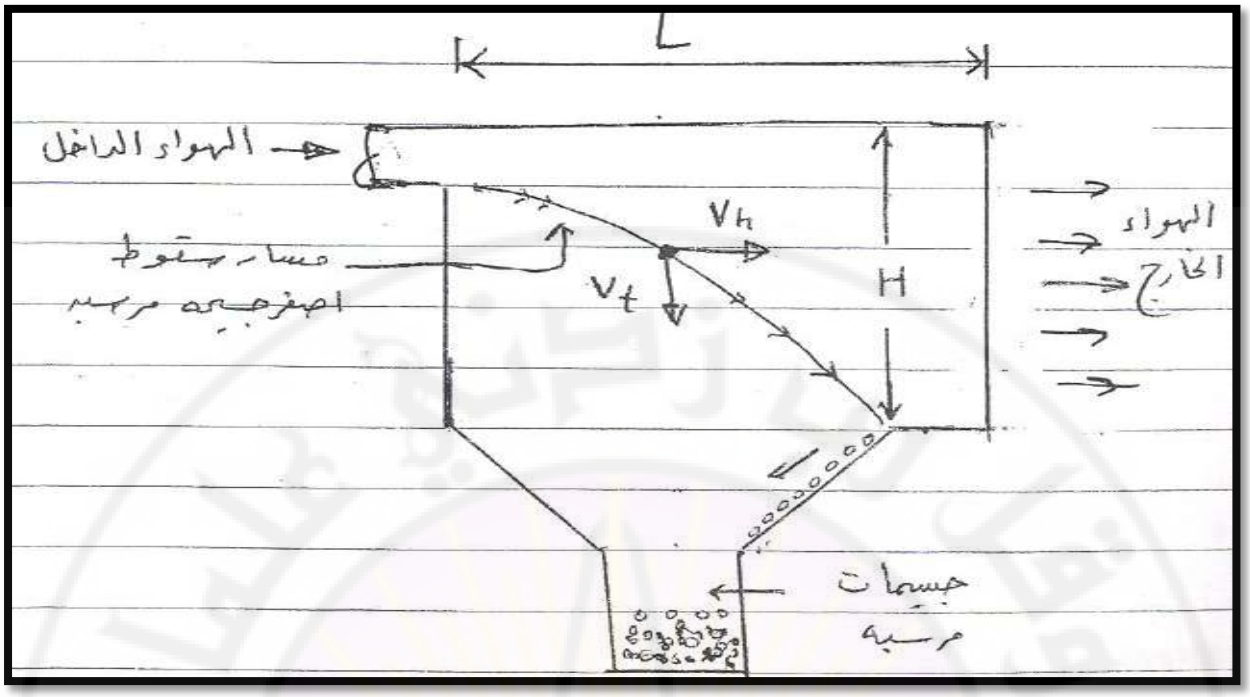
ومن الممكن تقسيم طرق عزل الجسيمات الى خمس قطاعات اعتمادا على المبدأ الذي تعتمد عليه طريقة العزل:-

1 - العزل الميكانيكي الجاف: الذي يتحقق عند تخفيض سرعة الهواء او تغييراتجاهه مما يؤدي الى ترسيب الدقائق.
2 - العزل الميكانيكي مع استخدام الماء: لتحسين تجميع الجسيمات (بالغسل أو الرش)
3 - الترشيح باستخدام الالياف او الحصران الليفية (النسيجية).
4 - الترسيب الالكتروستاتيكي: الذي يعتمد على امرار الجسيمات من مجال متأين لاكساب الدقائق شحنة كهربائية تساعد على جذبها الاقطاب الكهربائية.
5 - العزل بأستخدام الذبذبات الصوتية Sonic : وهو اسلوب يعتمد على الذبذبات الصوتية لتجميع الذرات الناعمة.

أولا: العزل الميكانيكي الجاف:

أ - غرف الترسيب Settling Chamber:

هذه ابسط أنواع طرق الترسيب ، وتعتمد على مبدا خلاصته أن الدقائق الصلبة او السائلة العالقة في غاز سوف تهبط خلال الغاز تحت تأثير جاذبيتها وبسرعة تعتمد على حجم الجسيمات وكثافتها فضلا عن كثافة ولزوجة الغاز الذي يحوي هذه الدقائق.



وتصل هذه الجسيمات الى سرعة هبوط حرة نهائية ممكن حسابها من قانون ستوك Stok's Law.

$$v_t = \frac{g\,(\rho_p - \rho_a)d_p^2}{18\mu} \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث أن :

v_t = سرعة الهبوط الحرة للجسيم النهائية

g = التعجيل الارضي (م/ثا^2 او سم /ثا^2)

dp = (وحدات طول مثل م ، سم ، ملم)

ρ_p = كثافة الجسيمة كغم/م^3 أو غم/سم^3)

ρ_a = كثافة الهواء كغم/م^3 أو غم/سم^3)

μ = لزوجة الغاز (الهواء) (نيوتن . ثا /م^2 أو كغم/ م.ثا)

وكما موضح في الشكل اعلاه فأن:

$$\frac{v_t}{H} = \frac{v_h}{L}$$

حيث أن:

v_h = سرعة الهواء خلال عبوره بغرفة الترسيب (السرعة الافقية للهواء)

L = طول الغرفة (م)

H = ارتفاع منطقة الترسيب (م)

$$v_t = \frac{v_h\,H}{L} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ومن المعادلة (1) و (2)

$$\frac{v_h H}{L} = \frac{g(\rho_p - \rho_a)d_p^2}{18\mu}$$

وغالبا ماتهمل ρ_a لصغرها مقارنة بكثافة الجسيمة. وتفيد التجارب التي اجريت على سرعة الهبوط الحرة أن قانون ستوك يصلح للجسيمات بين 10 و 100 مايكرون. ويمكن حساب أصغر الجسيمات التي سوف ترسب في الغرفة من القانون التالي:

$$d_p = \left(\frac{18\,\mu\, v_h\, H}{g\, L\, \rho_p}\right)^{1/2}$$

يطبق قانون ستوك لحساب قطر الدقائق المرسبة شرط أن يكون ($K \leq 3.3$) (K أقل أو يساوي 3.3)
لحساب K نستخدم العلاقة التالية:

$$K = d_p\left(\frac{g\,\rho_a\,\rho_p}{\mu_a^2}\right)^{1/3}$$

g= التعجيل الارضي (م/ثا^2 او سم /ثا^2)
dp = قطر الدقائق (وحدات طول مثل م ، سم ، ملم)
ρ_p = كثافة الجسيمة الكتلية(كغم/م^3 أو غم/سم^3)
ρ_a = كثافة الهواء الكتلية (كغم/م^3 أو غم/سم^3) (1.204 كغم/م^3)
μ_a = لزوجةالهواءالديناميكية (نيوتن . ثا /م^2 أو كغم/ م.ثا) $2.1 * 10^{-5}$ كغم/م.ثا)

مثال: احسب اصغر مقاس لجسيمة dp (يمكن ازالتها بكفاءة 100 %) في غرفة ترسيب (Settling) أذا علمت المعلومات التالية:
سرعة الهواء الافقية ($v_h = 0.3$ m/sec)
كثافة الدقيقة (الجسيمة) $\rho_p = 2000 kg/m^3$
طول غرفة الترسيب (L = 7.5 m)
ارتفاع غرفة الترسيب (H = 1.5 m)
لزوجةالهواءالديناميكية (μ_a=$2.1 * 10^{-5}$ kg/m.sec)

الحل:

$$d_p = \left(\frac{18\,\mu\, v_h\, H}{g\, L\, \rho_p}\right)^{1/2}$$

$$d_p = \left(\frac{18 * 2.1 * 10^{-5} * 0.3 * 1.5}{9.81 * 7.5 * 2000}\right)^{1/2}$$

$$= 33.9 * 10^{-6}\ m$$

$$= 33.9\ \mu_m\ (33.9\ micron)$$

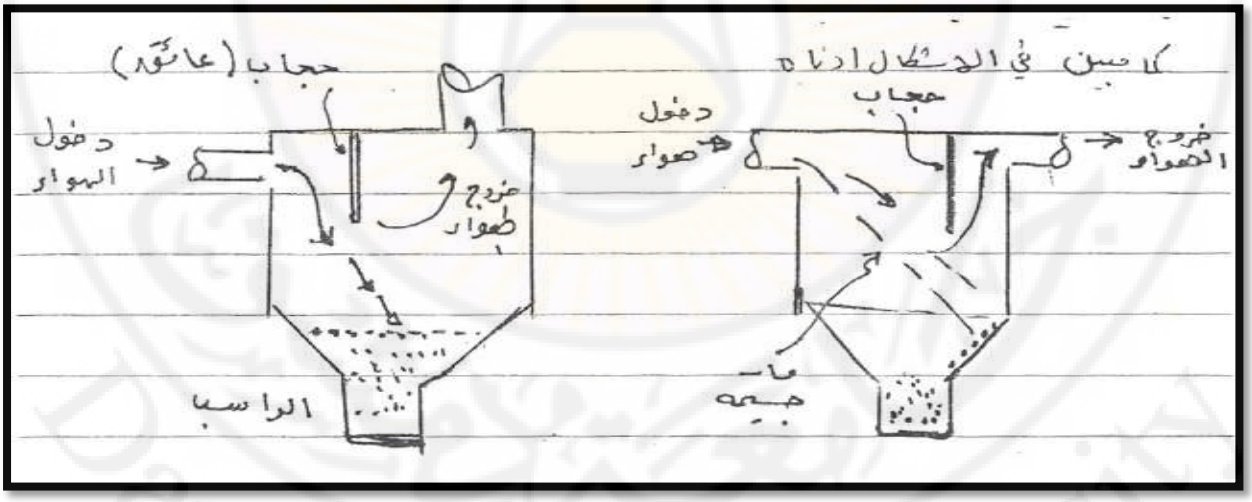
$$K = d_p\left(\frac{g\,\rho_a\,\rho_p}{\mu_a^2}\right)^{1/3}$$

$$K = 33.9 * 10^{-6}\left(\frac{9.81 * 1.204 * 2000}{(2.1 * 10^{-5})^2}\right)^{1/3}$$

$$= 1.277 < 3.3 \qquad \therefore O.K$$

ب -مجمعات القصور الذاتي (غرف الحجب) Baffle Chamber:

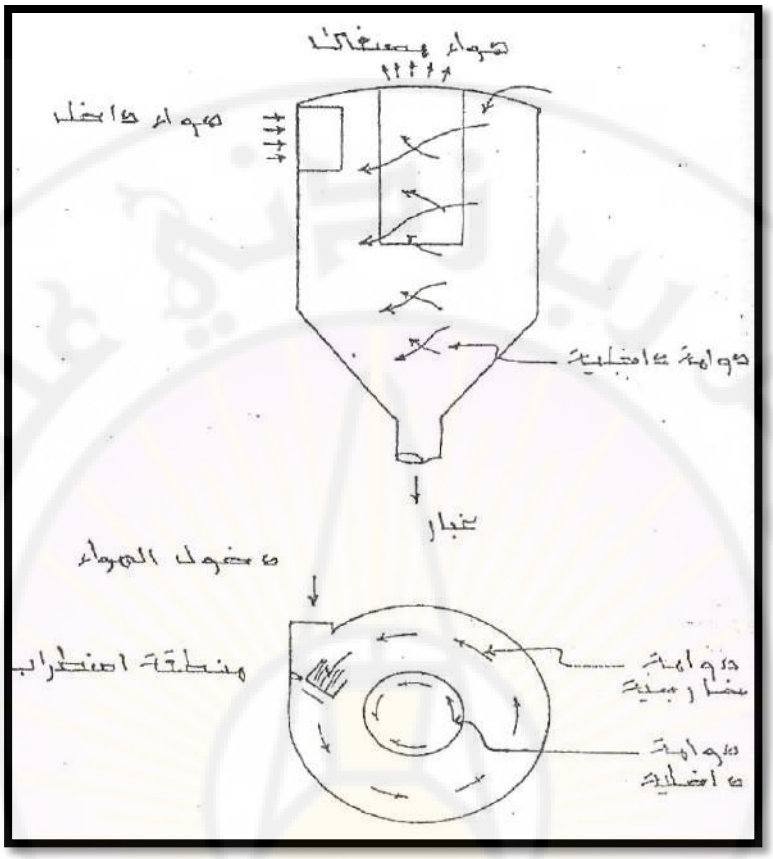
تعتمد الانواع العديدة على مبدأ واحد هو استغلال الطاقة الحركية للجسيمات لفصلها وقد يكون ذلك بمجرد التغيير الفجائي لمسار الهواء كما في غرف الحجب Baffle Chamber. يحصل الترسيب بمساعدة الزخم من خلال تغيير مسار التيار الذي يكون موجه الى الاسفل خلال الوعاء الذي يحتوي عائق (حجاب) والذي يسبب في انحراف اتجاه التيار وبنفس الوقت اكمال الدقائق المسايرة والاستمرار مع التيار بفعل خاصية القصور الذاتي سوف تترسب نحو الاسفل كما في الاشكال ادناه.



ج- السايكلونات Cyclones :

تعد السايكلونات من أكفا الوحدات المستعملة في السيطرة على تلوث الهواء ويتكون من حاوية اسطوانية عمودية يدخلها الغاز من منفذ افقي مماس لجدار الاسطوانة. وتعمل الحركة الاعصارية (الدورانية) التي يكتسبها التيار الهوائي على تجميع الغبار في الجزء القريب من الجدار وذلك بفعل قوة الطرد المركزي لذلك

تترسب الجسيمات المرتطمة بالوجه الداخلي لجدار الاسطوانة بصورة مستمرة للتجميع في الجزء الاسفل (المخروطي) في حين يتجه التيار نحو المنفذ المغادر خالقا دوامات اصغر قطرا عند مغادرته للوحدة لاحظ الشكل ادناه.



كما من المفيد شرح علاقة كفاءة السايكلون ببعض الخصائص:

قطر السايكلون: تزداد كفاءة ازالة الجسيمات بنقصان قطر السايكلون، بعبارة اخرى أن حجم الجسيمة يتغاير مع قطر السايكلون ضمن الكفاءة الثابتة.

سعة السايكلون: تزداد كفاءة ازالة الجسيمات مع سرعة الغاز الداخل (التي تعد قياسا لسعة السايكلون). أو بعبارة اخرى أن قطر الجسيمة المزالة تقل مع زيادة سرعة الدخول (حجم السايكلون) عند كفاءة معينة.

درجة حرارة الغاز: بما أن لزوجة الغاز تزداد مع زيادة درجة الحرارة لذا فان كفاءة العزل سوف تنخفض. ولكن بالنسبة لكتلة محدودة من الغاز فان الحجم سوف يزيد مع أرتفاع درجة الحرارة لذا فان سرعة دخول الغاز سوف تزيد وهذا سيزيد من الكفاءة كما أشرنا سابق.

ثانيا: العزل الميكانيكي مع استخدام الماء Scrubbing:

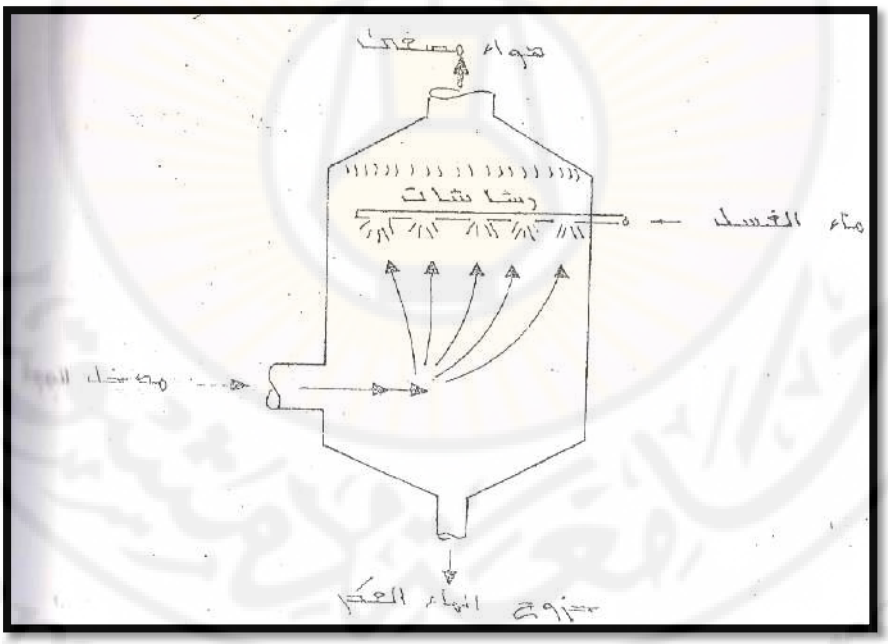
يعتمد مبدا عزل الدقائق على التماس بين الدقائق وقطرات الماء حيث يسهل عزل هذه القطرات مع ماتحويه من جسيمات وتتحقق هذه العملية لعدة اسباب اهمها:

فعل القصور الذاتي والجاذبية لكل من الجسيمات وقطرات الماء حيث تزيد فرص التماس بين الجسيمات وقطرات الماء كلما زادت السرعة النسبية لهما.

العديد من الجسيمات تحمل شحنة الكتروستاتيكية تتسبب في تجاذبها مع قطيرات الماء.
ظاهرة الانتشار التي تمتاز بها الجسيمات الصغيرة جدا خاصة في الابخرة التي تجعل هذه الجسيمات تتحرك حركة عشوائية(حركة براونية) وهذا مما يزيد من احتمال اصطدامها بقطرات الماء ولا تملك الجسيمات الكبيرة مثل هذه الخاصية لذا فاحتمال ارتطامها بقطيرات الماء يبقى ضعيفا.
غالبا ما تكون الغازات ذات درجة حرارة عالية وتعمل قطرات الماء على تبريدها واشباعها بالرطوبة وعند زيادة التبريد تتكثف ابخرة الماء على شكل قطيرات متخذة الجسيمات الصلبة كنويات لها وبذلك تزيد في عزل الجسيمات الصلبة.
بهذه الوسائل الاربعة تزيد كمية الجسميات المعزولة عند استخدام الماء ويكون السبب الاول هو الفعال بالنسبة للجسيمات الكبيرة في حين يكون تأثير الشحنة الكهربائية والأنتشار للجسيمات الصغيرة فقط اما التكثيف فيشمل الجسيمات من كل الحجوم . هناك عدة انواع من طرق عزل الجسيمات باستخدام الماء منها:
برج الرش الجذبي Gravity Spray Tower .
وحدات الغسل ذاتية التحفيز Self Induced Scrubber .
وحدات الغسل ذات الطاقة الحركية High Energy Scrubber .

<u>برج الرش الجذبي Gravity Spray Tower :</u>

يتكون من حاوية كبيرة يجري التيار الهوائي خلالها بسرعة بطيئة نسبيا ومن اسفل الى اعلى في حين ترش قطرات الغسل من اعلى وبذلك يكون اتجاهها معاكسا للتيار الهوائي ويوضح الشكل أدناه برجا تقليديا للرش.



وتعتمد كفاءة هذا البرج البسيط على كمية مياه الغسل وكذلك على حجم القطيرة (والذي يعتمد على ضغط الماء الداخل) وقد ثبتت من التجارب أن مثل هذا البرج يكون كفوءا فقط لازالة الجسيمات التي يزيد حجمها على 10 مايكرون.
الخصائص المهمة لغاسلات الهواء بالرش:
1 - كلفة انشاؤها معقولة .
2 - في حالة غسل غازات ساخنة جدا سيؤدي ذلك الى ارتفاع استهلاك الماء.

3 - كلما تطلب الحصول على كفاءة اعلى للجسيمات سيكون ذلك على حساب انخفاض الضغط.
4 - تقييم هذه الوحدات على اساس أزالة الجسيمات العالقة أي:

5 - تعتمد كفاءة الإزالة على كمية المياه المستخدمة للغسل وذلك عند ثبات مقدار فقدان الضغط.

ثالثا: عزل الدقائق بالترشيح:

يتم العزل بهذه الطريقة بإمرار الهواء من خلال وسط مسامي (صناعي او طبيعي) يمنع مرور الدقائق بينما يسمح بمرور جزيئات الهواء. تستعمل الكثير من المواد كوسط للترشيح ولكن السائد منها في الوقت الحاضر هو الالياف بمختلف أنواعها والورق ويتم اختيار عادة الوسط المرشح بما يتناسب مع حجم وكمية الجسيمات اضافة الى تركيبها الكيمياوي لئلا تؤدي الجسيمات الى تلف وسط الترشيح. كذلك فان أوساط الترشيح يمكن أن تكون ثابتة كورق الترشيح وحصران الالياف التي لا يجري ازالة الدقائق منها بصورة مستمرة بل تبدل أو ترفع للتنظيف. وتقوم المرشحات بحجز كل الدقائق التي يزيد حجمها عن حجم ثقوب الوسط في بداية مرور الهواء في خلاله ولكن بعد فترة تنشأ فوق وسط الترشيح وفي خلال طبقة من الجسيمات المحجوزة تعمل بدورها على زيادة كفاءة الوسط بقيامها بدور ترشيح الجسيمات خلالها. أضافة الى ذلك من الممكن حصر كيفية أستخدام المرشحات بعزل الدقائق بالوسائل التالية:

1 - حجز الجسيمات التي يزيد حجمها على فراغات وسط الترشيح أي أن وسط الترشيح يعمل مثل المنخل البسيط.
2 - تلتصق الجسيمات المشحونة (الصغيرة جدا في الغالب) بوسط الترشيح وبذلك تعزل من التيار الهوائي.
3 - تتعرض الجسيمات الى تغيرات في اتجاهات مسارها خلال وسط الترشيح لذلك فهي تلتصق بفعل القصور الذاتي بمادة الوسط.
4 - الجسيمات التي يقارب حجمها حجم الغاز الناقل لها لا تتاثر بفعل القصور الذاتي وتتحرك خلال فراغات وسط الترشيح مع تيار الهواء الناقل لها ولكن حركتها البراونية قد تؤدي الى أصطدامها بمادة الوسط وبذلك تنعزل عن تيار الهواء.

وهنالك نوعان رئيسيان لهذه الطريقة:

1 - حصران الالياف Fabrous Mats .
2 - المرشح الليفي Fabric Filter .

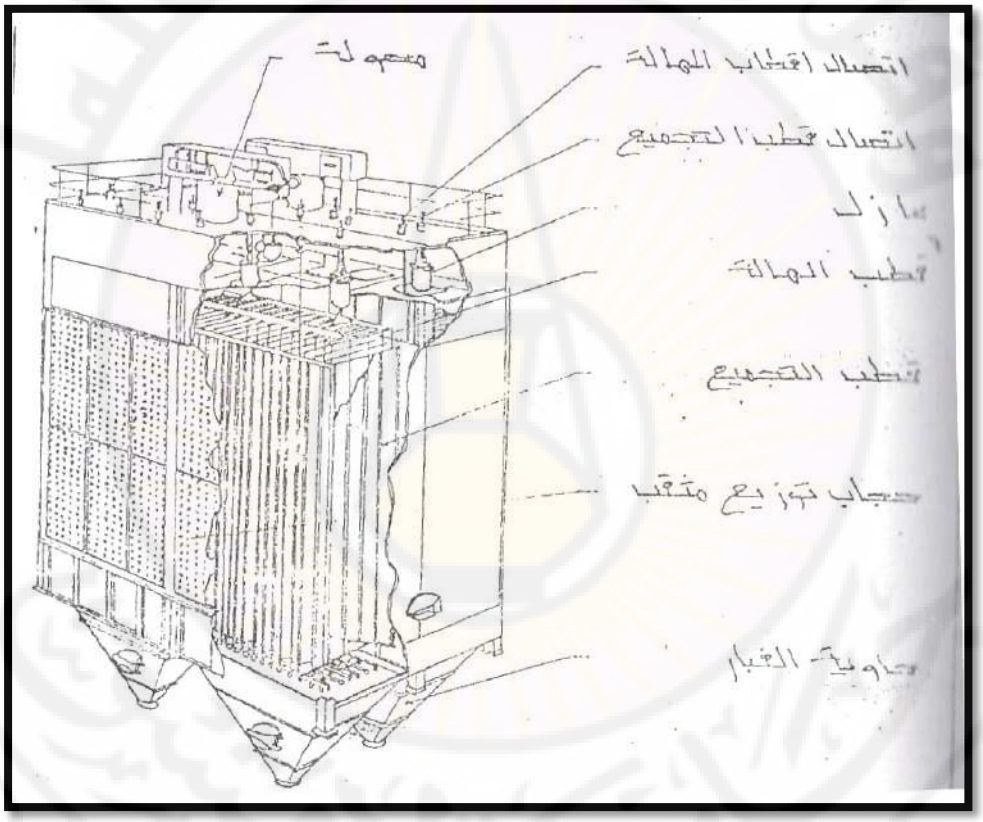
حصران الألياف Fabrous Mats:

أي مادة يمكن أن تكون على شكل ألياف او تصنع كألياف يمكن أن تستخدم كحصران ليفية فالمواد الطبيعية المستعملة هي الصوف والقطن والمواد المصنعة مثل النايلون واشباهه والصوف الزجاجي والمعدني وغيره. وتوضع هذه المواد على شكل حشوات (حصران) بين ألواح مثقبة او شبكات معدنية وتعتمد خصائص المرشحات على كثافة الألياف (كبس الالياف) ونوعيتها أضافة الى سمك المرشح فبعض هذه المرشحات محدودة الكبس (الكثافة) تستطيع أن تمرر تيارا خلالها بسرعة 20 – 25 م/دقيقة وبضائعات ضغط لاتتجاوز عدة ملمترات (عمود ماء) ومن المتوقع أن مثل هذا المرشح سوف لا يحجز الا الجسيمات الخشنة نسبيا ولكن

عند استخدام مرشح اكثر كثافة (بحيث تبلغ ضائعات الضغط فيه 15 – 20 سم ماء) فأن مثل هذا المرشح يستطيع حجز الجسيمات الناعمة جدا والتي يقل قطرها عن مايكرون واحد بما في ذلك رذاذ الحامض المتولد في صناعة حامض الكبريتيك ومن مزايا هذا النوع من المرشحات هو الخيارات العديدة المتوفرة في مواد الترشيح وبما يتناسب مع الظروف التشغيلية للصناعة كدرجة حرارة الهواء وخصائص الجسيمات الكيمياوية. ونظرا لكون هذا النوع من المرشحات هو من النوع الثابت. ولا يجري تنظيفه بصورة مستمرة لذلك لا يستخدم حيث توجد تراكيز عالية من الدقائق بل يستخدم مع التراكيز القليلة حيث تبديل المرشح أو رفعه لغرض التنظيف بين حين واخر.

رابعا: الترسيب الأليكتروستاتيكي Electrostatic Precipitation:

تعتمد فكرة هذه الطريقة على تأيين الدقائق وأكسابها شحنة تجعلها تلتصق بقطب مخالف لشحنتها لعزلها منه فيما بعد وأبسط أنواع هذه الطريقة هو امرار الهواء بين قطبين كهربائيين انظر الشكل أدناه:



يبلغ فرق الجهد بينهما 25 – 100 كيلوفولت حيث يتأين هواء الحيز الموجود بينهما ويحدث ما يعرف بتفريغ الهالة Corona Discharge ويؤدي مرور الدقائق خلال هذه الهالة الى شحنة سالبة تجعلها تتحرك نحو القطب اللوحي الموجب حيث تزال منه بين الحين والآخر بالطرق على الواح القطب.

وبالامكان تصميم وحدات هذه الطريقة بحيث تزيل 80% من الدقائق الميكرونية التي هي بحجم 0.1 مايكرون أو أقل بحيث تبلغ الكفاءة الاجمالية للوحدة بحدود 99% شريطةان يكون دفق الهواء ودرجة حرارته بحدود معقولة توفر فرق جهد مناسب بين الاقطاب اضافة الى عدم تراكم الغبار على القطب بشكل كثيف مما يؤدي الى حدوث شرارة بين القطبين حيث تقل الكفاءة تبعا لذلك.

من اهم خصائص المرسبات الأليكتروستاتيكية:

1 - بأمكانها ازالة القائق بمختلف حجومها بما في ذلك تلك الدقائق التي يقل قطرها عن 0.01 مايكرون.

2 - تعمل تحت درجة حرارة غاز متفاوتة ولكن على أن لا تتجاوز 450 م في حالة تصميمها من الحديد المطاوع.

3 - بالامكان تصميمها لمقاومة كل ظروف التآكل ولكن بأختيار المواد المناسبة للأقطاب وقد أستخدمت معظم أنواع المعادن في تصنيع أقطاب الهالة مثل الفضة والتيتانيوم وكذلك أقطاب التجميع.

4 - بصورة مطلقة يمكن ازالة كل الدقائق بواسطة هذه المرسبات فأذا كانت الدقائق جافة وحرة الجريان فيستخدم المرسبات الجافة اما اذا كانت هذه الدقائق من السوائل على شكل سديم (Mist) فان أستخدام المرسبات الأليكتروستاتيكية الرطبة يعد حلا عمليا حيدا.

5 - على الرغم من امكانية تصميم هذه المرسبات لاي كفاءة مرغوبة فان ذلك سيكون على حساب الكلفة.

مثال تصميمي على المرسبات الاليكتروستاتيكية:

أحدى المعادلات الرياضية لحساب كفاءة المرسب الاليكتروستاتيكي هي معادلة (Deutch)

$$E = 1 - \frac{1}{e^k}$$

$$k = \frac{Aw}{Q}$$

حيث أن:

E = الكفاءة المطلوبة %

e = 2.718 = Exponential

A = مساحة القطب الجامع

w = سرعة الانتقال الفعالة للجزيئات

Q = دفق الهواء

مثال:

أحسب مساحة الواح الاقطاب المطلوبة لمرسب اليكتروستاتيكي أذا كانت الكفاءة المطلوبة 99 % ودفق الهواء 3.5 م^3/ثا وبسرعة فعالة للجسيمات 0.08 م/ثا.

الحل:

$$E = 1 - \frac{1}{e^k}$$

$$0.99 = 1 - \frac{1}{e^k} \quad \rightarrow k = 4.605$$

$$k = \frac{Aw}{Q}$$

$$4.605 = \frac{A * 0.08}{3.5}$$

$$A = 201.46\ m^2$$

$$SAR = \frac{[Na^{+}]}{\sqrt{\frac{[Ca^{++}] + [Mg^{++}]}{2}}}$$

$$SAR = \frac{5.6}{\sqrt{\frac{2.4 + 1.5}{2}}} = 4.0$$

تلوث الموارد المائية:

تعد الموارد المائية بانواعها الرئيسية الانهار والبحيرات والبحار والمياه الجوفية الملاذ الأخير لطرح مياه الفضلات المدنية منها والصناعية وكذلك الخام منها والمعالجة وتتعرض الموارد المائية نتيجة لذلك الى تغيير في خصائصها وقد يكون هذا التغيير كبيرا بحيث يسيء الى المورد المائي او قد يكون بسيطا لا يكاد يستشعر. وينفرد كل نوع من الموارد المائية بخصائص فريدة مهمة من حيث كيفية تاثره بمختلف مصادر التلوث التي تدخله وفيما يلي بعض الخصائص للانهار والبحيرات حيث إنهما المستقبلان الرئيسيان لمصادر تلوث الماء.

أ - خصائص الأنهار: تتميز الأنهار بخصائص هامة جدا تحدد قابلية النهر على استقبال الملوثات وعلى قابليته لاستعادة صفائه وهذه الخصائص هي:

1 - تحقيق مزج مناسب في مقطع النهر وهذا يساعد على تخفيف الملوثات.

2 - تهوية جيدة نتيجة جريان ماء النهر تساعد على نقل كميات كبيرة من الاوكسجين مما يساعد على تحلل المواد العضوية.

3 - سرعة التيار تمنع ترسب المواد العالقة في مياه الفضلات إلى قعر النهر (تمنع التفسخ الذي يحصل في القعر) وبقاء المواد الصلبة بحالة عالقة وبذلك تتيح لها فرصة التحلل الهوائي.

4 - عدم تعرض النهر لظاهرة التطبق الحراري وبذلك بسبب المزج الكامل فيه.

5 - النهر حالة طارئة لما موجود في وادي النهر في لحظة ما وان مصير كل الشوائب في نهاية المطاف إلى مصب البحر ناقلا معه كل الشوائب التي لم يستطيع أن يتخلص منها ذاتيا.

ب -خصائص البحيرات وخزانات المياه: تتميز المسطحات المائية الراكدة بخصائص تختلف كثيرا عن المياه الجارية (الانهار والجداول) وتتميز بالخصائص التالية:

1 - محدودية المزج خاصة بالنسبة للبحيرات العميقة.

2 - البحيرة نظام مغلق تقريبا ولا تتبدل أي خاصية ثابتة لماء البحيرة الا بالسرعة التي تتبدل بها مياه البحيرة التي تعتمد على حجم البحيرة ومداخل ومخارج المياه فيها.

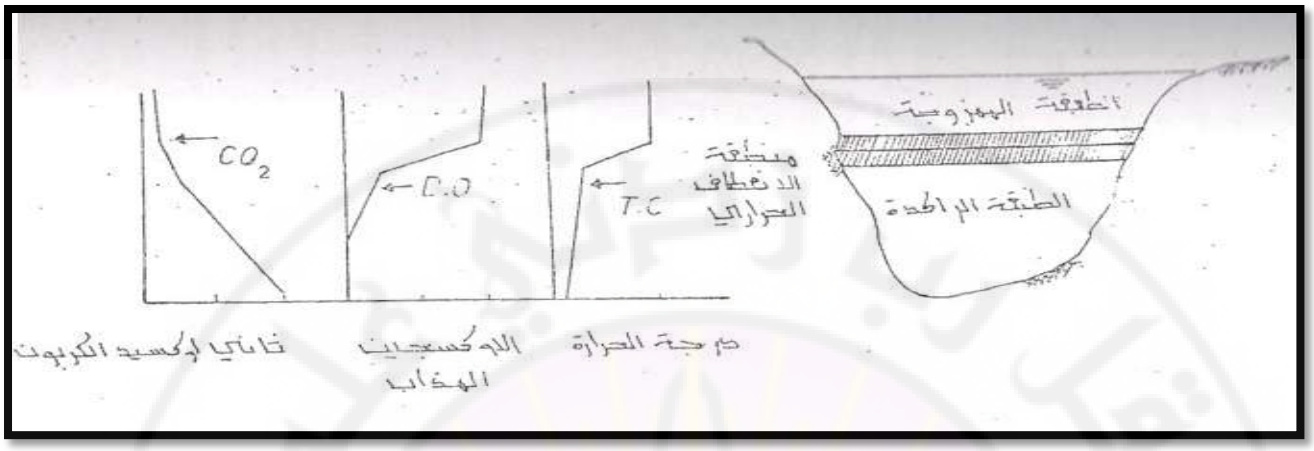
3 - التهوية محدودة في البحيرات عدا البحيرات الضحلة.

4 - حدوث ظاهرة التطبق الحراري في البحيرات.

5 - حدوث مزج كامل في البحيرات مرة او مرتين في السنة.

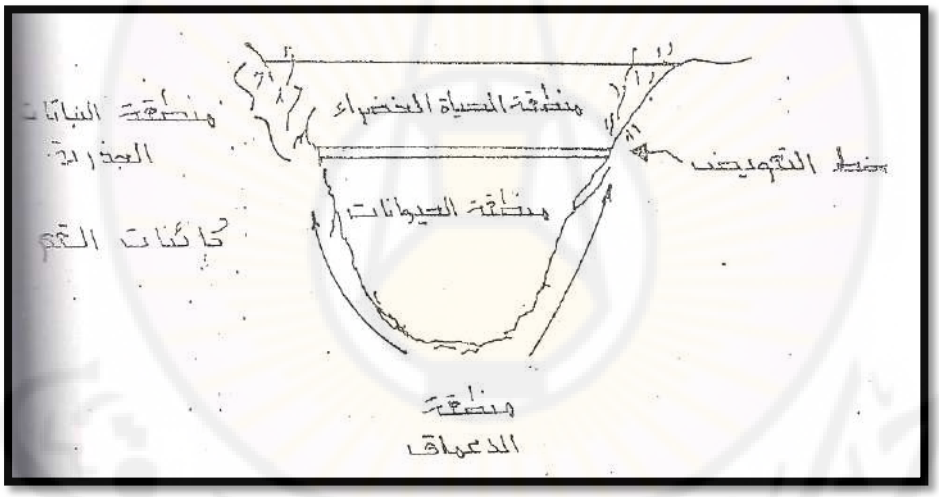
التركيب الفيزياوي للبحيرة:

تتميز البحيرات خاصة عند وجود نظام طبيعي حراري بخصائص واضحة لموقع مقطعها وكما مبين بالشكل ادناه:



التركيب البيولوجي للبحيرة:

يبين الشكل ادناه مقطعا في البحيرة موضحا فيها طبيعة الأحياء التي توجد في المناطق المختلفة.



تتميز منطقة الحياة الخضراء بمستو عال من الاوكسجين في الغالب ويتغير تركيز الأوكسجين ليلا ونهارا حيث تزيد عملية التركيب الضوئي مستوى الاوكسجين خلال ساعات النهار كما ينخفض الاوكسجين ليلا بسبب تنفس الكائنات الحية والنباتات. يعيش في الطبقة الواقعة تحت خط التعويض هائمات حيوانية وحيوانات عليا وتنعدم فيها الهائمات النباتية وبقية الاشنات اما مناطق الاعماق أي قعر البحيرة فيكون فيها مستوى الأوكسجين منخفضا وقد يكون صفرا . تعيش في هذه المنطقة كائنات حية لا هوائية (An aerobic) هي بكتريا لاهوائية وبعض الديدان التي تدعى النيماتودا (Nematoda).

الانقلابات الموسمية في البحيرات:

1 - الانقلاب الخريفي: بعد موسم الصيف تكون البحيرة متطبقة حراريا وفيها خط انعطاف حراري فعندما تبرد المياه السطحية نتيجة برودة الجو فان الماء البارد سوف يهبط الى مستوى كثافته وهذا سيؤدي

الى تخفيض مستوى الانعطاف الحراري حتى يصل الى مستوى القعر وبذلك يكون كل الجسم المائي منطقة مزج وتساعد ريح الخريف الشديدة على تحقيق المزج الكامل لكتلة ماء البحيرة.

2 - الانقلاب الربيعي: الذي لا يحدث مالم تكن درجة حرارة البحيرة قد بلغت 4 م أي درجة الكثافة العظمى للماء فعند نهاية الخريف واقتراب الشتاء تزداد برودة ماء البحيرة فينزل الماء البارد الى الاعماق ويبقى الماء الساخن فوق ولكن عند بلوغ درجة الحرارة 4 م فان أي برودة اضافية سوف تجعل الماء الابرد في الاعلى. مع تقدم الشتاء يزداد انخفاض درجة الحرارة وقد يتكون غطاء جليدي فوق سطح البحيرة. وفي موسم الربيع عندما تذيب درجة الحرارة الغطاء الجليدي وتسخن الماء تزداد كثافته مادامت درجة حرارته دون ال 4 م لذلك سيهبط ويمزج الماء الذي تحته الى أن تكون درجة حرارة جميع البحيرة 4 م حيث تساعد رياح الربيع على مزج الماء المتناظر الكثافة (ودرجة الحراة) وهذا مايعرف بالانقلاب الربيعي (Spring Overturn).

3 - الفعاليات البيولوجية والفيزياوية للأنهار والبحيرات: تلعب التنقية الذاتية (Self Purification) في الأنهار والبحيرات دورا مهما في تقليل التلوث الحاصل نتيجة طرح الملوثات كمياه الفضلات الى الأنهار وفيما يلي بعض الخصائص المهمة:

أ - التهوية: يتحكم في تهوية الماء قانون الذوبان والانتشار ويتناسب ذوبان الغاز في السائل مع عجزه في ذلك السائل أي مع مقدار تركيزه في حالة الاشباع (Deficit).

$$D = C_s - C_t$$

حيث أن:

D = العجز (ملغم/لتر).

C_s = تركيز الاشباع (ملغم/لتر).

C_t = تركيز الغاز في السائل (الاوكسجين في الماء)(ملغم/لتر).

ب -تحلل المواد العضوية والاوكسجين المستهلك في عملية التحلل الهوائي:

يعد تحلل المواد العضوية خاصة التي تصل مع مياه الفضلات من اهم الفعاليات التي تحدث في الموارد المائية وذلك لما يسببه التحلل من استنزاف لاوكسجين الموارد المائية ويسمى مقدار ما تحتاجه المادة العضوية من الأوكسجين لاكمال تحللها بالطلب البيوكيمياوي للاوكسجين BOD (Biochemical Oxygen Demand). ويكفي في الغالب تقييم ماتحتاجه المادة العضوية من الاوكسجين لتحللها 5 ايام وهو مايسمى (BOD_5).

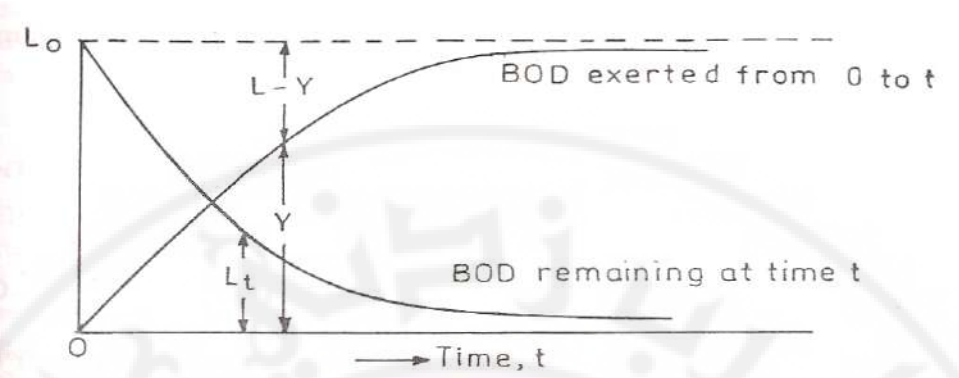
عند طرح مياه الفضلات بتصريف Qw و BOD = Lw الى نهر تصريفه Qr وBOD له = Lr نحصل على المعادلة التالية :

$$Lr * Qr + Lw * Qw = La\,(Qr + Qw)$$

تسمى المعادلة اعلاه بمعادلة التوازن حيث أن:

La= الـ BOD للمزيج أي مزيج مياه الفضلات والنهر.

يبين الشكل ادناه سرعة تحلل المواد العضوية (BOD) وكيفية تباطؤ هذه السرعة كلما نقص تركيز المواد العضوية في الساءل (الماء).



يمكن حساب تركيز المواد العضوية BOD المتبقية في تهر بعد فترة من الزمن (t) من لحظة طرح مياه الفضلات في النهر من العلاقة التالية:

$$L_t = L_a * e^{-K_1 t}$$

حيث أن:

L_t = BOD المتبقي في النهر (ملغم/لتر) بعد فترة من الزمن.

K_1 =ثابت التحلل (/يوم).

t = الزمن بالأيام (يوم).

L_a = هو الـ BOD للمزيج في لحظة الرمي يتم حسابه من معادلة الاتزان ويمثل التركيز الاولي BOD.

e = 2.718

كما يمكن حساب الـ BOD المزال من العلاقة التالية:

$$(BOD)_t = L_a(1 - e^{-K_1 t})$$

$(BOD)_t$ = (المزال بالنهر بـ ملغم / لتر) بعد فترة (t) بالأيام من رمي مياه الفضلات بالنهر.

مثال: نهر تبلغ سرعة جريانه 30 كم في اليوم ويبلغ صريفه 11 م^3 / ثا تصب فيه فضلات مدينة معالجة تصريفها 1 م^3 / ثا وتركيز الـ BOD 60 ملغم /لتر، جد طول مقطع النهر بعد هذا المصب الذي يتجاوز تركيز الـ BOD فيه ا ملغم / لتر، علما بان النهر كان خاليا من المواد العضوية وان الـ K_1 لخليط النهر مع مياه الفضلات هو 0.35 / يوم .

الحل:

$$Lr * Qr + Lw * Qw = La\,(Qr + Qw)$$

$$0 * 11 + 60 * 1 = La\,(11 + 1)$$

$$La = \frac{60}{12} = 5\ mg/l$$

$$L_t = L_a * e^{-K_1 t}$$

$$1 = 5 * e^{-0.35 K_1 t}$$

$$t = 4.6\ days$$

أي أن مستوى الـ BOD في النهر سيكون ا ملغم / لتر بعد مسافة:

$$v = \frac{Distance}{time}$$

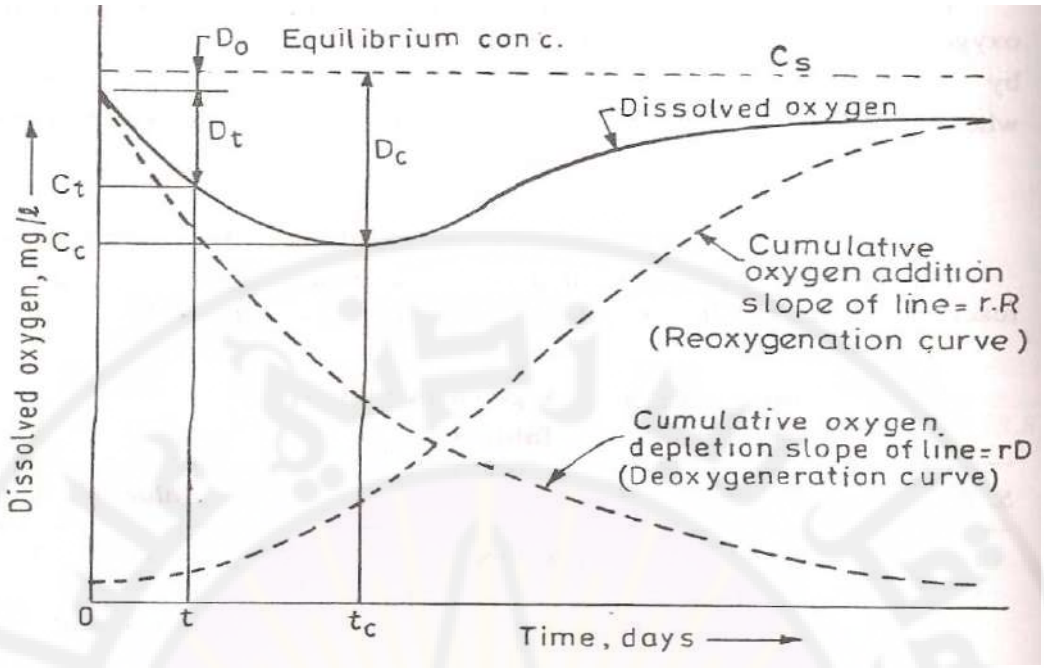
$$Distance = v * t = 30\frac{km}{day} * 4.6\ day$$

$$= 138\ km$$

من الجدير بالذكر أن الـ BOD المزال هو 4 ملغم /لتر.

<u>منحنى الاوكسجين في النهر (*Oxygen Sug Curve*):</u>

عند طرح المواد العضوية في النهر (على شكل مياه فضلات) فأن ظاهرتين سوف تحدثان مرة واحدة يكون لهما تأثير على مستوى الأوكسجين المذاب في النهر. الظاهرة الاولى هي التهوية السطحية اذ بمجرد أن تصب مياه الفضلات (القليلة الأوكسجين) في موقع معين من النهر فان خليط مياه الفضلات وماء النهر سيعاني من عجز مبدئي في الأوكسجين قدره Da وسيبدأ النهر بالتهوية السطحية وكذلك فأن عملية التحلل ستبدأ آنيا في خليط مياه الفضلات المطروحة مع النهر. الشكل أدناه يبين منحني الاوكسجين في النهر(*Oxygen Sug Curve*).



ويندر أن يعنينا ايجاد قيمة عجز الاوكسجين في موقع مابعد أن يصب مصدر مياه الفضلات في النهر ولكن الذي يعنينا هو أحرج مستوى للاوكسجين أي اعلى عجز سوف يجدث نتيجة لصب مياه الفضلات المذكورة وكذلك موقع حدوث الحالة الحرجة. وتكون قيمة العجز كالتالي:

$$D_c = \frac{k_1}{k_2} * La * 10^{k_1 * t_c}$$

D_c = العجز الحرج في الاوكسجين (ملغم/لتر)

La = الـ BOD لمزيج النهر ومياه الفضلات (ملغم/لتر).

k_1 = (*k- small*) ثابت التحلل لمزيج النهر والمطروحات (/ يوم).

k_2 = (*k- small*) ثابت التهوية في المقطع الذي يلي المقطع الحرج(/ يوم).

t_c = المسار الزمني (الوقت الحرج) الذي يحصل فيه المقطع الحرج للنهر (يوم).

$$D_c = C_s - C_t$$

D_c = العجز الحرج في الأوكسجين (ملغم/لتر).

C_s = حد التشبع للأوكسجين (ملغم/لتر).

C_t = ادنى مستوى أوكسجين للنهر (ملغم/لتر).

العلاقة بين K (Capital K) و k (Small k):

$$K = 2.303\ k$$

تستخدم K الكبيرة مع القوانين التي تحتوي على (e=2.718) بينما تستخدم k الصغيرة مع القوانين التي تحتوي على (10) لان($e^{2.303} = 10$).

لتحويلات معامل التحلل k_1 وثابت اعادة التهوية k_2 مع تغير درجات الحرارة نستخدم المعادلات التالية:

$$k_1(T) = k_1(@\ 20\ C^0 * 1.047^{T-20}$$

$$k_2(T) = k_2(@\ 20\ C^0 * 1.025^{T-20}$$

T = درجة الحرارة المئوية (C^0)

مثال: يبلغ k_1 لعينة ماء نهر 0.1 يوم$^{-1}$ بدرجة حرارة 20 درجة مئوية . جد k_1 عند درجة حرارة:

أ - 14 ب- 29

الحل:

$$k_1(T) = k_1(@\ 20\ C^0 * 1.047^{T-20}$$

$$k_1(14) = 0.1 * 1.047^{14-20}$$

$$= 0.076\ day^{-1}$$

$$k_1(29) = 0.1 * 1.047^{29-20}$$

$$= 0.15\ day^{-1}$$

مثال:

نهر تصريفه 4.5 م^3 / ثا والـ BOD فيه 2 ملغم/لتر وهو مشبع بالأوكسجين تصب فيه مياه فضلات معالجة تصريفها 1.5 م^3 / ثا وهي مشبعة بالأوكسجين بنفس درجة حرارة النهر (30 م) لدى مسح مستوى الاوكسجين في مقاطع مختلفة جنوب المصب كان ادنى مستوى للاوكسجين هو 5.6 ملغم/لتر بعد يومين من طرح مياه الفضلات (عند المقطع الحرج). المطلوب ايجاد BOD *لمياه الفضلات المطروحة علما بان* $k_1 = 0.15$ يوم$^{-1}$ و k_2 = 0.3 يوم$^{-1}$ والتركيز المشبع للاوكسجين هو 7.6 ملغم / لتر جميعها بدرجة حرارة 30 م^0.

الحل:

$$D_c = C_s - C_t$$

$$D_c = 7.6 - 5.6 = 2\ mg/l$$

$$D_c = \frac{k_1}{k_2} * La * 10^{k_1 * t_c}$$

$$2 = \frac{0.15}{0.3} * La * 10^{0.15*2}$$

$$La = 8\ mg/l$$

$$Lr * Qr + Lw * Qw = La\ (Qr + Qw)$$

$$2 * 4.5 + Lw * 1.5 = 8\ (4.5 + 1.5)$$
$$Lw = 26\ mg/l$$

السموميات في الموارد المائية:

اضافة الى المصادر الصناعية فان الموارد المائية تتعرض لمصادر عديدة من السموميات منها المبيدات والمواد المشعة التي تدخل الموارد المائية وكذلك السموميات *Toxin* التي تفرز من الأشنات عند زيادة تركيزها. أن اول ما يتأثر بالسموميات هي الأسماك لذلك يستخدم السمك للاستدلال عن وجود السميات في المياه مختبريا وتزداد حساسية الأسماك للسمومية بنقصان تركيز الاوكسجين كذلك تؤثر درجة الحرارة على تاثر الأسماك بالمومية ويؤدي رفع درجة الحرارة 10 درجة الى خفض التركيز السمومي الحرج الى نصف قيمته الاصلية ومن اهم السموميات المالوفة: الامونيا ، نترات الفضة ، الزنك ، كبريتات النحاس ، الـ DDT ، كبريتيد الهيدروجين ، مساحيق التنظيف. كذلك هنالك مواد سامة مالوفة في مياه الفضلات الصناعية منها:

أ - الزئبق: يكون الزئبق بحاته غير العضوية موجودا في مياه الفضلات لاكثر من 80 صناعة منها صناعة البلاستك والالكترونيات. تتميز اسماك التونا (*Tuna*) باستعدادها لتخزين الزئبق في اجسامها اكثر من بقية الأسماك. لقد ظهرت حالات التسمم بالزئبق في اليابان نتيجة اعتماد السكان على الأسماك كمصدر للغذاء وظهرت عليهم اعراض الشلل والعجز الجسمي كما أن اهم مصادر التلوث بالزئبق هي مبيدات التعفن(*Fungicides*) والتي تستخدم لتعفير الحبوب.

ب -الكادميوم: للكادميوم علاقة وثيقة بالزئبق والزنك وهذا المعدن الفضي اللون يستعمل في صناعة الغلونة الالكترونية (*Electroplatin*) وعند حرق مخلفات المواد المصنعة او حرق بطاريات النيكل – كادميوم يتحرر الكادميوم ويسبب التلوث الهوائي كما يصل الكادميوم الى الانسان عن طريق الغذاء. اما وصوله الى الموارد المائية فهو قليل نسبيا مع ملاحظة أن الاشتات الخضراء المزرقة تقوم بتركيزه بانسجتها. يسبب الكادميوم التسمم عن طريق الجهاز التنفسي وجميع املاح الكادميوم سامة.

ت -المنظفات: تؤثر المنظفات بشكل غير مباشر على الموارد المائية خاصة البحيرات الراكدة بسبب التركيز العالي لمادة (Tripolyphosphate) الذائبة في الماء والتي تشكل جزء كبير من مادة المنظف حيث تزيد من تركيز الفوسفات في المورد المائي والنتيجة حدوث انفجار في عدد الاشنات نظرا لتوفر تركيز عالي من افوسفات. يؤدي زيادة الاشنات الى زيادة الاوكسجين في النهر وهذا جيد ولكن الذي يحدث هو أن نفس الأحياء تتنفس الأوكسجين خلال ساعات الليل مما يؤدي الى هبوط مستواه الى درجة تكون خطرة على الأحياء المائية العليا كالأسماك.

ث -ظاهرة الاخصاب (الاثراء الغذائي *Eutrophication*):

ج -الماء الصافي والخالي من الشوائب لا يمكن أن يديم أي نوع من انواع الحياة المائية ولكن لا يوجد مثل هذه المياه في الطبيعة اذ سرعان ما تتسرب الشوائب الى المياه النقية وبنسب مختلفة حسب نوعية المصدر. ا ن البحيرة التي تكون فيها الانشطة الحياتية محدودة فانها تدعى (محدودة الاخصاب) Oligotrophic .وعندما تكون معتدلة الاخصاب فانها تدعى Mesotrophic وعندما تكون كثيرة الاخصاب فانها تدعى *Eutrophic*.

تكون البحيرات الخصبة عكرة مخضرة اللون وتعزى زيادة الأحياء المائية (وبالذات الخضراء) الى عوامل عديدة محتملة كزيادة تركيز الفسفور والنتروجين والكاربون. أن زيادة الفسفور يؤدي الى ادامة وتكوين كميات كبيرة من الاشنات وهذا ما يسمى بالث ورة الطحلبية. كما أن وجود المواد العضوية تسبب زيادة في تركيز البكتريا التي تعمل على تحليل المواد العضوية وإنتاج CO_2 التي تسبب في زيادة نشاط الأشنات وحدوث انفجار في عددها.

أهم مصادر الفسفور هي الفضلات المدنية والسيل الزراعي والمنظفات والأسمدة الفسفورية.

طرح ومعالجة مياه الفضلات:

أن الملوثات التي تدخل الموارد المائية مع مياه الفضلات المدنية والصناعية كبيرة جدا ولا يضاهيها أي مصدر آخر للتلوث وكما تم شرحه سابقا فان هناك بعض التأثيرات التي تسببها المواد العضوية على كمية الأوكسجين المذاب في الموارد المائية كالأنهار . كذلك تأثير دخول الفسفور والنتروجين وتسببها في إخصابه (الإثراء الغذائي) ومن المؤسف أن لا نستطيع فعل شيء تجاه الملوثات بعد دخولها الى المورد المائي عدا تركها تأخذ دورها الطبيعي في اتحلل آملين أن لا تحقق لنا نتائج عرضية سلبية على الموارد . وبعض الشوائب لا يتحلل بسهولة في المورد المائي ويتعذر على المورد تنقيته ذاتيا (***Self Purification***) منها وتبقى هذه الشوائب شهورا بل سنوات طويلة في المورد المائي (البحيرات) ومنها ما يدخل المورد المائي ويبقى سنوات ضمن القعر مثل العناصر السامة وأملاحها كالزئبق وبذلك تؤثر على الأسماك ومن ثم المستهلك (الإنسان). تسبب المنظفات وغيرها من مصادر الفسفور مشاكل الانفجارات العددية في الأشنات وبذلك تؤثر على التركيب الحياتي للبحيرة.

كل هذه الأمور تجعل اتخاذ إجراءات لإزالة الملوثات المسببة للمشاكل في الموارد المائية امرا منطقيا وبكلمة اخرى أن مقاطعة الملوثات قبل وصولها الى المورد المائي هو السبيل الوحيد لمنع تأثيرها عليه، وبمعنى اخر امرار مياه الفضلات المدنية والصناعية خلال محطة معالجة مياه الفضلات.

1 - مياه الفضلات والمسببات المرضية:

أن مياه الفضلات تنقل الى المصدر المائي مسببات مرضية من بكتريا ورواشح وغيرها وفي كثير من الاحيان يصعب تحديد نوعية وعدد البكتريا المرضية في المورد المائي وذلك بسبب تعقي عملية التحلل البكتيري للانواع العديدة من البكتريا المرضية ويكتفي لغرض تقييم خطورة احتمال بكتريا مرضية بالمورد المائي فحص نوع من البكتريا يعرف بالبكتريا الدالة وهذه البكتريا تقاوم التغيرات البيئية اكثر من البكتريا المرضية لذلك فعدم وجودها يعني أن ظروف المورد المائي هي اصعب من أن تقاومها وهي اصعب كثيرا من أن تقاومها البكتريا المرضية لذلك فلا احتمال لوجود البكتريا المرضية عند انعدام البكتريا الدالة. وتستخدم بكتريا الكوليفورم (***Coliform***) لهذا الغرض وهي موجودة في فضلات الأنسان لذلك فعند وجودها باعداد كبيرة منها فان هنالك مصدر بشري للتلوث.

2 - خصائص مياه الفضلات Characteristics of Waste water:

على الرغم من تعدد مصادر الفضلات فأن الفضلات البلدية والصناعية تخضع للمعالجة في الغالب. وفي الوقت الذي لا يوجد مايعرف بفضلات تقليدية صناعية فان الفضلات البلدية تكون مشتركة الخصائص اينما وجدت. أن الشوائب التي يضيفها استخدام الناس لمياه الشرب تكاد تكون واحدة في كل اقطار العالم فمثلا يضيف الشخص الواحد عند استخدامه لمياه الأسالة 6 غرامات من الكلوريد (***Chlorides***) نتيجة استخدامه لملح الطعام وهذا يمثل تركيز الكلوريدات في مياه الفضلات بما يقارب 30 ملغم/لتر.

وتحتوي مياه الفضلات على مواد ذائبة عضوية وذائبة غير عضوية (TDS) ومواد عالقة عضوية ومواد عالقة غير عضوية (TSS) ويعبر عن المواد العضوية بالطلب الكيموحيوي للاوكسجين (*BOD*) والطلب الكيميائي للاوكسجين (*COD*) . كما تحتوي مياه الفضلات على مركبات نتروجينية وفسفورية (عضوية وغير عضوية) ودهون (شحوم).

الطلب الكيموحيوي للاوكسجين B*iochemical Oxygen Demand* (*BOD*):

تعتبرالمواد العضوية في مياه الفضلات (الكربوهيدرات والمركبات النتروجينية والدهون) بمثابة غذاء للبكتريا التي يكون عددها محدودا في بداية التحلل ولكن بعد فترة معينة يزداد عددها ويبدا غذاؤها بالنقصان وعند استهلاكه تتوقف عملية التحلل. يعتب الطلب الكيموحيوي (البيوكيمياوي) للاوكسجين (*BOD*) من الضرورات الاساسية في عملية التحلل الهوائي او الاكسدة الهوائية . فعلى سبيل المثال لانجاز اكسدة الكلوكوز

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$$

تحتاج كل جزيئة من الكلوكوز الى 6 جزيئات من الاوكسجين لاتمام عملية التأكسد.

يسمى الأوكسجين الذي تستهلكه البكتريا في أكسدة المواد العضوية في مياه الفضلات بالطلب الكيموحيوي للاوكسجين (البيوكيمياوي) (B*iochemical Oxygen Demand*) ويعبر عنه بالـ (*BOD*) ويعرف الـ (*BOD*) بانه كمية الاوكسجين اللازمة لأكسدة المواد العضوية خلال فترة زمنية معينة تحت درجة حرارة معينة وتأخذ عادة 5 ايام وتحت درجة 20 م لذلك يسمى الـ BOD_5.

3 - هدف معالجة مياه الفضلات:أن هدف معالجة مياه الفضلات هو الارتقاء بمستوى هذه المياه الى الحد المرغوب فيه وتختلف درجة المعالجة على مستوى تردي مياه الفضلات أضافة الى المستوى المرغوب أن نرفع نوعية هذه المياه اليه حيث يتباين من المعالجة التقليدية التي تؤهل مياه الفضلات بالتخفيف بمياه المورد المائي الى مستوى استصلاح مياه الفضلات التي يراد اعادة استخدامها بعد المعالجة.

4 - عمليات معالجة مياه الفضلات:

الفضلات التي تتواجد في مياه الفضلات يمكن تقسيمها الى الحالات التالية:

- شوائب طافية وعالقة (سهلة الترسيب) كقطع الورق واكياس النايلون وقطع الزجاج والأخشاب وغيرها.
- شوائب عالقة (حقيقية) كالمواد العضوية والأحياء المجهرية.
- مواد صلب مذابة كالمواد العضوية المذابة والاملاح المذابة.
- الغازات المذابة كغاز كبريتيد الهيدروجين.
- دهون وزيوت طافية.

ويتحكم حجم دقاءق المواد وكذلك وزنها النوعي في حال الشائبة وكذلك في سهولة ازالتها تبعا لحالتها كما يحدد كون الشائبة ذائبة في الماء اوغير ذائبة كيفية ازالتها والطريقة المعتمدة لذلك. وتقسم طرق او عمليات معالجة الفضلات الى ثلاث انواع:

أ - عمليات فيزياوية (كالترسيب والترشيح واحلال الغاز): تعتمد على الخصائص الفيزياوية للشائبة في تحقيق عزلها ومن الخصائص المفيدة في عزل الشوائب الحجم والوزن النوعي واللزوجة وغيرها.

ب -عمليات كيمياوية (كالتخثير والتبادل الايوني والكلورة): تعتمد على خصائص مواد كيمياوية تضاف الى الفضلات عند معالجتها وتعمل هذه الكيمياويات المضافة على ازالة او تغيير حالة الشائبة.