وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المثنى-كلية التربية للعلوم الانسانية
قسم الجغرافية

محاضرات جيومورفولوجيا تطبيقية العام الدراسي ٢٠٢٢ -٢٠٢٣

المرحلة الثانية

استاذ المادة : أ.د. سرحان نعيم الخفاجي

تطور علم الجيومورفولوجيا

أولا: في العصور القديمة:

يحسن بنا قبل البدء في دراسة موضوعات علم الجيومورفولوجيا أن نبين أن هذا النوع من الدراسة قد بدئ في الاهتمام به منذ عهد بعيد، إذ أن بعض الظواهر الطبيعية، كالاضطرابات الجوية، وحركة المد والجزر، والثورانات البركانية حفزت فلاسفة الإغريق والرومان ومفكريهم إلى التأمل في طبيعتها وكنهها فنجد كتابات أرسطو (٣٨٤-٣٢٢ ق.م) تعكس بوضوح هذه النزعة التأملية، فقد كان يعتقد مثلا أن لمياه الآبار ثلاثة مصادر:

أ- مياه الأمطار التي تترسب سفليا في باطن الأرض.

ب- المياه التي تكونت داخل الأرض نتيجة تكاثف بخار الماء الساخن الذي يوجد في باطنها والذي يبرد عند اقترابه من سطحها.

ج- المياه التي تخزن في الصخور ولا تعرف مصادرها.

كما كان يعتقد بأن سقوط الأمطار يؤدي إلى تكوين مسيلات مائية مؤقتة، وفي رأيه أن المياه الجوفية هي المسئولة الى حد كبير عن جريان مياه الأنهار جريانا مستديما، وكل هذه التخمينات التي وصل إليها أرسطو عن طريق التأمل لا تختلف كثيرا عما وصل إلى العلماء في العصر الحديث.

كما نجد أن بوليبيوس 128-210 (Pollybius ق.م) يهتم بدراسة كيفية تكون دالات الانهار وكيف أن الأنهار تنحت أوديتها نحتا بطيئا.

كما يعتبر بوسيدونيوس 50-135(Posodonius ق.م) من أحسن الجغرافيين الطبيعيين في بلاد الإغريق ، فقد درس ظاهرة المد والجزر عند قادس في البحر المتوسط، كما قام بقياس أعماق هذا البحر بالقرب من ساحل جزيرة سردينيا.

وحتى كتابات هيرودت (٤٨٥-٤٢٥ ق.م) المؤرخ، لم تخل من معلومات جيومورفولوجية، فقد وضح مثلا أهمية الفيضان السنوي لنهر النيل في تجديد خصوبة أراضي مصر الزراعية، كما لاحظ وجود بعض أنواع من الصدف والمحار في أعلى المرتفعات في جهات متفرقة من أرض مصر، وعزا وجودها إلى أن البحر في وقت من الأوقات كان يغطي معظم أنحاء مصر السفلى.

وسترابون، الذي جاب أنحاء مصر وايطاليا واليونان وآسيا الصغرى، ووصل في مصر جنوبا حتى مدينة أسوان – قد ذكر هو الآخر أمثلة عديدة لتعرض اليابس في أنحاء كثيرة لحركات مختلفة من الارتفاع والهبوط ، كما كان أول من قرر أن جبل فزيوفيس بالقرب من نابلي جبل بركاني، وذلك بعد دراسته لتكوين قمته، كما درس دالات الأنهار ولاحظ حركة المد والجزر كثيرا ما تعوق نموها قدما على حساب مياه البحار.

ومن الفلاسفة الذي نحوا منهجا جغرافيا طبيعيا، الفيلسوف سنكا (توفي في سنة ٦٥ م). الذي قام بدراسة الزلازل التي اعتقد أنها ناجمة عن تفاعلا الرياح وتصارعها في باطن الأرض.

ثانيا: في العصور الوسطى وبداية عصر النهضة:

وما أن انتشرت الاضطرابات والفوضى بعد ذلك في أنحاء الإمبراطورية الرومانية الغربية، حتى اختفت المعرفة الجغرافية وتلاشت من عقلية الاوروبيين لفترة طويلة حمل فيها العرب شعلة العلوم والفنون في وقت كانت فيه اوروبا غارقة في ظلمات الجهالة.

فقد درس ابن سينا (٩٨٠–١٠٣٧) كيفية تكون الجبال التي قسمها من حيث النشأة إلى قسمين: جبال تكونت نتيجة حركات رافعة كتلك التي تصاحب الزلازل ، وجبال عملت المياه الجارية والرياح على تشكيلها وتغيير معالمها. فكأنه بهذا كان أول من أشار إلى وجود جبال التعرية.

وكان ابن سينا من المؤمنين بأن عملية النحت تتم ببطء شديد للغاية، وتستغرق وقتا طويلا لكي تتم، وهنا يجدر بنا بأن نذكر أن الفكرة التي كانت تسطير على العقول فيما يتصل بنشأة التضاريس الأرضية إبان القرنين السادس عشر والسابع عشر، كانت ترجع التضاريس الأرضية إما أنها خلقت كما هي عليه، أو إلى عوامل فجائية أحدثت تغيرات جوهرية سريعة في سطح الأرض. ويمثل هذا الاحتمال الأخير أساس مبدأ ذاع وانتشر إبان هذه الفترة ألا وهو مبدأ الطفرة Catastrophism، ومفاده أن التغيرات الجيولوجية التي تتعرض لها الأرض تغيرات سريعة وفجائية، وأن عمر الأرض لا يعدو بضعة ألاف من السنين. ولهذا نجد مثلا أن كبير الأساقفة في إيرلندا يعلن في سنة ١٦٥٤ أن خلق العالم قد تم في يوم ٢٦ اكتوبر سنة ٤٠٠٤ ق.م. في الساعة التاسعة صباحا!! وقد سادت مثل هذه الظنون التي لا ترقى عن مستوى الحدس والتخمين

قرابة قرن من الزمان، وأصبح المسيحيون يعتقدون أن شتى أنواع التكوينات الجيولوجية التي تتمثل على سطح الأرض قد تم بناؤها في فترة لا تتجاوز الستة آلاف عام.

ولا شك أن الدين كان له دخل كبير في تفسير الظاهرات الطبيعية وغير الطبيعية في ذلك الوقت، فقد فسر البعض مثل وجود الركامات الجليدية وغيرها من الرواسب المرتبطة بالعصر الجليدي بأنها تمثل ما تخلف عن فيضان نوح!! كما أعتقد نفر آخر أن الأنهار الخانقية وأوديتها ما هي إلا نتيجة زلازل أرضية أنزلها الله على الكون، والجبال قد برزت بفعل حركات رافعة فجائية وعنيفة.

وقصارى القول أن الاعتقاد بمبدأ الطفرة في ذلك الوقت كان سببا في ألا يلقى العلماء أي بال للعمليات الجيولوجية التي تعمل ببطء مثناه، والتي لا تلاحظ آثارها إلى على مدى فترات طويلة.

ثالث–العصور الحديثة:

وقد استمرت هذه الاعتقادات تسيطر على عقول الناس حقبة من الزمن ليست قصيرة حتى قيض الله لعلم الجيولوجيا عالما وضع أسسه وأرسى قواعده وهو الجيولوجي الاسكتلندي جيمس هاتون J. Hutton، الذي تعد أراؤه بمثابة نقطة تحول خطيرة في الدراسة الجيولوجية ، ولهذا يحسن أن تقسم تطور العلم في الفترة الحديثة إلى ثلاث مراحل على اعتبار أن الفترة التي ظهر فيها هاتون هي الفترة القياسية التي وضعت فيها كل أسس العلم:

١–مرحلة ما قبل هاتون .Pre–Huttonian period

٢–مرحلة هاتون .Classical era Huttonian

٣–مرحلة ما بعد هاتون.Post–Huttonian Period

أما المرحلة الأولى فقد كانت مرحلة طويلة استمرت زهاء ثلاثة قرون، ولا يتسع المجال لذكر كل أسلاف هاتون الذين أضاءوا له السبيل ومهدوه، بل يكفي أن نذكر منهم: العالم الايطالي الفنان ليوناردو دافنشي (١٤٥٢–١٥١٩) الذي برع في العلوم الطبيعية إلى جانب نبوغه في الفن، فهو الذي وضح كيف أن المجاري المائية هي التي تشق أوديتها وهي التي تنقل المفتتات الصخرية من مكان إلى آخر، وتعتبر لهذا هي العامل الأساسي في تشكيل تضاريس قشرة الأرض، كما أنه كان أول من بين بجلاء ووضوح الأصل العضوي للحفريات وبقايا الحيوان والنبات مما يوجد في

الصخور، فقضى بذلك على الأفكار اللاهوتية التي كانت تقول بأن الحفريات تمثل محاولات للخلق من عمل الشيطان.

ومن أسلاف هاتون أيضا: الفرنسي بيفونBuffon ، الذي نادى بأن الأنهار لها قدرة هائلة على نحت المناطق المرتفعة وتسويتها حتى تصبح في مستوى سطح البحر، ولهذا يعد أول من أشار بطرف أو بآخر إلى وجود مستوى أدنى لعمليات النحت على اليابس.

ومن الذين اهتموا كذلك بدراسة قدرة الأنهار على نحت مجاريها أو شق أوديتها وتكوين سهولها الفيضية: الايطالي ترجيوني توزتيTargioni Tozetti ، والفرنسيات جوثارGuethard ، وديمرسيه.Desmarset

على أن أهم العلماء الذين ظهروا في فترة ما قبل هاتون كان العالم السويسري دي سوسير De Saussure الذي كان أول من ابتدع كلمة جيولوجيا وأطلقها على علم الأرض الذي يهتم بدراسة صخورها ومعادنها وتضاريسها تمييزا هذ العلم الجديد عن عمل الجغرافيا الذي هو عبارة عن وصف الأرض والذي كانت تدخل في نطاقه كافة الدراسات العملية الطبيعية التي استحوذت على اهتمام الانسان. وقد درس دي سوسير الأنهار وحلل قدرتها على النحت والإرساب، كما قام بأبحاث طويلة في جبال الألب السويسرية وبين أن هناك أنهارا جليدية لها هي الأخرى القدرة على النحت وتشكيل سطح الأرض.

أما المرحلة الهاتونية فتعد بحث مرحلة حاسمة في تطور علم الجيولوجيا ، إذ يعد جيمس هاتون (١٧٢٦-١٧٩٧) واضع الأسس الأولى لهذا العلم، فقد تقدم بفكرة جديدة كانت الأولى من نوعها هي: "أن الحاضر هو مفتاح لدراسة الماضي وهي التي بنى عليها مبدأ Uniformitatanism أي التغير التدريجي البطئ، ومفاده أن التغيرات الجيولوجية التي تعرض لها سطح الأرض قد تمت بطريقة تدريجية استغرقت فترات طويلة تقدر بملايين السنين ، وليس بالطفرة الفجائية.

وقد ظهرت أراء هاتون مفصلة في كتابه عن "نظرية الأرض" الذي نشر سنة ١٧٩٥، وقد توخى في هذا المؤلف القيم توضيح العمليات المختلفة التي أسهمت في الماضي ومازالت تسهم في الحاضر في تشكيل سطح الارض وهذه العمليات لا تخرج عن كونها إما عمليات ميكانيكية أو كيميائية، وتؤدي كلها في النهاية إلى نحت التضاريس وخفضها.

أبعاد الجيومورفولوجيا التطبيقية:

إن الجيومورفولوجيا التطبيقية تتضمن كلاً من مختلف أساليب البحث والتحليل اللازمة لحل المشاكل، تلك التي تتعلق بالتخطيط والإدارة البيئية، حيث أن المشاريع الهندسية التي يمكن أن تواجه الإنسان عند ممارسة نشاطاته المختلفة، أو أن يتسبب في حدوثها.

ويشار أيضاً إلى هذا المجال بالجيومورفولوجيا البيئية. كما تعتبر الأنشطة البشرية أيضاً، كأسباب ونتائج محور الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية. وأيضاً قد تتزايد الاهتمام بالجانب التطبيقي للجيومورفولوجيا في ضوء المعطيات التالية ذكرها:

١-التقدُم العلمي الواسع الذي عملت على تحقيقه عمليات الجيومورفولوجيا النظرية، في كل من مجال البحث النظري وأيضاً مجال البحث المخبري، كذلك تطوير نظريات نشأة وتطور أشكال سطح الأرض المختلفة.

٢-التقدّم العلمي في مناهج وأساليب البحث في العلوم الأخرى ذات الصلة وبخاصة علم الجيولوجيا، علم الجغرافيا، الهيدرولوجيا، الهندسة، تحليل الصور الجوية والفضائية، أيضاً بالإضافة إلى التخطيط الحضري والريفي.

٣-تصاعد الفعاليات البشرية بالإضافة إلى الزيادة في تركيزها؛ حيث أنه بسبب التوسع الأفقي والرأسي في استعمالات الأراضي واستغلال الموارد الطبيعية والاقتصادية، حيث يكون ذلك في ضل التقدم التكنولوجي الذي عمل على تحقيقه الإنسان في مجال الآلة والمسوحات المختلفة. كما يُضاف إلى ذلك لجوء الإنسان أيضاً إلى استغلال بيئات هامشية وموارد شحيحة أو هشَّة وذلك يكون تلبية لتنامي احتياجاته.

٤-تمتاز العمليات الجيومورفولوجية وأشكال سطح الأرض عموماً بعدم الاستقرارية، سواء في المدى المنظور أو المدى البعيد؛ ممّا يجعلها عُرضه للتغير والتطور وما قد يصاحب ذلك أيضاً من أخطار جيومورفولوجية تقوم بالتأثير على النشاط البشري. كما تساهم الاضطرابات البئية المختلفة، كالتذبذب والتغيير المناخي والاضطرابات الجيولوجية إلى حد كبير جداً في عدم استقرار تلك العمليات والأشكال.

٥-تنامي اهتمامات العلوم الأخرى المختلفة بالمساهمات الجيومورفولوجية، في العمل على معالجة بعض المشاكل الطبقية المحتملة أو تفسير وتحليل حدوثها واقتراح الحلول التي تتناسب معها. كما

تم اعتبار شكل الأرض أو العملية الجيومورفولوجية في الكثير من هذه المشكلات العامل الرئيسي، سواء كان في حدوثها أو امداد الحلول المناسبة لها، حيث ينطبق ذلك على تقييم استعمالات الأراضي المختلفة، بالإضافة إلى انجراف التُربة والموارد المائية والتلوث البيئي وكلاً من التطوير الحضري والتطوير الريفي، كذلك أيضاً المشاريع الهندسية.

ركزت الدراسات القديمة على دراسة الزلازل والبراكين والتغيرات الساحلية والسهول الفيضيه والأنهار في دراسة تطور أشكال الأرض، وهكذا بدا التطور في العصور الوسطى والحديثة بأفكار غير مترابطة ووصفيه. وكما ذكرنا أول من طور الجيومورفولوجيا هم المتخصصين بدراسة الجيولوجيا والمياه في القرنيين الثامن عشر والتاسع عشر، وظهرت ما يسمى بالنسقية Uniformitanism والذي وضعها مجموعه من العلماء أهمهم شورلي Chorley وتستند هذه الفكرة إلى أن الحاضر في شكل الأرض هو مفتاح الماضي، وان التغيرات التي تعمل في الوقت الحاضر قد عملت أيضا خلال الأزمنة الجيولوجية، وان التغيرات التي تحدث في أشكال سطح الأرض رغم أنها بطيئة فأنها بالواقع تكون فعاله، فعند توفر الوقت اللازم فان مظاهر سطح الأرض برمتها يمكن أن تنشا وتتلاشى مره ثانيه بواسطة قوى بطيئة العمل إلا أنها مستمرة في هذا المجال، وهكذا كانت فكرة النسقية تقدما واضحا على حساب الاعتقاد الخاطئ بالحركات الفجائية Catastrophic والتي طغت عليها النسقية ، حيث انه من السهل الاعتقاد أن الفيضانات الشديدة التي تحدث بشكل نادر، تغير في وديان الأنهار اكثر مما يغيره جريان المياه بشكل اعتيادي في السنوات الواقعة بين فيضانين من هذا النوع .

ونتج عن دراسات العلماء نظريات هي التي ساهمت في تطور هذا العلم حديثا والتي كان أهمها هو العمل بخطوات تقوم على الملاحظة وتنظيم الملاحظات وتفسيرها واستخلاص النتائج ومقارنتها ببعضها البعض وخاصة العالم ديفز في دراسة ما يسمى بدورة التعرية على شكل مراحل متتابعة سميت بالدورة العادية(Normal Cycle) أو الدورة المائية. وانطلق العالم في تطويره لعلم الجيومورفولوجيا من خلال التأكيد على ثلاثة عوامل يعتمد عليها تكوين المظهر وهي:

أ – البنية Structure

ب – العملية process

جـ – الزمن Time

وأدت هذه الأمور إلى الوصول لما يسمى بالمعالجة الوراثية للتضاريس (مثل عمر الكائن الحي مرورا بالشباب والنضج والشيخوخة)، وظهرت عدة مدارس جيومورفولوجية يمكن أن نذكر منها مدرسة الأفكار الحركية والمدرسة المناخية ومدرسة الارتباط، ولكن أقوى هذه المدارس هي مدرسة المناخ كأحد أهم العوامل في تحديد المظهر الأرضي. وتشير دراسات ديفيز إلى انه بحق من طور الجيومورفولوجيا الحديثة وتمكن من ابتداع مصطلحات علمية ذكية زود بها دراساته، مثل مقارنته للظواهر التي تحدث في منطقة معينة بمراحل عمر الكائن الحي مثل مرحلة الشباب والنضج والشيخوخة. حيث أن الأشكال الأرضية الشابة هي الموجودة في منطقة تشكلت حديثا، أما الناضجة فهي الأشكال التي وصلت إلى التضاد بين الارتفاع والانخفاض وقد يوجد نضج مبكر أو نضج متأخر، أما الشيخوخة فهي وصول الأشكال إلى مرحلة لا تتلاشى فيها. وهكذا نلاحظ أن التطور سار من مرحلة الوصف أولا ثم الوصف الإيضاحي (ديفز) والتجريبي عن طريق التحليل المورفومتري (معادلات زوايا الانحدار، والكثافة التصريفية وغيرها)، والمقياس المباشر مثل سرعة المياه في دفع الرواسب، والاختبار والذي يبقى صعب لصعوبة تتبع ظواهر الطبيعة في المختبر لذا يستعمل هذا الأسلوب للأمور البسيطة أي أن الجيومورفولوجيا انتقلت من الوصف إلى التحليل في تطورها.

١–الجيومورفولوجيا العام أو الوصفي

الجيومورفولوجيا أو علم شكل الأرض أو شكل الأرض (بالإنجليزية(**Geomorphology** : تركز على دراسة التضاريس (كالجبال والسهول والأودية والأنهار والصحاري والسواحل) وأسباب نشأتها وتطورها عبر الزمن. والجيومورفولوجيا كلمة ذات أصل يوناني وهي تنقسم إلى ثلاثة أجزاء geoوتعني الأرض ثم morpho تعني الشكل و logos بمعنى علم.

تعالج الجيومورفولوجيا أشكال السطح اليابس من الكرة الأرضية التي تعتبر نتاج لعمليات طبيعية وبشرية وبسبب استمرار تأثير العمليات ولقدم أشكال الأرض تركز الجيومورفولوجيا على تاريخ أشكال الأرض (دراسة ماضي الأشكال الأرضية) لذا تسعى الجيومورفولوجيا إلى تفسير أشكال

الأرض من وجهة نظر تاريخية.إن التركيز تاريخ أشكال الأرض بل تطورها عبر التاريخ الجيولوجي هو الذي يؤكد انتماء الجيومورفولوجيا إلى الجيولوجيا التاريخية.

لم تطور الجغرافيا على عكس الجيولوجيا منهجية وأساليب دراسية خاصة بل اعتمدت على مساهمات العلوم الأخرى بالتالي ركزت على تفعيل وترابط ما توصل إلية الآخرون وصولاً إلى فكرة تفسير التباين المكاني بين الأقاليم وتستند في تفسير التباين أو التشابه المكاني على المعطيات النظرية التي توصل إليها الآخرون وبذلك فان الأصالة الجغرافية تكمن في الربط والمقارنة والتفسير لا في الأسس النظرية.

عبر الزمن بغض النظر عن المكان يمكن القول أنه حصل تطور في الدراسة الجيومورفولوجية معتمدين بذلك في تفسير أشكال سطح الأرض على المعطيات التقليدية تارة والدينية تارة أخرى التي سادت حتى أواخر العصور الوسطى.

اتصفت الجوانب المتعلقة بالانجازات الجيومورفولوجية نهاية القرن التاسع عشر حتى الوقت الحالي بالتالي:

١- اعتمدت كثيراً من الدراسات على الملاحظة الأولية والمشاهدة العامة.

٢- اعتماد الأساس الزمني التطوري وغيرة من الأسس في الدراسات الأولى على وصف أشكال الأرض (دورة ديفز للمراحل الزمنية في تصنيف أشكال الأرض وهي شباب،نضج،شيخوخة).

٣- تم وصف تطور المنحدرات بناء على نظريتي الحت الرأسي والتراجعي.

٤- تم وصف أشكال الأرض بالرجوع إلى بنائها الجيولوجي وأنواع صخورها.

٥- ربط الظروف المناخية بعملية وصف أشكال الأرض حيث ميزت أشكال الأرض حسب الأقاليم المورفومناخية.

٦- تطور الوصف التقليدي إلى وصف قياسي من خلال الخصائص المورفومترية لأشكال الأرض.

٧- تطورت الدراسات الجيومورفولوجية بشكل تدريجي حيث القياس ثم معالجة البيانات ثم تطبيق الأساليب الإحصائية وأصبحت الأساليب الكمية هي المسيطرة وقد طبقت معظم الدراسات الجيومورفولوجية في الجغرافيا والجيولوجيا المنهج الكمي مما عمق التوجه الكمي.

٨- الاعتماد على الجانب ألمخبري في قياس بعض عناصر أشكال الأرض وعمليات نشأتها وتطورها وقد ساهم هذا الجانب على بناء العلاقات الرياضية بين عناصر الظاهرة أو العملية الجيومورفولوجية مثل متابعة التغيرات التي تتعرض لها شبكات الأقنية المائية.

٩- تنوع مصادر المعلومات الجيومورفولوجية وذلك حسب المواضيع الدراسية والإمكانات المتوفرة أو المتاحة كعملية الاعتماد على الأجهزة المساحية وتحليل عينات الصخور والتربة والخرائط التفصيلية والصور الجوية وصور الأقمار.

١٠-استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية بشكل متزايد مما أتاح المجال لتنويع التطبيقيات الجيومورفولوجية.

١١- استمرارية الاهتمام بالجانب التطبيقي لعلم الجيومورفولوجيا ولقد تم تطبيق الأساليب الدراسية العلمية وأن استخدام هذه الأساليب متوقف على مدى خبرة الباحث نفسه إضافة إلى نوع الدراسة.

٢-الجيومورفولوجيا التطبيقية

تعني الجيومورفولوجيا التطبيقية دراسة أساليب استخدام التقنيات الحديثة لقياس العمليات والمظاهر الجيومورفولوجية المختلفة في الميدان والمختبر، دراسة التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة الأنهار والوديان، وتطبيقات نتائج الدراسات الجيومورفولوجية الهندسية كشق الطرق، إقامة السدود، حفر الأنفاق، دراسة تقييم الكوارث الطبيعية وكيفية إدارتها ووضع الحلول المناسبة لها .

وهو العلم الذي يتناول دراسة الخصائص العامة لمظاهر سطح الارض من حيث الشكل والتكوين وصفيا ومورفومتريا (قياسيا) والعمليات التي تؤثر في تلك المظاهر (تعرية، تجوية، انهيارات، انزلاقات، هبوط) وعلاقة ذلك بالنشاط البشري من حيث الامكانات والمعوقات، والمشاكل التي تواجه استغلال تلك المظاهر والحلول المناسبة لتجاوزها.

و العلم الذي يهتم بتطبيق طرق استخدام المعايير والمقاييس لدراسة العمليات الجيومورفولوجية ومسح المظاهر الناتجة عنها ، وتحليل البيانات المأخوذة من تلك الدراسة من اجل تخمين وتقييم الثروات الطبيعية المتواجدة في منطقة ما ومدى امكانية استغلال تلك الثروات ومدى امكانية الحد من مخاطر المظاهر الاخرى.

التحري الموقعي في الجيومورفولوجيا:

١-تحديد منطقة الدراسة:

حيث يتم تحديد منطقة الدراسة على الخريطة لتشمل (الموقع الجغرافي والفلكي والخطوط الكنتورية وطرق النقل والتضاريس والموارد المائية وتحديد المناطق الخطرة كمناطق الانهيارات الارضية والزلازل والبراكين والخسفات الناتجة عن عمل المياه الجوفية) .

٢-مصادر المعلومات:

مصدر المعلومات هو شخص أو شيء أو مكان تأتي منه المعلومات أو تنشأ أو يتم الحصول عليها، حيث تُعرف مصادر المعلومات بمرحلتين، ابتدائية أو ثانوية، وتعدّ مصادر المعلومات المختلفة ينابيع المعرفة الإنسانية، لأنها تَرفِد القُرّاء والباحثين بما يحتاجونه من حقائق ومعلومات، أساسية وعامة ومتخصصة، وهي تواكب اليوم أحدث التطورات العلمية والتكنولوجيّة المتلاحقة في ميادين الخزن والاسترجاع، فتستخدم أفضل السبل وأنجح الوسائل في تقديم المعلومات إلى المستفيدين بأقصر الطرق وأكثرها يسراً وسهولة، وتنقسم مصادر المعلومات إلى أنواع تفصيلية أكثر، حيث يشير هذا المقال إلى أنواع مصادر المعلومات المعروفة في علم المراجع والمكتبات.

أنواع مصادر المعلومات:

تنقسمُ أنواع مصادر المعلومات إلى نوعين رئيسين؛ وثائقية وغير وثائقية، ويتفرع النوعان إلى أقسام مُفصّلة أكثر تعبّر عن طبيعة موثوقية تلك المصادر ودرجة موثوقيّتها وحالة تلك المصادر، وفيما يأتي توضيح ذلك.

المصادر الوثائقية:

تشمل جميع أنواع الوثائق المادية التي تختزن حصيلة المعرفة البشرية، والتي مرت أشكالها بسلسلة طويلة من التطورات، وفضلًا عن ضخامتها وارتفاع معدلات نموها، تتسم بالتشتت النوعي والشكلي والموضوعي والجغرافي واللغوي، وتنقسم إلى ثلاث فئات فرعية هي:

مصادر معلومات أوّلية: وهي الوثائق والمطبوعات التي تشتمل على المعلومات أو التصورات أو التفسيرات الجديدة أو أفكار معروفة، أي أنها مصادر قام الباحث بتسجيل معلوماتها مباشرة استناداً إلى الملاحظة أو التجريب أو الإحصاء أو جمع البيانات ميدانياً، لغرض الخروج بنتائج جديدة

وحقائق غير معروفة سابقاً، مثل الرسائل الجامعية ومقالات الدوريات المخصصة والبحوث العلمية وأعمال المؤتمرات والمطبوعات الرسمية وبراءات الاختراع والمواصفات القياسية، وتعد أنواع مصادر المعلومات الأولية، من أهم أوعية المصادر، وهي إضافة حقيقية جديدة لحصيلة المعرفة البشرية.

مصادر معلومات ثانوية: هي مصادر تعتمد في معلوماتها ومادتها أساساً على مصادر المعلومات الأولية، فهي تعتمد على معلومات تم تسجيلها سابقاً، حيث يتم ترتيب هذه المعلومات وفقاً لخطط معينة لتحقيق أهداف علمية معينة مثل الكتب الدراسية والكتب أحادية الموضوع والمعاجم اللغوية والدوريات العامة ودوائر المعارف والأطالس.

مصادر معلومات من الدرجة الثالثة: ظهر هذا النوع من مصادر المعلومات نتيجة طبيعية لزيادة حجم النتاج الفكري العالمي، إلى مدى لم يعد بمقدور الباحثين الإلمام به والسيطرة عليه بدون توفر وسائل أخرى تعمل على تنظيم أنواع مصادر المعلومات الأوّلية، ليكون أكثر ملائمة وأيسر للباحثين، حيث تهدف مصادر المعلومات من الدرجة الثالثة إلى إعادة ترتيب وتنظيم معلومات مصادر المعلومات الأولية والثانوية، وتحليلها بالشكل الذي يُسهّل إفادة الباحثين منها، وتقصّر أمامهم الطريق للوصول في أقل وقت إلى المعلومات التي يحتاجونها مثل الببليوغرافيات والكشافات والأدلة الخاصة بالكتب. **المصادر غير الوثائقية:**

وهي مصادر معلومات غالبًا ما تكون غير مادية ولا يتم نشرها بمفهوم النشر حيث تهتم بنقل المعلومات المتعلقة بمختلف نواحي الحياة اليومية، و يمثل هذا النوع قطاعًا لا يُستهان به في نظام الاتصال المعرفي سواء بالنسبة للشخص العادي أو بالنسبة للباحث المتخصص وتنقسم هذه المصادر إلى نوعين هما:

المصادر الرسمية: وتشتمل المعلومات الإرشادية والاستشارية والإعلامية التي يحصل عليها الفرد من المصالح الحكومية والمراكز المحلية ومراكز البحوث والجمعيات والاتحادات والنقابات العلمية والمهنية والعمّالية والجامعات والمعاهد والمكاتب الاستشارية والمؤسسات الصناعية الخاصة والعامّة.

المصادر غير الرسمية الشخصية: وتشمل المعلومات الشفهية التي يحصل عليها الفرد نتيجة تحاوره مع الأشخاص المحيطين به، ورغم ما تتمتع به هذه المصادر من مرونة وفضلًا عن التفاعلية الناتجة عن فورية الاستجابة، فإن إمكانية الاعتماد عليها تتفاوت تفاوتًا ملحوظًا من مجال إلى آخر ويشمل هذا النوع من المصادر على اللقاءات الجانبية بالمؤتمرات ومحادثات الزملاء والندوات.

أ-مصادر مكتبية:

تعد مصادر المعلومات بأوعيتها المختلفة ينابيع المعارف الإنسانية لأنها تمد القراء والباحثين بما يحتاجونه من حقائق ومعلومات أساسية عامة ومتخصصة وهي تواكب اليوم أحدث التطورات العلمية والتكنلوجية المتلاحقة في ميادين الخزن والاسترجاع ، فتستخدم أفضل السبل وأنجح الوسائل في تقديم المعلومات إلى المستفيدين بأقصر الطرق وأكثرها يسراً وسهولة.

إن مصادر المعلومات هي مصدر المعرفة و العلم التي يحصل عليها الباحث أو الدارس علي المعلومات و البيانات التي تلبي احتياجاته و ترضي اهتماماته و هي فضلا عن هذا الأساس الذي تقوم عليه كل الانشطة و خدمات المكتبات و غيرها من مؤسسات المعلومات علي اختلاف انواعها و فئاتها.

تنقسم مصادر المعلومات إلى نوعين:

١-المصادر الوثائقية مثل: المصادر الأولية ، المصادر الثانوية ، ومصادر الدرجة الثالثة.

٢-مصادر غير وثائقية مثل: المصادر الرسمية التي تحتوي على معلومات إعلامية واستشارية ، وإعلامية ومصادر غير رسمية تعرف باسم المصادر الشخصية ، والتي يتم الحصول عليها من خلال الحوارات و والندوات والمؤتمرات والاجتماعات

مفهوم مصادر المعلومات:

يُعرف هذا الوسيط الذي ينقل المعلومات إلى المستقبل ، ويشمل جميع المعلومات المطبوعة مثل الكتب والتقارير والنشرات والمعلومات غير المطبوعة مثل المواد المرئية والمسموعة.

مصادر المعلومات:

تؤخذ مصادر المعلومات من عدة مصادر: مصادر المعلومات التقليدية ، ومصادر المعلومات السمعية والبصرية ، ومصادر المعلومات الإلكترونية ، ويتم تفصيلها على النحو التالي.

مصادر المعلومات التقليدية

تعتبر الكتب واحدة من أكثر مصادر التعليم انتشارًا ، ومن بين المواد الأكثر شيوعًا التي تتضمن المعرفة والمعلومات بكل أبعادها. يسهل حملها والسعر صغير ، مثل:

١-الكتب المدرسية ، أي المناهج التعليمية في المدارس مثل: كتاب الرياضيات واللغة العربية.

٢-كتب ذات موضوع واحد تحتوي على معلومات عامة ، مبادئ ، ، حقائق أساسية ومفاهيم.

٣-المراجع وأنواعها: الموسوعات ، كتب الدليل ، القواميس ، الكتاب السنوي ، الأدلة ، الموسوعات ، الملخصات ، القواميس ، المخططات ، التقويمات ، الفهارس ، الملخصات ، المخطوطات ، قوائم المراجع والكتب ، براءات الاختراع ، الكتب السنوية ، الرسائل الجامعية ، والمنشورات الرسمية.

أ-توجد الدوريات التي تحمل عنوانًا فريدًا ، وهي مواد غير مقيدة ، في عدة أجزاء متتالية ، مثل: الصحف والمجلات والكتب المدرسية.

ب-منشورات وكتيبات ، وهي مواد مطبوعة ولكن ليست دورية ، ولا ترتبط بحجمها وحجمها أقل من الكتاب.

ج-سجلات القصاصات التي تنشئ أرشيفًا لجميع المعلومات في مراكز التعلم داخل المدرسة.

مصادر المعلومات الالكترونية

إنها جميع المعلومات التي نحصل عليها بطريقة غير رسمية وغير تقليدية ، حيث يتم تخزين هذه المعلومات إلكترونيًا ، ويتم أخذ المعلومات الإلكترونية من عدة مصادر ، ممثلة في:

شبكة الانترنت.

قواعد البيانات من خلال الاتصال المباشر.

الشبكات التعاونية.

الشبكات المحلية والدولية والإقليمية.

تجار المعلومات.

أقراص مدمجة.

مفهوم المعلومات الألكترونية:

كل ما هو مُتعارف عليه من مصادر المعلومات التقليدية الورقيّة، وغير الورقيّة، مُخزّنة الكترونيًا على وسائط مُمغنطة، أو ليزريَّة.

ويُمكن تعريفها أيضًا: بأنَّها المصادر المعلوماتيّة المُخزّنة إلكترونيًا، بعد إنتاجها من المؤلفين والناشرين، في بنوك معلومات، وملفات قواعد بيانات، مُتاحة للباحثين عن طريق الاتصال المُباشر، أو داخليّاً في المكتبة أو مركز المعلومات عن طريق منظومة الأقراص المُتراصَّة وغيرها.

أشهر أنواع مصادر المعلومات الألكترونية:

١- **مصادر المعلومات الإلكترونية بالاتصال المُباشر** :وتُعرّف بأنَّها قواعد البيانات المحلية، والإقليمية المُنتشرة في العالم، والتي تُتيح للمكتبات، والمؤسَّسات، ومراكز المعلومات المُختلفة، فُرصة الحصول على المعلومات مُباشرة، عن طريق شبكات الاتصال عن بُعد المُرتبطة بالحواسيب المُتوافرة لديها ولدى المُستفيدين.

٢- **مصادر المعلومات عن أقراص الليزر المُتراصّة** :وتُعرف أقراص الليزر المُتراصّة بأنَّها "اسطوانات بشكل أقراص مُسطَّحة مُستديرة، فضيّة اللون تعكس اللون البنفسجي، لا يزيد حجم مُحيط القُرص الواحد منها على (٣سم)، وتعتمد على تكنولوجيا أشعَّة الليزر في تخزين المعلومات واسترجاعها، ويستوعب القرص الواحد أكثر من ربع مليون صفحة، وتُقرأ المعلومات المُسجَّلة والمُخزّنة على الأقراص، بواسطة جهاز قارئ الأقراص، فضلًا عن ملحقات جهاز الحاسوب، كالشَّاشة الطرفية، وجهاز طبع المعلومات.

٣- **مصادر المعلومات الإلكترونية على الأشرطة المُمغنطة** :وهو أقدم مصادر المعلومات الإلكترونية، وقد تمَّ استخدامه من خلال مشروع مارك، الذي قامت به مكتبة الكونغرس، في مُنتصف الستينات، وقد تقلَّص استخدام هذه المصادر في هذا الشكل، وذلك بعد ظهور خدمات البحث، والاتصال المُباشر، والأقراص المُتراصَّة.

الاستشعار عن بعد:

مقدمة :

يعتبر الاستشعار عن بعد من العلوم الحديثة التي شقت طريقها بسرعة فائقة، و قد ساعد على هذا التقدم الدقة المتناهية في الحصول على المعلومات المرسلة من الأقمار الصناعية والطائرات. ورغم حداثة هذا العلم إلا أنه أصبح من العلوم الأساسية المستخدمة في حل كثير من القضايا المتعلقة بالأرض والظروف الطبيعية، وذلك من خلال الكم المعلوماتي الهائل الذي يقدمه ويعالجه معالجة رقمية بواسطة تكنولوجيا عالية.

بدأ تاريخ الاستشعار عن بعد (remote sensing) مع ابتكار وظهور التصوير الضوئي (التصوير الفوتوغرافي) عام ١٨٣٩م. وفي بداية عام ١٨٤٠م أدخل المرصد الفرنسي في باريس استخدام التصوير في عمليات المسح الطبوغرافي، ومنذ ذلك الوقت ازدهر التصوير الضوئي بواسطة استخدام البالونات والطائرات الورقية وتم تركيب كاميرات عليها لالتقاط الصور الجوية فوق المدن. وفي عام ١٩٠٣ ابتكر الأخوان رايتز الطائرة وتم استخدام الكاميرات عليها في عام ١٩٠٩، وذلك في رحلة قام بها الأخوان في إيطاليا. ومع نشوب الحرب العالمية الأولى (١٩١٤ – ١٩١٨) أضحت الصور الجوية عاملاً أساسيًّا في عمليات الاستكشاف والاستطلاع الجوي العسكري، ولكن التقدم الكبير في التصور الجوي وتفسير الصور الجوية ظهر مع بداية الحرب العالمية الثانية (١٤٣٩–١٩٤٥) وما صاحبها آنذاك من تطور عسكري وتقني ونظرًا للحاجة المُلحة لمعلوماتٍ أفضل اخترعت نظم جديدة بدلاً من الكاميرات المستخدمة في الطائرات، ألا وهي الماسحات الإلكترونية الضوئية (electronic scanning)، وهذه النظم هي المستخدمة حاليًا في الأقمار الصناعية.

وقد ظهر مصطلح "الاستشعار عن بُعد" في عام ١٩٦٠م على يد بعض الجغرافيين من مكتب البحوث البحرية الأمريكي، وفي العام نفسه أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية قمرًا صناعيًّا باستخدام الأشعة دون الحمراء خاصًّا بالأحوال الجوية، ومنذ ذلك الوقت ظهر استخدام مصطلح الاستشعار عن بُعد في البحوث العلمية وفي التطبيقات العسكرية والدراسات المدنية ومراقبة الأرض، ولا تزال وسائل الاستشعار عن بعد تتطور وتتنوع بشكل سريع مع ظهور تقنيات استشعار متقدمة وإرسال أقمار صناعية جديدة في الفضاء كل عام.

مفهوم الاستشعار عن بعد

لقد عرف تعريف الاستشعار عن بعد تطورا مستمرا واكب توسع وانتشار استعمالاته، واختلفت التعاريف حسب الخلفيات العلمية للقائمين عليه وحسب تنوع مجالات تطبيقاته، مما أدى إلى تنوع واضح في صيغة التعريف حسب مختلف التخصصات، وبعد ذلك ظهرت أيضًا تعاريف عدّة لمصطلح الاستشعار عن بُعد تدور جميعها حول مفهوم أساسي، وهو جمع المعلومات والبيانات عبر مسافات بعيدة، ومن هذه التعاريف تعريف جيمس كامبل (James Campbell) الذي يعرف مفهوم "الاستشعار عن بعد" على أنه علم استخلاص المعلومات والبيانات عن سطح الأرض والمسطحات المائية باستخدام صورة ملتقطة من أعلى، بواسطة تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض. إذن فهو علم وفن يستخدم للحصول على معلومات حول هدفٍ أو منطقة أو ظاهرة معينة من خلال تحليل المعلومات، التي تم الحصول عليها بواسطة جهاز استشعار لا يلامس هذه الأهداف المراد التحقق منها والتحكم فيها والسيطرة عليها. وقد عُرفَ الاستشعار عن بُعد بوصفه مصدرًا للمعلومات ومهمًّا يُستخدم في تحديث الخرائط،

ومن التعاريف المتداولة عالميا نجد:

تعريف (Reeves, 1975)

الاستشعار عن بعد هو القياس أو الحصول على معلومات لبعض خصائص الظاهرات، من خلال جهاز تسجيل لا يحتك مباشرة بالظاهرة التي ندرسها، وهو عملية جمع البيانات في الموجات ما بين فوق البنفسجية إلى نطاق الراديو.

١-تعريف (Bullard, 1981 & Lakin)

الاستشعار عن بعد هو القياس أو الحصول على المعلومات عن خصائص ظاهرة ما عن طريق جهاز تصوير لا يلامس الظاهرة. ومن أمثلة هذه الخصائص الإشعاع الكهرومغناطيسي، وتستعمل في ذلك أجهزة مثل آلات التصوير والليزر وأجهزة الراديو وأنظمة الرادار وغيرها. فالاستشعار عن بعد هو علم يضم تحليل وتأويل القياسات الكهرومغناطيسية المنعكسة من الأهداف والمسجلة انطلاقا من جهاز الاستشعار دون ملامسة هذه الأهداف.

٢-تعريف (Curran 1985)

يعرف الاستشعار عن بعد بأنه ذلك العلم الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من الظاهرات الأرضية، أو من الجو، أو من مياه البحار والمحيطات في التعرف على هذه الظاهرات، عن طريق استخدام أجهزة التقاط الموجات بواسطة الأقمار الصناعية والطائرات.

رغم تعدد التعاريف لعلم الاستشعار عن بعد ، نجد بان القواسم المشتركة بينها، هو وصف هذا العلم بأنه مجموعة من الطرق التي تستخدم لجمع المعلومات عن الأجسام والظواهر الأرضية دون ملامستها، وذلك من مسافات قد تكون قريبة أو بعيدة.

لقد أضحى الاستشعار عن بعد علمًا وفنًّا يستخدم في الحصول علي معلومات لأي جسم مستهدف، دون ملامسته بشكل مباشر (فيزيائيًّا أو كيميائيًّا) يمكن تحليلها ودراستها ومعرفتها، وقد عرف الاستشعار عن بعد بوصفه مصدرًا للمعلومات ومهمًّا يساعد في معالجة الصور الفضائية حتى أصبح تحديث الخرائط أمرًا سهلاً وممكنًا، خصوصًا بعد أن أمكن تخزينها رقميًّا وبذلك تكون سهلة المعالجة والتخزين والاستعادة وعرض المعلومات.

استخدام الاستشعار عن بُعد في تحديث الخرائط الطبوغرافية

أصبح للخرائط الطبوغرافية في الدول النامية مكانة بالغة الأهمية والأثر، حيث بدأت الحاجة لها والاهتمام بها لدى الكثير من الباحثين والمتخصصين في المؤسسات العلمية والمراكز البحثية، نظرًا لتطبيقاتها المختلفة واستخداماتها المتعددة ومن ثم متابعة تحديثها وإضافة تقنيات متطورة ومستجدة لها، وقد برزت مزايا تلك الخرائط الطبوغرافية في مجالات كثيرة مثل التخطيط لإنشاء شبكات مواصلات وطرق سريعة واستكشاف مصادر طبيعية ومراقبة البيئة وحمياتها من التلوث والتدهور، كذلك أهمتها لقطاع السياحة وللدوائر الحكومية والمؤسسات الصناعية وأيضًا للقطاعات العسكرية في المهمات السلمية وأغراض التدريب. مع العلم بأن عملية التحديث لتلك الخرائط الطبوغرافية، قد يمثل أحيانًا مشكلة تجابه المختصين في الدول التي تتطور بسرعة، ومنها المملكة العربية السعودية، حيث يحتاج ذلك إلى الكثير من الوقت والمزيد من الجهد والمال. ومع التقدم

العلمي والتطور التقني أصبح تحديث الخرائط يحظى بأولوية وأهمية بالغتين، لذا تغيرت الطرق والتقنيات في تحديث الخرائط الطبوغرافية وغيرها، إذ كانت في السابق تستخدم الطرق التقليدية مما يتطلب وقتًا طويلاً ونفقات باهظة، لذلك أتت فكرة الاستعانة بالاستشعار عن بُعد في تحديث الخرائط (منها على سبيل المثال: صور الأقمار الصناعية متعددة الأطياف ومتعددة درجات الوضوح وتوافر مصادر المعلومات من الأقمار الصناعية مثل لاندسات وسبوت وغيرهما)، وفي بعض الأحيان قد يتعدى ذلك التحديث إلى تصميم تلك الخرائط الطبوغرافية وإنتاجها.

استخدام الاستشعار عن بُعد في عديد من التطبيقات المدنية

فيما يلي استعراض لأمثلة من استخدام الاستشعار عن بعد في بعض التطبيقات المدنية، ومنها:

حصر الموارد الطبيعية

مكنت صور الاستشعار عن بعد من تصحيح كثير من المعلومات والمفاهيم في معظم الخرائط الجيولوجية، ذلك لأن هذه الصور تعطي نظرة شمولية ودقيقة لوحدات وطبقات جيولوجية تعطي مؤشرات ودلالات أولية للإمكانات المعدنية والنفطية والغازية المخزونة بين طياتها ومكامنها، لذا أصبحت شركات النفط العالمية تعتمد بشكل رئيس على استقراء الصور لتحديد مواقع التنقيب عن المعادن والنفط والغاز بعد أن كانت في السابق تعتمد على التصوير الجوي التقليدي، الذي يستنفد الكثير من الوقت والجهد والمال، فبينما تستطيع هذه الشركات في وقتنا الحاضر استخدام صورة فضائية تغطي على الأرض مساحة ٣٤ ألف كم مربع، فإنها كانت تحتاج إلى ألف وست مئة صورة جوية لتغطية المساحة ذاتها بمستوى متواضع وبتكاليف باهظة إلى جانب المقياس الكبير لهذه الصور، كما أن هذه الصور الفضائية تشير إلى مناطق المعادن والنفط والغاز في الأحواض الرسوبية والفوالق وغيرها مما يسهل توجيه أعمال البحث والتنقيب، ومن ثم الوصول إلى النتائج المتوخاة في أوقات قياسية وبأقل مجهود مبذول.

حصر مصادر المياه الجوفية

يمكن بواسطة تحليل الصور الفضائية والمؤشرات التي تظهرها تحديد مواقع المياه الجوفية ومصادر المياه السطحية والعمل على توجيه استغلالها والاستفادة منها بجدوى وكفاءة عاليتين، كذلك دراسة تراكمات الثلوج ومدى تأثيرها على تغذية المياه الجوفية، وقد أدى استخدام تلك

الوسائل إلى اكتشاف وديان غنية بالمياه في البحر في كثير من البلدان، كما وضعت على أساس ذلك خرائط مهمة لاستخدامات الأراضي واستصلاحها.

أعمال المساحة

أدت التقنيات الحديثة للاستشعار عن بعد والمعالجة الإلكترونية للبيانات إلى تغيير جذري في أعمال المساحة جعلت الخرائط الجديدة أكثر مرونة لمعرفة البيئات والأجواء المستهدفة وأسهل في كيفية فهمها واستيعابها والإحاطة بها والتعامل معها. وجدير بالذكر أن الصور الفضائية يتم الحصول عليها من ارتفاعات أكثر مئات المرات من تلك الارتفاعات، التي تطير عليها طائرات المساحة التقليدية، ومن الواضح أنها فتحت آفاقا جديدة وخاصة للمساحة ذات المقياس الصغير. وما كان يمثل مشكلة في التصوير الجوي لرسم الخرائط، كتلبد السحب في حالة الطقس الرديء تم إخضاعه لأنظمة وأجهزة استشعارية حديثة، لا تتأثر بالسحب بتاتًا.

اكتشاف الآثار

يعد التنقيب عن المناطق التاريخية والمواقع الأثرية أحد تطبيقات الاستشعار عن بعد المهمة، حيث يمكن استعمال الصور الجوية والفضائية وتحليلها وتفسيرها الكشف عن تلك المناطق والمواقع ورؤية المظاهر السطحية وما تحتها، وقد أدى ذلك إلى توسيع رقعة الظاهر منها والذي لا يمكن ظهوره منها، وذلك عن طريق متابعة الانحرافات اللونية في الغطاء النباتي في مكان ما واختلاف درجة الرطوبة في التربة، ومدى نمو النباتات فوق الموقع المدروس، وعن طريق متابعة الأشكال والأنماط الهندسية التي تأخذها مثلاً ظواهر الصقيع في منطقة ما. أما المظاهر السطحية الأثرية المهمة، فتشمل الآثار المرئية والتلال والكتل الصخرية والآثار السطحية الأخرى، ومثال ذلك الآثار التي كانت تشكل الأبنية والقلاع الأثرية، وأما المظاهر الأثرية تحت السطحية فتشمل الآثار المطمورة كالأبنية القديمة والقنوات والخنادق القديمة والطرق الأثرية القديمة أيضًا. وعندما تكون هذه المظاهر مغطاة بالحقول الزراعية أو النباتات الطبيعية، فإنه يمكن أن تظهر بوضوح من خلال الصور الجوية عن طريق متابعة التغيرات اللونية الناتجة عن الاختلافات في رطوبة التربة ومدى نمو النباتات وقوتها.

ج-نظم المعلومات الجغرافية:

نظم المعلومات الجغرافية هو العلم الذي يهتمّ بجمع ومعالجة ودراسة المعلومات الجغرافية، ويعتمد على التعرف على الخرائط، والصور الجوية، واستخدام الجداول، والعمل على معالجتها، والتأكّد من أنّها صحيحة بشكل كامل، وخالية من أيّ أخطاء، حتى يتمّ التمكّن من حفظها، واستخدامها عند الحاجة لها، وخصوصاً في الحالات التي تستدعي دراستها، أو تحليلها عن طريق الحاسوب، أو ورق الخرائط، أو الرّسومات البيانية Volume 0% .

تعد نظم المعلومات الجغرافية تقنية مثالية لإدارة وتنظيم البحوث والدراسات لعلوم تحليل الآثار والتراث بسبب اهتمام هذه الحقول بدراسة البعد المكاني الحيزي للأنشطة والفعاليات البشرية على مر الزمان، ذلك أن جميع المنشآت والمواقع التاريخية والعناصر المعمارية التراثية والتي هي نتاج إنساني في فترة معينة تحمل صفات وخصائص مكانية حيزية.

مكونات نظم المعلومات الجغرافية :

تعتمد نظم المعلومات الجغرافية، في مكوناتها على مجموعة عناصر، ومنها:

١-المعلومات المكانية:

هي المعلومات المبدئية التي تتوفّر حول الأماكن الموجودة على الخريطة، والتي تجمع عن طريق قياس مساحة الأراضي، أو التصوير، أو استخدام أسلوب المسح الضوئي للتضاريس الجغرافية، لجمع المعلومات حول الأماكن، ولكنّها تحتاج إلى مبلغٍ ماليّ كبير مقارنةً بالعناصر الأخرى، وذلك بسبب حاجتها إلى العديد من المعدات التي تساعد على دراسة وتحليل المعلومات للتأكّد من دقتها.

٢-جهاز الحاسوب:

ساهم وجود جهاز الحاسوب في تسهيل القيام بالعديد من العمليات المتخصّصة في إنجاز الخرائط، عن طريق استخدام الأجهزة الإضافيّة التي تعتمد على التقنية الحاسوبيّة في معالجة البيانات المتعلّقة بالخرائط، والحصول على نُسخٍ مطبوعة منها، مع وجود تأثيرات صوتية، أو باستخدام تقنية الفيديو في عرض بعض الصور، أو اللقطات المصوّرة حول الخرائط الجغرافية.

٣-البرامج والتطبيقات:

هي كافة التطبيقات التي تعمل على تصميم الخرائط، وجعلها أكثر تفاعليّة، وخصوصاً مع وجود الخصائص ثنائية وثلاثية الأبعاد، والتي تُعرف باسم (3Dg,2D)، والتي ساهمت في جعل الخريطة المصمّمة تُحاكي الواقع، وتنقل صوراً أكثر وضوحاً، ممّا ساهم في تطوير العديد من التطبيقات التي ساعدت المستخدمين العاديين الذين يستخدمون الأجهزة الرقمية الذكية، مثل: الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية على تصفح مجموعة من الخرائط التي تُبيّن للمستخدم المكان الذي يريده.

يمكن باستخدام العديد من تطبيقات وبرمجيات هذه التقنية الوصول ونقل وتحويل وتراكب ومعالجة وعرض المعلومات المكانية والوصفية. وضمن حقل إنتاج هذه النظم تقدم مساهمات الشركات المتخصصة

(ESRI, Smallworld, ManifoldSystem, Intergraph, Mapinfo, Autodesk)

مجموعة كاملة من الأدوات. وتستخدم المؤسسات الحكومية أو الجهات المستفيدة غالبا برامج ذات صلة بتحقيق أهداف مشاريعها، كما تستخدم المنتجات مفتوحة المصدر مثل (GRASS)، أو منتجات أكثر خصوصية واحترافية والتي تلبي متطلبات محددة وواضحة المعالم. وعلى الرغم من أن الوسائل المجانية متوفرة لعرض قواعد بيانات نظم المعلومات الجغرافية إلا أن الوصول العام إليها يخضع إلى مصادر الانترنت كالخرائط التفاعلية على الشبكة العالمية.

أنواع نظم المعلومات الجغرافية:

١- **نظام المعلومات الجغرافية الموجهة:** تُحدّد نظم المعلومات الجغرافية الموجهة (بالإنكليزية: Raster-based GIS) مواقع لكيانات محددة على شكل أزواجٍ متناسقةٍ في الأماكن الجغرافيّة، وخطوط متعددة النقاط، ومناطق متعددة الخطوط، وغالباً ما يتمّ تمثيل الأسطح الطبوغرافية على شكل سلسلةٍ من المثلثات غير المتشابكة، والتي يمثل كلّ منها ميلاً منتظم، ويُعرف هذا التمثيل باسم الشبكة غير المنتظمة المثلثة، ويتمّ تخزين أوصاف الرسم الخرائطي كبياناتٍ مجدولةٍ مع مؤشراتٍ إلى الكيانات، ممّا يسمح لنظام المعلومات الجغرافية بتخزين أكثر من مجموعةٍ واحدةٍ من

الأوصاف لكلّ نقطةٍ على خريطة بيانية، فتكون المعلومات التي تُخزنها مختلفةً عن بعضها مثل الارتفاع لمناطق معينة، وصور الأقمار الصناعية.

٢-نظم المعلومات الجغرافية المستندة على خطوط أفقية: تمثل نظم المعلومات الجغرافية المستندة على خطوطٍ أفقية (بالإنجليزية: Vector-based GIS) نقاطاً كمجموعاتٍ فردية وموحدة من الأرض، وعادةً ما تكون على شكل مربعات، تُسمّى خلايا الشبكة، وتمثل مجموعات خلايا الشبكة خطوط ومناطق، ويتمّ تخزين السطوح على شكل خطوطٍ أفقية كمصفوفةٍ لنقاط الارتفاع، وتُعرف كلّ نقطةٍ من خلية شبكة في هذا النُسق باسم نموذج الارتفاع الرقمي، ويمكن تحويل بيانات هذا النموذج إلى نماذج شبكة مثلثات غير منتظمة إذا لزم الأمر، وتُستخدم لتخزين بيانات نظم المعلومات الجغرافية ذات الحدود الثابتة، مثل المناطق التعليمية أو الشوارع.
استخدامات نظم المعلومات الجغرافية: يمكن توظيف نظم المعلومات الجغرافية في العديد من الاستخدامات، ومنها ما يأتي:

١-تحديد مواقع الأماكن، حيث يستطيع هذا النظام تعيين الموقع المكاني باستخدام معالم أو صفات واقعية، ثمّ تحديد العلاقات المكانية بينها.

٢-رسم خرائط الكثافة، ففي بعض الأحيان يكون تعيين التركيز، أو الكمية الطبيعية، أو العدد الكلي في مناطق معينة هو أكثر أهميةً لمعرفته، لذا يتمّ استخدام هذا النظام.

٣-رسم الخرائط الجغرافية التي تبين التغيير الذي حصل في منطقةٍ جغرافيةٍ معينة، وذلك لتوقع الظروف المستقبلية، أو تقييم نتائج إجراء أو سياسةٍ معينة، أو تحديد مسار العمل.

٤-تحديد ماذا يحدث داخل المناطق، فيمكن استخدام نظام المعلومات الجغرافية لتحديد ما الذي يحدث أو ما هي الميزات الموجودة داخل منطقةٍ معينة، ويكون ذلك من خلال إنشاء معايير محددة لتحديد مجال الاهتمام أو البحث.

٥-رسم خرائط الكميّة، حيث يقوم الكثير من الناس برسم الكميات بشكلٍ مفصل، مثل الأماكن التي تزود بالكمية الأكثر والأقل، وذلك من أجل العثور على الأماكن التي تلبي المعايير، أو لتحديد العلاقات بين الأماكن.

٦-تحديد النشاطات التي تحدث ضمن مسافةٍ معينةٍ قريبةٍ من معلمٍ أو حدث عن طريق رسم الخرائط باستخدام أدوات المعالجة الجيولوجية، مثل بوفر (بالإنجليزيةBUFFER).

تكوينات مظاهر سطح الارض :

أولاً: الصخور Rocks

الصخور مادة طبيعية تتركب من بلورات صلبة لمعادنَ مختلفة انصهرت مع بعضها البعض لتشكل كتلًا ضخمة. قد لا تكون المعادن قد تشكلت في الوقت نفسه، وهي تتشكل من موادّ طبيعية تتكوّن من بلورات صلبة من مختلف أنواع المعادن التي دُمجت مع بعضها البعض لتكوّن كتلة صلبة. قد تكون المعادن تشكّلت في نفس الوقت الذي تشكّلت فيه الصخور، وربما تكون قد تشكلت لاحقاً ، لكنّ الجدير بالذكر أنّ العمليات الطبيعية هي التي جعلتها ملتصقة مع بعضها.

تتكون الصخور من معادن minerals وتعرف المعادن بدورها على انها وجود طبيعي لمواد غير عضوية تكون تركيبا كيماويا خاصا كما ان لها تركيبا ذريا خاصاً . وتعتبر المعادن من الناحية الكيماوية بانها كلها عبارة عن مركبات compounds ويكون معظمها بلوريا . والبلورات crystalsعبارة عن اشكال هندسية صلبة تكون حدود اوجهها متطابقة مع البلورات الاخرى المكونة لنفس المعدن . وتتكون المعادن عادة من اتحاد بعض العناصر مع بعضها الاخر ، فعلى سبيل المثال يتكون معدن الكالسايت من اتحاد عناصر الكالسيوم والكاربون والاوكسجين ويتكون معدن الدولومايت من اتحاد عناصر المغنسيوم والكالسيوم والكاربون والاوكسجين . ويبلغ عدد المعادن المعروفة حاليا في حدود ٢٠٠٠ معدن غير ان حوالي ٢٤ منها يكون القسم الاعظم من صخور القشرة الارضية . ومن اكثر المعادن شيوعا في صخور القشرة الارضية مجموعة معادن السليكات التي توجد في الصخور النارية عادة وهي عبارة عن مركبات تتكون من اتحاد عنصري السليكون والاوكسجين مع عنصر او اكثر من العناصر الفلزية . ويعتبر معدن الكوارتز من بين اكثر معادن السليكات شيوعا في الصخور.

أولاً–الصخور في الطبيعة والتحري عنها:

تحديد احتياطي و قيمة واهمية الطبقات الرسوبية كمورد اولي للصناعة تتم وفق عملية متسلسلة يلعب الجيولوجي فيها الدور الأساسي في المراحل ألأولى:

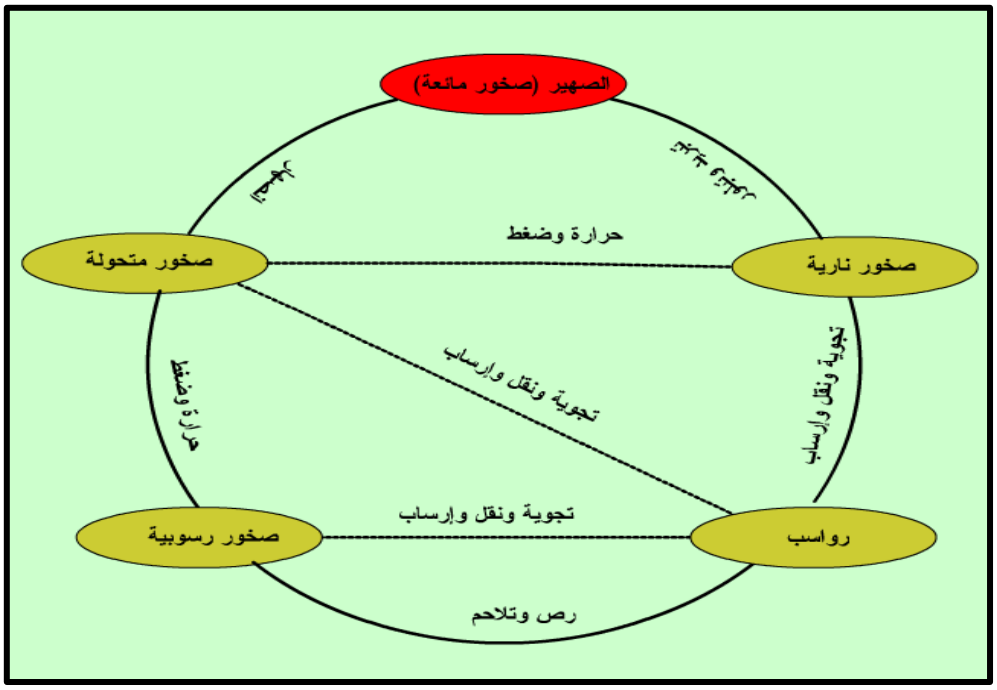
١– عملية الاستكشاف والتحري Explorationهذه العملية تبدأ بالمسح الجيولوجي العام ومن ثم المسح الجيولوجي التفصيلي مع النمذجة قبل بدء عملية التحري الاستطلاعي ثم التحري التفصيلي.

٢- عملية التقييم Evaluation وتتم هذه العملية بعد اكمال اعمال التحري الاستطلاع أو التفصيلي والحصول على نتائج التحليل لتحديد شكل وابعاد تركيز المواد الخام.
٣- عملية الاستخلاص والاستخراج Extraction هذه العملية تتم بعد الانتهاء النهائي من تقرير اعمال التحري التفصيلي وتقدير الاحتياطي العام وتحديد جزء منه لتحري تفصيلي لتبدأ عملية الاستخراج.
٤-عملية المعالجة Process وفي بعض الحالات عملية تنقية Refining كما يحدث للنفط
٥-عملية التصنيع Manufacturing .
٦- ثم اخيرا عملية التسويق Marketing .
عملية الاستكشاف والتحري وتقييم الاحتياطي للرسوبيات الصناعية الخام يتطلب عملا جيولوجيا صرفا ابتداء من رسم الخارطة الجيولوجية التفصيلية لحساب ابعادها ألأفقية و جمع النماذج لغرض التحليل ومن ثم التقييم وانتهاءا بحساب اعماقها عبر حفر الآبار لتحديد ابعاد المقلع أو المنجم ومن ثم المشاركة بعملية توجيه الاستخلاص والاستخراج من المقالع أو المناجم.

دورة الصخور في الطبيعة:

من الملاحظ أن الأرض جسم متغير باستمرار، فالجبال تتكون وتزول، والبحار تتقدم وتتراجع فوق سطوح القارات، كما أن العمليات الخارجية والداخلية للأرض توثر بصورة ثابتة على الكوكب، والصخور واحدة من هذه المواد الأرضية التي تتعرض دائماً للتغيير، فنحن لا نملك أنموذجاً صخرياً واحداً لم يتعرض إلى التغيير منذ تكون الأرض، وأقدم صخرة معروفة يبلغ عمرها نحو (٣.٨) بليون سنة. كما أن العديد من الصخور تتعرض إلى التغيير باستمرار، وهذا التغيير المستمر للصخور يؤدي إلى تنقلها من نوع إلى آخر، فبالإمكان أن تصبح الصخور النارية صخوراً متحولة أو رسوبية وبالعكس، وعملية التنقل هذه في الصخور من نوع إلى آخر تعرف بدورة الصخور، الشكل (١) يبين كيفية انتقال الصخور من نوع إلى آخر بفعل عمليات عديدة (داخلية وخارجية). فعند تصلب الصهير نتيجة لعملية التبريد تتكون الصخور النارية، التي تتعرض لعمليات تعرية تؤدي إلى تفتيتها ونقلها وترسيبها مكونة الرواسب التي سرعان ما تدفن تحت رواسب جديدة فتتصلب مكونة الصخور الرسوبية. هذه الصخور الرسوبية إذا تعرضت للحرارة أو ضغط تصبح صخوراً متحولة، أو ربما تتعرض لعمليات رفع ونشاط عمليات التعرية من جديد، ومن ثم تكوين صخور رسوبية جديدة. الصخور المتحولة المتكونة إذا تعرضت لعملية الإذابة فأنها تكون الصهير الذي يتصلب مكوناً صخور نارية، أما إذا تعرضت إلى التعرية فأنها

تكون صخور رسوبية. أن الصخور الرسوبية لا يمكن أن تصبح صخوراً نارية بصورة مباشرة وذلك لأنها تتعرض إلى الحرارة أولاً التي تجعلها صخوراً متحولة ومن ثم تصبح صهيراً يتصلب ليكون صخوراً نارية.



الشكل (١): دورة الصخور في الطبيعة.

ويمكن تصنيف أنواع الصخور وخصائصها اعتمادًا على كيفية تكوينها إلى: صخور نارية، وصخور رسوبية، وصخور متحولة ، ويُقسم كل نوع من أنوع الصخور إلى أنواع أخرى بالاعتماد على عوامل عديدة منها: الخصائص الكيميائية والمعدنية والنسيج.

أولاً- الصخور النارية(Igneous Rocks): وهي تنشأ من تصلب مادة سلكاتية ذائبة تعرف بالصهير (Magma). وعند خروج الصهير إلى سطح الأرض يعرف بالحمم (lava). وكلمة (Igneous) من أصل لاتيني (Ignis) وتعني نار (Fire). تقسم الصخور النارية بصورة رئيسة إلى نوعين اعتماداً على العمق الذي تتكون فيه الصخور، الذي يعكس بدوره حجم البلورات المعدنية المكونة للصخرة النارية، هذان النوعان هما: الصخور النارية الجوفية والصخور النارية الخارجية.

١- الصخور النارية الجوفية (Intrusive Igneous Rocks):

صخور تكونت نتيجة تبريد الصهارة داخل الأرض وتداخل في الصخور المحيطة. توجد الصخور الإندساسية في المناجم والأنفاق أو على سطح الأرض، حيث تكون قد تعرضت لعوامل التعرية. وتتنوع أشكال الصخور بدءًا بالطبقات الرقيقة وإنتهاء إلى الأحجام الضخمة غير المنتظمة. ومادة

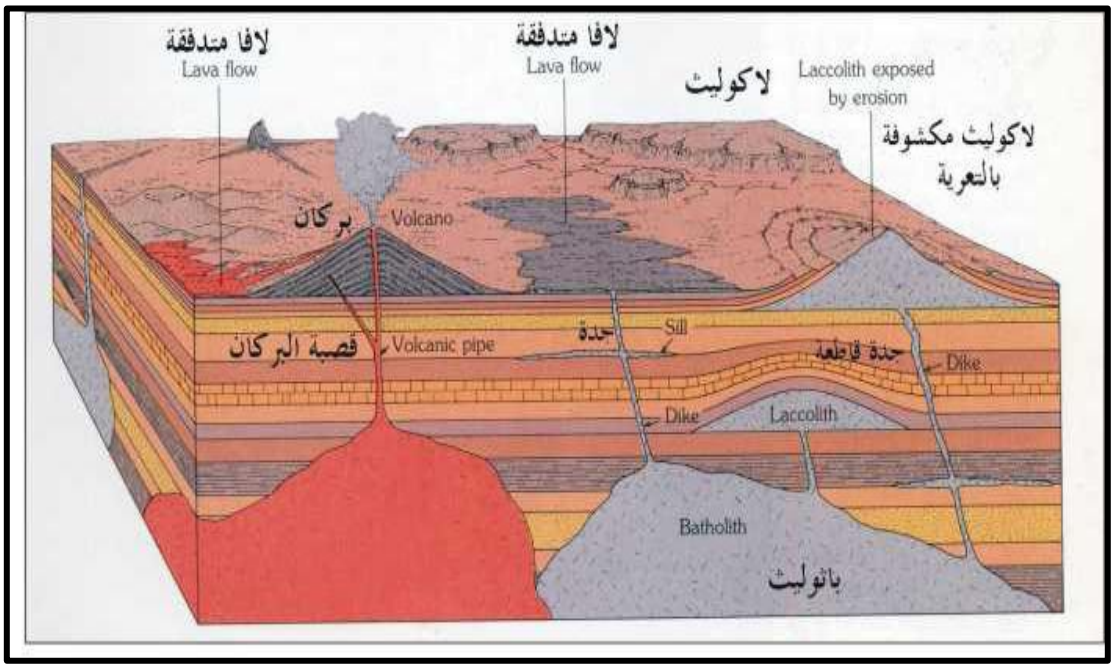
الصهارة التي تكوِّن الصخور مادة بطيئة التحجر نسبيًا، ولذلك فهي تحتوي على بلورات أكبر من تلك التي في الصخور السطحية.

يوجد نوعان أساسيان من الصخور النارية هما البازلت والجرانيت .والبازلت حجر سطحي، أما الجرانيت فاندساسي (جوفي). ويتكون البازلت أساساً من المعادن السليكاتية مثل البيروكسين. أما الجرانيت فيتكون أساساً من معادن مثل الكوارتز (المرو). ويوجد البازلت فوق الجزر البركانية، ويشكِّل جانباً كبيراً من قشرة قاع المحيطات، وكذلك حواف المحيط الأوسط. كما يوجد البازلت أيضاً في القارات. ولكن القارات تتكون أساسًا من الجرانيت والصخور المتحولة التي تتشكل من الجرانيت.

ولأنها تتكون نتيجة لعملية التبريد البطيء للصهير فأن بلوراتها تملك فرصة جيدة للنمو، لذلك تكون ذات أحجام كبيرة ممكن مشاهدتها بالعين المجردة، مكونة نسيجاً صخرياً يعرف بالنسيج الفانيري (Phaneritic Texture). هذا النوع من الصخور يعرف أيضاً بالصخور النارية البلوتونية (Plutonic Igneous Rocks) نسبة لـ (Pluto) اله العالم السفلي عند الإغريق.

٢- الصخور النارية الخارجية (Extrusive Igneous Rocks):

تتشكل الصخور السطحية بسبب الصهارة التي تصل إلى سطح الأرض عبر التشققات الأرضية العميقة، والفُوَّهات البركانية. ويُطلق على الصهارة التي تتدفق إلى السطح الحِمم البركانية، حيث تُشكل طبقات مسطحة واسعة، أو تتخذ شكل البركان عن طريق تكرار الفوران من فوهته. وسرعان ما تبرد معظم الحمم البركانية مُخلِّفة أشكالاً من الصخور تحتوي على بلورات مجهرية دقيقة. وتبرد بعض الحمم بسرعة مُخلِّفة زجاجاً بركانيًا أملس يطلق عليه السبج. كما يُنتج أيضاً زجاج بركاني مسامي إثر خروج فقاعات الغازات عند تصلب الحمم ويُطلق عليه اسم حجر الخفاف. ولأنها تتكون نتيجة لعملية التبريد السريع فأن بلوراتها لا تملك فرصة جيدة للنمو، لذلك تكون ذات أحجام صغيرة يصعب تمييزها بالعين المجردة، مكونة نسيجاً صخرياً يعرف بالنسيج الأفانيتك (Aphanitic Texture) أو أحياناً نسيجاً زجاجياً (Glassy Texture). هذا النوع من الصخور يعرف أيضاً بالصخور النارية الإنبثاقية أو النارية البركانية (Volcanic Igneous Rocks) لأنها عادة تتكون نتيجة لتصلب الحمم البركانية، يلاحظ الشكل (٢) .



الشكل (٢) أماكن تبلور الصخور النارية

خصائص الصخور النارية:

للصخور النارية خصائص معينة يمكن حصرها بالنقاط التالية:

١- تسود فيها صفة البلورية اذ يكون نسيجها بلوريا لأن هذه الصخور سبق وأن مرت في فترة تكونها بحالة الانصهار ثم التبرد بعد ذلك.

٢- لا تحتوي على المتحجرات وذلك لأنها لا تسمح بقيام اي نوع من انواع الحياة فوقها خلال فترة تكونها نتيجة لدرجة حرارتها العالية اثناء تكونها.

٣- لا تظهر فيها صفة الطباقية حيث انها تأخذ الوضعية التي كانت عليها لحظة تحولها من صهير الى صخور نارية . ويشذ عن هذه القاعدة الرماد البركاني الذي قد تظهر فيه هذه الصفة عند ترسبه داخل اجسام مائية.

مميزات الصخور النارية:

تختلف الصخور النارية وتتنوع باختلاف المعادن المكونة للصخر وباختلاف نسبة هذه المعادن وحجم وترتيب بلوراتها . وهناك أنواع عديدة من الصخور النارية قد تصل إلى المئات ، وبالرغم من هذا التنوع فإن هناك صفات مشتركة تتميز بها الصخور النارية عن الأنواع الأخرى من الصخور وهذه الصفات هي:

١-توجد في الطبيعة غالبا على هيئة كتل ضخمة ، ولا توجد على هيئة طبقات متتابعة بعضها فوق بعض.

٢-لا تحتوي الصخور النارية بقايا كائنات حية (أحافير)، غالبا ما تكون في حالة متبلرة ويختلف حجم بلورتها باختلاف سرعة تبريد المجما أو الصهير الذي تكونت منه ، لذا نجد الصخور التي تكونت في باطن الأرض جوفية ذات بلورات كبيرة الحجم لأنها بردت ببطء.

٣-لا يوجد مسامات او فراغات بين حبيباتها، فهي تعد صخوراً صماء مسامية.

٤-تقاوم بدرجة كبيرة أثر الرياح والأمطار وحرارة الشمس عوامل التجوية.

٥- الصخور النارية تخلو من الحفريات على خلاف باقي الصخور

٦- تكون الصخور النارية دائمة التصلب

٧- تتواجد الصخور النارية في شكل مواد زجاجية ومعدنية

٨- الصخور النارية غنية كثيراً بالمعادن

٩- لون الصخور النارية شديد السواد

١٠- يعد سطح الصخور النارية من السطوح الغير مستوية.

أشكال الصخور النارية:

١-السد: يتكون من تداخل السائل الصهاري موازيا لأسطح الطبقات.

٢- القاطع: ينشأ من تداخل السائل الصهاري في شكل الواح رأسية قاطعة اسطح الطبقات.

٣-الكتل العميقة: كتل ضخمة تشكل جذور سلاسل الجبال و تمتد لمئات الكيلومترات.

٤- الدعامة: كتل عميقة تعد اجزاءً من الكتل العميقة.

٥- البراكين: تنشأ من تخارج الصهارى على سطح الارض مكونة اشكالاً قمعية.

ثانياً- الصخور الرسوبية(Sedimentary Rocks):

تغطي معظم سطح القشرة الأرضية والتي تكونت عبر ملايين السنين من تعرية وتجوية الصخور ألمختلفة ألأقدم منها واعادة ترسيبها في بيئات مختلفة لذلك فان الصخور الرسوبية تعكس عمليات متعددة وخصائصها تعتمد على (الصخور الأم، العمليات التي كونتها، وبيئة الترسيب بالإضافة الى الزمن) لهذا فان الصخور الرسوبية قد تكون بحد ذاتها مصدراً للخامات (مهما كانت قيمتها) أو قد تكون مكمنا لخامات اخرى ذات قيمة اقتصادية عالية.

وتنشأ الصخور الرسوبية من تماسك الرواسب (Sediments) المفككة التي تتكون نتيجة لعمليات التعرية (التفتيت والنقل) والترسيب، سواء أكانت رواسب فتاتية أم كيميائية أم عضوية. هذه العمليات تتكون بسبب نشاط الرياح والمياه والجليديات. تقسم الصخور الرسوبية اعتماداً على نوعية الرواسب المكونة للصخرة إلى ثلاثة أنواع هي: الصخور الرسوبية الفتاتية، والصخور الرسوبية الكيميائية، والصخور الرسوبية العضوية.

مراحل تكون الصخور الرسوبية:

الصخور الرسوبية صخور تكونت بفعل التفتيت والنقل والترسيب حيث تتكون فراغات بين الطبقات الرسوبية وعندما تتقلص الفراغات في الصخور الرسوبية فتتشكل الصخور الرسوبية. تنشأ الصخور الرسوبية من ترسيب المواد المفتتة أو الذائبة في الماء والتي تنتج من تعرض الصخور المختلفة الصخور النارية، الرسوبية أو المتحولة إلى نشاط ميكانيكي حيث تؤدي إلى التفتت الميكانيكي للصخور بسبب عوامل التجوية كالرياح والأمطار والأمواج البحرية وغيرها. تختلف الصخور الرسوبية عن النارية والمتحولة في انها ذات اصول ومناشئ مختلفة بينما المتحولة والنارية ذات اصل ومنشأ واحد. أما التجوية الكيميائية فإنها تؤدى للتحلل الكيميائي لمعظم المعادن المكونة للصخور, ثم تقوم عوامل النقل كالمياه الجارية والرياح والجليد بنقل المعادن المتحللة والفتات كمكونات صلبة أو ذائبة. ويبدأ ترسيب المواد الصلبة عندما يضعف تيار الماء أو الهواء الحامل لها، أما المواد المذابة فتترسب بعد تبخر الماء المذيب لها وتحدث عملية الترسيب في أماكن كثيرة من أهمها الصحاري وسفوح الجبال وفي السهول الفيضية حول الأنهار وفي البحار والمحيطات

والبحيرات حيث تتكون الرواسب الملحية ثم تتماسك الرواسب المفككة لتكون الصخور الرسوبية وتحدث عملية التماسك إما بترسيب مواد لاحمة بين حبيبات الرواسب الخشنة كالحصى والرمال (من المواد اللاجمة الشائعة مثل أكسيد الحديد والسيليكا وكربونات الكالسيوم) أو تتماسك الرواسب بفعل ضغط الرواسب العليا على ما تحتها من رواسب حيث يتم خروج الماء الموجود بين حبيبات الرواسب فتتصلب وتكون صخورا رسوبية. تنشأ المادة الأولية المكونة للصخور الرسوبية عن عمليات التجوية والتعرية.

والتجوية هي مجموعة عمليات جيولوجية (فيزيائية وكيميائية وعضوية) تتم على سطح الأرض بصورة رئيسية وتؤدي إلى تغير مجمل خصائص الصخور والفلزات بتأثير فعالية الغلاف الغازي والمائي والحيوي، تقسم التجوية إلى نوعين رئيسيين:

التجوية الميكانيكية: وهي التي تؤدي إلى تفتيت الصخور إلى أجزاء دون تغيير تركيبها الكيميائي، وتتم بتأثير التغيرات الحرارية، التجلد الإسفيني، ونمو البلورات في الفراغات الصخرية.

التجوية الكيميائية: وهي أشد تأثيراً في الصخور لأنها تغير من تركيبها الكيميائي.

ومن أهم عوامل التجوية الكيميائية الماء والأوكسجين وثاني أكسيد الكربون. من عمليات التجوية الكيميائية الانحلال، ،الإماهة، الأكسدة والإرجاع.

أما التعرية: هي عملية طبيعية تؤدي إلى انفصال الصخور أو التربة عن سطح الأرض في بقعة ما وانتقالها إلى بقعة أخرى. وهي تشمل ثلاث عمليات مبدئية: التجوية، والتآكل، والنقل. وتمتد عملية التعرية، عادة على امتداد آلاف بل ملايين السنين ومع ذلك فإن بعض الأنشطة البشرية مثل التعدين يمكن أن تؤدي إلى الإسراع بحدوثها وقد يستفيد الإنسان من هذه العملية، عن طريق يد المساعدة التي تقدمها في بناء تربة جديدة من الصخور المفتتة. ولقد أدت عملية التعرية أيضاً إلى نشوء تكوينات جيولوجية مثل الصخور الرسوبية العوامل التي تقوم بالتعرية: ١- الماء. ٢- الهواء. ٣- الأحياء. ٤- تقلب الحرارة. ٥- الرياح. ٦- الثلاجات. ٧- حركات الأرض. ٨- الجاذبية.

خصائص الصخور الرسوبية

١–تتشكل هذه الصخور في الأجزاء السطحية من القشرة الأرضية، والتي تتعرض لتدفقاتٍ مائيةٍ كبيرة سواء الناتجة عن الأمطار أو المسطحات المائية بأنواعها.

٢–تتعرض للتغيرات الفيزيائية والكيميائية نتيجة الضغط والحرارة الشديدين واللذين يغيران من طبيعتها وشكلها، ثم تتجمع بشكل طبقاتٍ لتشكل رواسبَ.

٣–يمكن أيضًا أن تتشكل من ذوبان الجبال الجليدية وتكسُّر وانزلاق الصخور العادية نتيجة خضوعها للجاذبية الأرضية.

٤–تختلف أماكن وجودها وأحجامها حسب قوة المياه الدافعة لها، وحسب كتل الصخور المتفتتة قبل أن تترسب في طبقاتٍ، منها مايكون كبيرًا ومنها المتوسط ومنها ما يكون بحجم الحصى...

٥–يمكن التمييز بين خصائص الصخور الرسوبية في طبقاتها حسب تدرجات ألوانها أو حجم الطبقة ونوعها.

مراحل تكون الصخور الرسوبية:

الصخور الرسوبية، يكتمل تكونها على مراحل عدة هي:

١– تجوية الصخور الأصلية، التي قد تكون صخوراً نارية أو متحولة أو رسوبية، بعوامل التجوية المختلفة . منها ما هي كيماوية، تؤدي إلى ذوبان مكونات الصخر في الماء، ومنها ما هي ميكانيكية، تؤدي إلى تفتت الصخر، من دون أن يتغير تركيبه، الكيماوي أو المعدني.

٢– نقل المواد المجواة، بوسائل النقل المختلفة، مثل المياه الجارية على السطح، أو المياه الجوفية، والرياح، والجليد الزاحف؛ والمناطق الواقعة فوق مستوى سطح البحر. وتنتقل نواتج التجوية الكيماوية، على شكل محاليل في الماء فقط، سواء كان على شكل جريان سطحي أم مياه جوفية. أما نواتج التجوية الميكانيكية، فهي تنتقل بالمياه الخارجية على السطح، بأشكالها المختلفة (أنهار، أودية، جريان صفائحي)، وبالرياح، على شكل رمال قافزة، أو غبار معلق في الهواء، ولاسيما في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية، وبالجليد الزاحف، في المناطق الباردة، وقمم المرتفعات.

٣– رسوب المواد المحمولة سواء في القارات أو في البحار والمحيطات. ويكون رسوب الفتات المحمول رسوباً ميكانيكياً، بفعل الجاذبية الأرضية، عندما تتغلب قوة المقاومة على القوة الدافعة.

أما المواد الذائبة في المحلول المائي فترسب إما بطريقة كيماوية بحتة عندما تتركز الأيونات في المحلول المائي، إلى درجة التشبع، بالنسبة إلى المعادن المتبلورة، أو بطرائق حيوية وبيوكيماوية، تستخلص فيها الكائنات الحية، في البحار والمحيطات والبحيرات، بعض الأيونات، التي ربما لا تكون قد تركزت في المحلول المائي إلى درجة التشبع لتكون بها أصدافها.

٤- تعرض الرواسب لعمليات النشأة المتأخرة، الدياجنسس Diagenesis المتمثلة في عمليات، فيزيائية وكيماوية وحيوية تسفر عن تلازم Compaction الرواسب وتلاحمها Sementation وإعادة تبلورها Recrystallization.

تصنيف الصخور الرسوبية:

تصنف الصخور الرسوبية، تبعاً لعمليات تكونها، الى فئتين رئيستين، هما: الصخور الرسوبية ميكانيكية النشأة، والصخور الرسوبية كيماوية النشأة، والصخور الرسوبية عضوية النشأة.

١- الصخور الرسوبية ميكانيكية النشأة (الفتاتية)(Clastic Sedimentary Rocks)

تتكون هذه الصخور من فتات الصخور، النارية والمتحولة والرسوبية، الناتج من عمليات التجوية، الميكانيكية والكيماوية، الذي ينتقل بأي من وسائل النقل المختلفة مثل المياه الجارية على السطح، والرياح، والجليد، والأمواج، ليرسب في بيئات مختلفة، حيث تتغير الظروف، وتصبح قوة المقاومة أكبر من القوة الدافعة. وبعد استقرار الرواسب في البيئات الجديدة، تتعرض، مع مرور الزمن، لعمليات، فيزيائية وكيماوية وحيوية، تجعل منها صخوراً، بواسطة التلازم، والتلاحم بالمواد اللاحمة، مثل كربونات الكالسيوم، والسليكا؛ وإعادة تبلور بعض المعادن. ويطلق على هذه العمليات مجتمعة، اسم الدياجنسس، أو عمليات النشأة المتأخرة.

٢- الصخور الرسوبية الكيميائية(Chemical Sedimentary Rocks): تتكون نتيجة لتصلب الرواسب الناتجة من المحاليل المائية المشبعة، الذي يحصل كنتيجة لبعض التفاعلات اللاعضوية في المياه. تشمل الصخور الرسوبية كيماوية النشأة، ثلاث مجموعات من الصخور، هي: صخور الكربونات، وصخور المتبخرات، والصخور السلسية.

أ- صخور الكربونات Carbonate Rocks

تشمل صخور الكربونات معدن الكالسايت أو الأراجونايت، أي كربونات الكالسيوم $CaCO_3$؛ ومعدن الدولومايت، المكون من كربونات الكالسيوم والماغنسيوم $CaMg(CO_3)_2$؛ أو معدن السدرايت Sedrite، أي كربونات الحديد $FeCO_3$. ومن أهم صخور هذه المجموعة: الحجر الجيريLimestone ، والتوفاTufa، والدولومايتDolomite، والحجر الطباشيريChalk.

ب- صخور المتبخرات Evaporites

هذا النوع من الصخور الرسوبية ترسب المعادن المكونة له كيماوياً، ومباشرة، من المحلول المائي، عندما يزداد تركز الأملاح في الماء، بوساطة عملية التبخر. ومن أهم صخور المتبخرات: صخر الملح Halite،صخر الجبس Gypsum، صخر الأنهدرايت Anhydrite، صخر البوراكس Borax،صخر البوتاش Potash.

ج- الصخور السلسية Siliceaus Rocks

وهي صخور رسوبية مكونة، أساساً، من عنصر السليكا /Si. وترسب مكوناتها بطرائق كيماوية، وبيوكيماوية. وأهم أنواعها: الشرت Chert، والصوان Flint، والأوبال Opal، والكالسدوني Chalcedony.

٣-الصخور الرسوبية العضوية(Organic Sedimentary Rocks): تتكون من تراكم بقايا المواد العضوية التي خلفتها الحيوانات أو النباتات التي تعيش في البحار أو اليابسة، و كذلك عمليات التحلل (تفحم النباتات و تحلل بقايا الهياكل الحيوانية)،ومن أنواع هذه الصخور :

أ-الحجر الجيري العضوي او المرجاني: هياكل الحيوانات البحرية المكونة من كربونات الكالسيوم.

ب-الفوسفات: تراكم و تحلل الهياكل الحيوانية البحرية (فوسفات الكالسيوم).

جـ-الفحم: ينتج عن تفحم النباتات التي تتعرض للدفن السريع فيمنع من تفاعلها مع الاكسجين الجوي و من ثم يتم الاحتفاظ بالكربون.

هناك ثلاث انواع من الصخور الرسوبية استنادا الى طريقة استخدامها .

١- صخور رسوبية تستخدم مباشرة في عمليات التصنيع والبناء أو قد تحتاج الى معالجة بسيطة قبل الاستخدام، مثل (الأطيان، الرمل، الحصى، الحجر الجيري والدولميتي، الفحم، الملح الصخري).

٢- صخور رسوبية يتم معالجتها لغرض الاستخدام الصناعي.(الطين لصناعة الطابوق والسمنت وبعض الصناعات ألأخرى و الحجر الجيري لصناعة السمنت وتنقية السكر، الرمال لصناعة الزجاج، الفوسفات، الجبسوم لصناعة الجص والسمنت، ترسبات تحوي على الحديد والكبريت واليورانيوم).

٣- صخور رسوبية كمكامن لثروات اخرى(المياه الجوفية، النفط، الغاز، المعادن الثمينة من ذهب وألماس..الخ).

خصائص الصخور الرسوبية:

١-توجد الصخور في الطبيعة وتشكل على هيئة طبقات مختلفة الأحداث ومتتابعة الأحداث وتختلف هذه الطبقات من حيث التركيب واللون والسمك.

٢-تحتوى الصخور الرسوبية على أجزاء أو بقايا كائنات حية التي تعرف (الأحافير) لأن العوامل التي تكونت منها هذه الصخور والتي تتيح لها بالاحتفاظ بالكائنات الحية بعد موتها أو ما يدل على أشياء يتعرف من خلالها على هذه الكائنات .

٣-تكون فى حالة متبلورة على عكس الصخور الملحية مثل الأنهيدريت والجبس والملح الصخري وهي توجد على هيئة حبيبات متماسكة.

٤-تتميز بوجود مسامات بين الحبيبات المكونة لها لهذا فهي تعتبر خزانات للمياه الجوفية والغاز الطبيعي وخزانات طبيعية للنفط .

٥-إن الصخور الرسوبية تقاوم عوامل التجوية بدرجة أقل من الصخور النارية.

استخدامات الصخور الرسوبية:

للصخور الرسوبية استخدامات مهمة جدًا وفي مجالات عدة وواسعة في حياة الإنسان واستخداماتها تدخل في المجالات الهامة ومن أهم هذه الاستخدامات ما يأتي:

١- تُعتبر الصخور الرسوبية المصدر والخزان لتراكم النفط.

٢-تُستخدم في العديد من مواد البناء مثل الإسمنت.

٣-تحتوي على الأحافير والتي تُمثل دليلًا جيدًا للتعرف على بيئات الحياة القديمة.

٤-تحتوي على الكثير من المعادن المفيدة في داخلها.

٥-يمكن أن يكون الحجر الرملي بمثابة طبقة للمياه الجوفية.

٦-توفر الصخور الرسوبية المواد الاقتصادية التي تُستخدم في الحياة اليومية، ويشمل ذلك الحلي والسيراميك والمباني وغيرها.

٧-الصخور الطينية : تستخدم في صناعة الفخار و القرميد و احجار البناء و الطابوق و السيراميك

٨- الصخور الملحية : تستخدم في استخراج الاملاح (الصوديوم – الكالسيوم – البوتاسيوم).

ثالثاً- الصخور المتحولة(Metamorphic Rocks): تنشأ من تغير مكونات أو معدنية أو نسيج أو تركيب أنواع صخرية أقدم سواء أكانت صخوراً نارية أم رسوبية أم متحولة نتيجة لتغير الظروف الفيزيائية (الضغط ودرجة الحرارة) أو الظروف الكيميائية (تركيز بعض العناصر الكيميائية). هذا التغير يحدث في الحالة الصلبة.

تقسم الصخور المتحولة اعتماداً على وجود المعادن الطولية أو المسطحة أو على غيابها وتوجيهها إلى نوعين: الصخور المتحولة الصفائحية والصخور المتحولة غير الصفائحية.

أ- الصخور المتحولة الصفائحية (Foliated Metamorphic Rocks): تتكون نتيجة لترتيب المعادن باتجاه محدد بسبب تعرضها لضغط شديد يعيد ترتيب الحبيبات الصخرية أو المعدنية، لذلك فأنها تمتاز بوجود نسيج صفائحي.

ب- الصخور المتحولة غير الصفائحية (Non-foliated Metamorphic Rocks): الحبيبات الصخرية أو المعدنية المكونة لهذا النوع من الصخور لا تمتاز بترتيب واضح لذلك فان نسيجها ليس صفائحياً، وهي عادة ما تتكون نتيجة لتأثير درجة الحرارة.

خصائص الصخور المتحولة:

١-تتشكل تحت ضغط وحرارة عاليين جدًّا في باطن الأرض، مما يعرّضها لتحولاتٍ كيميائيةٍ وفيزيائيةٍ، تُنتِج بلّورات ذات بنيةٍ كريستاليةٍ جميلةٍ.

٢-لا تحتاج لعمليات انصهارٍ، فهي تتشكل في الحالة الصلبة، ويمكن ملاحظة ذلك من اسمها، فهي متحوِّلةٌ عن الصخور الرسوبية والبركانية.

٣-من الممكن أن تترتب الصخور المتحولة بشكل طبقاتٍ أو تتفلطح أو تتهشم، وذلك تبعًا لقوة الضغط التي تعرضت له.

أنواع التحول:

١-التحول الحراري: مثل تحول الرخام من الدلومايت وتحول الهورنفلس من الصخور الجيرية، وهو محدود الانتشار.

٢- التحول الديناميكي: ناتج عن الضغط الذي يؤدي الى تكسير او تراص الصخور مثل الميلونيت.

٣-التحول الديناميكي- الحراري(الاقليمي): يحدث بتأثير مشترك لكل من الضغط و الحرارة مثل النيس و الشيست، ويكون واسع الانتشار.

٤- التحول الذاتي: ينتج بفعل النشاط الكيميائي للسوائل الحارة و الغازات مثل صخور السربنتنيت.

ثالثاً-الخصائص الكيميائية والفيزيائية للصخور:

تشمل الخصائص الفيزيائية والميكانيكية الرئيسية للصخور ما يلي:

١-التركيب المعدني:

الصخور مكونة من معادن ، قسم منها من معدن واحد والقسم الآخر من عدد من المعادن. هناك في الطبيعة ثمان عناصر كثيرة الانتشار ومنها تتركّب غالبية المعادن التي تتألف منها الصخور وهي: الأكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، والمغنيسيوم. العناصر التي تركب المعدن مرتّبة في مبنى ثابت يسمى البلورة.و لا يمكن أن تكون الصخور مكونة من عنصر واحد بل إنها تكون مكونة من عدد من المعادن والعناصر الأخرى وتكون النسبة التكوينية أعلى لبعض المعادن فيكون لون الصخر مقاربا إلى لون المعدن بشكل كبير ويؤثر أيضا في ذلك طبيعة التطور والتحولات التي شهدتها هذه الصخور عبر الحقب الجيولوجية من الضغوط والحرارة كما يؤثر ذلك في الخصائص الفيزيائية للصخور.

يمكن القول بأن المعادن التي اكتشفها الإنسان تتواجد في النطاق الخارجي من قشرة الأرض الذي لا يتعدى سمكه ستة كيلومترات تقريباً ، وهو نطاق يتألف من غلاف صخري صلب يحتوي على عدد من العناصر بنسب متفاوتة أهمها:

الأوكسجين : ٤٦.٤٦ السيليكون : ٢٧.٦١ الألومنيوم : ٨.٠٧ الحديد : ٥.٠٦ الكالسيوم : ٣.٨٣ المغنيسيوم : ٢.٠٧ التيتانيوم : ٠.٦٢ الأيدروجين : ٠.١٤ الفوسفور : ٠.١٢ عناصر أخرى : ٠.٨٠ البوتاسيوم : ٢.٥٨

المجموع : ١٠٠% .

ويلاحظ من النسب السابقة أن الأوكسجين يتصدر العناصر التي تتألف منها قشرة الأرض حيث يشكل أقل قليلاً من نصف مجموع هذه العناصر وهذا يؤكد الانتشار الواسع للأوكسجين في صخور القشرة الأرضية ، حيث يندمج مع معظم العناصر مكوناً الأكاسيد ، ويأتي السيليكون في المركز الثاني بعد الأوكسجين وعلى ذلك يكون أكسيد السيليكون – الكوارتز – أكثر الأكاسيد إنتشاراً في صخور القشرة الأرضية ، فهو يدخل في تكوين عدد كبير من الصخور أهمها الجرانيت والحجر الرملي.

ويحتل الألومنيوم المركز الثالث بين العناصر التي تتألف منها القشرة الأرضية ، حيث تبلغ نسبته ٨.٠٧% ويرجع ارتفاع نسبة عنصر الألومنيوم في قشرة الأرض إلى انتشاره الواسع في الطين

والصلصال المنتشرين في جهات واسعة من العالم ، حيث يشكل نحو ربع وزن الطين. وتشكل العناصر الرئيسية الأخرى التي تشمل الحديد ، الكالسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، المغنيسيوم ، التيتانيوم ، الأيدروجين والفسفور نحو ١٢.٠٦ من وزن القشرة الأرضية ، أما باقي النسبة وقدرها٨٠٠.% فتتألف من عدد كبير من العناصر يأتي في مقدمتها النحاس والمنجنيز واليورانيوم والكروم والفناديوم والزنك والرصاص.

ثانياً : نشأة وتكون المعادن والرواسب والخامات المعدنية:

في البداية يمكن إعطاء تفسير مبسط ومختصر لتكون الخامات والرواسب المعدنية ، وهو انها تكونت نتيجة لعمليات تفاعل كيميائية وحركات وظواهر طبيعية حدثت في باطن الأرض وفوق سطحها الخارجي.

ويمكن إرجاع نشأة المعادن والخامات والرواسب المعدنية وتكوينها في الطبيعة إلى أربعة عوامل أساسية هي:

١- وجود غازات منبعثة من " الماجما " الصهير تتخلل الشقوق والفجوات الموجودة في الصخور مما يأثر في المعادن المنتشرة في هذه الشقوق ويعمل على تركزها وتبلورها فتتكون عروق رواسب الخامات المعدنية ويحدث هذا كثيراً بالقرب من فوهات البراكين حيث تتصاعد غازات المواد المتسامية التي لا تلبث أن تتكثف بالقرب من فوهة البركان مرسبة بلورات معادن مختلفة . وقد يحدث أيضاً أن تتفاعل الغازات النشطة في جوف الأرض مع المعادن والصخور التي تقابلها لتكون معادن جديدة مثال ذلك خامات التنجستن والقصدير المرتبطة بالصخور الجرانيتية.

٢-وجود شقوق في صخور القشرة الأرضية يندفع خلالها الصهير أو " الماجما " وعندما يبرد الصهير ويتجمد تتكون الرواسب والخامات المعدنية وتتباين المعادن الموجودة في الصهير في درجة الحرارة وبالتالي في العمق الذي تتجمد وتتركز فيه.

٣-وجود مياه ساخنة منبعثة من الصهير تؤدي إلى تبلور المعادن فتعمل المحاليل الساخنة على إلتصاق المعادن المتبلورة في الشقوق والفجوات الموجودة في الصخور فتتكون بذلك العروق ورواسب الخامات المعدنية.

٤-نتيجة لتغير الظروف المحيطة بالمعادن الموجودة في الصخور الأرضية المختلفة فقد ترتفع درجة حرارة الوسط الذي توجد فيه ، او يرتفع الضغط الواقع على المعدن نتيجة لحركات القشرة الأرضية فتضغط الصخور والطبقات بعضها على بعض ، أو يتعرض المعدن لموجة من الأبخرة والغازات النشطة التي تغير الجو الكيميائي المحيط بالمعدن ، أو قد تشترك كل هذه الظروف مجتمعة مع بعضها وفي كل حالة من هذه الحالات لابد أن يكيف المعدن نفسه مع الوسط والظروف الجديدة حيث يتحول المعدن الأصلي إلى معدن جديد مختلف تماماً عنه ليتلاءم مع الظروف الجديدة.

ثالثاً – أشكال وجود المعادن في الطبيعة:

لابد من التعرف على بعض المصطلحات العلمية الخاصة بالمعادن وهي : المعادن ، الخامات المعدنية ، الرواسب المعدنية.

ويقصد بالمعادن هي : كافة المواد التي تستخرج من باطن الأرض وتتألف من مركبات كيميائية متجانسة تكونت معظمها نتيجة إندماج العناصر الطبيعية.

الخامات المعدنية : هي مواد متجانسة إلى حد كبير تتألف من مكونات فلزية يمكن استخلاصها من الخامات عن طريق التنقية أو الصهر حسب طبيعة الخامات ومن هذا التعريف نلاحظ أن الخامات المعدنية يقصد بها المعادن الفلزية كالحديد والنحاس دون المعادن اللافلزية كالكبريت والفوسفات.

الرواسب المعدنية : هي أجزاء من قشرة الأرض تضم معدناً أو أكثر يمكن استغلالها على مستوى اقتصادي لجودة خصائصها وتوفرها بكميات تمكن من استغلالها على نطاق واسع.

وقد تمكن الإنسان من اكتشاف عدد كبير من المعادن تجاوز الألفين وتشكل هذه المعادن العناصر المختلفة التي تتألف منها القشرة الأرضية.

وتتعد الأشكال التي توجد فيها المعادن في قشرة الأرض وذلك حسب الظروف الجيولوجية التي تكونت خلالها ويمكن تحديد هذه الأشكال فيما يلي:

١-العروق: قد يوجد المعدن في شكل عروق تتخلل الصخور وذلك في النطاقات التي تركزت معادنها في زمن لاحق لتكون الصخور.

٢-معادن متركزة في التكوين الصخري: تكون المعادن في هذه الحالة جزءاً من الصخور ، حيث أنها كانت ضمن الصهير قبل أن يبرد أو يتجمد فكونت أجزاءً مستقلة عن الصخور رغم أنه داخلها ويحدث ذلك عندما تمتزج بعض العناصر المعدنية بتكوين قلوي أو حمضي في الصخور . مثال ذلك الألماس والبلاتين والنيكل وهي معادن توجد في الصخور القلوية ، بالإضافة إلى التنجستن والقصدير وهي معادن توجد في الصخور الحمضية.

٣-خامات طباقية: تتركز بعض المعادن في شكل طبقات أفقية وليس في شكل عروق وقد تتكون بعض هذه الطبقات المعدنية عن طريق الترسيب المباشر للعناصر المعدنية في قيعان المسطحات المائية سواء كانت بحيرات أم بحار كبعض خامات الحديد. وقد يتكون البعض الآخر من هذه الطبقات المعدنية نتيجة لعامل الترسيب بالتبخر من المسطحات المائية الضحلة كما هي الحال بالنسبة لخامات الجبس وأملاح البوتاس. وقد تتحلل الصخور السطيحة في بعض الأقاليم وتنجرف العناصر القابلة للذوبان في حين تظل العناصر الأخرى في مكانها لتكون خامات معدنية مركزة وقد تكونت بهذه الطريقة خامات البوكسيت وبعض الطبقات الأفقية الحاملة لخامات النيكل والمنجنيز .

٤-معادن في الرواسب الطينية: توجد بعض الخامات المعدنية في الرواسب الطينية التي تضم الرمال والطمي وذلك في قيعان الأودية النهرية والسهول وقد تظهر رواسب أحدث جيولوجياً من هذه الرواسب فتشكل تكوينات صلبة مندمجة التكوين تكونت في ظروف طبيعية مماثلة لتلك التي تكونت فيها العروق وتقصر المعادن التي توجد في الرواسب الطينية على تلك الأنواع المقاومة للمياه دون أن تتحلل فيها ويأتي الذهب والقصدير في مقدمة هذه المعادن التي تضم أيضاً الألماس والتنجستن وبعض الأقل انتشاراً كما هي الحال بالنسبة للزركون والسلينيوم والمونازيت.

وهناك أربعة عوامل رئيسية تحدد أنواع المعادن الموجودة في صخور القشرة الأرضية هي:

١-التكوين الصخري.

٢-التاريخ الجيولوجي.

٣-عوامل التعرية.

٤- الحركات التي تنتاب القشرة الأرضية.

١-**التكوين الصخري** : ويعد من أهم العوامل التي تحدد نوعية المعادن لذلك كان لابد من تناول هذا العامل وتتبع أنواع الصخور وكيفية تكوينها وخصائصها ، وهي كلها عوامل تحدد بدورها أنواع المعادن.

٢-**التاريخ الجيولوجي** : تهدف دراسة التاريخ الجيولوجي لأي منطقة إلى التعرف على أنواع المعادن المحتمل وجودها فيها.

٣-**عوامل التعرية** : تلعب عوامل التعرية دوراً لا يمكن إغفاله في تفتيت بعض المعادن والصخور ونقلها من مناطق نشأتها الأصلية إلى مناطق جديدة ، وتتصدر المياه عوامل التعرية في هذا المجال سواء كانت مياهها سطحية أم جوفية ، فقد تنقل بعض الخامات المعدنية بعد تفتيتها وترسبها في النطاقات التي تضعف فيها قدرة المياه على الحمل ، لذلك يطلق على مثل هذه الخامات معادن رسوبية . ويعد الذهب الرسوبي الذي يعدن من رواسب بعض الأنهار أهم هذه المعادن بالإضافة إلى معدن القصدير . وكما تعمل عوامل التعرية والنقل على إثراء بعض الأقاليم ببعض المعادن فقد تعمل على إفقارها وذلك بنحتها وإزالتها .

وقد كان لعوامل التعرية دور كبير في نقل البقايا النباتية الطبيعية التي ترجع إلى العصور الجيولوجية القديمة إلى سواحل البحار قليلة العمق والمستنقعات القديمة حيث طمرت بعد ذلك فتكونت من جراء ذلك رواسب الفحم ، كما عملت عوامل التعرية أيضاً على ترسيب البقايا النباتية والحيوانية في منخفضات عميقة بالطبقات الجيولوجية القديمة ، ثم تراكمت عليها الرواسب حتى تحولت هذه البقايا إلى زيت البترول بفعل الضغط والحرارة . وتعمل عوامل التعرية أيضاً على إعادة توزيع المعادن رأسياً بين الطبقات الصخرية فقد سبق أن أشرنا إلى دور المياه الجوفية الساخنة في نقل بعض العناصر المعدنية وترسيبها خلال بعض الشقوق والفجوات لتكون العروق المعدنية.

٤-**الحركات التي تنتاب القشرة الأرضية** : لولا هذه الحركات الأرضية لظلت الصخور بعناصرها المعدنية في باطن الأرض بعيداً عن متناول يد الإنسان على سطح القشرة الأرضية . وقد أسهمت هذه الحركات في ظهور العناصر المعدنية فوق سطح الأرض في بعض المناطق وعدم وجودها في مناطق أخرى ، فالانكسارات والشقوق التي حدثت في التكوينات الصخرية بفعل هذه الحركات

عملت على تسرب الصهير " الماجما" بما تحويه من عناصر معدنية واندفاعها من باطن الأرض ، كما أنها أسهمت في صهر بعض العناصر المعدنية وإعادة تركيزها وتوزيعها عن طريق زحف التكوينات الصخرية فوق بعضها البعض ، وما يتبع ذلك من تولد حرارة شديدة بفعل الضغط . وقد كان للحركات التي تنتاب القشرة الأرضية أكبر الأثر في تداخل الصخور مختلفة الخصائص بصورة عملت على إعادة توزيع بعض الخامات المعدنية وتركزها في غير تكويناتها الجيولوجية الأصلية .

رابعاً – أنواع المعادن:

يمكن تقسيم المعادن إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

١–المعادن الفلزية : وتضم الحديد، النحاس، الألومنيوم، الرصاص، القصدير، الزنك، الزئبق، الذهب، الفضة، البلاتين، المنجنيز، الكروم، النيكل، الموليبدنيوم، التنجستن، الفاناديوم، الكوبالت، اليورانيوم، الراديوم ، وغيرها.

٢–المعادن اللافلزية : وتشمل الفوسفات، البوتاس، الكبريت، الملح، البوكسايت، المغنيزايت، الدياتوميت، البرليت، الدولوميت، الولاستونيت، التالك، الرمال، الحصى، الطين، الجبس، الجرانيت، البارايت، الحجر الجيري، الحجر الرملي، الرخام، المايكا، البازلت، الفلورايت، الإسبستوس، الجرافيت، الرمل الزجاجي، الأوليفين، الكيانيت، البنتونيت، الإلمنيت، الزركون، الزيوليت، الكروميت، الجارنت، الكاولين، البوزولان، رماد الصودا وغيرها الكثير والأحجار الكريمة ومنها الألماس والياقوت والزمرد وهناك أحجار نصف كريمة مثل الزبرجد والعقيق والفيروز والأوبال وغيرها.

٢–النفاذية Permeability:

النفاذية فهي قابلية الصخر لا مرار الماء بين حبيباته او النفط في بعض المناطق مثل (الجزء الشرقي للجزيرة العربية) .وتعتمد نفاذية الصخور الفتاتية على حجم الحبيبات المكونة للصخر ، وكلما قل حجم الحبيبات قلت النفاذية (لان الفراغات بين الحبيبات ستصبح صغيرة فتمنع من انسياب السائل بسهول)، فمثلا تكون نفاذية الطفل والطين قليلة جدا بالرغم من أن مساميتها كبيرة .لان وبشكل واضح ان حجم الحبيبات والفراغات في الطفل والطين صغيرا جدا الى الحد الذي

يجعل قوة التوتر السطحي بين سطح السوائل الموجودة في الصخر وسطح المكونات المعدنية للصخر كبيرة جدا بحيث لا تسمح بمرور السوائل . وتتحكم في تحديد النفاذية ايضا نسبة الفجوات المتصلة مع بعضها البعض الى الفجوات المستقلة فاذا كانت الفجوات غير متصلة يكون الصخر غير نفاذ ومياه الامطار عادة تتخلل الصخور متجهة الى أسفل نحو باطن الارض ما بقيت نفاذية تلك الصخور تسمح بذلك الى ان تصل المياه الى صخور أو طبقة مصمتة يتوقف سريانها وتتراكم المياه فوق هذه الطبقة المصمتة وعندها ممكن ان يتكون مكمن للمياه الجوفية. ملاحظة مهمة ممكن ان تجري المياه فوق الطبقة المصمتة بنفس طريقة جريانها على سطح الارض . واخيرا المناطق المناخية والتي تتساقط عليها امطار غزيرة يكون مستوى الماء الجوفي قريبا جدا من سطح الارض، اما المناطق الجافة فيكون مستوى المياه بعيدا نسبيا من سطح الارض.

وأن هذه النفاذية تزيد زيادة غير خطية مع زيادة المساميّة وتنخفض مع زيادة الضغط الفعّال بسبب إغلاق الكسور والمسامات الصغيرة.

وجد المياه الجوفية عادة في صخور لها مسامية ونفاذية عاليتان وتعرف هذه الصخور باسم الصخور الخازنة ،اما التركيب العام المكون من هذه الصخور الخازنة والذي يحتوي على كمية محددة من المياه الجوفية في منطقة معينة فقد اعتاد العلماء ان يطلقوا عليه أسم (مكمن المياه الجوفية).

ويستخدم قانون دارسي لبيان مقدار النفاذية:

$$k=\frac{Qxh}{AxL}$$

K : معامل النفاذية (سم/ثانية)

Q: حجم السائل المار في الصخور خلال فترة زمنية معينة (سم٣/ثانية).

h:الفرق الراسي في عمود السائل او الماء.

A:مساحة النموذج (سم٢).

L:طول النموذج (سم).

٣-المسامية porosity:

وتعرف المسامية بانها حجم الفجوات والفراغات الموجودة التي تتضمنها الصخور والتي تختلف من نوع الى اخر. والمسامية من الصفات المميزة للصخور .فمسامية بعض الصخور ضئيلة ومثال ذلك (الجرانيت) ومعظم الصخور النارية والمتحولة ، اما مسامية بعض الصخور الاخرى عالية ومن امثلتها (الكنجلوميرات والرمال) الملتحمة أي الخالية من المواد المعدنية المتبلورة في مسام بعض الصخور الفتاتية والتي تسمى بالإسمنت الطبيعي ، ويؤدي تبلور أي (تصلب) هذا الاسمنت الطبيعي الى خفض مساميتها.

ومسامية الصخور الرسوبية الفتاتية عالية في العادة ، وتعتمد على عدة خواص للحبيبات الفتاتية المكونة للصخر ، ومن اهم هذه الخواص ما يلي:

١- درجة فرز الحبيبات الكونة للصخر .والفرز (يعني درجة تفاوت احجام الحبيبات المكونة للصخر)

اذا كان الفرز جيد بالصخر كيف تكون الحبيبات في الصخر؟ وتكون المسامية عالية ، واذا كان الفرز سيئا بالصخر كيف تكون الحبيبات في الصخر؟ وتكون المسامية قليلة.

٢- استدارة الحبيبات المكونة للصخر وشكلها ، فكلما صارت الحبيبات الفتاتية اكثر استدارة تكون المسامية عالية والعكس صحيح ، ويمكن تمييز الشكل حبيبات(نصلية، عمدانية ، نصلية)

٣- الدموج (وهو ترتيب الحبيبات في الصخر). وهذا الترتيب يؤثر مع شكل الحبيبات في مسامية الصخر. فالصخور ذات الحبيبات المرتبة ترتيبا مندمجا أقل مسامية من الصخور المرتبة ترتيبا اقل دموجا.

الخواص السابقة توجد في الصخر اثناء تكونه او ما يسمى بالظروف المصاحبة للترسيب ، وتوجد خواص اخرى يكسبها الصخر بعد الترسيب عندما يدفن تحت تراكمات من الرسوبيات أحدث منه(العوامل البعدية) وهي تأدي في العادة الى خفض مسامية الصخور نتيجة لتبلور بعض المعادن في مسام الصخر على هيئة اسمنت طبيعي كما أشرنا سابقا. ولكن يمكن أن تأدي الظروف البعدية الى زيادة في المسامية . وذلك بإذابة بعض المحتويات المعدنية للصخر . ويمكن أيضاً أن تؤدي الحركات الارضية الى تكوين تشققات في الصخر تزيد من مساميتة.

وتقاس المسامية بالنسبة المئوية، أي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للصخور، من خلال القانون التالي:

$$P=\frac{w}{v}$$

W حجم الماء اللازم لمليء الفراغات

V حجم الصخرة

ويمكن الحصول على قيمة w من خلال وزن الصخرة وهي جافة ومشبعة بالماء والفرق في الوزن يمثل حجم الفراغات.

التراكيب الصخرية :

تحتوي الصخور بأنواعها تراكيب متنوعة وتعد مؤشر على مدى قوة وضعف تلك الصخور، ومن انواعها ما يأتي:

١-التراكيب الاولية :

هي التراكيب الناتجة من تدخل العمليات الخارجية أثناء الترسيب . هي الاشكال التي تتخلف بالصخور تحت تأثير عوامل مناخية وبيئية خاصة مثل الجفاف والحرارة وتأثير الرياح والتيارات المائية وغيرها وبدون أي تدخل من جانب القوى والحركات الارضية .

أ-التراكيب الاولية في الصخور النارية:

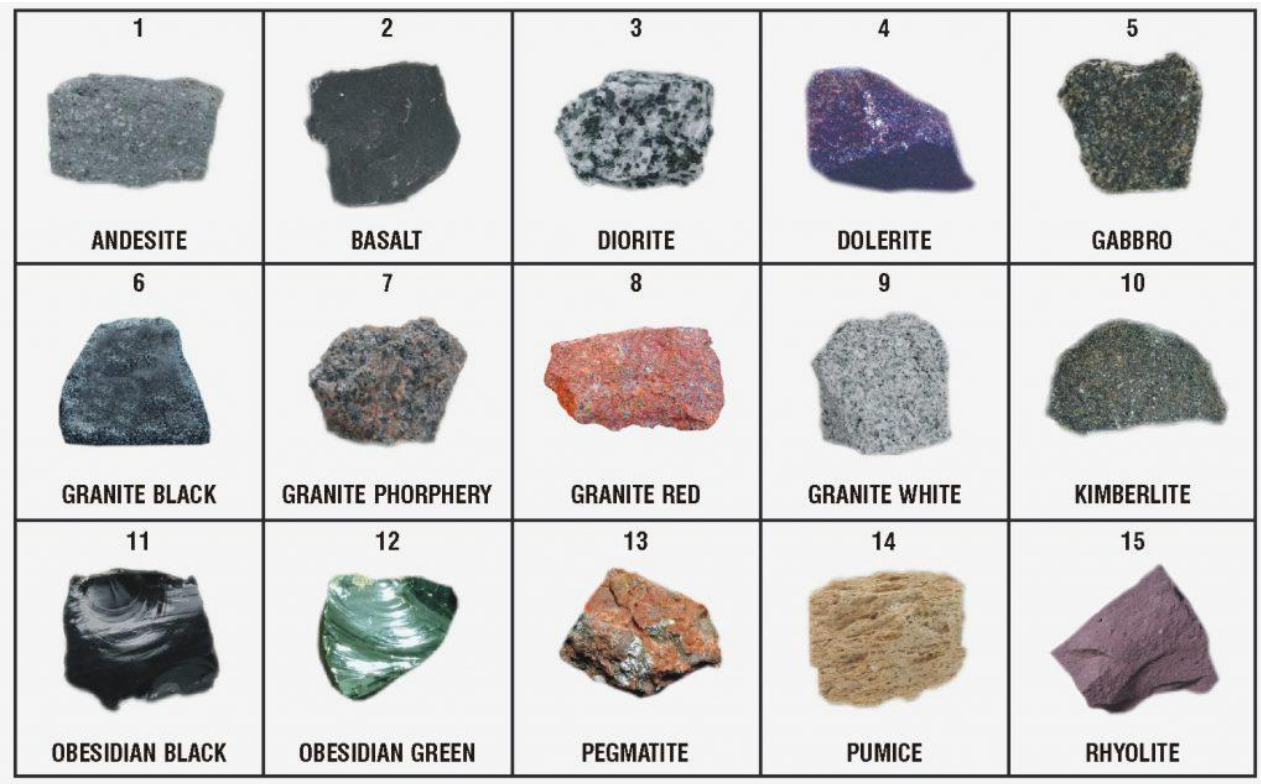
الحمم البركانية أو اللاڤا أو اللابة هي كتل سائلة تخرج من البراكين، كما تطفح من الشقوق على جوانب البركان، والتي نشأت من خلال الانفجارات الحادثة. ، وهى الصخور المنصهرة تحت سطح الأرض، عندما تنبثق فوق سطح الأرض. ويستخدم مصطلح اللابة للدلالة أيضا على الصخر الذي تصلدت منه. تكون درجة حرارتها بين ١٠٠٠ و ١٢٠٠ °م.

تتكون الحمم من محلول معادن السليكات : (السليكا) وهي تشبه السائل الحار الذي ينتج عن انصهار الجرانيت أو البازلت .وعندما تبرد الحمم بسرعة لا يتشكّل إلا عدد قليل من البلورات. ثم تتصلّب الحمم، وأحيانًا تكوِّن البراكين أو الصدوع) الشقوق (الأرضية التي تحتوي على حمم متفجرة، حيث تطلق من وقت لآخر كميات هائلة من شظايا الصخور التي تكوِّن طبقات تفصل

بين تدفقات الحمم. وتضم بعض أنواع الحمم مقادير ضخمة من الغازات المنحلة. وحينما تتمدد الغازات تبقى محتَجزة في الحمم، وتشكل العديد من الفقاعات .والخَفّاف نوع من الحمم التي تحتوي على كثير من الفقاعات.وعليه تتضمن الصخور النارية تراكيب اولية متنوعة منها ما يأتي:

١-التركيب الفجوي واللوزي:

إن أشهر أنواع الصّخور البركانية التي تحتوي على فجوات هو صخور البيوميس، والتي تظهر نتيجة هروب الغازات أثناء تجمد اللافا المندفعة إلى السطح، حيث تأخذ وقتاً عندما تبرد بعكس الأنواع الأخرى، ويسمى هذا النسيج الذي يحتوي على فقاعات النسيج الفقاعي، فالفجوات الموجودة على سطح الصخر البركاني تمثل مكان هروب الغازات. إن نسيج الجرانيت هو نسيج خشن الحبيبات، نتيجة تجمد الصهير في باطن الأرض، وأمّا البازلت فهو دقيق الحبيبات حيث تتجمد اللافا بسرعة عند خروج الصهير للسطح وتتبلور المعادن بحجم دقيق جداً. من الصّخور البركانية الأخرى صخر الأوبسيديان الذي يتميز بالنّسيج الزّجاجي؛ نتيجة تجمد اللافا بلحظات سريعة جداً يفوق تجمدها أثناء تكون البازلت، والصّخور ذات النّسيج اللوزي حيث تقوم المعادن سريعاً بسدّ الفراغات التي تخرج منها الغازات في الصّخر الفقاعي، فالمعادن لها دور مهم في درجة صلابة ولون الصّخور، فالبازلت مثلاً عبارة عن صخر قاعدي وداكن اللون، وتختلف كذلك ألوان الجرانيت بسبب الحجم الكبير لبلورات المعادن التي تأخذ وقتاً طويلاً في التّبلور في باطن الأرض، وبالتّالي يختلف التّركيب المعدني للجرانيت. من أبرز المعادن التي تدخل في تركيب الصّخور النّارية هو الصّوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد، فأول المعادن التي تبدأ في التّبلور هو معدن الأوليفين، والبلاجيوكليس، حيث تحتوي الصّخور أيضاً على السيليكا التي تتحكم في صلابة الصّخر النّاري، شكل (١).



شكل (١) بعض انواع الصخور النارية

٢-تراكيب الحمم الكتلية والجبلية:

قد تأخذ الحمم البركانية صورتين مختلفتين واحيانا يغطى السطح بكتل خشنة غير منتظمة ومسننة ابعاد متباينة وتنشا هذه الكتل اثناء انسياب الحمم وتشبه فى شكلها العام تراكم كتل كبيرة مزدحمة بعد سقوطها .وهناك عدة اسماء لهذه الظاهرة وابسطها الحمم الكتلية ،ويطلق عليها فى ايسلندا الحزازيات الرمادية بينما يطلق عليها العالم ياجر الصخر الرغوى .ومن الناحية الاخرى فان الحمم ذات اللزوجة المنخفضة والسريعة الانسياب تكتسب بعد تصليبها سطوحا اكثر نعومة وذات لمعان شديد.

واذا فحصناها عن قريب فانها تظهر على شكل جبال مجعدة ويتشكل سطحها على صورة قباب منخفضة يصل قطرها لعدة امتار ،كما تظهر شقوق على امتداد اقطارها وهذا النوع من الحمم الجبلية ،يطلق عليها العالم "ياجار" الحمم الجلدية .وتوجد الحمم الكتلية والجبلية بوضوح فى صخور البازلت ،وقد يتواجد النوعان جنبا الى جنب فى نفس الحمم المقذوفة .ويختلف النوعان من الحمم فى نسبة وحجم الفجوات التى توجد فيهما .ففى حالة الحمم الكتلية نلاحظ ان الفجوات كبيرة

الحجم وغير منتظمة الشكل ،بينما فى حالة الحمم الجبلية نجد ان الفجوات صغيرة الحجم واكثر عددا وذات شكل كروى منتظم .ونجد ان الحجم الكلى للفجوات فى وحدة الحجم يكون اكبر فى حالة الحمم الجبلية عن الحمم الكتلية .اما من الناحية الكيميائية فان النسبة بين اكسيد الحديدوز الى اكسيد الحديديك تكون اكثر انتظاما فى حالة الحمم الجبلية التي تكون دائما اقبل تبلورا من الحمم الكتلية .وطبقا للعالم "واشنجين" يمكن تفسير الصفات المميزة للحمم المختلفة على ضوء اللزوجة الحمم ودرجة حرارتها. ففي الحمم الجبلية تكون درجة الحرارة اكثر ارتفاعا من حرارة الحمم الكتلية ، ولكن كمية الغازات فى الحمم الجبلية تكون اقل بكثير عن الحمم الكتلية. وعند انطلاق الغازات تتصلب الحمم الجبلية سريعا مع ادنى درجة للتبلور .وعلى العكس من ذلك فان الحمم الكتلية تكون درجة حرارتها منخفضة نسبيا ،ولكنها تحتوى على نسبة عالية من الغازات ولذلك فأنها تكون اكثر انسيابا وذات لزوجة اقل من الحمم الجبلية .

ونتيجة لهذه الظروف فان التبلور فى الحمم الكتلية يبدا قبل الحمم الجبلية ويحدث بسرعة ،واما انطلاقا الغازات فانه يكون ايضا سريعا وبدرجة متزايدة وقد يكون بدرجة عنيفة اثناء تصلب الحمم غير ان السائل المتبقي يكون دائما مشبعا بالغازات ،وبذلك تصبح الظروف مناسبة للتبلور. ومن ذلك يتضح ان الحمم الكتلية والحمم الجبلية يمكن اعتبارهما نوعين اساسيين يشتق من اى خليط منهما عدد كبير من الحمم الانتقالية.

٣-تراكيب الحمم الوسادية:

يوجد هذا التركيب عادة بالحمم القاعدية وخاصة في الحمم البازلتية الغنية بالصوديوم والتي تسمى سبيليت وتشبه الحمم اكواما من كتل صغيرة كالوسادات .ويكون للوسادات عادة قشرة فجوية واحيانا غطاء زجاجى رقيق وتتميز عادة بشرائط انسيابية مخططة وبها فجوات متمركزة على السطح والمسافات البينية بين الوسادات وتكون احيانا مملوءة بالبريشا المتلاحمة بمعادن ثانوية وعادة بالتشيرات الراديولارى والصخور الجيرية السيلسية غير النقية والكتل عادة مستطيلة الشكل وتكاد تكون محاورها الطويلة متوازية بشكل واضح .وقد تتصل الوسادات بعضها ببعض بانابيب قصيرة او بواسطة اعناق على امتداد جوانبها .وفى المناطق البركانية تتواجد جميع الاشكال الانتقالية بين الحمم الوسادية والحمم الحبلية والحمم بصلية الشكل .ولقد ادى التلازم الوثيق بين

الحمم الوسادية والرواسب البحرية إلى الرأي القائل بان هذا التركيب يعزى إلى ملامسة الحمم المنصهرة لمياه البحر .ولكن خروج الحمم على سطح الارض وملامسها للهواء المشبع بالأمطار او تدفقها تحت غطاء ثلجى او في رواسب ناعمة مغطاة بالماء قد ينشا عنه تبريد سريع وتكوين حمم وسادية. وتوجد الحمم الوسادية فقط في حالة الحمم البازلتية التي تنساب بسهولة والتي تحتفظ بدرجة كبيرة من السيولة خلال فترة التبريد الطويلة ،برغم ان لزوجتها تكاد تكون كبيرة عندما تقترب من حالة التصلب .وتتميز المراحل النهائية لانسياب الحمم الوسادية بتكون قشرة على السطح ،ولكن تدفق الحمم يستمر عن طريق الشقوق التي تنشا بهذه القشرة .وتبعا لذلك فانه في حالة حدوث انسياب كبير للحمم قد يظهر عدد كبير من هذه الطفوح الصغيرة على هيئة كتل مستطيلة بصلية الشكل ،ويتكون على سطح هذه الطفوح الصغيرة غطاء مرن صلب ،كما تؤدى الضغوط الداخلية إلى تمدد هذا الغطاء وكسره مما يساعد على استمرار خروج الحمم رويدا وتصلبها بسرعة مكونة الحمم الوسادية .وقد ينشا عن تمدد كل وسادة تركيب انسيابي كاذب يتميز بانه يكاد يكون موازيا للسطح الخارجي .كما ان الفجوات تكاد تكون ذات ترتيب مركزي . وكما سبق الذكر فان الغلاف الزجاجي والقشرة الفجوية تعزى إلى التبريد السريع نتيجة تلامس الحمم للماء او الهواء المشبع بالرطوبة .وتمتلئ المسافات البينية بين الحمم الوسادية بمواد مقذوفة من الحمم نفسها او برواس بقاع البحر .وطبقا للعالمين "ديوى" و"فلت" فان التلازم الدائم للحمم الوسادية مع التشيرت الراديولاري يعزى إلى تدفق محاليل غنية بالسيليكا مع الحمم التي تنساب على قاع البحر ، ووجود السيليكا يساعد على نمو الكائنات العضوية ذات القشرة السيليسية مثل الراديولاريا.

غالبًا ماتصبح الأراضي التي كانت تغطيها الحمم في الماضي شديدة الخصوبة، بعد أن تسهم العوامل الجوية في تفتيت الحمم إلى تربة ناعمة. وهناك بعض أنواع الحمم كالحمم الزجاجية التي تسمى البرليت، يتم تسخينها في أفران. وهي تتمدد حتى تتحوّل إلى مادة مزبدة تُستخدم في تصنيع الخرسانة خفيفة الوزن.

ب–التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية:

تتكون كثير منها أثناء ترسيب الصخور الرسوبية او بعد ترسيبها بفترة قصيرة. وترجع أهمية هذه التراكيب إلي أنها تمد الجيولوجين بالأدلة عن كيفية نقل الراسب، ومكان أو بيئة ترسيبه. وتساعد في تحديد التتابع الستراتجرافي الصحيح للطبقات، حيث توجد أقدم طبقة عند قاع التتابع، وتكون الأحداث لأعلى عند قمته. ويساعد تحديد التتابع الاستراتجرافي في استنتاج وضع الصخور التي تصدعت أو طويت في المناطق النشطة تكتونياً. ومن أمثلتها: تراكيب التطبق Stratification or Bedding والتطبق المتقاطع Cross Bedding والشقوق الطينية Mud Cracks وعلامات النيم Ripple Marks وكما يأتي:

١-التطبق:

يعتبر صفة أو سمة مميزة للرواسب والصخور الرسوبية. وتدل الطبقات المتوازية والمكونة من حبيبات مختلفة الحجم او التركيب، على وجود أسطح ترسيب متتالية تكونت وقت الترسيب. وتفضل الطبقات أسطح التطبق، وهى أسطح منبسطة، تميل الصخور أن تنفصل على امتدادها. ويؤدي التغير في حجم الحبيبات أو تركيب الراسب إلي نشأة أسطح التطبق. وقد يؤدي توقف الترسيب إلي التطبق أيضا، حيث أن المادة الجديدة لا تكون مثل المادة القديمة تماما. وقد تكون الطبقات رقيقة، حين يكون سمكها سنتيمترات أو ميلليمترات وتسمي رقائق، بينما قد يصل سمك الطبقات إلي أمتار .ويعكس سمك الطبقة استمرار عملية الترسيب. وعادة ما تكون الرواسب أفقية التطبق، إلا أن الصخور الرسوبية تحتوي أيضا على أنواع أخرى عديدة من التطبق، والتي لا تكون كلها أفقية.

٢-التطبيق المتدرج:

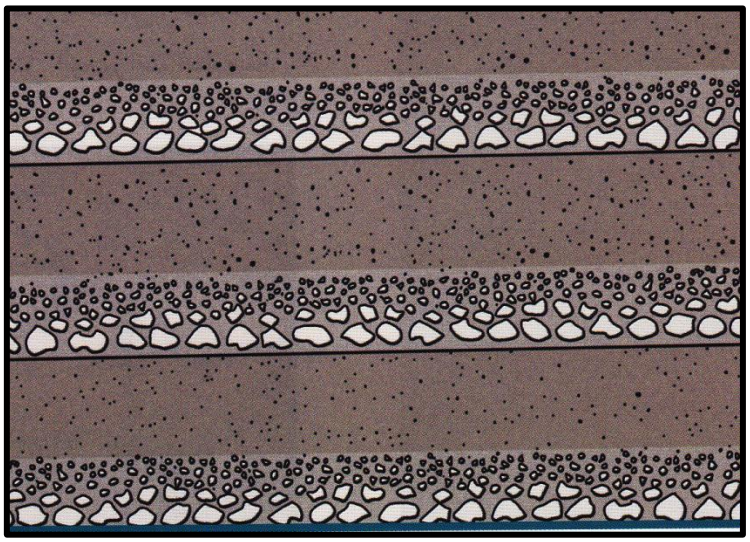
هو طبقة يتدرج حجم الحبيبات فيها من الخشن إلى الدقيق من الأسفل إلى الأعلى . يميز الصخور الفتاتية بأنها تترسب بطريقة معينة حيث أن الحبيبات الكبيرة والثقيلة تترسب لأسفل تعلوها الاقل فى الحجم والوزن فالأقل وهكذا فى اتجاه الحد العلوى للطبقة . ويستدل من هذا التطبق على معرفة ما اذا كانت الطبقة فى الوضع العادي أم أنها انقلبت يلاحظ شكل (١) ، ومن خصائصه:

١- يتميز بتدرج حجم الحبيبات الخشنة مثل الرمال والحصى حيث يمكن ملاحظة تدرج حجم الحبيبات مع التطبق.

٢- يبدأ هذا التدرج بالحبيبات الكبيرة (الحصى) في المستويات السفلى للطبقة إلى حبيبات أصغر فأصغر في اتجاه المستويات العليا للطبقة . ويمكن أن يتكرر هذا النظام في عدة طبقات متتالية.

٣-يظهر في طبقات يتراوح حجمها ما بين السنتيمتر الواحد وبضعة عشرات السنتيمترات ، ومن الممكن ملاحظة التدرج ، بالعين المجردة ، أو باستعمال عدسة مكبرة.

شكل (٢) يوضح التطبق المتدرج لحبيبات الصخور الرسوبية



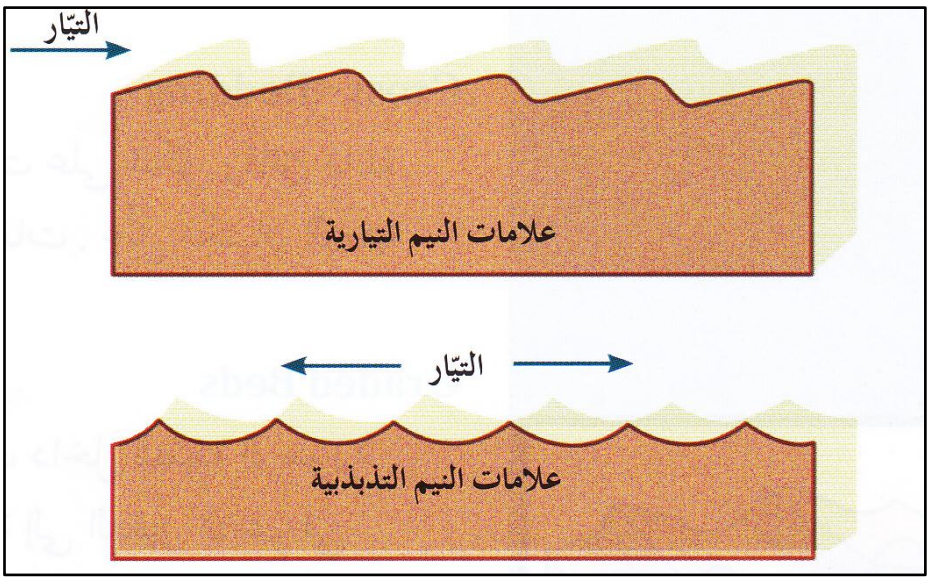
٣-التطبق الكاذب والمتقطع:

يتكون من مجموعات من الطبقات المائلة الرقيقة(الرقائق) داخل طبقة صخرية أكبر، والتي ترسبت بواسطة الرياح أو المياه، وتميل هذه الرقائق بزاويا قد تصل إلي ٣٥ عن الأفقي. ويتكون هذا النوع من التطبق حينما تترسب الحبيبات بواسطة الرياح على المنحدرات الحادة للكثبان الرملية على اليابسة أو في الحواجز الرملية في الأنهار وعلى قاع المحيطات أو في الدلتاوات عند مصبات النهار .ويشيع التطبق المتقاطع في الحجر الرملي، كما يتواجد أيضا في الجرول وبعض الرواسب الكربوناتية . ويكون التطبق المتقاطع ظاهرا في الحجر الرملي عنه في الرمال المفككة.

يميز هذا التطبق الرواسب التي تترسب تحت تأثير التيارات سواء كانت تيارات مائية أو تيارات الرياح وتوضح اتجاه التيارات السائدة أثناء الترسيب وتكون غير موازية للترسيب وغير متوازية فيما بينها.

٤-علامات النيم:

عبارة عن كثبان صغيرة جدا من الرمل أو الغرين تنشأ على سطح الطبقات الرسوبية بحيث يكون امتدادها الطويل متعامدا على اتجاه التيار. وتتكون من سلسلة من التلال أو التموجات المنخفضة والضيقة التي قد يصل ارتفاعها إلي سنتيمتر أو اثنين تفصلها قيعان أكثر اتساعا. وتتواجد هذه العلامات على أسطح الرمال الحديثة، كما تتواجد أيضا على أسطح طبقات الحجر الرملي القديم. وإنها ترى على أسطح الكثبان المتكونة من تذرية الرياح أو في الحواجز الرملية تحت الماء في مجاري المياه الضحلة أو تحت الأمواج الشاطئية. ويمكن التمييز بين علامات النيم المتماثلة (علامات نيم التأرجح)، والتي تنشأ بفعل حركة الأمواج السطحية جيئة وذهابا على الشاطئ، وبين علامات النيم الغير المتماثلة والتي تتكون من التيارات التي تتحرك في اتجاه واحد فوق حواجز رملية في النهر، أو كثبان رملية تكونها الرياح. ويشير وجود هذه العلامات في الصخور الصلبة إلي اتجاه حركة الرياح أو تيارات الماء القديمة. شكل (٣).



شكل (٣) يوضح علامات النيم

٥-التشققات الطينية:

هي نمط مضلع من التشققات، ينشأ في الرواسب دقيقة الحبيبات من تناوب فترات المطر الخفيف والجفاف. ويحدث تشقق الطين أثناء فترات الجفاف. وحيث إن الجفاف يتطلب وجود الهواء، لذلك تتكون تشقاق الطين في رواسب قيعان البحيرات عندما تجف، أو في رواسب الفيضان عندما ينخفض مستوي النهر. وقد يتصخر الطين المتشقق ليكون صخر الطفل، الذي يحتفظ بالشقوق التي قد تملؤها الرمال الناعمة التي تذروها الرياح. كما تتميز أسطح الطين والرمال الناعمة بطبعات المطر يلاحظ شكل (٤).

شكل (٤) يوضح التشققات الطينية

٦-التوافق وعدم التوافق:

إن الأصل في ترسيب الصخور الرسوبية أن تكون طبقاتها أفقية (موازية لبعضها بعضاً) ومستمرة، بحيث تكون أسطح الطبقات المتعاقبة متوازية ومتتالية. وهذا هو التوافق؛ مثل هذه الطبقات تسمى الطبقات المتوافقة، إلا أننا لا نجد هذا في الطبيعة دائماً، فقد نجد طبقات أفقية يلاحظ فيها عدم اكتمال مجموعة من الطبقات أو حتى غيابها، أو طبقات مائلة يعلوها طبقات أفقية، .. ومثل ذلك يسمى عدم توافق.

أقسام عدم التوافق Unconformity :

١-عدم التوافق المتباين:

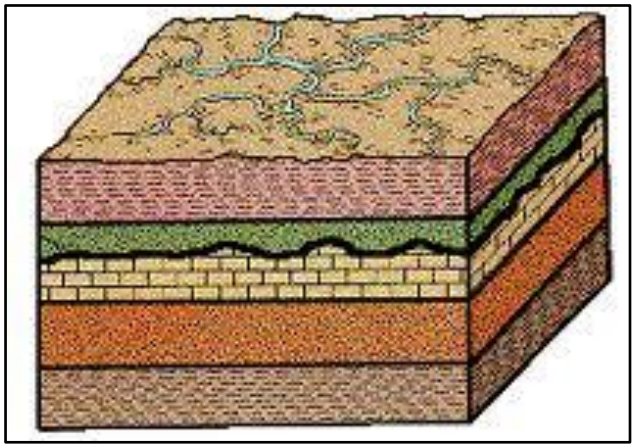
ويتكون هذا النوع بين الصخور النارية أو المتحولة من جهة والصخور الرسوبية الأحدث منها من جهة أخرى.

٢-عدم التوافق الزاوي:

في هذا النوع تكون مجموعة الطبقات الأقدم مائلة أما مجموعة الطبقات الأحدث فهي افقية أو تكون المجموعتان مائلتين في اتجاهين مختلفين.

٣-عدم التوافق الانقطاعي:

وفيه تكون المجموعتان الصخريتان في وضع افقي تقريباً أو لهما نفس درجة الميل في نفس الاتجاه ويسمى كذلك التوافق الكاذب (نظراً لأن الجيولوجي قد ينخدع في تحديد سطح عدم التوافق)، ويمكن تمييز الطبقات من خلال المحتوى الاحفوري لها، شكل (٥).



شكل (٥) يوضح عدم التوافق الانقطاعي في الصخور

٤-عدم التوافق الإقليمي: سطح عدم التوافق بين مناطق شاسعة تعرت فيها الصخور القديمة لعوامل التعرية ولفترة زمنية طويلة.

٥-عدم توافق محلي : اقتصر عدم التوافق على منطقة محدودة الاتساع.

عدم التوافق يكون بين:

١- صخور رسوبية ورسوبية.

٢- رسوبية وبركانية

٣- بركانية و بركانية.

كيف نتعرف على عدم التوافق في الطبيعة:

١-اختلاف في اتجاه ومقدار ميل الطبقات بين القديمة وأخري حديثة.

٢-وجود طبقة من صخور الكونجلوميرات بين مجموعتين من الطبقات

٣- وجود سطح غير مستو اي متعرج بين مجموعتين من الطبقات.

٤- وجود صدع أو عدد صدوع في مجموعة من الطبقات وعدم وجودها في مجموعة أخري تعلوها

٥-وجود قواطع من الصخور النارية في مجموعة من الطبقات وعدم وجودها في مجموعة أخري تعلوها

٦-عدم وجود مجموعة معينة من الأحافير في التتابع الاحفوري للمنطقة

٧- وجود صخور نارية او متحولة بين مجموعتين من الطبقات الصخرية.

٨- وجود طبقة من صخور قارية الاصل محدودة السمك تتخلل تتابعات بحرية سميكة

أهمية سطح عدم التوافق:

١-تجمع معادن ذات قيمة اقتصادية مثل خامات المنجنيز البوكسيت.

٢- تكون محابس أو مصائد جيدة للنفط.

٧-العقد والفجوات الصخرية:

تجمعات من مواد رسوبية حول نواة أو مركز في الصخر الأصلي. تتكون بفعل الترسيب للمحاليل المائية المارة خلال الصخر أثناء تصلبه .وهي عبارة عن درنات أو تكتلات صخرية تختلف كثيراً في تركيبها الكيميائي عن الصخر الأصلي المحيط بها، يلاحظ صورة (٦). تتكون الفجوات الصخرية بسبب تآكل حجارة الأساس المصنوعة من الحجر الجيري أو الصخر الكربوني، سواء بسبب المياه الجوفية الحمضية، أو ارتفاع الضغط الناجم عن هطول الأمطار الغزيرة أو أي انفجار في الأنابيب. وهي تتكون (فجأة في بعض الأحيان) في جميع أنحاء الولايات المتحدة، وفي أماكن أخرى في العالم، حيث تكون حجارة الأساس قابلة للهبوط؛ ولا سيما في الصين والمكسيك وبابوا غينيا الجديدة.

وتُعتبر أكثر الفجوات خطراً تلك التي تتسبب في انهيار أجزاء من المدن بشكل مفاجئ.

صورة (٦) توضح العقد والفجوات في الصخور الرسوبية

التراكيب الجيولوجية الثانوية Secondary Geological Structures

وهي التراكيب الجيولوجية التي تتكون بعد إتمام عملية الترسيب، أي أنها تتكون نتيجة لأسباب تكتونية Tectonic Causes ومن أمثلتها: الطيات Folds ، والكسور Fractures والتي تشمل الفواصل Joints والشقوق Fissures والعروق Veins والفوالق Faults ، والتراكيب الملحية Salt Structures والتراكيب النارية Igneous Structures وهذه التراكيب الثانوية هي التي يهتم بدراستها علم الجيولوجيا التركيبية بفرعه المتمثل بالتحليل التركيبي.

أ-الفواصل:

إن من ضمن أهم الظواهر الشائعة للصُخور المتكشفة، شقوق تظهر عند سطح الأرض في الصُخور المُعرَّضة للجهد دون أن يحدث أي حركة على جانبي الشق نتيجة لتكوّنها، حيث تُسمَّى هذه بالفواصل. كما أنه خلافاً للصدوع فإن الفواصل هي تشققات لم تنتج عنها إزاحة ظاهرة، وبالرغم أيضاً من أن بعض هذه الفواصل تحدث بشكل عشوائي إلا أن معظمها يكون في مجموعات متوازية. ويمكن العثور على الفواصل الصخرية في الصُخور التي لم تُدفَن من قبل

على أبعاد عميقة، فإن الفواصل العمودية هي عمودية رأسية تكون منتظمة التوزيع، حيث يحدث تكونها عندما تبرد الصُخور البركانية وتكون الشقوق الناتجة عن الانكماش والتي ينتج عنها تراكيب طولية عمودية الشكل.

كما أن عملية التورّق تنتج فواصل شكلها منحني نسبياً، التي تكوَّن عادة موازية لسطح المركبات البركانية التي تكون ضخمة ومثال على ذلك الباثوليت. وهنا يعتقد بأن الفواصل تحدث عن تمدد الصُخور التدريجي الناتج عن إزاحة الغطاء الصخري لهذه الأجسام، وذلك بواسطة عوامل التعرية. وخلافاً لِما ذكر فإن معظم الفواصل يتم إنتاجها عندما تتشكل الصُخور، خاصة بفعل قوى الشد والانفصام المصاحبة لحركية القشرة الأرضية. ومثال على ذلك عندما يحدث الطي فإن الصُخور الواقعة عند محاور الطيات تقع تحت قوة الشد لتستطيل، وتنتج ما يُسمّى بفواصل الشد. أمَّا أنماط الفواصل الشائعة فقد تنتج عن حركة دقيقة القشرة الأرضية مصاحبة لحركية بسيطة لهذه الطبقات، كما تجدر الاشارة هنا إلى أنه في العديد من الحالات لا تظهر العوامل المسببة لحدوث الفواصل بسهولة، كما تتكسر العديد من الصُخور بفعل نسقين من الفواصل المتقاطعة التي تشرح الصُخور إلى العديد من الكتل الصخرية التي تكوَّن منتظمة الأشكال.

كما أن هذه الفواصل بجميع مجموعاتها المختلفة غالباً ما تنتج تأثيرات ايجابية على المراحل الطبيعية الموالية، فمثلاً تتركز عملية التجوية الكيميائية حول الفواصل، كما أنه في الكثير من المناطق تتحرك المياه الجوفية مكوّنة في ذلك الفجوات الأرضية بالصُخور القابلة للذوبان حول اتجاهات الفواصل. وبالإضافة إلى ذلك فإن نظام الفواصل قد يوجَّه مسار مجرى مائي، حيث أن نظام الصرف المتعامد ما هو إلا مثالاً لذلك.

ب-الفوالق والصدوع: تعرف الفوالق أو الصدوع بأنها كسور قصية تتم على امتداد مستوياتها بحركة نسبية، ومن الممكن أن تكون بامتدادات مجهرية أو أن تكون ممتدة لعشرات أو مئات الكيلو مترات، تتشكل الفوالق الصخرية عندما تكون قيمة الإجهاد التفاضلي لا تعادل صفراً أي عندما تكون قيمة الإجهاد الأساسي الأعظم لا تعادل قيمة الإجهاد الأساسي الأدنى، مع العلم أن الإجهاد التفاضلي يمثل قيمة الفرق بين الإجهاد الأساسي الأعظم والإجهاد الأساسي الأدنى.

إن الفالق أو الصدع الصخري يتشكل من كتلتين صخريتين يكون بينهما فاصل مستوي أو سطح يسمى باسم مستوى أو سطح الفالق الصخري، يتم العلم على قياس وضعيات أسطح أو مستويات الفالق بنفس طريقة قياس مستويات التطبق وذلك من خلال استعمال البوصلة الجيولوجية عن طريق قياس اتجاه المضرب واتجاه الميل بالإضافة إلى قياس قيمة زاوية الميل.

يتم تصنيف الفوالق الصخرية هندسياً بالاعتماد على اتجاه الحركة النسبية على مستوى الفالق، حيث تم تصنيفها إلى أربعة مجموعات أساسية وهي ما يأتي:

١-فوالق الإزاحة الميلية: وهي عبارة عن الفوالق الصخرية التي تكون فيها حركة كتلة الحائط المعلق موازية لاتجاه الميل وتقسم إلى نوعين، فوالق اعتيادية وفوالق أخرى عكسية.

فالفوالق الاعتيادية تعرف بأنها الفوالق التي تكون فيها حركة كتلة الحائط المعلق باتجاه الأسفل وتكون موازية لاتجاه الميل، ففي حال كانت زاوية ميل الفالق الصخري الاعتيادي أقل من ٤٥ درجة يتم هنا استعمال تسمية الفالق التباطؤ عوضاً عن تسمية الفالق الاعتيادي.

أما الفوالق العكسية فهي عبارة عن الفوالق التي تحتوي على حركة حائط معلق نحو الأعلى وموازية لاتجاه الميل، ففي حال كانت زاوية ميل الفالق المعكوس أقل من ٤٥ درجة يتم استعمال تسمية الفالق الزاحف عوضاً عن تسمية الفالق الصخري المعكوس.

٢-فوالق الإزاحة المضربية: وتعرف هذه الفوالق بأنها الفوالق التي تحتوي على حركة لكتلتين صخريتين باتجاهين متعاكسين وتكون هذه الحركة موازية لاتجاه خط المضرب، وتعتبر من أطول الفوالق التي توجد في القشرة الأرضية، فعلى سبيل المثال فالق البحر الميت في الأردن وفالق الأناضول في تركيا بالإضافة إلى فالق سان أندرياس غرب الولايات المتحدة الأمريكية.

ومن أقسامها الفوالق اليمينية والفوالق اليسارية، ففي الفوالق اليمينية المضربية يدور اتجاهي حركة الكتلتين الصخريتين مع دوران عقارب الساعة، أو هي تلك الفوالق التي تكون الكتلة الراجعة فيها تقع على يمين الشخص الراصد الذي يقف فوق الفالق مباشرة، والفوالق اليسارية هي التي يدور فيها اتجاهي حركة الكتلتين الصخريتين بشكل معاكس لعقارب الساعة.

٣-فوالق الإزاحة المائلة: وهي الفوالق التي تكون فيها حركة كتلة الحائط المعلق توازي لاتجاه الإزاحة الصافية، أي أن هذه الفوالق تحتوي على مركبتي الإزاحة المضربية والميلية معاً وتصنف

إلى أربعة أصناف (فالق يساري اعتيادي، فالق يساري معكوس، فالق يمين اعتيادي، فالق يمين معكوس).

٤-الفوالق القصية أو الدورانية : ففي هذه الفوالق يحدث دوران لأحد أو كلا الحائطين القدمي والمعلق حول محور محدد سواء مع أو عكس دوران عقارب الساعة.

ج-الثنيات او الطيات: عبارة عن ثنيات صغيرة الحجم، كل طيّة تحتوي على جناحين يلتقيان مع بعضها البعض في منطقة محدّدة، نتيجة هذا اللقاء ينتُج زاوية تُنصف الجناحين، وتنشأ الطيّة نتيجة انحناء أو تقوّس لسطح الطبقة عند تعرُّضها لضغط شديد يؤدي إلى ظهور ثنيات أو تجاعيد داخل الصخور الرسوبية أو المتحوّلة، قد يكون شكل الطيّة مُحدباً بحيث يميل جناحيّها للخارج، أو قد يكون مقعّراً بحيث يميل الجناحين للداخل.

عندما تكون الأسطح المستوية جميعها أو واحدة منها مُنحنية نتيجة تعرّضها للحرارة والضغط الشديدين، حيث يحدث الطيّ أو الثني داخل القشرة الأرضية، بحيث تتفاوت أحجام الطيّات من مكان تكونها لمكان آخر، وكما تتشكّل الطيّات نتيجة التعرُّض للإجهاد والضغط بالإضافة إلى التدرّج في درجات الحرارة، الأمر الذي يؤدي لتشكيل طيّات يكون توزيعُها على شكل حزامٍ مطويٍ، ومن الممكن أن تتشكل الطيّات نتيجة حدوث إزاحة على سطح غير مستوٍ.

تصنيف الطيّات على أساس اتجاه جناحيّها:

الطية المحدّبة: يميل الجناحين بعيداً عن المستوى المحوري للطيّة، ليتقاربا الجناحين نحو الأعلى.

الطيّة المقعرة: بحيث يميل الجناحين باتجاه المستوى المحوري، بحيث يتقاربا نحو الأسفل.

تصنيف الطيات بالاعتماد على مقدار ميل الجناحين:

١-طيّة مُتماثلة: تكون زاوية ميل الجناحين مُتساوية، حيث تنتج عند تعرّض الطبقات لنفس الضغط من الاتجاهين.

٢-طيّة غير متماثلة: تختلف زاوية ميل كل جناح عن الزاوية الأخرى ويكون المُستوى المحوري للطيّة مائلاً عن المستوى الرأسي.

٣-الطيّات المُضطجعة: ففي هذه الطيّات تصبح الطيآت القديمة فوق الطبقات الأحدث منها.

٤-الطيّة المقلوبة: يكون المستوى المحوري في هذا النوع من الطيّات مائلاً عن المستوى الرأسي.

٥-القبّة: نتيجة تعرّض الوحدات الصخرية لقوى ضغط أفقية في جميع الاتجاهات ليصبح ميل هذه الوحدات للخارج.

٦-الحوض: ينشأ نتيجة تعرُّض الوحدات الصخرية لحركات تكتونية، ليصبح ميل الطبقات نحو قاع المركز.

٧-الطيّة الغاطسة: يكون المحور فيها مائلاً.

أهمية الطيات:

١-تعتبر الطيّات المحدّبة والقمم أهم المصائد النفطية.

٢-تُمثّل الطيّات المقعّرة والأحواض خزانات للمياه الجوفية.

٣-استخراج الرواسب المعدنية كالجِّبس من القباب الملحيّة.

٤-تحديد عمر الطبقات النسبي.

٥-تعتبر الطيّات المقعّرة مهمة في حركة المياه الأرضية.

عناصر الضعف في الصخور:

يمكن تصنيف الصخور الى ضعيفة Soft rocks مثل الطباشير والطين والحجر الرملي – وصخور صلبة Resistant \ Hard rocks مثل صخر الجرانيت والبازلت والصوان. ويعتمد هذا التصنيف على مدى قابلية الصخور للتجوية وعمليات الخدش او الحت والهدم المختلفة. وتعتبر الصخور سريعة التحلل والتفكك والحت صخور ضعيفة، في حين توصف الصخور التي تقاوم هذه العمليات وتحافظ على الوضع الاصلي لاشكالها الارضية لاطول فترة زمنية ممكنة بالصخور الصلبة. وقد يكون الصخر ضعيفا او صلبا في الاصل بسبب خصائصة الطبيعية او الكيماوية، كما قد يتعرض الصخر للاضعاف او التصلب بسبب الظروف البيئية او العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة. لذا، يمكن التمييز بين ثلاث مجموعات من عوامل الضعف الصخري:

اولاً: عناصر الضعف النوعي:

وهي التي تنشاء مع الصخر نفسة نتيجة لطريقة او ظروف تكوينة. بحيث يمكن ان يرث الصخر ضعفة بسبب نوعية المعادن التي يتكون منها، ودرجة تبلورها او قوامها Texture او مساميتها

Porosity او لونها، او بسبب وجود مواد لاحمة Cementing material تعمل على تجميع الحبيبات المعدنية وتكتلها، وفيما يلي اهم الخصائص المحددة للضعف النوعي للصخر:

١- التركيب الكيماوي:

يلعب التركيب الكيماوي للصخر دور مهم في صلابته او ضعفه من خلال نسب المعادن والعناصر كيماوية المكونة له، ويمكن تحديد ذلك حسب مقياس موه للصلابة Mohs scale of hardness، ويعتبر الماس في هذا المقياس اقسى انواع المعادن في حين تمثل معادن الجبس والكلس ادنى درجات الصلابة. كما تعتبر معادن الاوليفين والبلاجيوكليز الجيري والاوجايت اقل المعدان مقاومة لهذه العمليات. وعليه، فان صلابة أي صخر او ضعفه تعتمد بالدرجة الاولى على نوعية المعادن والعناصر المكونة له. اذ يمكن ان يصبح الصخر ضعيفا بسبب احتوائه على نسب مرتفعة من المعادن الضعيفة اصلا، والعكس صحيح. فصخر الجرانيت على سبيل المثال، الغني بمعدني الكوارتز والمسكوفايت يعتبر اكثر صلابة ومقاومة للتجوية من جرانيت اخر او صخر اخر، كالجابرو الذي تقل فيه نسبة وجود هذين المعدنين.

٢- التبلور والقوام:

تعتبر عملية التبلور احدى الطرق التي تعمل على تكون الصخور خاصة من نوع الماجما Magma والتي تتم عادة مع انخفاض درجة الحرارة وانطلاق الغازات منها. وتختلف درجة تبلور المعادن حسب سرعة تبريد الماجما وتصلبها والتي تعتمد على نوع المعادن المكونة والاعماق التي تنتشر فيها. كما ان الاجزاء العليا من الماجما يمكن ان تتبلور خلال ايام او سنوات معدودة في حين تحتاج الاجزاء العميقة جدا الى الاف و ملايين السنين. ويزداد قوام الصخر خشونة مع زيادة درجة تبلور المعادن، في حين يصبح القوام زجاجيا Glassy / Fine او ناعما في حالة ازدياد سرعة التبريد والتصلب بحيث يمتنع معها حدوث التبلور او التحبب. وتتخذ البلورات المعدنية عدة اشكال، منها: النظام المكعب والسداسي والرباعي. وان انتظام ترتيب هذه البلورات ودرجة تداخلها او انضغاطها واندماجها والتحامها وتجانسها يحدد مدى انتشار مراكز الضعف في الصخر. وقد يطغى تاثير درجة وطبيعة التبلور والقوام للمعادن المكونة للصخر على فعل تركيبه الكيماوي.

٣- المسامية والنفاذية:

المسامية Prosity هي نسبة حجم الفراغات الموجودة في الصخر الى حجمه الكلي، والنفاذية Permeability هي معدل تسرب الماء عبر الفراغات الصخرية في وحدة زمنية معينة. وتختلف الصخور والتجمعات الرسوبية في كل من مساميتها ونفاذيتها. فالصخور الرملية والجيرية اقل مسامية من الصخور الطينية، ولكنها اعلى نفاذية، مما يظهر ان العلاقة بين هاتين الخاصيتين قد تكون عكسية احيانا. وتتضح اهمية كل من المسامية والنفاذية في تسهيل مرور الماء سواء الباطني او السطحي، عبر الفراغات الصخرية – والذي يعمل على اضعاف الصخر عن طريق اذابة المواد اللاحمة او بفعل الضغط الناتج عن زيادة الحجم بالتجمد او بتبلور الاملاح المذابة، او ما يؤدي اليه من تشقق وانتفاخ في التكوينات الطينية اثر تعرضها للتجفف والترطيب. او تمهد لتصعيد الخاصية الشعرية، وتراكم الاملاح على السطح وتكوين قشرات صلبة Duricrusts تعمل على عزل الصخر عن تلك العمليات.

٤- المادة اللاحمة:

تنتج الصخور الرسوبية عن التحام او التصاق الرواسب المختلفة مما يؤدي الى تحجرها او تصخرها Lithification بفعل المواد اللاحمة Cementingmaterial. ومن المواد اللاحمة الكوارتز والكلس والتكوينات الحديدية مثل الهيماثايت والتورجايت والليمونايت، بالإضافة الى تكوينات الباريوم كسلفات الباريوم وسلفات الكالسيوم وسلفات السترنتيوم وفلوريد الكالسيوم. وتنتج هذه المواد عن ذوبان المعادن المكونة للصخور نفسها خاصة عند زواياها وسطوحها الخارجية، والتي ينقلها الماء المتسرب عبر الفراغات الهوائية الموجودة في الصخر. ويعتمد تركيز المواد اللاحمة في الماء المتسرب على درجة حرارته ومعدل حموضته PH وتكوينه الكيماوي. وتقدر كمية المواد الصخرية التي يفقدها كل ميل مربع من سطح الارض عن طريق الاذابة بنحو ٩٥ طنا سنوياً، تشكل منها كربونات الكالسيوم ٥٠ طنا ، وسلفات الكالسيوم ٢٠ طنا والسيلكا سبعة اطنان وكلوريد الصوديوم ثمانية اطنان . كذلك يمكن ان يزود الماء الباطني الرواسب بالمادة اللاحمة مع المحافظة على اشكالها الاصلية كما هو الحال في القشرات الصلبة، مثل القشرات السيليكية Silcretes والحديدية Ferricretes والكلسية Calcretes.

ويتم تحجر الرواسب بفعل المواد اللاحمة عن طريق التجفيف او الانضغاط اللذان يعملان على تحرر الرواسب من الماء وتناقص حجم الفراغات الصخرية باقتراب حبيبات الصخر والمعدن من بعضها البعض. وقد لا يتم تصلب الرواسب الا بعد ان يتناقص حجم الفراغات الصخرية فيها بنسبة ٧٥%. وتعتمد درجة تصلب او ضعف الصخور الرسوبية على التكوين الكيماوي للمواد اللاحمة نفسها، فالكوارتز والمسكوفايت والزركون على سبيل المثال، تعتبر من المواد اللاحمة المقاومة للتحلل الكيماوي، ويتم تزويد الرواسب بها بعد ان تتحرر وتنقل للماء اثر تحلل الصخور او المعادن المحيطة بها، وذلك على العكس من كربونات الكالسيوم سهلة التحلل. وطبيعي ان تنعكس صلابة المواد اللاحمة على صلابة الصخور المكونة لها. فكثير من انواع الصخور يستمد صلابته او ضعفه من خصائص هذه المواد. فاذا ما تأثرت المواد اللاحمة بالتحلل سرعان ما ينفرط الصخر الى حبيبات متفككة، كما هو الحال بالنسبة للرمال الناتجة عن انفراط الصخر الرملي والجروس Gruss الناتج عن انفراط صخر الجرانيت. كذلك، قد تكون المادة اللاحمة اقسى من الصخر نفسه وفي هذه الحالة يتم تحلل الصخر وتبقى المادة اللاحمة على شكل عروق او شبكة معدنية تفصل بين فجوات او حفر متفاوتة الاحجام.

٥- لون المعادن:

تختلف المعادن المكونة للصخور من حيث اللون. وتبرز اهمية لون المعادن في تحديد مدى تأثرها بأشعة الشمس. ومن ثم معدل تمددها وتقلصها. فالصخور داكنة اللون، كالبازلت والجابرو تسخن بسرعة مما يعمل على تمدد معادنها وانضغاطها، في حين تعتبر الصخور فاتحة اللون مثل الطباشير والحجر الجيري قليلة التأثر بالإشعاع الشمسي. وتعتبر الصخور النارية الحمضية فاتحة اللون، كالجرانيت اكثر مقاومة لعمليات التجوية من الصخور النارية القاعدية داكنة اللون ، مثل البيوتايت والاوليفين .

ثانياً-عناصر الضعف المكتسبة:

١- **سطوح التطبق** :Bedding planes:تمثل سطوح التطبيق اماكن اتصال الطبقات المتتابعة فوق بعضها في الصخور المختلفة خاصة الرسوبية منها. وتفصل سطوح التطبق عادة بين طبقات صخرية يرتبط كل منها بظروف جيولوجية ومناخية خاصة. فقد توضع طبقات صخرية تختلف

من حيث العمر الجيولوجي، كان تتبع تكوينات زمن ما قبل الكمبري فالأول، فالثاني، وانتهاء بتكوينات الزمن الرباعي، حسب ما توضحه المقاطع الجيولوجية للمناطق المختلفة. وقد تنتمي الطبقات الصخرية إلى تكوينات جيولوجية مختلفة من حيث نوعية الصخر، كما هو الحال في تكوين أراضي البادلاندز Bad Lands فوق التكوينات الجيرية والتكوينات الرملية. وفي جميع الحالات، فان طبيعة تتابع الطبقات الصخرية وسطوح تطبقها تعكس سطوحا مناخية وجيولوجية مرتبطة بها، كما تترك أثارها فيما يتعلق بالضعف الصخري.

٢- **الشقوق:** يعني التشقق Fissility/cleavage قابلية المعدن للتشقق والانقسام باتجاهات متوازية ، او البناء الذي تتمكن الصخور بواسطته من الانفصال على طول اسطح متوازية معينة تحولها الى رقائق صخرية منفصلة، ويستعمل تعبير الصفائحية او الشيستية Schistosity في وصف تشقق الصخور المتحولة خشنة التحبب، نسبة الى صخر الشيست المتحول متوسط او خشن القوام والذي يتم فيه ترتيب حبيبات المعدن بشكل متوازي.

وتقاس المسافة بين سطوح التشقق بالمليمترات او السنتيمترات، اما اذا زادت المسافة عن بعضة سنتيمترات فيستعمل في وصفها تعبير المفاصل، في حين اذا رافق ذلك حدوث زحزحة صخرية عميقة فأنها تتحول الى صدوع. ويمكن ان تنتج هذه الشقوق عن عمليات الجز sheeting او strain التي ترافق النشاطات التكونية كالالتواءات، او التقلص الناتج عن تبريد اللافا وما يؤدي الية من ضغوط، او نتيجة لتكرر عملية التبلور والتحولات الكيماوية.

وتشترك الشقوق مع المفاصل في اضعاف الصخر وذلك من خلال تصعيد عمليات التجوية والهدم المختلفة فيها. كما تساهم في تكوين بعض الاشكال الارضية المميزة على هيئة نصال parting slabs يفصل فيما بينها اودية او صدوع يطلق عليها تسمية الحجارة الناسكة Monk- stones او الحجارة الهائمة (الصخور المعزولة) penitent rocks او شواهد الاضرحة Tomb stones . وتسمى الطبوغرافيا التي تشمل على هذه الاشكال بالطبوغرافيا القوامية Textured relief او طبغرافية الاشكال الهائمة Gefuge relief .

٣- **المفاصل: Joints** وهي عبارة عن شقوق هندسية تمتاز بوجود زحزحة سطحية محدودة بين اجزاء الصخر، وهي بذلك تختلف عن الشقوق العادية Cracks التي تمتد بشكل عشوائي، وعن

الصدوع Faults التي تتزحزح عندها الطبقات الصخرية حتى اعماق بعيدة. وتسمى الكتل الصخرية التي تحيط بها المفاصل بالكتل المفصلية Joint blocks ويعتمد تباعدها على ابعاد المفاصل نفسها. وتختلف المفاصل في اشكالها وابعادها، فمنها ما يكون قصيرا او طويلا، مستقيما او منحنيا، منتظما او غير منتظم، مما يسمح بتمييزها الى مجموعات مفصلية Joint sets يرتبط كل منها بعوامل تكوين معينة. وترتبط نشأة المفاصل بقوى الانضغاط Compression والتوتر Tension التي ترافق الحركات التكتونية او التبريد والتقلص او التمدد بفعل التغيرات الكيماوية وينتج عنها مفاصل مائلة Diagonal joints ، او مفاصل سداسية الشكل Hexagonal columnar joints ، او متعارضة Transverse كما تؤدي ازالة الضغط بفعل الحت المائي الى تكوين مفاصل صفائحية الشكل Sheet joints تمتد بصور موازية لسطح الارض ، وتجزء الصخر الى كتل صفائحية مسطحة ، كما يحصل في الصخور النارية كالجرانيت. ومثل هذه النوع من المفاصل يشبه سطوح الانفصال الطبقي Bedding planes الموجودة عادة في الصخور الرسوبية.

عوامل الإضعاف الجيومورفولوجية:

وتشمل العوامل الجيومورفولوجية غير الصخرية التي تعمل على إضعاف الصخر، أو زيادة ضعفة بسبب طبيعة نشاطها الذي يختلف زمانا ومكانا حسب الظروف البيئية السائدة، ويمكن توضيح ذلك من خلال شرح دور بعض العوامل البنيوية والمناخية والنباتية في إضعاف الصخور، وتشمل كل مما يلي:

١- **العوامل البنيوية:** تتدخل الحركات التكتونية في إضعاف الصخور أو حمايتها عن طريق التغيرات التي تحدثها في تتابع الطبقات الصخرية وميلانها وانقطاعها أو استمرارها وسمكها وارتفاعها وهبوطها. ففي حالة الارتفاع التكتوني في بيئة المنابع للأنهار، أو الهبوط التكتوني في بيئة المصب، أو حدوث زحزحة أفقية أو جانبية على طول المجاري المائية تتكشف الطبقات الصخرية العميقة ويزداد الانحدار مما يزيد من نشاط عمليات التجوية وألحت المختلفة. وقد يؤدي ذلك إلى ترتيب أنواع مختلفة من الصخور جنبا إلى جنب أو فوق بعضها البعض مما يمهد لنشاط التجوية وألحت المتغايرين.

أما قوى الشد والضغط التي تعمل على طي الطبقات الرسوبية فإنها تزيد من ضعف صخورها لما ينتج عنها من شقوق ومفاصل ونقص في سمكها وتزايد في الانحدار وانقطاع في الطبقات وإعادة لنظام ترتيبها، كما يحث عادة في المحدبات والطبقات النائمة أو المستلقية والمختلفة الميل، كما قد يحدث عكس ذلك تماما بحيث تعمل قوى الطي على حماية الصخور من عوامل الهدم، كما هو الحال بالنسبة للمقعرات Synclines.

٢- **العوامل المناخية:** تتدخل العوامل المناخية في نشأة وتطوير كثير من الإشكال الأرضية والعمليات الجيومورفولوجية بحيث يمكن التمييز بين أقاليم مورفوجينية مختلفة Morphogenetic regions . مثل الإقليم المداري الجاف والإقليم القطبي والإقليم المعتدل، وكل إقليم يلعب دور واضح في صلابة أو ضعف الصخور.

٣- **العوامل النباتية:** وتظهر من خلال تعمق وامتداد جذور النباتات أفقيا وعمودياً في الصخور مما يعمل على إضعافها وتفككها.

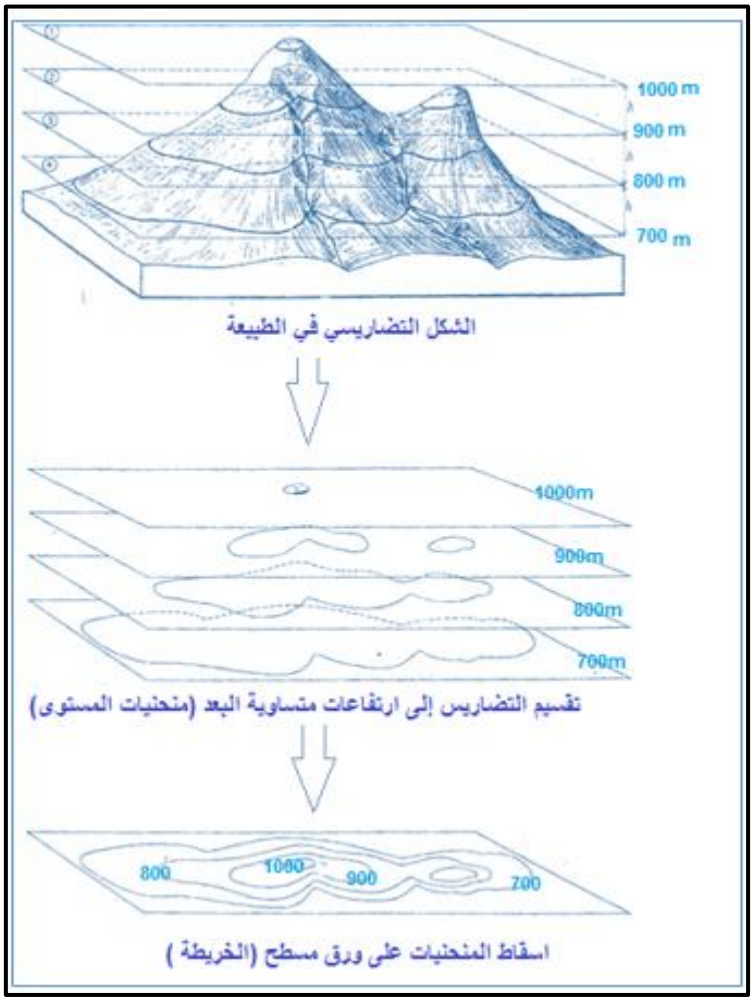
التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية:

خرائط الطبقات الصخرية:

من أهم المعلومات التي تستخدم لترجمة المعلومات الجيولوجية هي الخارطة، ومن أجل رسم خارطة جيولوجية يجب أن يتم أخذ قراءات في مواقع جغرافية محددة، فعلى سبيل المثال في الخرائط الطبوغرافية يتم تسجيل الارتفاعات لسطح الأرض نسبةً إلى مستوى سطح البحر. وفي الخرائط الجيولوجية السطحية يتم أخذ الملاحظات عن نوع الصخور البارزة على السطح في المكاشف الصخرية وارتفاع ظهورها على السطح والسمك بالإضافة إلى الميل وخط المضرب والموقع الستراتغرافي (التطبقي) للصخور، أما في الخرائط الكنتورية التركيبية تؤخذ القياسات في كل موقع وهو ارتفاع السطح الأعلى لمستوى التطبق المعروف.

وفي الخرائط الجيولوجية جميعها من الممكن أخذ القياسات الخاصة فيها من المكاشف مباشرة عن طريق الحفر ومن المقالع وغيرها، حيث أنه يتم استعمال عملية الإدراج من أجل تكملة المعلومات في المناطق المغفلة، وفي بعض الحالات تكون الظاهرة المدروسة واضحة في جميع المناطق، كما هو الحال في الخرائط الطبوغرافية رغم الاعتماد على نقاط أو مواقع معلومة الارتفاعات للسيطرة أو لتحقيق الدقة في قياس الارتفاعات، كما يمكن رسم خطوط مستمرة تمثل نسب الارتفاعات الطوبوغرافية، يلاحظ صورة (١) وشكل (١).

صورة (١) توضح جانب من طبقات صخرية



شكل (١) يوضح طريقة تمثيل تضاريسي

عوامل أخذ معلومات صحيحة عن الخرائط الطبقية:

إن المعلومات الجيولوجية المستحصلة للخرائط الطبقية تعرف بموقع جغرافي معلوم (الموقع الجغرافي للبئر) ووحدات ستراتيغرافية معلومة بالإضافة إلى طبيعة الصخور المتواجدة في الأعماق المراد دراستها، إن الخرائط التركيبية التحت سطحية تحتاج فقط إلى هذه المطاليب.

وهذه المطاليب يمكن الحصول عليها في المراحل المبكرة من استكشاف النفط والغاز، ولهذا السبب فإن هذا النوع من الخرائط هي التي استعملت بشكل عام ومن ثم تطورت الخرائط تحت السطحية لتوضح نوع الصخور في الوحدات الستراتيغرافية.

إن الخرائط الطبقية ودراستها تهتم برسم وتفسير الخرائط التي تستعمل في التحليل الستراتغرافي، كما يمكن تعريف الخارطة الستراتغرافية بأنها الخارطة التي تبين التوزيع السطحي أو التوزيع التحويري لوحدة ستراتغرافية أو سطح ستراتغرافي، كما أن الخارطة الستراتغرافية (الخارطة الطبقية) تمثل فترة من الزمن الجيولوجي بينما الخرائط الجغرافية القديمة تمثل لحظة في الماضي فقط.

وتحضير الخارطة الستراتغرافية تحتاج إلى جمع وتنسيق كميات كبيرة من المعلومات، كما يجب ربط ومقارنة نماذج صخرية من الآبار مع مكاشف طبقية، وذلك كي تتشكل الخارطة معتمدة على نفس الوحدة أو السطح الستراتغرافي في كل مكان، في العادة تكون المضاهاة الطبقية هي الأساس في تهيئة المعلومات لرسم الخرائط.

الخرائط التركيبية الكنتورية:

إن الخرائط التركيبية الكنتورية تبين الشكل الهندسي لسطح صخري، كما أن الخطوط الكنتورية تمر بنقاط على ارتفاع واحد فوق أو تحت مستوى معين، حيث أنه عادة يأخذ هذا المستوى مستوى سطح البحر وفي نقاط السيطرة يعطى ارتفاع الطبقة الدالة ويوضع على الخارطة، كما أن الخرائط التركيبية الكنتورية من الممكن أن تتضمن معلومات من السطح ومعلومات من تحت السطح ، سطح البحر.

ففي حال تم دراسة مقطع عرضي لعدة طبقات دالة ممتدة من السطح إلى مناطق تحت السطح، فإننا نلاحظ وجود نقاط سيطرة على السطح ونقاط أخرى في الآبار، إن موقع الطبقة الدالة نسبة إلى الـ datum تحسب باستعمال ارتفاع البئر على السطح، فيتم حساب ارتفاع الطبقة من خارطة طوبوغرافية أو من خلال استعمال الـplane table.

أما بالنسبة للخراطة الكنتورية التي تؤخذ من المقاطع الصخرية فإن مقاس الرسم لها والفترات الكنتورية المستعملة تعتمد على الأغراض من الدراسة وعلى دقة المعلومات بالإضافة إلى المسافات بين نقاط السيطرة، إن الخرائط المستعملة للدراسات الإقليمية الواسعة يمكن رسمها بمقياس رسم ١:١٠٠٠٠٠٠ أو أقل وبفترة كنتورية تساوي ١٠٠ أو أقل.

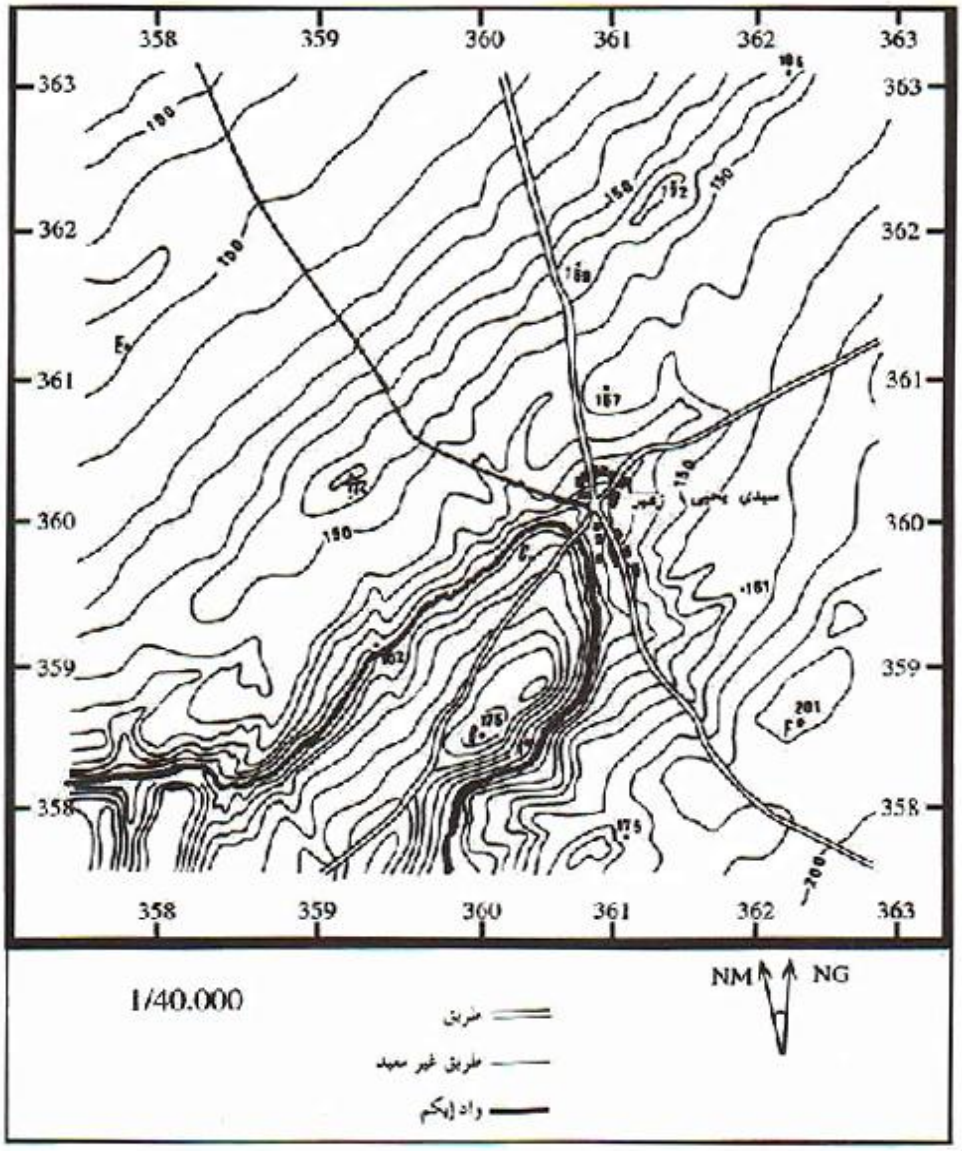
إن الخرائط المفصلة أو الخرائط الدقيقة مثل الخرائط التي تستعمل في استكشاف النفط يتم رسمها بمقياس رسم كبير يساوي ١:١٠٠٠ وبفترات كنتورية تساوي ١٠ أو أقل، ويتم رسم الخرائط

الكنتورية التركيبية عن طريق تثبيت ارتفاعات السطح الأعلى للوحدة الطبقية في كل نقطة سيطرة على الخارطة ثم ترسم الخطوط الكنتورية التركيبية ويوجد ثلاث طرق لرسم الخطوط الكنتورية وهي:

رسم الخطوط الكنتورية ميكانيكياً، وذلك يتم بأدراج قيم الارتفاعات بين نقطتين معلومتين رياضياً.

رسم الخطوط الكنتورية بمسافات متساوية، وعند رسم هذه الخطوط بمسافات متساوية يكون الميل في الخارطة ثابت (بحدود المعلومات المتوفرة) ولذلك يمكن رسم الخطوط الكنتورية في المناطق التي تكون فيها معلومات متوفرة.

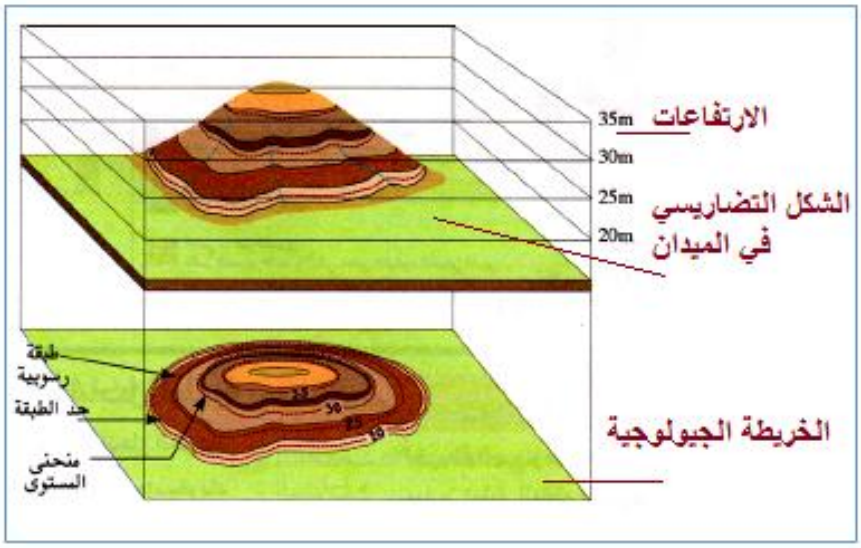
رسم الخطوط الكنتورية التفسيرية وترسم الخطوط وفقاً لاتجاه التراكيب في المنطقة، شكل (٢).



شكل (٢) الخطوط الكنتورية التركيبية

ومن خلال رسم الخرائط الكنتورية تبيّن أن الطريقة الميكانيكية تكون أدق طريقة إذا كانت المعلومات المتوفرة وافية، بينما إذا كانت المعلومات المتوفرة محدودة فإن الطريقة التفسيرية تكون أفضل، مع العلم بوجود ٦ طرق لرسم الخطوط الكنتورية وتستعمل كل طريقة لرسم نوع معين من الخرائط الكنتورية.

إن تفسير الخرائط لتركيبية الكنتورية هي عملية مباشرة نسبياً، حيث أن القباب والطبقات المحدبة تظهر على شكل مرتفعات وهي خطوط كنتورية مغلقة تكون مرتفعة عن المناطق المجاورة والعكس يدل على وجود منخفض أو طية مقعرة، أما المنخفضات الأخادية فإنها تظهر على شكل خطوط كنتورية متوازية، حيث إنها تزداد أو تنخفض بالارتفاع في اتجاه معين يلاحظ شكل (٣).



شكل (٣) نموذج لخريطة جيولوجية

كيف يتم تنظيم البيانات لرسم الخرائط الطبقية:

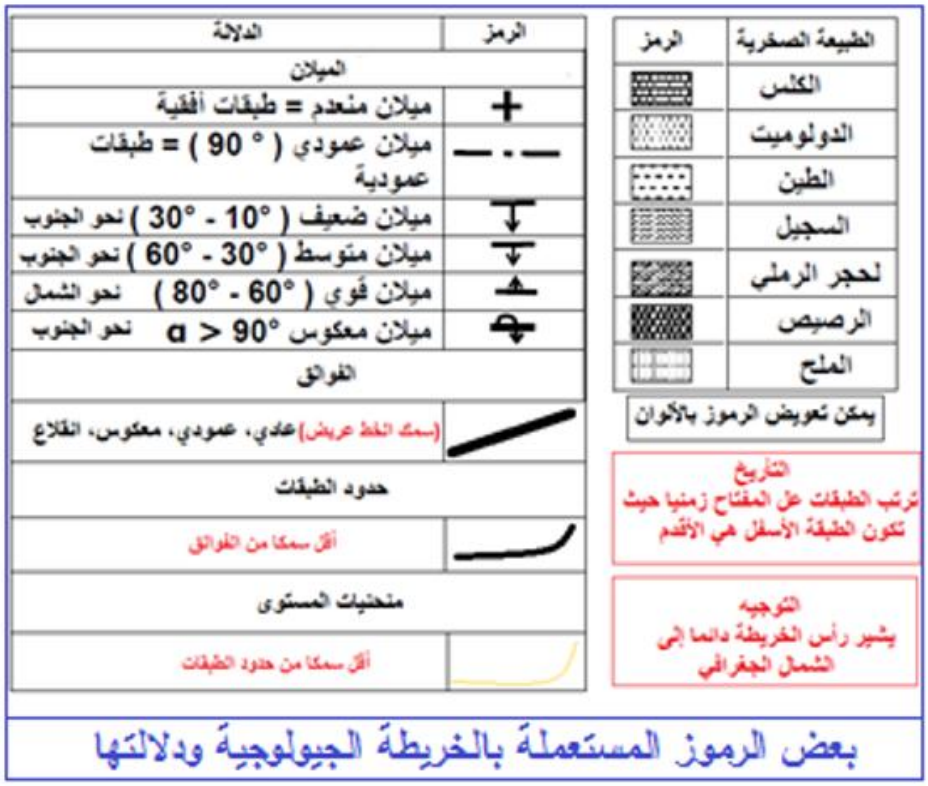
إن العنصر الأساسي لرسم الخارطة الإستراتغرافية هو إيجاد المستوى أو الطبقة التي تسمى بالطبقة الدالة (تسمى kay bed أو(marker bed) أي أن الطبقة الدالة أو الطبقة المميزة تستعمل في تحضير الخرائط التركيبية تحت السطحية وتحضير الخرائط الجيولوجية القديمة أو أي خريطة أخرى من الخرائط التي تبيّن الطبيعة أو الوضع للمستوى أو السطح للوحدة الاسترتغرافية.

إن الخرائط الستراتغرافية التي تبين وضع جسم من الصخور له ثلاثة أبعاد تحتاج إلى اختيار مستويين المستوى الأول يكون ممثل للسطح الأعلى للوحدة الستراتغرافية المراد رسمها والسطح

الثاني يمثل السطح الأسفل بهذه الوحدة، يوجد عدة أنواع من المستويات أو الطبقات الدالة التي يمكن استعمالها لرسم الخرائط الستراتغرافية ويمكن تقسيم تلك الخرائط إلى ثلاثة مجاميع تبدأ بالطبقات الدالة الصخرية ثم الطبقات الدالة البيولوجية وأخيراً الانقطاعات التركيبية.

إن الطبقات الدالة الصخرية تستعمل في أكثر الأحيان لسهولة التعرف عليها في المقاطع الظاهرة على السطح وفي الآبار، ومن المهم جداً أن تكون الطبقة الدالة المختارة متبعة بدقة كبيرة في المنطقة التي يراد رسم الخارطة فيها، إن الغاية أو الغرض من رسم أكثر أنواع الخرائط الستراتغرافية هو توضيح الظروف أثناء مدة معينة من الزمن الجيولوجي أو الخطة المعينة منه.

ومن هذا يتبين أن أي خطأ في ربط ومتابعة الطبقة الدالة يمكن أن يؤدي إلى تحضير الخارطة التي تقطع الفترة الزمنية المراد دراستها بصورة عامة، كما أن ربط أو متابعة الطبقة الدالة تتم على أساس عدة مميزات منها: (نوعية الصخور، موقع الصخور في العمود الطبقي، معرفة الفترة الزمنية)، كما أن ترتيب البيانات الضرورية لرسم الخارطة يجب أن يجمع كافة المعلومات الممكنة، شكل (٤) .



شكل (٤)بعض الرموز المستخدمة في الخرائط الجيولوجية

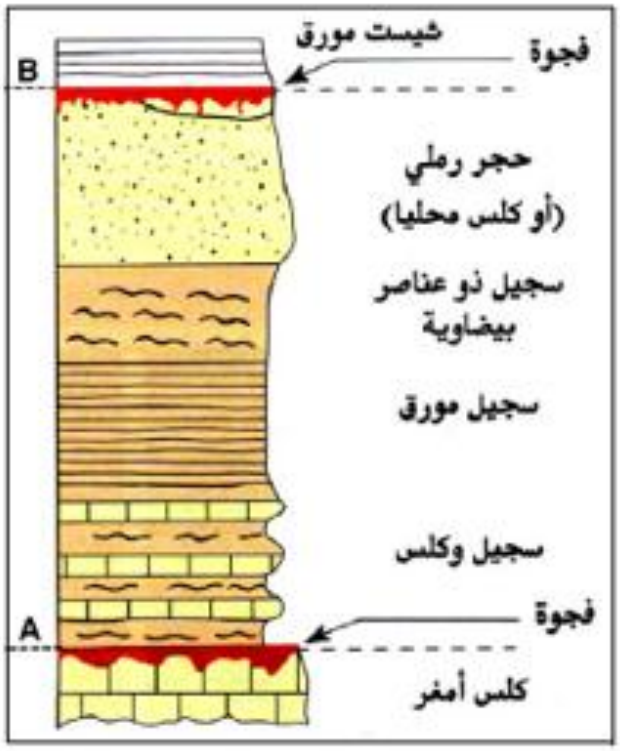
أنواع الطبقات الصخرية الدالة لرسم الخرائط الطبقية:

الوحدات اللثولوجية الدالة :تمتلك هذه الوحدات أنواع عدة من الطبقات الدالة منها: طبقة رقيقة من الحجر الجيري، طبقة رقيقة من الحجر الرملي أو المدملكات، طبقة من الفحم الحجري، طبقة من الرماد البركاني، نطاق معين من المعادن الثقيلة، نطاق بقايا صخرية أو معدنية غير قابلة للذوبان، نطاق حصى فوسفاتي، مخطط معين للجس الكهربائي أو السايزمي بالإضافة إلى انعكاس زلزالي.

الوحدات الحياتية الدالة :يجب الانتباه في هذه الوحدات إلى وجود نطاق مدى موضعي ونطاق تجمع رسوبي.

الانقطاعات التركيبية :في هذه الانقطاعات يجب مراعاة أسطح عدم التوافق) عدم توافق مائل، عدم توافق متوازي، عدم توافق.

إن ترتيب البيانات الضرورية لرسم الخارطة الطبقية تتضمن تجميع كافة المعلومات الممكنة من المكاشف الصخرية أو الآبار، أي البيانات التحت سطحية في المنطقة المراد دراستها، يتم اختيار ورسم خارطة أساسية بشكل يلائم طبيعة الدراسة ويتم تثبيت على الخارطة الأساسية نقاط السيطرة وتلخص المعلومات من كل بئر أو مقطع في كل نقطة سيطرة، كما ترسم الخطوط الكنتورية أو تستعمل غيرها من الرموز لبيان الظواهر المراد دراستها شكل (٥).



شكل (٥) يوضح كيفية رسم عمود جيلوجي لمنطقة معينة

تصنيف الخرائط الستراتغرافية:

إن الوحدات الستراتغرافية تمتاز بخواص مختلفة مثل الشكل الهندسي والتركيب الصخري والمحتويات الحياتية والمحتويات السائلة للجسم والكتل الصخرية التي يراد دراستها، وفيما يلي توضيح مبسط لتصنيف الخرائط الستراتغرافية:

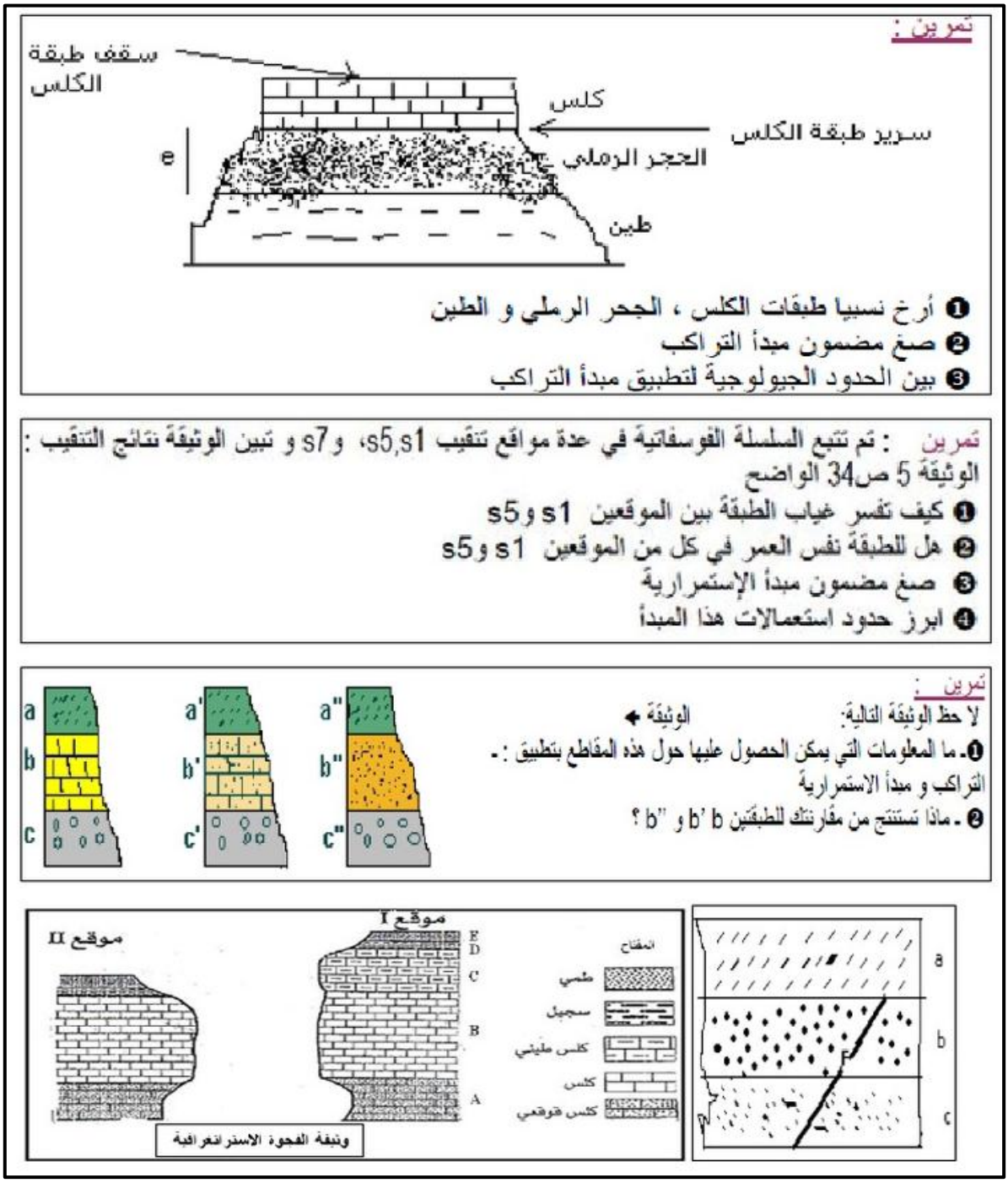
الهندسة الخارجية للأجسام الصخرية :يتضمن هذا السمك والامتداد السطحي (خارطة السماكة)، الاهتمام بهيئة السطح الأعلى للخارطة الكنتورية التركيبية.

التركيب للأجسام الصخرية :يحتوي هذا التركيب على خارطة التغير السطحي للسحنات وهنا يجب الاهتمام بسماكة نوع واحد من الصخور وفهم خارطة النسب المئوية ووضع خارطة النسب للسماكة الصخرية وخارطة العلاقات بين المكونات الصخرية.

وبالنسبة لخارطة التغيرات العمودية يجب معرفة الموضع والسماكة وتواجد أنواع من الصخور النوعية، كما يجب فهم درجة التعاقب العمودي بين الطبقات، أما الهندسة الداخلية والتركيب

للأجسام الصخرية تشمل النسيج الداخلي والتراكيب بالإضافة إلى التركيب المعدني أو الصخري لطبقات مختارة في الوحدة الطبقية.

الخرائط المشتقة :وهي الخرائط التجمعية والتفسيرية، وتتضمن على عدة أنواع من الخرائط وهي: الخرائط الكنتورية القديمة، خرائط حجم الصخور، خرائط معدلات التغير، خرائط الاتجاهات السطحية بالإضافة إلى خرائط السماكة، شكل (٦).



شكل (٦) يوضح تتبع التاريخ الجيولوجي لمنطقة معينة

أما تحديد المكونات المعدنية للصخور في الخرائط فهي أكثر تعقيداً كونها تحتاج إلى تحليل نوعية الصخور الموجودة وسمكها وترتيبها في المقطع العمودي ضمن الجسم الصخري، إن الشكل الهندسي يمكن أن يتضح في عدد قليل من الخرائط لكنه يحتاج إلى عدد كبير من الخرائط المختلفة لعرض كافة تفاصل المكونات المعدنية للجسم الصخري.

إن الخرائط التي تبيّن تركيب الجسم الصخري تم تقسيمها إلى ثلاثة أصناف ثانوية، الصنف الأول يحتوي على الخرائط التي تبين التغيرات السطحية في التركيب الصخري، الصنف الثاني يتضمن المواقع والسمك وتتابع الطبقات في المقطع العمودي (تسمى خرائط التغيرات العمودية) والصنف الأخير يتضمن الخرائط التي تعرض ظواهر محددة لطبقة معينة أو نوع من الصخر المحدد ضمن الوحدة الطبقية.

إن هذا النوع من الخرائط يمثل الاختلاف في سمك الوحدة الطبقية بخطوط كنتورية توصل بين نقاط تمتلك على ذات السمك، ولرسم هذا النوع من الخرائط نحتاج إلى طبقتين دالتين (طبقات دالة) أحدهما السطح الأعلى والثاني السطح الأسفل للوحدة الطبقية.

إن اختيار السطح الأعلى والأسفل للخرائط التي تمثل السمك الطبقي يعتمد على أسس مختلفة، في كثير من الحالات تؤخذ الفترة بين سطحي عدم التوافق، وخارطة السمك الطبقي تبين الاختلافات التركيبية التي حصلت في الفترة الزمنية المحصورة كما أن هذه الخارطة تعطي معلومات حول السطحين أما في حالات ثانية يمكن اختيار حدود ضمن تتابع طبقي مستمر حتى توضح الحركات الأرضية في وقت الترسيب.

كيفية رسم خريطة السماكة الطبقية:

يمكن رسم خارطة السماكة وذلك عن طريق استعمال خارطتان تركيبيتان كنتورية لسطحين، حيث يتم طرح قيم ارتفاع السطح السفلي من ارتفاعات السطح العلوي في كل نقطة سيطرة، وبعد ذلك يتم رسم الخطوط الكنتورية التي تمثل النقاط ذات السمك الواحد، والخرائط التي ترسم بهذه الصورة تسمى خرائط التقارب أو الـconvergence map.

ومن بعد اختيار الوحدة الطبقية لغرض رسم الخارطة فإن عملية الرسم هنا تشبه إلى حد ما رسم الخارطة التركيبية الكنتورية، حيث يتم تثبيت قيم السمك في كل نقطة سيطرة وبعد ذلك ترسم الخطوط الكنتورية بين هذه النقاط، إن الفترة العمودية بين الخطوط الكنتورية يمكن أن تصل إلى مئات الأقدام في الخرائط الإقليمية أما الدراسات المفصلة للوحدات الطبقية القليلة السمك يكون فيها الفترة الكنتورية أقل من ١٠.

إن طرق رسم الخطوط الكنتورية في هذه الخرائط يشبه الطرق المستعملة في الخرائط الكنتورية التركيبية في أكثر الأحيان، كما أن خرائط السمك للطبقات توضح التراكيب الجيولوجية القديمة، لذلك عند استعمالها لدراسة الحركات الأرضية المصاحبة للترسيب فإن اتجاهات أو ميلان الاتجاهات العامة للأحواض الرسوبية يكاد يختلف عن الاتجاهات التركيبية الحالية.

الانحدارات–انواعها ومشاكلها:

المنحدرات.Slopes

الانحدار: هو ميل سطح الأرض عن خط الأفق أو الميلان الذي يربط نقطتين مختلفتين في المنسوب، ويعبر عن الانحدار بالنسبة المئوية أو بالدرجة ويتم التعرف على الانحدار من خلال جهاز يسمى Abeny Level او ميزان القامه في الميدان وتخلف المسافات التي تؤخذ عندها القياسات حسب وعورة السطح وتضرسه.

فمثلاً الانحدار ٣٠ % يساوي ١٦.٧ أو ٣٠٠ متر/ كلم و ٥٠ % تساوي ٢٦.٦ أو ٥٠٠ متر/ كلم.

ويُقاس الانحدار في الميدان باستعمال آلة التسوية التي تحدد الانحدار بالدرجات وبالنسب المئوية. وتؤخذ القياسات الميدانية بين المواقع التي تختلف في مناسيبها وتكون واضحة الرؤيا. وفي الغالب تختلف أطوال المسافات التي تؤخذ عندها هذه القياسات حسب وعورة السطح وتضرسه. وتكون هذه المسافات أقصر وعدد القراءات أكثر كلَّما زادت وعورة السطح. وتُسمَّى المسافة التي تتساوى فيها درجة الانحدار، بحيث يمتد السطح بشكل منتظم بالجزء الانحداري. وقد يتكوَّن الانحدار من سلسلة الأجزاء الانحدارية التي تختلف في أطوالها ودرجات انحدارها. وفي هذه الحال يوصف المُنحدر بأنه غير منتظم. كما يمكن أن يتشكَّل المُنحدر من جزء انحداري واحد؛ أي يمتد إلى مسافة طويلة نسبياً دون أي تغيير في درجة الانحدار، حيث يُشار إليه بالمُنحدر المنتظم.

ويحدد تفاوت درجات انحدار الأجزاء الانحدارية شكل العنصر الانحداري، من خلال نسبة التقوّس وتساوي درجة الانحدار السُفلى– درجة الانحدار العلوي/ طول المُنحدر: درجة/ ١٠٠م. فالقيم الموجبة لنسبة التقوّس تُشير إلى تحدّب المُنحدرات، بينما تعني القيم السالبة تقعّرها. حيث يشكّل تتابع هذه الوحدات الانحدارية المقاطع الطولية أو المقاطع العرضية لأشكال الأرض. وقد صُنّفت المُنحدرات حسب درجة انحدارها إلى الأنواع التالية: جرف، حاد جداً، حاد، حاد معتدل، معتدل، مستوي.

كما تُصنَّف المُنحدرات حسب تسلسل عناصرها إلى مُنحدرات مُحدَّبة عليا، يليها وجه حر، فمُنحدر المقعّر، فمنحدر الهشيم ولا يشترط وجود جميع هذه الانواع الانحدارية في المقطع الطولي

للمنحدرات، كما قد يضطرب ترتيبها وفقاً للعوامل المؤثرة، كالحركات التكتونية وتغيّر نوعية الفراش الصخري والظروف المناخية.

ودقة قياس درجة الانحدار ترتبط بمقياس الرسم بحيث يكون القياس أكثر دقة مع كُبر مقياس الرسم، حيث يمكن الاعتماد على الخرائط الطبغرافية في حساب المُنحدرات، في المناطق كبيرة المساحة أو صعبة الوصول أو عندما تشح نفقات العمل الميداني. ومع ذلك، فإن نتائج القياسات الميدانية تعتمد على كفاءة الدارس وصلاحية ونوعية جهاز القياس المستعمل وكيفية تحديد مواقع القياس. أمّا في حالة توفّر صور جوية أو فضائية والبرمجيات الحاسوبية اللازمة، كما يمكن إعداد خرائط انحداريه وبكفاءة عالية.

أولاً–أنواع الانحدارات:

١–حسب درجة الانحدار:

وقد صنفت المنحدرات حسب درجة انحدارها إلى:

١– أراضي مستوية، بزاوية انحدارها (٠ . ٢°) وغالباً ما تنشأ عن استقرار مخلفات التعرية والتجوية فوق سطح الأرض، إن مثل هذه المنحدرات لا تثير معوقات أو مشاكل أمام النشاط الاقتصادي الزراعي أو عند إنشاء المباني، شق الطرق ...، إلا إن الأراضي المستوية تعاني من مشاكل تصريف المياه إذا كانت مؤلفة من تربة أو طبقات صخرية غير نفاذة.

٢– أراضي بسيطة الانحدار، زاوية الانحدار (٢ . ٥°) شاسعة في معظم مناطق العالم، تكون معوقات استعمال الأرض محددة.

٣– أراضي خفيفة الانحدار، زاوية الانحدار (٥ . ١٠°) يتطلب استغلالها في الجهات المدارية، ويجب اتخاذ اجراءات الحيطة والحذر من عمليات التعرية.

٤– أراضي معتدلة الانحدار، زاوية الانحدار (١٠ . ١٨°) تعاني من معوقات عند استغلالها في النشاط الزراعي أو لأعمال البناء، حيث مخاطر التعرية كبيرة، كما يمكن استعمال أنواع محدودة من المكائن الزراعية.

٥- أراضي شديدة الانحدار، زاوية الانحدار (١٨ . ٣٠ْ) لا يمكن استخدام المكننة في النشاط الزراعي والذي يتطلب اجراءات خاصة لتقليل انحدار سطح الأرض بإنشاء مصاطب والمدرجات، تستعمل عادةً مراعي أو أراضي غابات، كما تزداد تكاليف أعمال البناء.

٦- أراضي شديدة الانحدار جداً، زاوية الانحدار (٣٠ . ٤٠ْ) وتضم أشد السفوح انحداراً، وتتحرك فوقها مخلفات التجوية والتعرية من المفتتات الصخرية، تكون فائدتها محدودة في النشاط الاقتصادي.

٧- أراضي يزداد انحدارها عن ٤٥ْ ، شبه عمودية وتمثل الوجه الحر للمنحدرات.

يمكن الحصول على الانحدار بالدرجات بإحدى الطريقتين التاليتين:

بإيجاد ظل القيمة التي انتهينا عندها في العملية السابقة أي ظل1.43^0 = 0.025

أو بضرب فارق الارتفاع في 60 ، و هذه القيمة الخيرة ثابتة في كل الحالات ، ثم نقسم النتيجة على المسافة الأفقية.

درجة الانحدار: هي الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وسطح الأرض . [تقاس بالدرجة °] .أو ان درجة الانحدار: تعبر عن شدة ميل أو انحدار سطح مثل هضبة أو طريق أو جدول أو سكة حديدية. القيمة صفر لدرجة الانحدار تعني أن السطح مستوي. وزيادة القيمة تعبر عن زيادة الميل الشاقولي.

<u>طريقة أولى :</u>

ظا درجة الانحدار = **المسافة الرأسية (م)** / **المسافة الأفقية (م)** = ٣٠٠ - ٥٠ / ٤ × ٢٠٠ = ٣٠٠ / ٨٠٠

= ٠.٣٧٥

إذن درجة الانحدار = ٢٠.٦ °

<u>طريقة ثانية :</u>

درجة الانحدار = **المسافة الرأسية (م)** / **المسافة الأفقية (م)** × ٦٠

= ٣٠٠ / ٨٠٠ × ٦٠ = ٢٢.٥ °

معدل الانحدار: هو النسبة المئوية لناتج قسمة المسافة الرأسية على المسافة الأفقية . [وتكتب على شكل نسبة مئوية %].

معدل الانحدار = $\frac{\text{المسافة الرأسية (م)}}{\text{المسافة الأفقية (م)}} \times ١٠٠ = \frac{٥٠٠ - ٢٠٠}{٤ \times ٢٠٠} \times ١٠٠$

= 37.5 %

ملاحظة : – إذا كان معدل الانحدار أقل من ١ % تصلح المنطقة لإقامة مطار أو ملعب كرة قدم عليها .

– وإذا كان معدل الانحدار أقل من ٩ % تصلح المنطقة لإقامة خط سكة حديد .

– وإذا كان معدل الانحدار أقل من ١٥ % تصلح المنطقة لإقامة مصانع عليها .

وللتوضيح أكثر:

١–درجة الانحدار = (الفاصل الرأسي ÷ المسافة الأفقية) × ٦٠

٢–الفاصل الرأسي : هو فرق الارتفاع بين كنتورين متتاليين

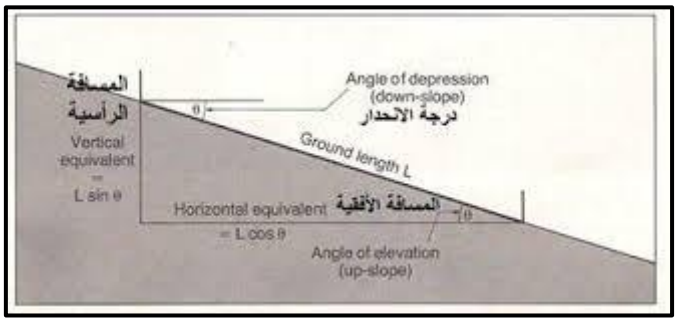
٣–المسافة الأفقية : المسافة الأفقية بين خطي الكنتور

: 460–من اجل أن تكون النتيجة بالدرجات وبدونها يكون الناتج هو معدل الانحدار

بصيغه أخرى: درجة الانحدار = معدل الانحدار ×٦٠

يلاحظ شكل (١)

شكل (١) ابعاد الانحدار

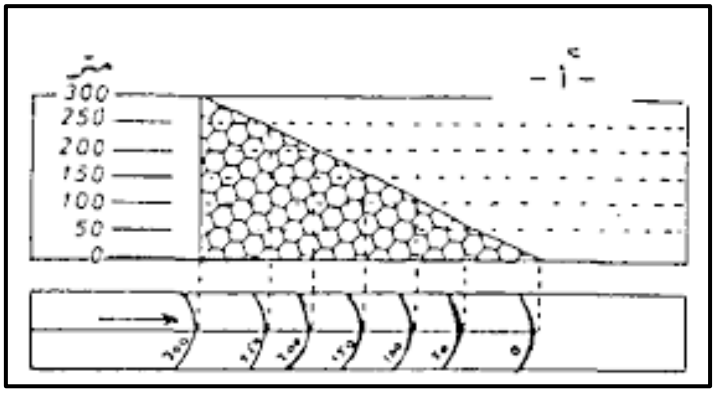


٢-حسب شكل الانحدار:

ان اختلاف أشكال التضاريس ناتج في حقيقة الأمر عن الاختلاف في شكل الانحدارات و شدتها. فالجبل مثلا هو ذلك الشكل المتميز بانحداره المائل من جهة و الشديد الميل من جهة أخرى. في حين أن السهل هو ذلك الشكل التضاريسي الذي يتميز على العموم بانحدار مسطح من جهة و ضعيف الميل من جهة أخرى.(من صفر الى٣%) و ما دام الانحدار هو الذي يتحكم في أشكال التضاريس فمن الضروري التعرف على أهم أشكال الانحدارات و يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أشكال رئيسية :

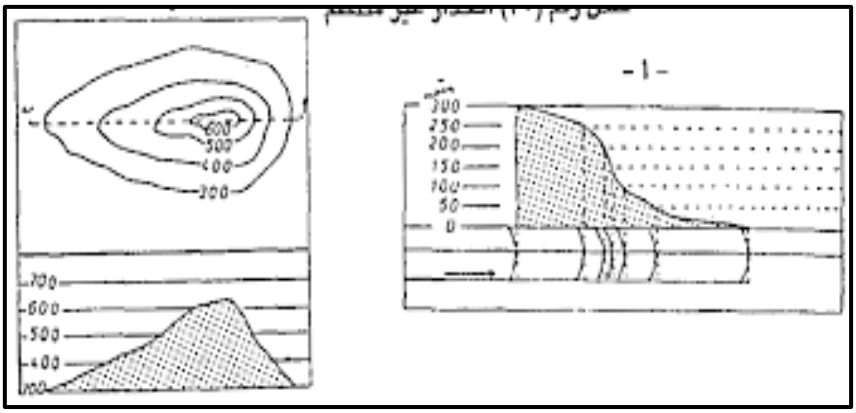
١ – الانحدار المنتظم : و هو الانحدار الذي يسير على وتيرة واحدة سواء أكان شديدا أو خفيفا ، أي أن زاوية ميله ثابتة. و يمكن التعرف عليه من خلال وجود منحنيات تسوية متساوية البعد فيما بينها، شكل (٢).

شكل (٢) انحدار منتظم



٢-نحدار غير منتظم: وهو الانحدار الذي تتغير فيه المسافات الافقية بين الخطوط مرات عديدة من نقطة القمة حتى اسفل السفح فيكون شكل الانحدار مرة شديد ومرة خفيف ومرة معتدل، شكل (٣).

شكل (٣) انحدار غير منتظم



٣ – الانحدار المقعر : و هو انحدار يتضاءل ميله باستمرار من الأعلى إلى الأسفل. و لذا نجد أن كل المستقيمات الماسة له تكوّن مع الخط الأفقي زوايا تقل درجاتها من الأعلى إلى الأسفل. و نتعرف على الانحدار المقعر من خلال تباعد منحنيات التسوية أكثر فأكثر من الأعلى نحو الأسفل.

٤ – الانحدار المحدب : و هو انحدار يتزايد ميله باستمرار من الأعلى نحو الأسفل. لذا فإن كل المستقيمات الماسة له تكوّن مع الخط الأفقي زوايا يتزايد اتساعها من الأعلى نحو الأسفل. و يمكن التعرف على هذا الانحدار من خلال تقارب منحنيات التسوية من بعضها أكثر فأكثر من الأعلى نحو الأسفل هذا و تنقسم الانحدارات من حيث شدتها إلى الأنواع التالية:

١ – انحدار خفيف و فيه تبتعد منحنيات التسوية عن بعضها أي أن المسافة الأفقية بين منحنيات التسوية تكون كبيرة بالقياس إلى الفاصل الرأسي.

٢ – انحدار شديد و فيه تقترب منحنيات التسوية من بعضها أي أن المسافة الأفقية بين منحنيات التسوية تكون صغيرة بالقياس إلى الفاصل الرأسي.

٣ – انحدار معتدل و هو مرحلة وسطى بين النوعين السابقين إذ تتسم العلاقة بين المسافة الأفقية و الفاصل الرأسي بالاعتدال.

غير أن الطريقة السابقة لتقدير الانحدار طريقة نوعية تنقصها الدقة في التمييز بين شدة أو خفة الانحدار ، لذا يمكننا اتباع طريقة كمية نستطيع من خلالها إعطاء قيمة عددية لكل انحدار. وهذه القيمة العددية يمكن أن تكون بالنسب المئوية أو بالدرجات.

حساب الانحدار بالنسب المئوية :

نسبة الانحدار : هي النسبة بين المسافة الرأسية والمسافة الأفقية . [وتكتب على شكل نسبة :].

وهنا مصطلحين لابد من الاشارة لهما وهما:

أ . فارق الارتفاع : وهي القيمة التي تفصل بين من منحنى تسوية و الذي يليه ، و هذه القيمة ثابتة بين المنحنيات المتتالية في إطار نفس الخريطة ، لكنها يمكن أن تتغير من خريطة إلى أخرى. فهي في بعض الخرائط تساوي ١٠ أمتار و في خرائط أخرى ٢٠ مترا أو ٥٠ مترا الخ... و يعتبر هذا الفارق بمثابة فارق رأسي يعبر عن الارتفاع فوق مستوى سطح البحر.

ب . المسافة الأفقية : وهي المسافة المقاسة على الخريطة بين منحنى تسوية و آخر ، و التي يجب ضربها في مقام مقياس الخريطة لمعرفة بعدها الحقيقي على الطبيعة ثم تحويلها إلى أمتار لتوحيد الوحدة القياسية بين المسافة الرأسية و المسافة الأفقية.

الطريقة العملية لقياس نسبة الانحدار :

إذا أردنا قياس نسبة الانحدار بين أ ب في الشكل السابق مثلا نتبع الخطوات التالية :

أ. نقيس البعد بين أ ب على الخريطة و ليكن ٤ سنتيمترات على سبيل المثال.

ب. نضرب هذا البعد في مقام مقياس الخريطة وليكن هذا المقياس هو ٥٠ ٠٠٠/١. فالنتيجة إذن هي ٢٠٠ ٠٠٠ سم أي٢٠٠٠ م.

ج. نبحث عن فارق الارتفاع بين أعلى قيمة و أدنى قيمة لمنحنيات التسوية.

١٥٠ – ١٠٠ =٥٠ م

د .نقسم فارق الارتفاع على المسافة الأفقية أي

و هذه النسبة الأخيرة لها دلالة كبيرة إذ تعبر عن العلاقة بين المسافتين الأفقية و العمودية أي أنه كلما قطعنا مسافة ٤٠ مترا أفقيا ارتفعنا بمتر واحد رأسيا. ونتيجة هذه العلاقة هي ٠.٠٢٥ أي ٢٥ % وهي نسبة الانحدار.

قياس الانحدارات:

١-قياس المسافة الافقية:

يستخدم حالياً نظامان عالميان لتقدير المسافات هما النظام المتري والنظام الإنكليزي. يسمَّى النظام المتري بالنظام الدولي، ويختصر بالحرفين SI. وقد تم تحديد قيمة المتر بعد أن قام ميشان ودولمبر Méchain et Delambre في أواسط القرن الثامن عشر بقياس طول قوس من خط الزوال meridian الذي يمتد من دنكرك إلى برشلونة. و المتر هو جزء من عشرة ملايين جزء من ربع خط الزوال على الكرة الأرضية. وقد اعتمد في كل أنحاء العام ماعدا في ثلاث دول هي: الولايات المتحدة وبورما وليبيريا.

أما النظام الإنكليزي؛ فالواحدة الأساسية فيه هي القدم foot، وتقسم إلى ١٢بوصة inch. وفيه اليارد yard ويساوي ثلاث أقدام، والميل mile ويساوي ٥٢٨٠ قدماً، والميل البحري nautic mile ويساوي ٦.٧٦.١٠قدماً، وهي تسمية لطول زاوية من خط العرض أو خط الطول عند خط الاستواء. ويساوي القدم ٣٠.٤٨سنتيمتراً.

طرائق قياس المسافات

هنالك طريقتان أساسيتان لقياس المسافات:

١. الطريقة المباشرة: ويتم قياس مسافة فيها بتنقيل جهاز قياس على طول المسافة بين ذروتيها، ويندرج تحت هذه الطريقة طرق عدة أهمها:

آ . القياس بالشريط: يستخدم الشريط الفولاذي الذي يراوح طوله بين ٢٠ و ٥٠متراً، وهو بالأمتار وعشرات السنتيمترات والسنتيمترات. ولإجراء القياس تستخدم مع الشريط بعض الأدوات المساعدة وهي: الشواخص range rods والأسياخ pins وخيطي مطمار plumb bobs، فتوضع نقاط على استقامة المسافة نفسها، ويرفع الشريط، باستخدام خيطي المطمار، ليصبح أفقياً ويشدّ من طرفيه، وتجسد نهاية الشريط على الأرض بوساطة سيخ، وتكون قيمة المسافة المقاسة هي عدد

المرات التي تضمنتها المسافة من طول الشريط وجزء منه. يقدّر الخطأ النسبي في قياس مسافة ما بهذه الطريقة بِـ ٥/١٠٠٠٠.

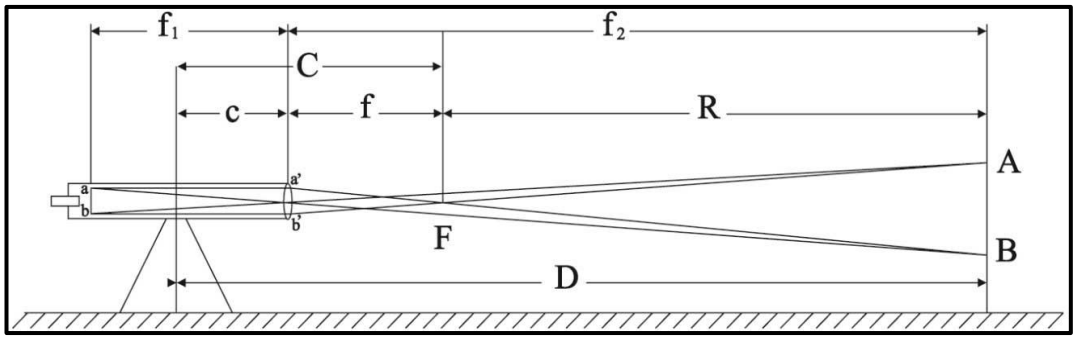
ب . القياس بالخطوة step: تستخدم الخطوة بعد تعيير قيمتها، ولقياس مسافة ما تعدّ الخطوات. ويراوح الخطأ النسبي في هذه الطريقة من ١/٥٠إلى ١/١٠٠.

ج . القياس بعداد المسافات (الأودومتر) odometer، يعتمد على تحويل عدد دورات دولاب ذي طول محيط معلوم إلى مسافة. ويقدر الخطأ النسبي في هذه الطريقة بِـ ١/٢٠٠.

٢. الطريقة غير المباشرة: تقاس المسافة من دون الانتقال بين ذروتي المسافة، وهنالك طرق عدة يمكن بوساطتها قياس مسافة ما، أهمها:

آ. القياس بالستاديا :stadia تحوي نظارة مساحة على محكّم reticule، وهو عبارة عن لوحة زجاجية حُفر عليها خطان متعامدان، يجسد تقاطعهما محوراً للرصد. ويحفر على المحكّم خطان متوازيان يسمحان بقياس المسافة بين نقطتين.

فمن الشكل (4) يُلاحظ أن المسافة الأفقية تعطى بالعلاقة:



الشكل (4) قياس المسافة ، حساب المسافة من تشابه مثلثين

$$D = C + R$$

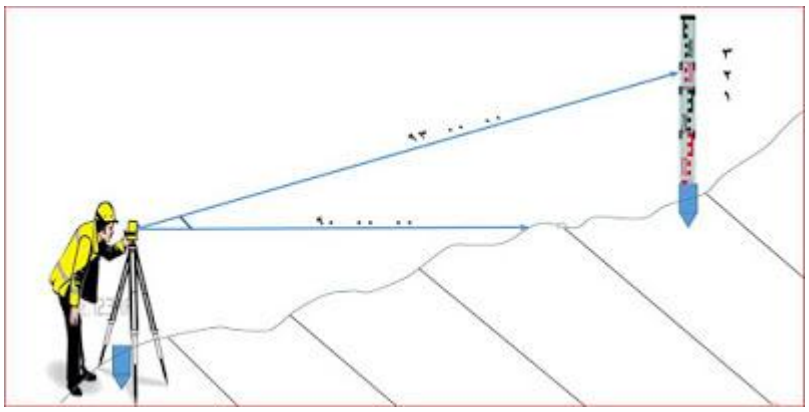
حيث C ثابتة تحدّد من قبل صانع الجهاز، وتساوي مجموع البعد المحرقي f لعدسة جسمية النظارة والبعد c لهذه العدسة عن المحور الرئيسي لجهاز المساحة، أي: C = c + f، أمّا فهو ارتفاع في المثلث FAB ويساوي من تشابه المثلثين FAB و fab:

$$R = \frac{f}{ab} . AB$$

إن هو البعد بين الخطين المتوازيين المحفورين على لوحة المحكّم، وهو ثابت وبما أن هو ثابت (البعد المحرقي لعدسة الجسمية)، فالقيمة $\frac{f}{ab}$ هي ثابتة، وينتج أنه لمعرفة R يكفي قياس المجال AB على الميرا، ويساوي هذا المجال فرق قراءتين على الميرا.

ب . القياس الإلكتروني للمسافات: يستند مبدأ هذه الطريقة إلى قياس الفترة الزمنية التي تستغرقها موجات كهرطيسية، يولدها جهاز ويرسلها نحو عاكس لهذه الموجات ليردها وليلتقطها الجهاز ثانية. وتحسب المسافة L من العلاقة: $L = 0.5 (n\lambda + p)$، حيث λ طول الموجة وتعطى بالعلاقة: $\lambda = \frac{V}{F}$: حيث v سرعة انتشار الموجات في الهواء و F التوتر أي عدد النوبات المتكررة cycles في واحدة الزمن. تكون v و F معروفتين، أما p في العلاقة السابقة فهي الجزء الكسري من طول الموجة، وتحدد بقياس فرق الصفحة phase shift الذي هو الفرق الزمني بين حركتين دوريتين لهما التردد نفسه حين لا يوجد تواقت بينهما، ويقاس بإرسال موجات بترددات مختلفة. ويمكن عندئذ حل معادلتين للحصول على العدد الصحيح n وعلى المسافة L. تسمى الأجهزة التي تقيس المسافات بهذه الطريقة بالقوائس الإلكترونية للمسافات EDM أي electronic distance meters.ومن أوائل هذه الأجهزة الجيوديمتر geodimeter الذي يستخدم حزماً ضوئية، وكذلك التللورومتر tellurometer الذي يستخدم الأشعة الميكروية. ثم تلتها أجهزة أخف وزناً وأسهل استعمالاً. وظهرت القوائس التي تستخدم أشعة الليزر. إن القوائس الإلكترونية الحديثة للمسافات ناجعة تماماً، وتعطي المسافات آلياً بمجرد الضغط على زر. وسميت هذه الأجهزة المحطات الكاملة total station . وتطالعنا مؤخراً محطات كاملة نبضية pulse total station تستخدم أشعة ترتد على السطوح كافة ويمكن الاستغناء بها عن العواكس. تقدر دقة قياس المسافات بالطرق الإلكترونية بِـ ٢ ppm ppm (تعني جزءاً من مليون من طول المسافة)، شكل (٥).

شكل(٥) جهاز الثديولايت لقياس المسافات الافقية



٢-قياس الفاصل الرأسي:

الفاصل الرأسي: فهو الفرق بين قيم خطوط الكنتور، فيما تعني المسافة الأفقية المسافة على الخارطة بين خط كنتوري وآخر ، أو بين نقطة وأخرى والتي يتم حسابها بقياسها على الخارطة ومعاملتها مع مقياس رسم الخارطة. مثال : استخرج معدل الانحدار بين نقطتي أ، ب.

مثال:

١-قياس الفاصل الرأسي أو الإرتفاع النسبي بين القمة والنهر أو المجرى المجاور لها اي بين أعلى نقطة وأخفض نقطة على امتدادا السفح ونحصل عليه بعشرات أو مئات الأمتار.
٢- قياس الفاصل الأفقي أو المسافة الفاصلة بين قمة السفح ونهاية الإنحدارات عند المجرى المائي بتحويل المسافة إلى مئات الأمتار.

قياس الانحدارات على الخرائط الكنتورية:

الانحدار هو الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي وخط الميل ، وقد يكون الانحدار شديداً فتصعب الحركة على السفح وتتضاءل إمكانية إقامة الأنشطة المختلفة.
ويقاس الانحدار بمصطلحات عديدة هي : معدل الانحدار ، نسبة الانحدار وزاوية الانحدار .
معدل الانحدار هو النسبة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية .

ومن المهم اختزال البسط إلى واحد صحيح، ويمكن إنجاز ذلك بقسمة البسط على المقام بعد توحيد وحدة القياس لكل من البسط والمقام . أما الفاصل الرأسي فهو الفرق بين قيم خطوط الكنتور، فيما تعني المسافة الأفقية المسافة على الخارطة بين خط كنتوري وآخر ، أو بين نقطة وأخرى والتي يتم حسابها بقياسها على الخارطة ومعاملتها مع مقياس رسم الخارطة.

مثال : استخرج معدل الانحدار بين نقطتي أ، ب

الحل :

نقيس المسافة بين أ–ب ، ولنفترض أنها كانت ٢ سم على الخارطة .

نستخرج ما يقابلها على الأرض بالاستعانة بمقياس الرسم إي المسافة الأفقية . بما أن مقياس الرسم هو ١سم = ٢٠٠متر ، وأن المسافة بين أ–ب كانت ٢ سم ، فأن المسافة عـــلى الطبيعة

أي المسافة الأفقية = ٢ سم× ٥٠٠م = ١٠٠٠متر

نستخرج الفاصل الرأسي بين أ –ب = ١٠٠٠–٥٠٠= ٥٠٠ م

أما معدل الانحدار = (م٥٠٠)/(م١٠٠٠)

وبالعودة إلى الملاحظة السابقة حيث نقسم المقام على البسط لاختزال البسط الى واحد صحيح فتكون النتيجة = ٢

فيكون معدل الانحدار ٢/١

أي أن كل فاصل رأسي مقداره ١ متر يقابله مسافة أفقية بمقدار ٢ متر.

نسبة الانحدار : وهو النسبة المئوية للانحدار ويستخرج بحسب الـمعادلة :–

نسبة الانحدار = × ١٠٠

في المثال السابق نسبة الانحدار = ×١٠٠ = ٥٥%

زاوية الانحدار .. وهو مقدار الزاوية التي ينحدر بها سطح الارض في نقطة القياس ، وهناك عدة طرق لقياسها ، إلا أن أبسطها هي ضرب معدل الانحدار × رقم ثابت هو ٥٧.٣ أي :

معدل الانحدار = X 57.3

في المثال السابق = ٥٠٠/١٠٠٠ × ٥٧.٣ = ٢٨.٦ درجة .

أي أن الزاوية التي ينحدر بها سطح المنطقة من ب إلى أ هي ٢٨.٦ ؟. إن دراسة الانحدار ونسبته وزاويته تفيد في الدراسات التطبيقية والمساحية الخاصة بإقامة المشاريع المختلفة.

خطوط الكنتور: خطوط الكنتور هي عبارة عن خطوط مرسومة على الخرائط الطبوغرافية، تمثل خطوطًا افتراضية على سطح الأرض، وتسمح هذه الخطوط بإعطاء بعد عمودي للخرائط، حيث تمثل الارتفاعات فوق سطح البحر، ويتم تعيين خط كنتور رئيس للخريطة الطبوغرافية، للرجوع إليه لتحديد الارتفاعات المختلفة، وكل خط كنتور متصل يمثل أماكن ذات ارتفاعات متساوية، تمثل الخطوط المختلفة ارتفاعات مختلفة تفصل بينها مسافات محددة، ويسمى الفرق بالارتفاع الفاصل الكنتوري، ويتم تعيين الارتفاعات على الخطوط الرئيسة داخل الخريطة لكل خط أو مجموعة خطوط كنتورية. لتحديد ارتفاع خط الكنتور يجب قياس الفاصل الكنتوري بالرجوع إلى مؤشر الارتفاع الموجود في مفتاح الخريطة، وبالاعتماد على ارتفاع الخط الرئيس المعروف مسبقًا يتم حساب المسافة بين كل خطين، وتحديد ارتفاع أي خط من خطوط الكنتور، وترمز خطوط الكنتور القريبة من بعضها إلى منطقة شديدة الانحدار، أما الخطوط البعيدة عن بعضها فترمز لمنطقة مستوية أو قليلة الانحدار، ويمكن حساب ميل المنطقة بقسمة التغير بالارتفاع على المسافة، وخطوط الكنتور أيضًا لا تتلامس أو تتداخل أبدًا، إلا في حالات نادرة، مثل وجود جرف أو حافة هاوية، حيث تندمج خطوط الكنتور في هذه المناطق.

٣-أنواع قياس الانحدارات:

١-قياس معدل الانحدار:

معدل الانحدار =الفصل الرأسي/ المسافه الافقيه

٢-نسبه الانحدار:

يطبق القانون السابق مع ضرب الفاصل الراسي X ١٠٠

٣-درجه الانحدار:

تقاس درجه الانحدار بطريقتين هما:

أ- ظل الزاوية وهي ناتجه من العلاقة بين المقابل والمجاور (المقابل/المجاور)

والمقابل يعني الفصل الراسي والمجاور المسافة الأفقية.

ب- تطبيق القانون التالي: درجه الانحدار = الفاصل الرأسي*٥٧.٣ / المسافة الافقية.

ج- استخدام جهاز Clinometer :

يستخدم هذا الجهاز في قياس درجه الانحدار ويعد من ابسط انواع الأجهزة المستخدمة وهو عباره عن نصف دائرة تتحرك حول محور و تكون حركتها ما يساوي ٩٠ الى اعلى و ٩٠ الى اسفل يحتاج استخدامه الى قامه مدرجه للقياس باتجاهها و حسب موقعها على السفح المراد قياس درجه انحداره.

اساليب قياس العقبات التي تواجه قياس المسافات الافقيه:

١-عائق يعترض القياس فقط، شكل (٦):

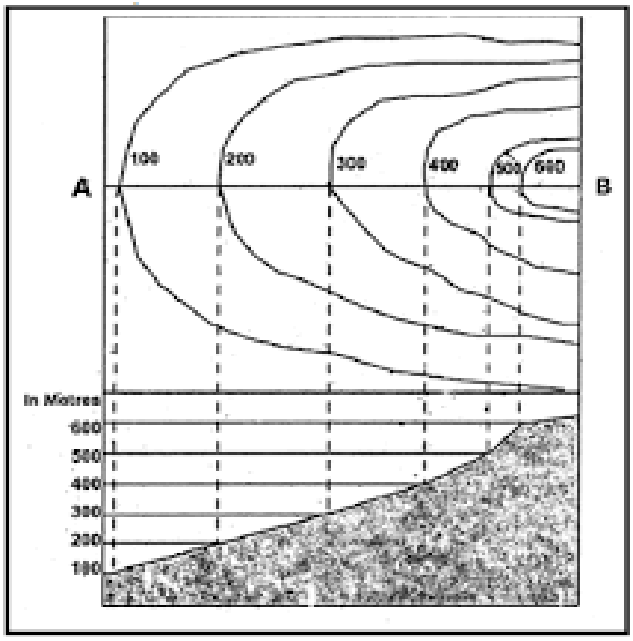
أ-رسم خط يمثل المسافة المراد قياسها أ و ب

ب- تحديد نقطتين على جانبي المعوق مثل ج و هـ

ج- رسم عمودين من النقطتين السابقتين الى اعلى وهما جـ د و هـ و

د- رسم خط من د الى و يكون موازيا للمسافة التي يشغلها العائق.

شكل(٦) عائق يعترض القياس



٢-عائق يعترض الرؤية فقط: وهي تمثل بوجود من منحدر او تل مرتفع

أ-رسم خط يمثل المسافة المراد قياسها مثل أ و ب.

ب-تحديد نقطتين على جانبي الظاهرة وهى جـ و د.

ج- مد خطين من النقطتين جـ و د من جانبي الظاهرة و بشكل مائل حتى يتقاطع الخطين عنده ويستمر الخطان في امتدادها حتي يصل ج الي س و د الي ص بحيث تكون نقطه التقاطع منتصف امتداد الخطين.

د- رسم خط بين س و ص والذي يكون مساويا لما يشغله العائق.

ثالثاً-تمثيل الانحدارات كمياً ونوعياً:

١-رسم مقطع طولي للمنحدر:

وهو عباره عن خط بياني يوضح طبيعة المنحدر من حيث الشده والاعتدال والبطيء ويعتمد على الخريطة الكنتورية المتوفرة لتلك السفوح لمعرفه الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بين الخطوط.

٢-تمثيل المقطع التضاريسي لسطح الأرض:

وهو ذات اهميه كبيره في مجالات مختلفة كالطرق والعمران والسدود حيث أنه يوضح طبيعة انحدار سطح الأرض، ويستخدم لذلك عدة طرق سيتم شرحها فيما يلى:

أ-طريقه سميث:

توضح هذه الطريقة طبيعة التضاريس المحلية في اي مكان حتى يتم تقسيم الخريطة الكنتورية الى مستطيلات مساحه كل واحد منها على الطبيعه٤.٤*٦.٧٥ اما على الخريطة فحسب مقياس رسم الخريطة ثم حساب الفرق بين اعلى وادنى نقطه في كل مستطيل ثم توصيل القيم المتساوية بخطوط التساوي وتظليل المناطق المتشابهة.

ب - طريقة رويس وهنري:

تعتمد هذه الطريقة علي تقسيم الخريطة الي اقسام صغيرة علي اساس كثافه خطوط الكنتور في كل قسم منها فكلما زاد عدد الخطوط زاد الانحدار..

ج- طريقة روبنسون:

تعتمد هذه الطريقة على الخريطه الكنتورية لمنطقه الدراسة ويتم تقسيم تلك المنطقة الى مربعات صغيره المساحة ثم يتم تصنيف القيم المتشابهة داخل المربعات من اعلى الى ادنى قيمه ويتم تظليلها بشكل متدرج يتناسب مع تدرج تلك القيم بحيث تكون اعلى القيم كثيفه التظليل واقلها ضعيفة التظليل وبعد ذلك يتم ازاله المربعات فتظهر المنطقة بشكل مجسم حسب طبيعة الوضع الطبوغرافي في المنطقة.

العوامل المتحكمة في نشوء المنحدرات:

تتباين العوامل التي تؤدي إلى نشأة وتطور المنحدرات، ويمكن إجمالها فيما يلي:

١-الحركات البنائية: وتشتمل على فعل الصدوع والألتواءات الأرضية، وتؤدي حركات التصدع إلى حدوث اضطرابات في المناسيب من خلال عمليات الرفع والهبوط المتكررة، وتكمن أهمية هذه الصدوع في حدوث اضطراب مفاجئ في التضرس ودرجة الانحدار لا يتناسب في معظم الأحيان مع المتغيرات البيئية السائدة، وينتج عن ذلك زيادة التضرس أو تنشيط العمليات الجيومورفولوجية الفاعلة على المنحدرات نفسها كالتجوية والحت المائي والاسر النهري مما يؤثر في تطور المنحدرات.

٢- نوع الصخر: تؤثر الصخور في درجة الانحدار من خلال تفاوت قابليتها لعمليات الهدم الجيومورفولوجية المختلفة، فالصخور الصلبة تقاوم هذه العمليات وتؤدي إلى نشأة منحدرات سحيقة. وكذلك تؤثر الصخور في انتظام المنحدرات، فالسفوح التلية أو الأودية النهرية التي تتعاقب فيها نوعيات صخرية مختلفة الصلابة تطور منحدرات مجزأة غير منتظمة، بينما يؤدي وجود نوع واحد أو نوعيات صخرية متشابهة إلى انتظام انحدارها.

٣- المناخ: يؤثر المناخ في تطور المنحدرات بطرق غير مباشرة من خلال تحديد نوعية ومعدلات عمليات التجوية ودرجة مقاومة الصخر أو صلابته، وكذلك فاعليته في تحديد التصريف المائي للأنهار ومعدلات التسرب ورطوبة التربة وكثافة الغطاء النباتي، إضافةً إلى تحديد نشاط الرياح. ففي الأقاليم الجافة حيث تقل كمية الأمطار وتشتد الاختلافات الحرارية اليومية وتنخفض كمية

التصريف المائي وتقل الكثافة النباتية وتنشط التجوية الميكانيكية بعملياتها المختلفة، تنخفض معدلات تراجع المنحدرات التي تحافظ على شدتها ووعورتها.

٤- الزمن: يعتبر الزمن عامل هام في تطوير المنحدرات حيث توضع المنحدرات في إطار زمني تطوري بحيث تتناقص درجة الأنحدار ويتحول من الشكل المقعر إلى الشكل المحدب أو شبه المستوي مع التقدم في دورة التعرية مع وجود تفاوت في معدلات الهدم والتراجع حسب العوامل البيئية السائدة.

٥-الإنسان: لا بد من التأكيد على تأثير فعل الإنسان في تطور المنحدرات، وذلك من خلال أعمال التعدين والحفر والردم وإزالة الغطاء النباتي والمشاريع الإنشائية التي يقوم بها مؤدياً إلى اضطراب المنحدرات وبعض العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بها، مثل الانهيارات الأرضية.

أهم أشكال التضاريس:

يمكن التعرف على المظاهر التضاريسية من الخرائط الطبوغرافية المتعددة الأشكال إذ عن طريق دراسة أشكال منحنيات التسوية و مقاطعها التضاريسية يمكن التوصل إلى نتائج قيمة في التعرف على الملامح الفيزيوجرافية فوق سطح الأرض بمعنى أن دراسة الخرائط الطبوغرافية و تحليلها يعد أمرا هاما في التعرف على أهم الظاهرات التضاريسية منها :

السهل :

تتألف السهول من سطح مستو أو متدرج أحيانا ، ينحدر انحدارا بطيئا نحو جهة واحدة ، حيث تظهر منحنيات التسوية متباعدة و متوازية أو منعدمة و تدل حالة انعدامها على وجود السهول الفيضية و الدالات و المستنقعات ، كما هو في سهل متيجة و عنابة و منطقة الدلتا المصرية وسهل العراق الجنوبي. و السهول بصورة عامة إما أن تنحدر نحو سواحل البحار و المحيطات ، و تسمى بالسهول الساحلية التي قد تكون واسعة مثل السهل الأوربي الشمالي أو ضيقة مثل معظم سهول أفريقيا الساحلية. و إما أن تكون سهولا داخلية تحيط بها المرتفعات بأكثر من جهة ، كسهل المجر. و نجد أن السهول الحديثة التكوين خالية من الوديان و الأخاديد و ان وجدت فتكون غير عميقة و تكون مستنقعات كما ذكرنا .و يزداد هذا العمق كلما بعدت فترة تكوينها ، أي أنها

أصبحت قديمة التكوين. و في جميع الحالات لا يتعدى عمق هذه الوديان أو الأخاديد البضعة أمتار.

الجبل :

و هي المنطقة التي تتميز بالارتفاع الشاهق عن مستوى الأراضي المحيطة بها كالسهول و الهضاب، و بالانحدار الشديد ، الذي يتخذ أحيانا شكل قائم الزاوية ، و تكون الجبال إما على شكل سلاسل تمتد امتدادا طوليا و باتجاهات مختلفة أو متوازية ، و تظهر الجبال على الخرائط بمنحنيات مغلقة ترتفع فيها المناسيب من الخارج نحو الداخل. كما تكون منحنيات التسوية شديدة التقارب من بعضها البعض و كلما كان التقارب شديدا اشتد انحدار السفح ، و كلما تباعدت المنحنيات كان الانحدار تدريجيا (خفيفا). كما تأخذ السفوح بالإضافة إلى درجة الانحدار أشكالا مختلفة فتكون إما منتظمة أو محدبة أو مقعرة أو متعددة الأشكال ، كما سبقت الإشارة إليه عند الحديث عن أشكال الانحدارات. و قد تظهر بعض الجبال منفردة على شكل كتلة ضخمة شديدة الارتفاع تشبه في شكلها التلال المخروطية و القبابية مع الإشارة إلى أن الجبال التي يشبه شكلها شكل المخروط هي الجبال التي تكون قد تكونت بفعل البراكين، مثل جبل كليمنجارو في شرق أفريقيا. كما يمكن أن تظهر على شكل جبل ذي قمتين ، و هو عبارة على جبل له قمتان تفصل كل منها عن الأخرى رقبة و هو انخفاض بين قمتي الجبل. و الرقبة تكون دائما في مستوى أقل من القمم التي تحيط بها و لكنها تكون أعلى من السهول أو الوديان المجاورة له.

المنحدر:

و يسمى أيضا بالسفح و هو الجزء المائل من سطح الأرض و المشرف على مناطق أقل ارتفاعا من المناطق المجاورة كسفوح الجبال و التلال و الأحواض . و يختلف شكلها ، أي انحدارها من منطقة إلى أخرى، فأما أن يكون شديدا و على شكل جدار و هذا يحدث في المناطق الجبلية الشديدة الانحدار و التي تشتد معها التعرية الرأسية ، و أما معتدلة أو متدرجة تدرجا بطيئا .

الهضبة:

الهضبة تشبه الجبل من حيث أنها منطقة مرتفعة و لكنها تختلف عنه من حيث أن قمتها مستوية و من هنا فإنها أحيانا تعرف باسم الهضبة المنضدية. و الخريطة الطوبوغرافية التي تمثل الهضبة تخلو من منحنيات التسوية في منطقة الوسط و لكنها تتقارب عند الأطراف المنخفضة. تنتشر الهضاب في الجزائر بالمنطقة الصحراوية على وجه الخصوص.

التل :

تتكون التلال في مناطق الهضاب و أحيانا السهول وذلك بفعل عوامل التعرية المختلفة .

و لا ترتفع عن السطح المجاور لها كثيرا. و تمثل على الخرائط الطوبوغرافية بمنحنيات مقفلة، و تتخذ أشكالا مختلفة ، أهمها :

١-التل القبابي:

وهو عبارة عن تل مرتفع جوانبه محدبة الانحدار أي يبدأ انحداره من الأسفل بانحدار شديد ثم ينتهي من أعلى بانحدار خفيف و يمكن معرفة شكله من الخريطة من تقارب منحنيات التسوية المنخفضة و تباعد منحنيات التسوية المرتفعة.

٢-التل المخروطي:

وهو عبارة عن تل مرتفع تتخذ جوانبه شكل انحدار مقعر أي أن انحداره يبدأ من الأسفل بانحدار خفيف ثم يأخذ التل في الارتفاع بانحدار أشد إلى أن ينتهي عند أعلى نقطة فيه بانحدار حاد، و يمكن معرفة شكل التل المخروطي من الخريطة من تقارب منحنيات التسوية عند القمة و تباعدها بالقرب من القاعدة.

الربوة:

وهو التل الصغير البارز فوق المنحدرات الجبلية أو الهضبة ، و قد يسمى أحيانا بالقمة الكاذبة. و يظهر على شكل حلقة أو حلقتين مغلقتين من منحنيات التسوية تعترض منحنيات التسوية المتتابعة و المتتالية في مناسيبها و التي تبين انحدار جانب الجبل أو الهضبة.

الوادي:

يتكون الوادي من منخفض طولي ضيق في المناطق الجبلية ذات الانحدار الشديد، وواسع في المناطق المستوية أو شبه المستوية. و تظهر منحنيات التسوية التي تمثل الوديان على الخرائط، بخطوط منحنية نحو الداخل أي نحو المنابع و هي إما أن تكون وديانا جافة أو دائمة الجريان أو مؤقتة الجريان. و يتألف قاع الوادي من منطقة المسيل ، أي مجرى النهر الأقل ارتفاعا . و من الأراضي المجاورة للمسيل و هي الأكثر ارتفاعا و تسمى أحيانا بالغور أو قاع النهر. و لكل واد سفوحه أو حافاته التي قد تطل عليه بشدة) عندما تتقارب منحنيات التسوية (أو بصورة تدريجية عندما تتباعد المنحنيات. و تتميز المناطق الجبلية بوجود عدة وديان رئيسية تتصل بها شبكة من الوديان الفرعية ، التي تسمى بالروافد.

خط تقسيم المياه:

هو أعلى منحنى تسوية يخترق المنطقة الجبلية، حيث ينحدر سطح الأرض منه باتجاهين متعاكسين، و تنحدر منه الوديان باتجاهين متعاكسين أيضا نحو السهول أو الأحواض المجاورة.

الحوض:

وهو منطقة منخفضة تحيط بها مناطق مرتفعة من جميع الجهات. تظهر بمنحنيات تسوية مغلقة تنخفض مناسيبها من الخارج نحو الداخل.

المصطبة :

و هي منطقة من سفح الجبل أو الهضبة تتميز بالاستواء أو الانحدار البسيط. و تنحدر حافتها السفلى بشدة نحو المنطقة أو الجزء الذي يليها . و تتكون المصاطب أحيانا على جانبي النهر في منطقة الوادي.

العقبة: وهي حافة شديدة الانحدار أو رأسية تقع بين انحدارين خفيفين.

الجرف: عبارة عن منطقة من الأرض ، جبل أو هضبة ، تنخفض فجأة نحو شاطئ البحر أي أن سطح الأرض ينحدر بزاوية قائمة و تتلاقى منحنيات التسوية كلها عند حافة الجرف .

الممر الجبلي: عبارة عن منخفض من الأرض يقع بين منطقتين مرتفعتين وليس بين قمتين و لهذا فإن الممر الجبلي يظهر في الخريطة الطوبوغرافية عادة على هيئة منحنيي تسوية على منسوب واحد.

الخانق :عبارة عن هوة سحيقة ضيقة و طولية تقع بين مرتفعين قائمين تقريبا سواء في منطقة جبلية أو هضبية ، و تظهر الخوانق على الخريطة الطبوغرافية على شكل خطوط تتقارب بشدة عند الحافات و يبلغ منسوب منحنيي التسوية على جانبي الخناق منسوب واحد.

النتوء أو البروز: و هو امتداد لجزء ضيق من المرتفع نحو البحر على شكل لسان ، و تظهر منحنيات التسوية منحنية نحو الخارج.

الثغرة : و هي عبارة عن تقدم جزء منخفض ضيق داخل منطقته المرتفعة على شكل لسان. و يكون شكل منحنيات التسوية فيه مشابها لما هو في البروز ، ولكن ترقيمها يكون معكوسا.

أهمية المنحدرات:

المجالات التي تتبع من خلالها أهمية المنحدرات هي

أ- الأهمية التطبيقية للمنحدرات.

ب- الأهمية الجيومورفولوجية.

تتبع الأهمية التطبيقية للمنحدرات من خلال استعمالات الأراضي المختلفة إذ تحدد نسبة الانحدار مدى ملاءمة السطح للاستعمالات المتخلفة والتي منها.

١-إنشاء مدرجات المطارات (نسبة انحدار ١%).

٢- سكك حديدية (نسبة انحدار ٢%).

٣- إقامة المباني (نسبة انحدار ٨%).

٤- مد أنابيب المياه والصرف الصحي.

٥-المصاطب الزراعية أو الشريطية.

٦- شق الطرق والأنفاق وبناء الجسور.

المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات:

١-الانهيارات الأرضية:

حركات للكتل والمفتتات الصخرية والتربة باتجاه أسفل المنحدرات بتأثير الجاذبية الأرضية.
وتختلف طبيعة حركة هذه المواد عن تلك الناتجة عن المياه الجارية أو الجليد أو الرياح، إلا أن المياه والثلوج يعملان على إضعاف مقاومة الصخور وتنشيط عمليات الانهيارات الأرضية في المنطقة.
وتعتبر الانهيارات الأرضية من أهم العمليات الجيومورفولوجية التي تعمل على تخفيض مستوى سطح الأرض.
وتؤدي بعض أنواع الإنهيارات وخصوصاً السريعة إلى خسائر في الأرواح وتدمير لكثير من المنشآت البشرية كالطرق والسدود ومصادر المياه وغيرها.
وتحدث الانهيارات لأن مقدار الضغط الذي تتعرض له الكتل والمفتتات على المنحدارت أكبر من مقاومتها لتلك الضغوط ، مما يؤدي إلى تحركها باتجاه أسفل المنحدرات بشكل بطيء أو سريع.
وعلى أية حال فإن دور التجوية في الإنهيارات الأرضية يتمثل في المؤثرات التالية:
تحضير وتوفير المواد الصخرية القابلة للانهيار، من خلال نشأة وتطوير التشققات والمفاصل الصخرية بأشكالها المختلفة، كذلك تفتت هذه المواد وأضعاف تماسكها؛ بحيث تصبح جاهزة للانهيار مع توفر العوامل الأخرى المساعدة.
تعمل التجوية الكيميائية على تزويد الماء المتسرّب عبر الفراغات والمفاصل الصخرية، بالمواد الطينية الناعمة، اتي تتجمع عند أسطح التطبق وتساعد في انزلاق الطبقات الصخرية المائلة والمجزأة.
كما أن التكوينات الطينية تتعرَّض إلى حدوث هبوط أرضي، الذي يكون أساسياً في عملية التجوية، ذلك ما ينتج بعمليات الانكماش والانتفاخ؛ بسبب تعاقب التجفيف الترطيب للمواد الطينية.

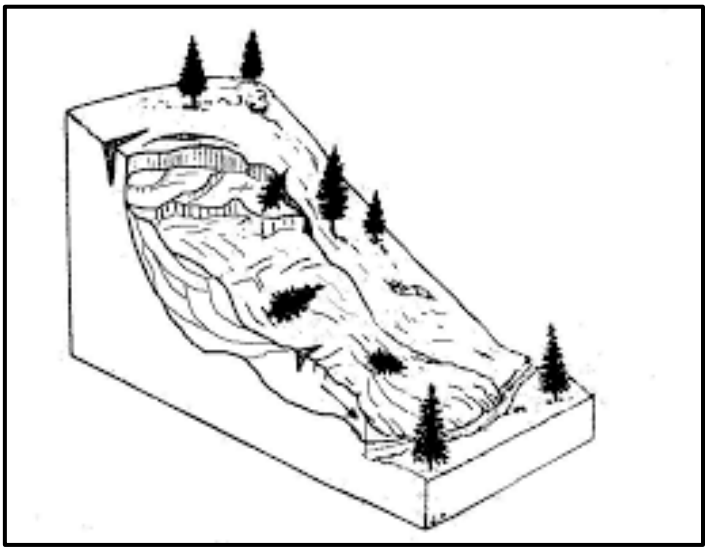
تُمارس التجوية ومن خلال الخاصية الشعرية دوراً هاماً في تكوين القشرات الملحية الصلبة، في الأراضي الجافة، التي من شأنها أن تقوم بمساعدة التكوينات الطينية في تماسُكها وليس انهيارها.

تقوم عمليات التجوية بتحديد نوعية الإنهيارات الأرضية القائمة، من خلال تحديد حجم المواد المُتوفرة للانهيار والتي تتراوح ما بين أحجام الكُتل الصخرية الكبيرة (انزلاقات صخرية، تساقط صخري، دحرجة صخرية) والمواد الناعمة (التدفق الطينيMud flow ، التدفق الأرضي Earth flow، زحف التربةSoil creep).

كما تساهم التجوية أيضاً في نشأة بعض أشكال الأرض الناتجة عن الانهيارات الأرضية، مثل مُنحدرات (الهشيمDebris slopes ، مخاريط الهشيمTalus Cones ، التشققات الطينية Gilgai والشبكات الحجرية).

كما تُعتبر الانهيارات الأرضية من أهم العمليات الجيوموروفولوجية، حيث تعمل على تخفيض مستوى سطح الأرض. وتؤدي بعض أنواع الانهيارات الأرضية خصوصاً التي تكون سريعة إلى خسائر في الأرواح البشرية، كذلك تدمير لكثير من المنشآت البشرية، الطرق، السدود، مصادر المياه وغيرها، شكل (٧).

شكل (٧) يوضح نموذج لانهيار سفح تل.



عوامل حدوث الانهيارات الأرضية:

تحدث الانهيارات الأرضية في الأراضي التي يتوفر فيها مقومات حدوثها ونشأتها، التي تؤدي إلى اختلاف في الاستقرار الانحداري ويتضمن ذلك ما يلي:

١-**الانحدار** : يعتبر الانحدار العامل الأهم في إنشاء الانهيارات الأرضية؛ نظراً لِما يسببه من جاذبية أرضية، حيث أنها مسؤولة عن نقل المواد الصخرية من المناسيب الأعلى إلى المناسيب الأدنى. كما تعتمد قوة الجاذبية الأرضية على فرق الارتفاع وأيضاً إلى حجم كُتلة الجسم؛ ممّا ينعكس في سرعة حركة المواد المنقولة مع تزايد كل من انحدار السطح وكتلة المواد المنقولة، كما أن الفرق في الارتفاع لا يقتصر على المسافات الأُفقية، بل إنه يشمل الأبعاد الرأسية حيث يتضمن الهبوط الأرضي من خلال الحركة العمودية للمواد الطينية إلى مناسيب تحت سطحية.

٢-**الحركات التكتونية** : تؤدي الحركات التكتونية إلى تخلع وتصدّع أو طي وإعادة ترتيب التكوينات أو الطبقات الصخرية؛ ممّا يؤثر في حدوث الانهيارات الأرضية وذلك من خلال الفاعليات التالية:

١-إن الاهتزازات التي تحدث داخل الأرض وترافق الحركات التكتونية، أو تنشأ عنها تؤدي إلى عدم استقرار الكُتل الصخرية الجاهزة للانزلاق أو السقوط، كما هو الحال بالنسبة للاهتزازات الأرضية الناتجة عن الزلزال وحسب قوة الزلزال نفسها. فالزلزال من ناحية تؤدي إلى اضطراب مناسيب ومنحدرات سطح الأرض. ومن ناحية ثانية تُضعف تماسك واستقرار الكتل أو الجلاميد الصخرية بغض النظر عن أحجامها؛ ممّا يتسبب في انهيارها بشكل مفاجئ، صورة (١).

صورة (١) تأثير الحركات التكتونية

٢-تؤثر الصدوع في نشأة الانهيارات الأرضية، من خلال ما تحدثه من اضطراب في تتابع واستمرارية ومناسيب التكوينات والطبقات الصخرية، بخاصة إذا رافق ذلك تكون تشققت أو مفاصل صخرية عند المكاشف الصخرية أو المُنحدرات السحيقة؛ ممّا يقلل من تماسك واستقرار الصخور في مواضعها.

٣-الظروف المُناخية : تمارس الظروف المناخية السائدة دوراً مهماً في حدوث الانهيارات الأرضية، من خلال المؤثرات التالية:

تجهز التجوية الميكانيكية للمواد الصخرية للانهيارات الأرضية، من خلال ما تحدثه من تشققات ومفاصل وتفتت يضعف من تماسكها، أو ما تنتجه التجوية الكيماوية من مواد ناعمة تتحوَّل إلى مادة مزحلقة.

يعمل الارتفاع في درجة الحرارة على تنشيط الخاصية الشعرية؛ ممّا يؤدي إلى تجمّع الأملاح على سطح التُربة وتكوين قشرات صلبة تعزل التربة عن فعل الانهيارات الأرضية.

تحدد كمية الماء الناتجة عن الأمطار رطوبة وقابلية التربة للتدفق أو التماسك.

وتقسم الانهيارات الأرضية حسب سرعتها إلى نوعين:

١- الانهيارات الأرضية البسيطة (الزحف).

تحدث حين يصبح دور عوامل الشد والضغط يفوق قليلاً مقاومة المفتتات على المنحدر ويستمر لفترة طويلة من الزمن .

الزحف الأرضي: يعتبر من عمليات الانهيارات الأرضية البطيئة، حيث أن أشكاله تكون مختلفة حسب المواد الصخرية التي يتم نقلها. فقد يتم على شكل زحف تُربة، كما يقوم على نقل حبيبات التُربة إلى الأجزاء الدنيا من المُنحدرات، أو إلى زحف صخري يتم بواسطته نقل كُتل صخرية منفردة أو زحف هشيم أو زحف صخري جليدي.

وتعتبر **الانهيارات الأرضية البسيطة** من العمليات التي تؤدي إلى حركة وزحف المواد بشكل بطيء قد لا يتجاوز عدة ملليمترات أو سنتيمترات في السنة، ولقد قسمها شارب إلى أربعة أنواع :

١-**زحف التربة :** (Soil Creep) يحدث لأسباب متعددة منها اختلاف المدى الحراري ، التجمد والذوبان ، سرعة سير الدواب الحيوانات البرية ، ودور الإنسان في الحرث باتجاه المنحدر .

وتتميز المناطق التي تنشط بها عملية زحف التربة بوجود ظاهرة سطحيات مفردها (سطحية) (Terracettes) وهي عبارة عن تموجات سطحية بسيطة للتربة في اتجاه المنحدر ، كما أن الزحف يلاحظ بتراكم المفتتات خلف الأشجار، وجدران الطرق وغيرها من المنشآت.

٢-**زحف ركام السفوح** : (Talus or Scree Creep) وهي زحف كميات هائلة من المواد والمفتتات كبيرة الحجم نسبياً وتراكمها من حضيض المرتفعات أو الجبال.

وتصل عمليات الزحف هذه أوج نشاطها في المناطق التي تتعاقب عليها فترات من التجمد والذوبان.

٣-**زحف الصخور** :(Rock Creep) ويقصد بها زحف كتل منفردة من الصخر كبيرة الحجم على طول منحدر ما.

ويعظم حدوث هذه الظاهرة في مناطق الحافات أو المنحدرات التي تتكون من صخور رملية أو جرانيتية تكثر بها الفواصل والشقوق.

٤-**تدفق التربة** :(Solifluction) وإذا كان زحف التربة وزحف ركام السفوح والصخور حركات جافة عموماً.

وتدفق التربة عبارة عن حركة انسياب بطيئة للتربة وبعض مفتتات الصخور المشبعة بالمياه الناتجة عن ذوبان الثلوج . لذلك فهي لا تحدث إلا في المناطق الجليدية وشبه الجليدية (Glacial and Periglacial)

وتتميز التربة في تلك المناطق بأنها دائمة التجمد، إلا أن طبقاتها العليا تذوب أثناء الفصل الدافيء أو بطلوع الشمس ، مما يؤدي إلى احتباس المياه في تلك الطبقة وانسياب المفتتات بعد ذلك انسياباً بطيئاً على انحدارات تتصف عموماً بالبساطة.

وتعتبر هذه العملية من أهم أنواع الانهيارات التي تساعد على تشكيل سطح الأرض في تلك المناطق، كما أنها تعمل في بعض الحالات على إغلاق الطرق وتراكم المفتتات أسفل المنحدرات.

٢-الانهيارات الأرضية السريعة.

وتضم الانهيارات الارضية السريعة، نوعين من التدفقات هما:

أ- التدفق الأرضي (Earth Flow) .

عبارة عن تدفق سريع لكميات كثيرة من المفتتات والكتل الصخرية المشبعة بالمياه والتي غالباً ما تكون ناتجة عن أمطار غزيرة في المنطقة. وتحدث التدفقات على سفوح تتميز بأنها متوسطة إلى شديدة الإنحدار. ويستمر هذا التدفق في الحركة إلى أن يتعرض الجزء المتدفق للتشقق، فيؤدي هذا إلى خروج المياه منها مما يبطئ من حركتها ومن ثم توقفها. وفي بعض الأحيان يأخذ التدفق شكل عنق زجاجة ضيق عند بدايته ثم يتسع ليصبح قطره عدة كيلومترات عند نهايته.

ب-التدفق الطيني(Mud Flow): يحدث بكثرة في المناطق الجافة وشبه الجافة، وهو عبارة عن خليط من المفتتات ترتفع بها نسبة المواد الطينية والرملية.

وتتميز حركة التدفق الطيني بأنها أكثر سرعة من التدفق الأرضي بسبب اختلاطها بكميات أكثر من المياه. وتميل هذه التدفقات إلى اتباع مجاري معينة، قد يتكرر اتباعها في كل تدفق، وحين تكون كميات المواد الطينية كثيرة فإن الأمطار الغزيرة تعمل على تدفقها خارج الوديان لتنتشر كالمياه على أقدام المرتفعات مما قد يسبب كوارث لمناطق الاستقرار القريبة.

وتعتبر المنحدرات البركانية من المناطق التي تتعرض بكثرة لهذا النوع من التدفقات، ويطلق عليها اسم لاهار. وهذه التدفقات تحدث نتيجة لتشبع الرماد البركاني والمواد الدقيقة بالمياه الناتجة عن البراكين والأمطار وذوبان الثلوج.

٣-الانزلاقات الأرضية (Landslides) أو (Landslips) كما تسمى أحياناً فهي حركة سريعة ومفاجئة لكتل كبيرة ومفتتات من الصخور ، إلا أن كمية المياه المرتبطة بهذا النوع من الانهيارات أقل من تلك المصاحبة للتدفقات السريعة.

ويحدث سقوط وانزلاق الصخور بشكل مستمر على انحدارات عادة حوالي ٤٠° ، وتساعد عمليات التجوية والتجمد والذوبان على السقوط.

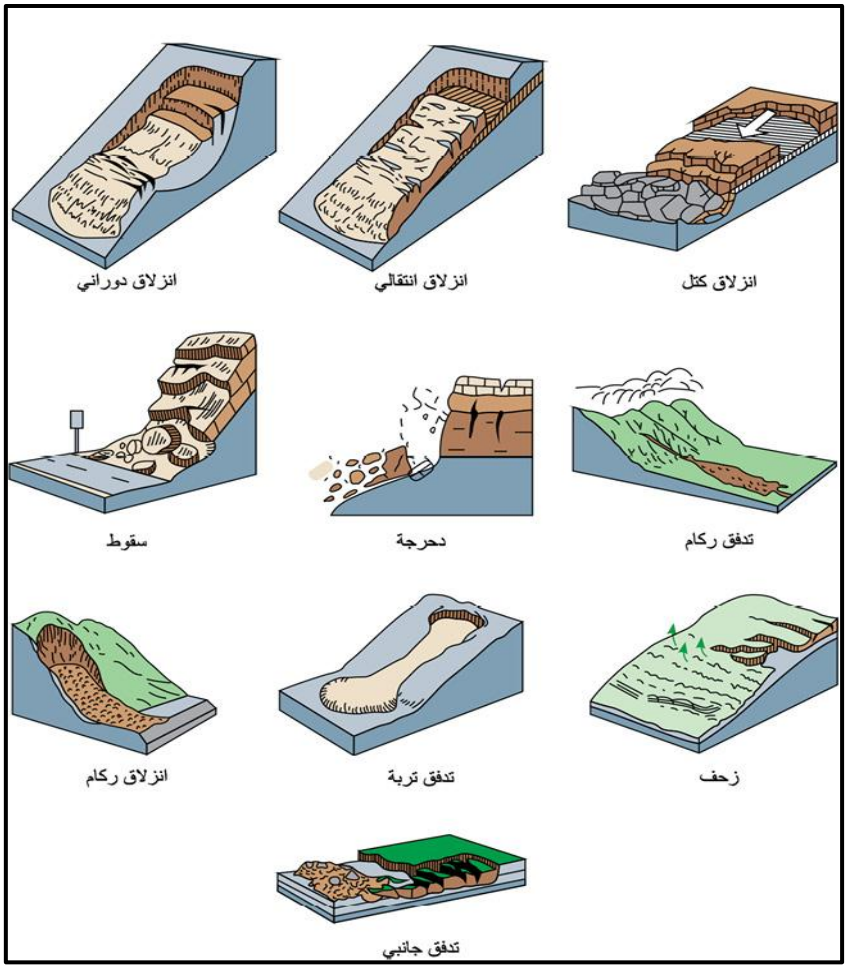
وتشمل الانزلاقات الأرضية الأنواع الآتية :

١-انزلاقات بدورة خلفية (Rotational) وهي حركة سريعة للمفتتات غير المتماسكة أو للكتل الكبيرة من الصخور.

وتحدث هذه الظاهرة بكثرة في المناطق ذات الانحدارات الشديدة مثل الجروف أو الحافات التي تتعرض للنحت بفعل الأمواج أو المياه الجارية ، وتحدث تحت ظروف خاصة مرتبطة بالتركيب الصخري وفقدان العوامل التي تساعد على ثبات الكتل ثم توفر المياه، شكل (٧).

تمتاز معظم مناطق الانهيارت والانزلاقات الأرضية بانحدارات شديدة تؤدي إلى عدم استقرار الكتل الصخرية والتربة المتوضعة عليها، وكلما زاد الميل اختل الثبات والاستقرار وبدأ الانهيار بالحركة نحو الأسفل، أو تبقى الكتل الصخرية في وضع استقرار حرج فتصبح هذه المناطق عرضة لزحف التربة في أي لحظة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

شكل (٧) انواع الانزلاقات الارضية



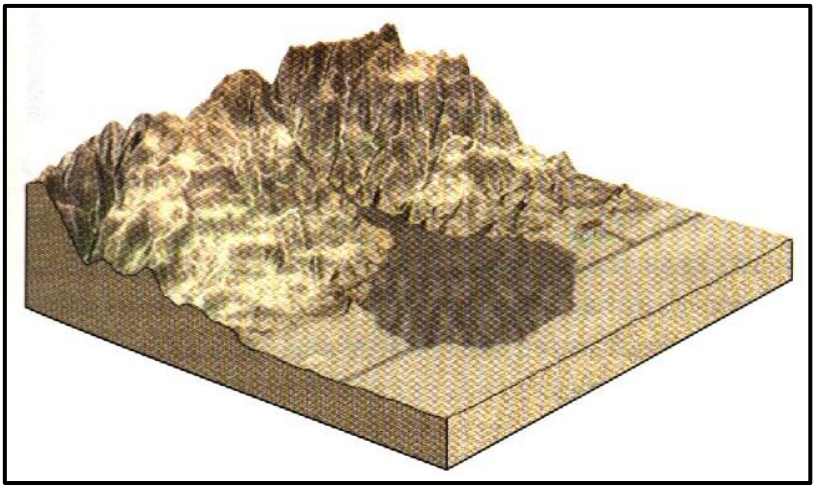
٢-**التدهورات** : (Slump) وهي تحدث بدورة خلفية أيضا، إلا أنها تختلف عن النوع السابق في أنها لا تتطلب دائما اختلافاً في التركيب الصخري، وأن مفتتاتها المنزلقة غالبا ما تكون متشابهة مثل التدفقات الطينية.

٣- **انزلاق الصخور** : Rock Slide عبارة عن انزلاق سريع للصخور على طول مناطق الضعف في التركيب الصخري كالشقوق والفواصل وقد تتأثر بهذا الانزلاق كتل صخرية منفردة أو جزء كبير من المنحدرات.

٤-**انزلاق المفتتات الصخرية** : Debris Slide هو عبارة عن انزلاق كميات كبيرة من المفتتات الصخرية والتربة المشبعة بالمياه، كما تهيء التجوية وعوامل النحت أسفل المنحدرات انزلاق هذه المفتتات على طول سفوح شديدة الانحدارات.

٥- **سيل طيني (انسياب طيني) Mudflow** : عبارة عن انهيار سريع الجريان من خليط متكون من الطين والفتات الصخري والماء. وهو عادة يحدث في المناطق الجبلية الشبه جافة والمناطق المحيطة بالبراكين. وعادة يجري السيل الطيني عبر الأودية والأخاديد الموجودة في هذه المناطق الجبلية، شكل (٨).

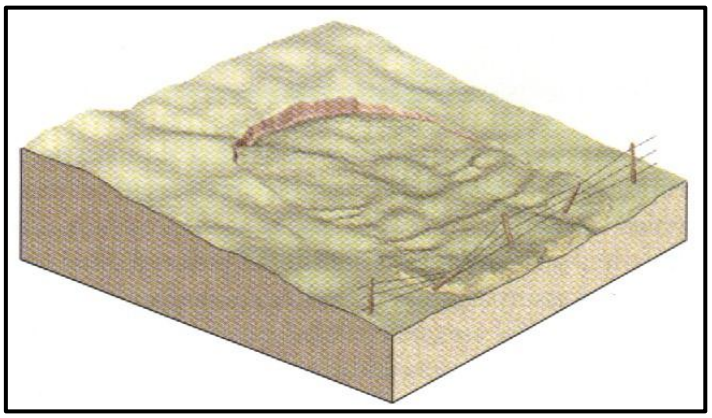
شكل(٨)سيل طيني



٦- **انسياب التربة Earth flow:** يحدث هذا النوع من الانهيارات عندما تتشبع التربة السطحية المفككة بالماء، ويكون السطح مائل، والمواد التي بإمكانها أن تنهار تتكون من الغرين والطين وقليل من الحجوم الرملية والجلاميدية. وتحدث عادة في المناطق الممطرة، وتعتبر بطيئة

الحركة نسبيا مقارنة بالانهيارات السابقة، وتعتمد السرعة على درجة انحدار السطح الخارجي للأرض، شكل (٩).شكل (١٠).

شكل (٩) يوضح انسياب التربة



وتؤدي هذه العملية إلى تراكم كميات كبيرة من المفتتات أسفل السفوح. وعلى الرغم من أنه يمكن إعطاء تقسيمات معينة لكل نوع من أنواع الانزلاقات ، إلا أن الحواجز بينها في كثير من الأحيان غير واضحة .

تحدث الانزلاقات الأرضية في المناطق الحضرية والطبيعية على حد سواء ، وتتسبب بأضرار كبيرة تفوق في أحيان كثيرة أضرار الزلازل؛ كما حدث في زلزال آلاسكا ١٩٦٤، حيث قُدّرت الأضرار الناجمة عن الانزلاقات بسب الزلزال بنحو 56% من قيمة الأضرار الكلية. وفي اليابان قُدّر أن أكثر من نصف الوفيات حدثت نتيجة الزلازل الكبيرة بين عامي 1964 و ١٩٨٠ بسبب الانزلاقات الأرضية. ومن أشهر الانزلاقات الأرضية تلك التي حدثت في الفيليبين؛ حيث أدى سقوط الأمطار الغزيرة والمتواصلة عام ٢٠٠٦ إلى حدوث انهيار طيني؛ ما أودى بحياة نحو ٣٠٠ شخص، فيما عُدَّ نحو ١٥٠٠ شخص مفقوداً، وقد دُفنت مئات المنازل في إحدى القرى تحت الطمي. وفي المنطقة العربية أدى الانزلاق الذي حدث في قرية الظفير الجبلية في اليمن عام ٢٠٠٥ إلى وفاة ٥٠ شخصاً على الأقل ودمَّر القرية، كما أودى انهيار الدويقة في جبل المقطم في مصر عام ٢٠٠٩ بحياة عدد كبير من الأشخاص ودُمّر العديد من المنازل، صورة (٢).

صورة(٢) انزلاقات صخرية

الانزلاقات الأرضية landslides هي إحدى المشكلات البيئية التي تهدد العالم، وتحدث عادةً على المنحدرات عندما تتوافر العوامل المسببة لها (الشكل ٦)، وقد يحدث الانهيار فجائياً أو على مراحل أو على فترات متباعدة.

ويمكن إيجاز بعض الأسباب الأساسية التي تؤدي إلى حدوث الانهيارات الأرضية:

١. التراكيب الجيولوجية (الصدوع والفواصل والشقوق): تتأثر مناطق الانزلاقات الأرضية غالباً بصخورها النارية والمتحولة والرسوبية وبالصدوع والشقوق والفواصل التي ترافق تكوينها، إضافة إلى الحركات التكتونية القديمة التي تجعلها غير مستقرة جيولوجياً وتجعلها شديدة الانحدار؛ مما يسهل عملية التعرية الطبيعية التي تسبب حدوث الانهيار وتساقط الكتل الصخرية. كما أن وجود بعض الطبقات الطينية التي تتوضع عليها الكتل الصخرية المعرضة للسقوط تساعد على حدوث الانهيارات الصخرية لأن لهذه الطبقات قابلية شديدة لامتصاص المياه والانتفاخ والتشقق بعد فقدان المياه، فتكون محفِّزة لحدوث الانهيارات وتساقط الكتل الصخرية.

٢. الميل والانحدار: تمتاز معظم مناطق الانهيارت والانزلاقات الأرضية بانحدارات شديدة تؤدي إلى عدم استقرار الكتل الصخرية والتربة المتوضعة عليها، وكلما زاد الميل اختل الثبات والاستقرار وبدأ الانهيار بالحركة نحو الأسفل، أو تبقى الكتل الصخرية في وضع استقرار حرج فتصبح هذه المناطق عرضة لزحف التربة في أي لحظة نحو الأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

٣. عوامل التعرية والتجوية: تؤدي عوامل التعرية القديمة والحديثة في مناطق الانزلاقات إلى تهشم بعض أجزاء الصخور وتفتتها وتحللها وتحولها من ثمّ إلى مواد ناعمة على امتداد واسع، وقد يصل

سمك هذه الطبقات إلى بضعة أمتار. فتؤدي هذه الطبقات دوراً أساسياً في عملية الانزلاقات الأرضية خاصة عندما تكون مشبعة بالماء.

٤. تأثير مياه الأمطار والينابيع: تعد الأمطار أحد الأسباب الرئيسة التي تؤدي إلى الانهيارات والانزلاقات الأرضية، فعندما تتشبع الصخور بمياه الأمطار أو العيون والينابيع تضعف قوى التماسك والاحتكاك بين أسطح تلامس الكتل الصخرية، والأكثر من ذلك تعمل المياه على غسيل المواد الرابطة للصخور وإذابتها فتتكون مادة غروية تسهل عملية انزلاق الصخور والتربة التي تعلوها.

٥. الزلازل: تولد الهزات الأرضية أمواجاً طولية وأمواجاً عرضية تولد قوى تزعزع استقرار الصخور على المنحدرات مما يؤدي إلى انزلاقها.

٦. الأشجار والحشائش: إن وجود بعض الأشجار والحشائش ذوات الجذور الكبيرة في مناطق الانزلاق الأرضي يؤدي دوراً كبيراً في عملية الانزلاق، حيث تنمو الجذور داخل شقوق الصخور والفجوات الموجودة في المنطقة فتزيد من توسعها وتفتتها كما إنها تساعد على تسرب المياه عميقاً مما يؤدي إلى تفتت الصخور وتحولها إلى حطام مع مرور الزمن.

٧. الأعمال البشرية: تؤدي عمليات الحفر في الأطراف السفلية للمنحدرات باستخدام المتفجرات بهدف استخراج الصخور والتربة لأغراض البناء ورصف الطرقات إلى عدم استقرار الصخور في تلك المناطق حيث إن جزءاً كبيراً من الكتل الصخرية التي تتم إزالتها كانت تعمل جدراناً ساندة للركام الصخري والتربة أعلاها، إضافة إلى توسع الشقوق القديمة وتكون شقوق جديدة في اتجاهات مختلفة.

٤-الهبوط أو الانخسافات الأرضية :

تنخسف الأرض نتيجة فقدان المواد الداعمة تحت سطحها فتضعف الطبقة السطحية منها وتهبط على نحو مفاجئ، والهبوط الأرضي ظاهرة طبيعية تتعرض لها بعض المناطق من سطح الأرض، وكذلك يقصد بالهبوط الأرضي السطحي للأرض أو ما يعرف بالترييح وهي حركة عمودية أو أفقية تنتاب سطح الأرض تحدث نتيجة حدوث خلل بالتوازن الاستاتيكي للطبقات الأرضية السطحية، وقد تحدث هذه الظاهرة بشكل تدريجي بشكل غير محسوس أو بصورة فجائية.

ويُعَّد الانخساف الأرضي أو هبوط الأرض من أكثر أشكال الانهيارات الأرضية شيوعاً، ويراوح في حجمه بين انهيار موضعي (بالوعة sinkhole) إلى كبير يعود أساساً إلى أسباب مرتبطة بالنشاطات البشرية. تتنوع أسباب انخساف الأرض؛ فمنها ما ينجم عن تجفيف المستنقعات، ومنها ما يعود إلى انحلال المواد الذوابة في الحوامل المائية الكلسية(limestone aquifers)الكارستkarst ، ومنها ما يحصل بسبب ابتلال المواد المفككة ذات الكثافة الظاهرية المنخفضةhydrocompaction ، أو الانضغاط الطبيعي، وتميع التربة، وتشوه قشرة الأرض، وأعمال المناجم، واستنزاف المياه الجوفية، وأعمال استخراج النفط والغاز. ومن أنواع الانخسافات الأرضية:

المنخفضات الأرضية الطبيعية كالجوبات(dolines) مفردها جوبة وتسمى أيضاً بالبالعة أو القمع الكارستي، وتنجم أساساً عن انحلال الصخور الكلسية في منطقة ليهبط سطح الأرض فيها عن مستواها الطبيعي، وتشاهد هذه الظاهرة في مناطق انتشار الصخور الكلسية كما في سلسلة الجبال الساحلية، ومنها جوبة برغال التي تُعَّد من أكبر جوبات المنطقة الساحلية السورية، وبالتحام عدد من الجوبات المتجاورة يتشكل منخفض واسع يعرف بالأوفالا .uvala وقد ينشأ بعض المنخفضات من انخساف سطح الأرض عند تأثرها بظاهرتي الالتواء والشد المرافقتين للنشاط التكتوني، كمنخفض القطارة في مصر ومنخفض وادي سرحان بين السعودية والأردن ومنخفض السلمان في العراق. كما يمكن أن تنشأ الانخسافات من أسباب طبيعة وبشرية؛ منها ما هو مستمر ينتج من تأكل الحجر الجيري وتذويبه dissolution of limestone وينجم عنه هبوط subsidence trough واسع في سطح الأرض، أو انهيار ارضي محدود ينتج من تكهّف أرضي حيث تنهار الأرض فوقه عند تحميلها، صورة (٢) وتتسبب حركة المياه تحت سطح الأرض في مناطق الترسبات الفتاتية غير القابلة للذوبان في تكوين أنابيب وتجاويف وانخساف مواد سطح الأرض. وتنتشر هذه الظاهرة في مناطق ترسبات السلت والرماد البركاني والترسبات المائية ذات التركيب الناعم كالطين والطفل.

صورة (٢) انخفاس أرضي محدود في الصين.

ـ الأسباب الطبيعية للهبوط الأرضي او الانخسافات:

١- الإذابة تحت السطحية:

وهذا يحدث نتيجة لإذابة تتعرض لها المكونات الصخرية التحتية، حيث تتميز الصخور الجيرية بكثرة شقوقها وفواصلها الصخرية وبالتالي تكون موطن ضعف تهاجمها المياه المشبعة بحمض الكربونيك

ـ ومن الأمثلة على ذلك ما تعرضت له منطقة الافلاج بالمملكة العربية السعودية والتي تتميز بوجود مساحات واسعة هابطة تتوسطها عيون مائية ويرجع هبوطها إلى أسباب هيدروجيوكيميائية – تتمثل في حدوث تحلل كيميائي وإذابة الطبقة الجيرية مما نتج عنه تكهف وتكون تجويفات تحت أرضية.

٢- هبوط الأرض بسبب انصهار الجليد الأرضي:

فعندما يحدث انصهار للجليد في الرواسب السطحية (الطبقة السطحية) فإنها تتغير في خصائصها التي كانت في حالة تجمد، مما يؤدي إلى هبوط المباني والطرق والمنشآت المقامة فوقها مع ظهور تجويفات وأودية نتيجة انصهار الجليد.

٣- التجوية الملحية وهبوط الأرض وتشققها ويقصد بها نمو بلورات من الأملاح التي تمتلئ بها التشققات والمسامات الصخرية مما يؤدي إلى تفكك الصخر خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

ومن الآثار الخطيرة للتجوية الملحية:

أ. تعرض الطرق في المناطق الجافة للتشقق خاصة عندما تمتد قرب السبخات المنخفضة وهذا يحدث بسبب زيادة معدل التبخر.

ب- كذلك تتعرض أساسات المباني التي تقام بمناطق تنشط فيها التجوية الملحية للهبوط والانهيارات خاصة عندما تمتد أساساتها قرب مستوى الماء الجوفي ومن الأمثلة على ذلك ما تتعرض له بعض المدن في المملكة العربية السعودية مثل جيزان و الهفوف والدمام وغيرها

٤- قد يحدث هبوط أرضي بسبب تعرض منطقة ما لأحداث تكتونية مثل الزلازل والبراكين.

الأسباب البشرية وراء الهبوط الأرضي:

١- استخراج السوائل (سحبها) ولم تتم ملاحظة أثر السحب الزائد للمياه أو البترول والغاز إلا في عام ١٩٢٥م، عندما لوحظ هبوط أرضي بحقل بترولي في ولاية تكساس في أمريكا، وفي منطقة وادي سانتا-كلارا بولاية كاليفورنيا وذلك بسبب الزحف الزائد للمياه الجوفية.

٢- عمليات الري في مناطق ذات خصائص فيزيائية معينة:

وتمارس عمليات الري والزراعة في مناطق ذات تربة ناعمة تزداد بها المواد العضوية وينتج عن ابتلالها تمدد واضح يعقبه انكماش واضح عند تعرضها للجفاف مما يؤدي إلى نقص الحجم الظاهري لها وهكذا يحدث الهبوط الأرضي.

٣- عمليات التعدين الظاهري والهبوط الأرضي:

كثير من مناطق التعدين تتعرض لهبوط أرضي موضعي نتيجة استخراج المعادن حيث يحدث تجويفات وتكهفات تحت أرضية تؤدي إلى حدوث هبوط وترييح للطبقات السطحية.

وتعد مناطق استخراج الفحم في اوربا من المناطق التي تتعرض لحدوث تشوهات وتشققات سطحية مصاحبة ينتج عنها تكون مستنقعات وتموج الطرق .

ويرجع هذا الهبوط أساساً بسبب عدم ملء الفراغات الناجمة عن استخراج الفحم بمخلفات التعدين وتركها تهبط.

من الأمثلة الشهيرة على هبوط سطح الأرض نتيجة للضخ المكثف للمياه الجوفية ما حدث في مدينة البندقية Venice في إيطاليا؛ إذ هبط سطح الأرض فيها نحو ١٥ سم في الفترة بين عامي

١٩٣٠-١٩٧٣، كذلك الأمر في مدينة المكسيك Mexico City حيث هبطت الأرض في بعض مناطق المدينة نحو ٨ أمتار منذ بد عمليات الضخ عام ١٩٣٨، وسجلت حالات مماثلة في عدة مدن أمريكية منها مدينتي توسان) Tucson ،صورة (٤) وباتتروج Baton Rouge في ولايتي أريزونا ولويزيانا الأمريكيتين، ووصل الهبوط إلى ٨.٥ م في منطقة سان جواكين San Joaquinبكاليفورنيا (بمعدل ٠.٥ م/السنة). وفي المنطقة العربية حدثت حالات هبوط سطح الأرض نتيجة الإفراط في ضخ المياه الجوفية في مناطق مختلفة كالسرير في جنوبي ليبيا.

صورة (٤) هبوط ارضي بسبب الضخ المكثف للمياه الجوفية .

يؤدي تجفيف الأهوار والمستنقعات والدلتاوات إلى انخفاض في كثافة تربها فتصبح أكثر عرضة للهبوط وتنخسف بعض مواضعها؛ بالمقابل يؤدي غمر الأراضي بالمياه إلى حدوث انخسافات في الأراضي ذات التكوينات السطحية المفككة غير المتماسكة؛ فإذا تشبعت بالماء انخفضت متانتها فتلتحم حبيباتها وتهبط في المستوى. ويمكن أن تحدث الانخسافات في طبقات الأرض العميقة نتيجة النشاط الزلزالي الناجم عن اختلال في طبقات القشرة الأرضية، كذلك عند استخراج النفط والغاز الطبيعي بكميات كبيرة أو هجرة المياه تحت السطحية من منطقة إلى أخرى كما في الخُبر والدمام في المملكة العربية السعودية. وتسهم عمليات التعدين في تكوين الانخسافات من خلال حفر أنفاق المناجم حيث يعيد سطح الأرض تموضعه فوق الأنفاق.

يؤثر انخساف الأرض اقتصادياً وبيئياً، ويُلجأ عادة إلى الحد من مخاطر الظاهرة بتحديدها من خلال برامج الرصد والتحقق وإنشا الخرائط باستعمال منظومات المعلومات الجغرافية وأنظمة

الرادار في السوائل الصنعية إذ يمكن من خلالها قياس تشوهات سطح الأرض ورصدها، وبالتالي رسم خرائط استعمالات الأراضي بما يكفل تجنب المناطق الخطرة المعرضة للهبوط ومناطق المنحدرات في أعمال البنية التحتية وإنشا المناطق السكنية وتوعية الناس بهذه المخاطر.

أساليب الحد من الانزلاقات والانهيارات الأرضية:

يمكن تحسين الوقاية من مخاطر الانزلاقات الأرضية باتباع الإجراءات الآتية:

١. نشر الوعي البيئي في أوساط المجتمع، والتحذير من مخاطر الانهيارات الأرضية والبناء العشوائي، والتعريف بأهمية الرجوع إلى جهات الاختصاص لتفادي أي أضرار وخسائر مادية وبشرية، مما يؤدي إلى صعوبة مواجهة مثل هذه الكوارث لعدم توافر الإمكانات المناسبة لذلك.

٢. الرجوع إلى الجهات الاختصاصية عند تنفيذ المشروعات الإنشائية لإجراء الدراسات «الجيولوجية والتكتونية» والزلزالية، إضافة إلى دراسة «ميكانيك» التربة والصخور في المواقع المنحدرة المراد استخدامها.

٣. تصميم قنوات تصريف لمياه الأمطار وتنفيذها لمنعها من التغلغل في التربة والوصول إلى الكتل الصخرية القابلة للسقوط، ومنع تشبع الطبقات الناعمة بالمياه.

٤. تفتيت الكتل الصخرية المعلقة وتكسيرها لأنها تهدد المباني المقاومة على سفوح المنحدرات بطرق فنية مع تجنب إحداث أي أضرار في المناطق المزدحمة بالسكان. وكذلك إقامة جدران استنادية وحواجز بيتونية تمنع تساقط الكتل الصخرية، وملء الشقوق والفواصل بالمواد الإسمنتية من أجل منع وصول مياه الأمطار وتخللها فيها.

٥. عدم الاقتراب من أماكن تساقط الكتل الصخرية خاصة في أثناء سقوط الأمطار لأن بعض مجاري مياه الأمطار القادمة من قمم الجبال تمر عبر مناطق الانهيار فتعمل على تعرية المواد الساندة لهذه الصخور وجرفها.

٦. المراقبة المستمرة للشقوق والفواصل الموجودة في مناطق المنحدرات وخاصة في موسم الأمطار لمعرفة مدى اتساعها وظهور شقوق جديدة.

٧. إعداد خرائط جيوبيئية يحدد عليها المواقع المحتملة للانزلاقات الأرضية ودرجة خطورتها من أجل الاستفادة منها مستقبلاً.

٨-المنحدر الغطاء النباتي: واحدة من أسرع وأسهل الطرق لمنع الانهيار الأرضي على المنحدر هو زرعها. تعمل طريقة الوقاية من الانهيار الأرضي بشكل أفضل على المنحدرات غير شديدة الانحدار أو إذا لم تكن الحركة قد بدأت بالفعل. يمكنك القيام بهذه الطريقة بنفسك عن طريق زرع غطاء أرضي أو استئجار منظر طبيعي لزرع المنحدر.

٩- الجدران الاستنادية: يجب أن يكون الاحتفاظ الصلب المصمم بشكل جيد من مواد قوية مثل البناء أو الطوب أو الحجر أو الفولاذ. تساعد مواد الصرف خلف الجدار في زيادة ثبات الجدار.

١٠- تحويل مسارات :يعد إنشاء مسارات لتحويل الأنقاض خيارًا آخر لمنع الانهيارات الأرضية في الممتلكات الخاصة بك. يمكنك إنشاء هذه المسارات بمساعدة الاحتفاظ بالجدران. ومع ذلك ، إذا كنت تبني جدرانًا لتحويل تدفق الحطام وبعد ذلك يهبط التدفق على ممتلكات أحد الجيران ، فقد تكون مسؤولاً عن الضرر.

١١- الوقاية المؤقتة: لمنع الانهيارات الأرضية المؤقتة ، يمكن استخدام الأكياس الرملية لتحويل المياه من الانسكاب غير المنضبط تمامًا كما تفعل الجدران المحتجزة أو الممرات المحولة. هناك طريقة أخرى لحماية المناطق غير المستقرة باستخدام الأغطية البلاستيكية أو الأقمشة أو حتى الخيش ، خاصة في المناطق التي لا تحتوي على نباتات بسبب الحرائق الأخيرة.

الفصل الرابع: التعرية – اسبابها ومشاكلها

أولاً–تعرية الامطار والمياه الجارية:

١–تعرية الامطار الحامضية

تعتبر الأمطار الحمضية أو الحامضية Acid Rain من المشاكل البيئة المعقدة التي تواجه الإنسان في الوقت الراهن، نظرا لزيادة تركيز الملوثات في الغلاف الجوي.

تعريف المطر الحمضي

يعتبر المطر الحمضي من أخطر المشاكل البيئية التي نواجهها ويؤثر على قطاع كبير فى البيئة. وكما يتضح من الاسم، فالمطر الحمضي هو المطر الذي يكتسب الصفة الحامضية، ويصبح هكذا من الغازات التي تتحلل فى ماء المطر وتكون الأحماض العديدة المختلفة.

المطر بطبيعته حامضياً بنسبة ضئيلة بسبب ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من تنفس الحيوانات وينحل فى المطر، والمعامل الذى يقاس به درجة الحامضية للمطر (pH) وقبل الثورة الصناعية نجد أن هذا المعامل فى المطر يتراوح بصفة عامة بين نسبتى (٥، ٦) لذا نجد أن مصطلح المطر الحمضى يستخدم ليصف فقط المطر الذى يحتوى على (pH) بنسبة (٥) وما تحت هذه النسبة. اما المناطق النشطة بالبراكين تكون النسبة النمطية (٤) حيث يتحد ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ويكونان حمض الكبريتيك فى المطر.

ونستطيع القول بأن " المطر الحمضى" مصطلح عام يطلق على الطرق العديدة التي تسقط بها الأحماض من الغلاف الجوي، والمصطلح الأكثر دقة له هو "الترسيب الحمضي" والذى يتكون من جزئين:

١–ترسيب حمضي رطب

٢– ترسيب حمضي جاف

ويشير الترسيب الرطب إلى المطر الحمضي والضباب والثلج. وبما أن الماء الحمضي يتدفق فوق ومن خلال سطح الأرض فهو يؤثر على العديد من النباتات والحيوانات ومدى قوة تأثيره يعتمد

على العديد من العوامل بما فيها درجة حمضية الماء، كيمياء التربة، نوع الأسماك والأشجار، وكافة الأحياء الأخرى التي تعتمد على الماء.

أما الترسيب الجاف فيشير إلى الغازات الحمضية والجسيمات. وحوالى نصف الحمضية فى الغلاف الجوي تصل للأرض من خلال هذه الرواسب الجافة. ثم تقوم الرياح بدورها بحمل هذه الجسيمات الحمضية والغازات وترسيبها على المباني والسيارات والمنازل والأشجار وبعدها تأتى الأمطار لتغسل هذه الأسطح من أية غازات أو جسيمات تعلق عليها بفعل الرياح، ومن هنا تتحول الأمطار إلى أمطار حمضية بدرجة اكبر من التي تكون عليها الأمطار عندما تتساقط فى البداية بدون أية مؤثرات خارجية.

تأتى دور الرياح مرة أخرى لتعصف بأية رواسب رطبة أو جافة عبر الحدود ومن مكان لآخر، وفى بعض الأحيان لعديد من مئات الأميال. وقد اكتشف العلماء نتائج مؤكدة أن ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين هما السببين الرئيسيين للمطر الحمضي. وينتج المطر الحمضي عندما تتفاعل هذه الغازات فى الجو مع الماء والأكسجين والعناصر الكيميائية الأخرى لتكون مركبات حمضية عديدة، ويزيد ضوء الشمس من معدل غالبية هذه التفاعلات والنتيجة هو محلول متعادل من حمض الكبريتيك وحمض النتريك.

أن هَطْل الأمطار يُضْعِف الصخور بشكل ملحوظ، عن طريق الانحلال الكيميائي، حيث تتسبب زيادة معدلات هَطْل الأمطار في رفع المعدلات الإقليمية للتجريف النهري. تكمن أهمية هذه النتيجة في كونها تساعد على وضع أساس لتحديد العلاقة بين الانحلال الكيميائي . الذي يَستهلِك ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي . والتجريف النهري، الذي يحدد وتيرة التجريف العام على نطاق المناظر الطبيعية الشاسعة في السلاسل الجبلية الخالية من الثلوج.

أن التأثير الرئيس للهَطْل يكمن في دوره في قيادة العوامل الجوية الكيميائية. يؤثر التباين الفراغي بشكل كبير على الأنماط الفراغية لمقاومة التجريف، المرصودة في طوبوغرافيا القنوات النهرية؛ إلا أن تأثير تدرُّج الهَطْل على تصريف النهر يظهر بدرجة أقل بكثير، إذ يعتمد التصريف فقط على متوسط الهَطْل على مساحة التصريف بالكامل.

ان اكتشاف أن التأثير الرئيس للتباين الفراغي في الهَطْل على التجريف النهري يحدث عن طريق العوامل الجوية الكيميائية يشير أيضًا إلى طرق أخرى، يمكن من خلالها أن يؤثر الهَطْل على معدلات التجريف الإقليمية. فعلى سبيل المثال.. يتحكم الهَطْل المطري في نوع النبات الذي قد ينمو في المنطقة، الأمر الذي يؤثر بدوره على معدلات العوامل الجوية الكيميائية، وعلى المقاومة الفيزيائية للتجريف.

تأثير الأمطار الحامضة

تؤثر الأمطار الحامضية على الإنسان والنبات وكافة عناصر البيئة ، فتتسبب في إصابة الإنسان بأمراض الربو والسعال والصداع وتهيج الحلق والعينين والأنف والجلد ، وقد دلت الدراسات التي أجريت في مختبر (بروك هافن) للأمراض الوبائية في أمريكا أن الأمطار الحامضية هي المسؤولة عما يتراوح بين ٧٥٠ إلى ١٢٠٠ حالة وفاة سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية ، كما ان لها تأثيرات غير مباشرة على الإنسان ، حيث تترسب السموم الموجودة في الأمطار الحامضية داخل ثمار النباتات والخضراوات ولحوم الحيوانات التي تغذت على أعشاب امتصت مياه حامضية .

وتمتد الآثار الضارة للأمطار الحامضية الى المباني والمنشآت والجسور الإسمنتية والحديدية ، حيث تتآكل وتتلف ويتحول الحجر الجيري والرخام فيها إلى مادة شبيهة بالجبس وهشة ، وهذا ما أصاب أحد الجسور الممتدة على نهر (اوهايو) في الولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٦٧ وأدى انهياره بسبب تآكل جدرانه إلى وفاة ٤٦ شخصا ، كما أن الكثير من القطع الأثرية والتي صمدت آلاف السنوات في وجه عوامل الطبيعة ، أصابها الدمار بفعل الأمطار الحامضية خلال الخمسين سنة الماضية ، فقد تآكل (الأكروبوليس) في أثينا باليونان ، والكولوسيم في إيطاليا ، ومعبد الكرنك وأبو الهول في مصر ، وتاج محل في الهند ، ومئات القطع الأثرية الثمينة في مختلف أنحاء العالم.

ولا يقتصر أثر الأمطار الحامضية على الإنسان ومنشأته العمرانية ، بل انها تطال كل شيء على سطح الأرض ، فأكاسيد الكبريت الذائبة في ماء المطر والتي هي في واقع الأمر حامض تعمل على التفاعل المباشر مع التربة وتدمر تركيبها البنائي الهام لتغذية ونمو النباتات مما يتسبب في

إصابتها بالذبول جراء نقص الأملاح الأساسية اللازمة للنمو والتكاثر ، كما ان الأمطار الحامضية تسد الثغور الموجودة على أسطح أوراق النباتات ، ويمنع ذلك عملية التمثيل الضوئي من الحدوث ناهيك عن تسم ثمارها وأوراقها ومخاطرها الجسيمة على الإنسان والحيوان.

٢-التعرية بفعل الامطار الساقطة

تعرف التعرية بأنها عملية إزالة المواد السطحية كالأتربة والصخور من القشرة الأرضية ومن ثم نقلها عن طريق العوامل الطبيعية كالماء والرياح إلى مناطق أخرى، وتشمل التعرية ثلاثة أنواع رئيسة، وهي: التعرية الريحية والتعرية الجليدية والتعرية المائية، حيت إن آثار التعرية الريحية تظهر في الصحاري والمناطق القاحلة، إذ تقوم الرياح بنقل الرمال والأتربة الموجودة فيها، أما التعرية الجليدية فتؤدي إلى تآكل سطح الأرض عن طريق الاحتكاك الذي يسببه الجليد أثناء انهياره، ومن ثم تنقل هذه المواد المتآكلة عندما يذوب هذا الجليد أو يستقر في مكان ما. تعد المياه العامل الرئيس لتعرية سطح الأرض، وتعرف التعرية المائية على أنها عملية نقل التربة والرواسب من موضع تآكلها إلى مكان آخر عن طريق المصادر المختلفة للمياه والتي تشمل الأمطار والفيضانات والأنهار والبحيرات والمحيطات.

العوامل المؤثرة على عمليات التعرية:

هنالك عدد من العوامل الطبيعية التي تؤثر على كمية التآكل وسرعته في التركيب الطبيعي للأرض سواء أكان هذا التآكل بسبب التعرية المائية أو الريحية أو غيرها، وهذه العوامل تشمل المناخ والتضاريس والغطاء النباتي والنشاط التكتوني، وفيما يأتي آثار هذه العوامل على التعرية:

المناخ: وهو أكثر العوامل تأثيرًا، حيث إن الأمطار والرياح والفيضانات وذوبان الجليد تزيد من احتمالية حصول التعرية.

التضاريس: أشكال التضاريس تلعب دورًا كبيرًا في التعرية، إذ إن الأودية أكثر عرضةً للتآكل من قنوات الفيضانات الصخرية، كما إن الصخور الطرية كالطباشير أسرع في التآكل من الصخور النارية كالجرانيت.

الغطاء النباتي: إذ إنه يبطأ من عملية التآكل بسبب تثبيت جذور الأشجار للتربة في وجه الأعاصير وغيرها، كما يلاحظ سهولة تعرية الصحارى لقلة الغطاء النباتي فيها.

النشاط التكتوني: إن النشاط التكتوني الذي يشمل البراكين والزلازل هو الذي يكون التضاريس في الأصل، وبالتالي فهو يؤثر في عمليات التعرية لمنطقة معينة.

أسباب التعرية المائية :

هناك أسباب مختلفة تؤدي للتعرية المائية تتفاوت فيما بينها بحسب عمق المياه والمنحدرات المحيطة وميل الأرض والرطوبة والظروف المناخية، وفيما يأتي بيان أهم العوامل التي تؤدي للتعرية المائية:

العوامل المناخية: وهذا يشمل خصائص هطول الأمطار، ودرجة الحرارة في الغلاف الجوي وسرعة الرياح.

١-**خاصية التربة:** هذا يؤثر على معدل تسرب التربة، ومعدل التسلل يعتمد على نفاذية التربة، وحالة السطح ووجود الرطوبة فيه.

٢- **الغطاء النباتي:** يخلق عقبة أمام قطرات المطر وكذلك الجريان السطحي متوهجة، حيث يقلل الغطاء النباتي الجيد تمامًا من تأثير سقوط الأمطار على تآكل التربة.

٣-**التأثير الطبوغرافي:** يعد انحدار الأرض وطول المنحدر وشكل المنحدر من العوامل الرئيسية التي تؤثر على التعرية المائية، وكلما زاد ميل الأرض من معتدل إلى حاد، كلما ازدادت عملية التعرية المائية.

تقسم التعرية المائية إلى أربعة أنواع أو أربعة صور رئيسية بالإضافة إلى الصور الخاصة للتعرية المائية. كما تتواجد بعض المظاهر الخاصة للتعرية المائية مثل التعرية الانزلاقية والتعرية أثناء الري وتعرية حواف المجاري المائية، ويمكن التعرف على كيفية حدوث التعرية لكل صورة من الصور السابقة فيما يلي:

١- تعرية الرش(تعرية قطرات المطر المتناثرة) Raindrop splash erosion

التعرية المائية تبدأ بالفعل الميكانيكي لقطرات ماء المطر Rain-drops حين تصطدم بسطح الأرض ، وهو ما يسميه الجيومورفولوجيون الأمريكيون تعريه الرش Splash Erosion ، تسقط قطرات المطر بسرعة تعادل في المتوسط ٩١٤ سم/ث، وعند اصطدامها المباشر بسطح التربة

الخالية من النباتات فإن كمية من التربة تتناثر لمسافة تصل إلى ١٥٢ سم بعيدا عن مكان سقوط القطرة ولارتفاع يصل إلى ٦١ سم، وتستطيع أمطار السيول التي تتميز بقطرات كبيره الحجم أن تحرك حبيبات التربة من جهة كما تعمل مياهها على دمج السطح ، ومن ثم إنقاص مقدرة التربة على تسريب المياه وأنفاذها، فتعجل من انصراف المياه. وتكون تعريه الرش أكثر ما تكون فاعليه وتأثيرا في الأقاليم شبه الجافة . حيث التساقط نادر لكنه غزير وكثيف حين يسقط ، وحيث يكون سطح الأرض مفككا هشا و عاريا من أي حماية ، فلا توجد أشجار تكسر حده السقوط المباشر لقطرات المطر ، ولا غطاء نباتي أو عشبي يمتص قوه اصطدامها بالأرض. ويعتمد معدل تناثر قطرات المطر على مجموعة من العوامل المتداخلة مع بعضها البعض منها قدرة الإمطار كعامل حت وعامل التربة ومدى استجابتها لقوة ضربات المطر من ناحية التفكك والتناثر والنقل وعامل السطح الذي قد يكون عاملاً مساعداً للإمطار(عامل الحت) أو مسانداً لمدى مقاومة التربة ، فضلاً عن الغطاء النباتي لكنه غالباً ما يكون عاملاً مساعداً للتربة في صمودها إمام ضربات قطرات المطر.

والأراضي المتأثرة بفعل تعرية قطرات المطر المتناثرة Raindrop splash erosion ، هي الأراضي التي تتكون من الرمال الناعمة والسلت ولا تتحرك الحبيبات الخشنة نظرا لكبر حجمها ووزنها، وكذلك التأثير على الأرض الطينية يكون أقل، حيث تتزايد نسب تماسك الحبيبات نظرا لسطحها النوعي الكبير. ولكن تحت تأثير الزخات المطرية الشديدة يمكن لقطرة المطر التأثير المباشر على الوحدات البنائية، وتتناثر الحبيبات الناعمة لتسقط على السطح مكونة قشرة سطحية صلبة عند الجفاف، يلاحظ صورة.

أن الطاقة الحركية للأمطار تعادل حوالي ٢٥٦ مرة أكثر من الطاقة الحركية للجريان ، وقد وجد أن معدل فقدان التربة زاد عشر مرات نتيجة استخدام قطرات المطر بالمقارنة مع نفس القدر من المياه الجارية ، فقد وجد أن فقدان التربة نتيجة التناثر splash تراوح من ٥٠ –٩٠ مرة أكثر من فقدانها بواسطة الجريان الصفائحي flow Shallow من تربة تراوحت بين طمي رمل ناعم sand fine Loamy إلى طمي طيني سلتي loam clay Silty .

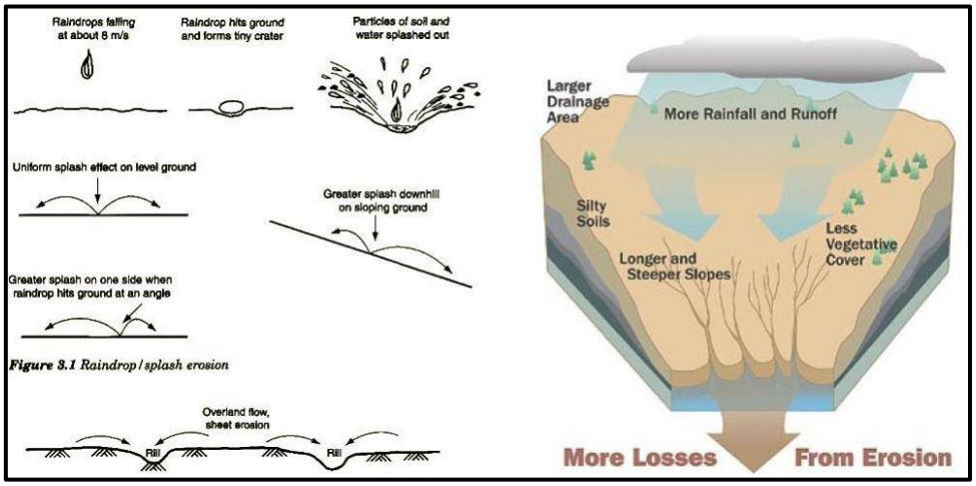
وتعتمد قدرة الأمطار على إحداث تفكك وتناثر حبيبات التربة على الطاقة الحركية للأمطار energy kinetic Rainfall التي تتأثر بدورها بخصائص الأمطار مثل التوزيع الحجمي لقطرات المطر distribution size Drop ،والسرعة النهائية velocity Terminal، وكثافة الأمطار intensity Rainfall .

أن قطرات المطر تسقط بسرعة تعادل فى المتوسط ٩١٤ سم/ث، وعند اصطدامها المباشر بسطح التربة الخالية من النباتات فإن كمية من التربة تتناثر لمسافة تصل إلى ١٥٢ سم بعيدا عن مكان سقوط القطرة ولارتفاع يصل إلى ٦١ سم، والأراضي المتأثرة بهذا النوع من التعرية هي الأراضي التي تتكون من الرمال الناعمة والسلت ولا تتحرك الحبيبات الخشنة نظرا لكبر حجمها ووزنها، وكذلك التأثير على الارض الطينية يكون أقل، حيث تتزايد نسب تماسك الحبيبات نظرا لسطحها النوعي الكبير.

ولكن تحت تأثير الزخات المطرية الشديدة يمكن لقطرة المطر التأثير المباشر على الوحدات البنائية، وتتناثر الحبيبات الناعمة لتسقط على السطح مكونة قشرة سطحية صلبة عند الجفاف.

ويحدث اصطدام قطرات ماء المطر Rain-drops بسطح الارض وتستطيع أمطار السيول التي تتميز بقطرات كبيره الحجم أن تحرك حبيبات التربة من جهة كما تعمل مياهها على دمج السطح ، ومن ثم انقاص مقدرة التربة على تسريب المياه و إنفاذها ، فتعجل من انصراف المياه.

وتكون تعريه الرش أكثر ما تكون فاعليه وتأثيرا فى الأقاليم شبه الجافة . حيث التساقط نادر لكنه غزير وكثيف حين يسقط ، وحيث يكون سطح الأرض مفككا هشا و عاريا من آية حماية ، فلا توجد أشجار تكسر حده السقوط المباشر لقطرات المطر ، ولا غطاء نباتي أو عشبي يمتص قوه اصطدامها بالأرض، شكل (١) صورة(١).



شكل(١) يوضح التعرية المطرية عن طريق الرش

صورة (١) توضح تعرية قطرات المطر(تعرية الرش)

٢-التعرية عن طريق التدفق السطحي (التعرية الصفائحية)Surface flow erosion :

يحدث هذا النوع من التعرية فوق الأراضي المنبسطة القليلة الانحدار، والتربة ذات النفاذية القليلة ، ويتميز هذا النوع من التعرية بأنه لا يتبع مجاري مائية واضحة المعالم ، وإنما يكون على شكل أغشية رقيقة من المياه وتتحرك بعد الزخات المطرية. يعتبر الجريان السطحي للماء هو المسئول عن التعرية المائية في هذه الحالة، حيث تتحرك الحبيبات عن طريق الزحف أو الوثب أو على صورة معلق. ويستخدم تعبير الجريان السطحي Overland Flow للدلالة على تحركات المياه وما يتصل بها من قوة قادرة على النحت والنقل فوق سطح الأرض ، حين لا تجرى محصورة في قنوات أو مجارى محدده واضحة . وتتحرك الحبيبات في صورة معلق حيث لا

تلامس الحبيبات المعلقة سطح التربة، وتمثل هذه الحالة نموذجا للتعرية على صورة غطاء Sheet erosionوالتي تعنى إزالة طبقة رقيقة من سطح التربة، وذلك على مستوى الحقل كله. حيث يعطى المطر المتساقط الطاقة اللازمة لفصل الحبيبات والتي تتدفق على السطح مع الماء الجاري بشكل غطاء متماثل السمك تقريبا. وعادة فإن هذا النوع من التعرية غير ملحوظ خاصة في المناطق المستوية، إلا أن صورته تتضح في حالات الانحدار الخفيف. وتمثل المرحلة الثانية للتعرية المائية، يلاحظ صورة (٢) ، وتبدأ حينما تتسع التأثيرات المنفردة للرش وتتحد لتغطى مساحة كبيره ،ومن ثم تتحول إلى ما يسمى التعرية الغطائية أو الشريطية أي الغسل الغطائي Sheet Wash .

وحين تجرى المياه في قنوات أو مجارى واضحة المعالم يسمى الجريان حينئذ يجريان القناة Channel Flowوهو مرادف للجريان النهري . ويكون الجريان السطحي الغطائي أكثر تأثيرا فوق المنحدرات العليا العريضة ، وهنا يصبح لازما لتحركات الموادMass Move ment ويكون الجريان السطحي الغطائي مسئولا عن قدر كبير من التعرية ، قبل أن تنشأ المجاري المائية في اتجاه أسافل المنحدرات ،وتصل إلى تحقيق شكلها وخصائصها.

صورة (٢) توضح نموذج للتعرية الغطائية (تعرية الرش).

وتعرف كميات المطر التي تتحول إلى جريان مائي سطحي من مجموع التساقط المطري في حوض الصرف المائي بـ (معامل السيح السطحي) (Coefficient runoff) حيث يمثل معامل السيح السطحي (C) التأثير المتكامل لضياع الماء في مساحة حوض الصرف المائي وتعتمد على طبيعة سطح الحوض المائي وانحدار الأرض وشدة المطر(مد الله،٢٠٠٥).

إن إيجاد نسب معامل السيح السطحي تعتبر مهمة في الدراسات الهيدرولوجية إذ يمكن على أساسها التنبؤ بالفيضانات وعمل التصميمات الهندسية الخاصة بالسدود والخزانات والاستفادة منها في إقامة مشاريع حصاد المياه(Davis, 1991).

وتتفاوت قيم هذا المعامل بين منطقة وأخرى تبعاً إلى الخصائص الطبيعية واستعمالات الأرض وغالباً ما تتراوح من (٠.٠٥) – (٠.٩٥) ويوضح جدول (١) بعض القيم النموذجية لمعامل السيح السطحي.

جدول (١) : قيم نموذجية لمعامل السيح السطحي

نوع السطح	قيم معامل السيح السطحي
تربة رملية مستوية ذات انحدار ٢%	**٠.٠٥ – ٠.٩٥**
تربة رملية منحدرة ٧%	**٠.١٥ – ٠.٢٢**
تربة مزيجية ذات انحدار ٢ – ٧%	**٠.١٨ – ٠.٢٢**
مناطق زراعية طينية محروثة	**٠.٥٠**
مناطق زراعية رملية محروثة	**٠.٢٠**
الإعشاب	**٠.٢٠**
غابات	**٠.١٠ – ٠.٤٠**
مناطق سكنية منفردة	**٠.٣٠ – ٠.٥٠**
مناطق سكنية متجمعة	**٠.٦٠ – ٠.٧٥**

المصدر : س، برى منه، كي، ترجمة (محمد سليمان حسن، باسل خضر داؤد، ساطع محمود الراوي) : الهيدرولوجيا الهندسية. دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ١٩٩٢.

وميز جولي (Joly) بين نوعين من الانسياب الغطائي ،النوع الأول هو الذي ينشأ من غسل كامل تربة سطوح التلال أو انحدارهُ منها نحو الأراضي المجاورة . على شكل مجار صغيرة ، إما الثاني فينشأ على شكل انسياب صفائحي على منحدرات التلال ذات الانحدار القليل. وتوجد عدة عوامل تؤثر في الجريان السطحي ألصفائحي ، تتحدد بطول السطح أو المنحدر ، ودرجة انحدارهُ ، وطول مدة التساقط ، وحدة الجريان على السطح والقدرة على الترشيح.

٣-تعرية المسيلات Channelized osion:

تنشط تعرية المسيلات أو ما تعرف بتعرية السيلان في المناطق الجافة وشبه القاحلة الجافة رغم ندرة الأيام التي تجري فيها مياه الإمطار. ويزداد السيلان شدة ما دام الغطاء النباتي غير متصل ولان التربة غير متأخذة كما في المناطق المعتدلة الرطبة. ففي هذه المناطق القاحلة تكون السفوح العارية أو المعراة بفعل الاحتطاب والرعي الجائر شديدة التعرض لفعل الإمطار الفجائية. ففي الغضاريات العارية تتشكل تخديدات أو أخاديد على شكل أرض رديئة (bad-lands). أما فوق المنحدرات الصخرية فأن التربة قد تنجرف تماماً بفعل التخديد، فيظهر الصخر عليها عارياً دوماً فتتكشف الإشكال البنيوية بكل تفاصيلها وتظهر البنية الصخرية أحيانا على التلال أو الجبال المعراة من التربة ومن غطائه النباتي واضحة(ماكس ديروو،١٩٩٧،ص٢٧١). أن الزخات المطرية القوية تؤدي إلى حدوث سيلان منبث أي متوسط الشدة لا يكون دوماً على قوة كافية لتشكيل أرض رديئة، بل يتمكن من انتزاع الكثير من الأنقاض الدقيقة من سطح التربة. كما تستطيع الأودية إن تدخل في مرحلة الفيضان ولكن نادراً، مثل أودية الكصير وحوران والأبيض والباطن في صحراء غرب العراق، يلاحظ صورة (٣) وصورة (٤). تعد المياه من أنشط عوامل النحت في الطبيعة ويعتمد النحت المائي على سرعة المياه الجارية وكميتها وطبوغرافية المنطقة ونوع الصخر ومدى قابليتها للنحت والتآكل ويتمثل عمل المياه في نقل وإزاحة المواد الصخرية المفتتة ومن ثم ترسيبها في مناطق أخرى . مكونة إشكال جيومورفولوجية متعددة كما تقوم المياه الجارية بإذابة جزء من الصخور التي تمر فوقها وتحملها في صورة محاليل كيميائية او غروية تترسب بعد ذلك تحت ظروف مناسبة(باسهل، بدون تاريخ،ص٢٠٩).

صورة (٣) توضح أحد الوديان جنوب غرب العراق

صورة (٤)توضح أحد الوديان الجافة جنوب غرب العراق.

وعموماً يكون الوادي عند فيضانه شديد الحمولة بحيث يعجز عن الحفر ولا يكون متعمقاً إلا في الجبال الصحراوية. ولكن يحبو مترنحاً في المناطق الضعيفة التضاريس ضمن سرير ضحل. أن ازدياد كميه المياه السطحية الجارية بالاتجاه نحو حضيض المنحدر ، تلتقي الجداول مكونة لخنادق وأخاديد ضيقه و عميقة ، وتلك مرحله تكوين ما يعرف باسم المسيلات الجبلية التي تمارس نمطا من التعرية المائية المؤثرة يعرف باسمها وهو تعريه المسيلات الجبلية Gully

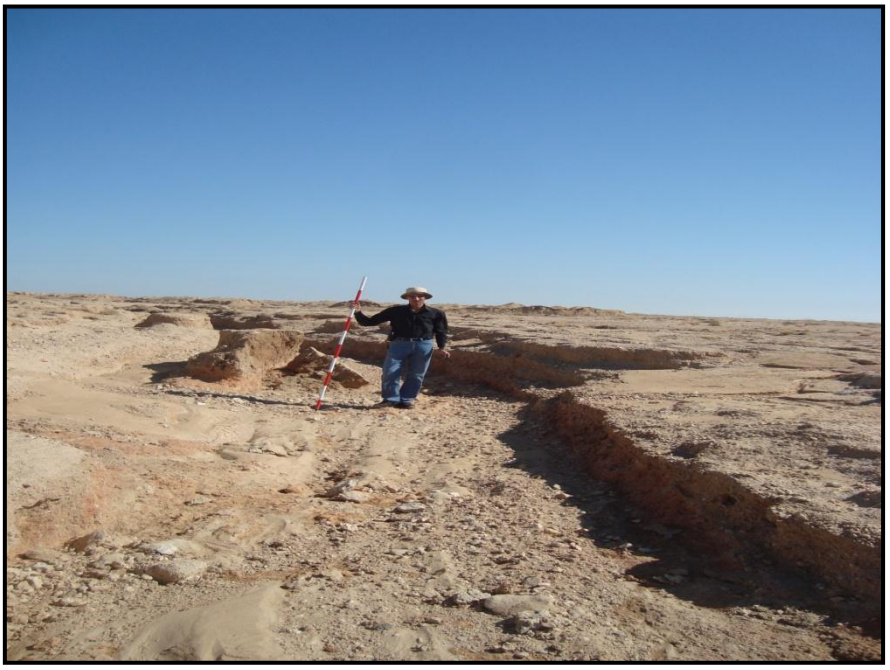
Erosion والجريان المائي في المسيلات الجبلية يدخل ضمن الجريان المائي في قنوات ، وهو المرادف للجريان المائي النهري. عند تحرك الماء فوق سطح التربة، ومع تواجد نقط الضعف المختلفة تتكون القنوات الصغيرة ويصبح تأثير الماء أشد في تعميق هذه القنوات والحركة خلالها لتأخذ صورة الجداول، أي القنوات الصغيرة نسبيا والتي عندما تشتد الحركة فيها مع وجود السيول والحبيبات الخشنة والحصى يزداد عمق هذه الجداول لتأخذ صورة أعمق وأشد، وفى هذه الحالة تسمى بالأخاديد.

وقد تعرضت الصحاري في الماضي لمناخات أكثر رطوبة من مناخ الزمن الحالي. فمناطق اليوم تبدو قاحلة، كالهضبة الغربية من العراق، عرفت حينذاك جرياناً أكثر حدة، تكونت على أثرها الوديان التي تعد اليوم ودياناً جافة، كجريان المناطق شبه القاحلة. وقد تتجلى هذه التعاقبات المناخية على شكل تعاقبات في المصاطب، كما يظهر ذلك في وادي الأبيض وحوران والكصير والباطن ووادي الثرثار.

٤-تعرية الجداول Rill erosion

تعنى القنوات الصغيرة، التي يمكن أن تحدثها عمليات الحرث لسطح التربة. وبوجود القنوات أو الجداول الصغيرة مع سقوط الأمطار تبدأ في الامتلاء بالماء وتبدأ عملية الجريان خلال تلك القنوات أو الجداول التي تتجمع في صورة جدول أكبر غير عميق. وفى هذه الحالة تبدأ عمليات الجريان السطحي للماء المحمل بالحبيبات الناعمة. ويمكن أن يحدث هذا النوع حتى في وجود خطوط زراعة المحاصيل المختلفة، يلاحظ صورة (٥).

هو تآكل ينتج عنه تيارات صغيرة قصيرة العمر ومحددة بوضوح، فعندما لا تتساقط المطر في التربة، يمكن أن تتجمع على السطح وتتدفق إلى أسفل، مكونة قنوات صغيرة من الماء تسمى الكتل، ولكن قد لا تزال ترى طبقة التدفق التي تم إنشاؤها بواسطة التيار المؤقت. عند تحرك الماء فوق سطح التربة، ومع تواجد نقط الضعف المختلفة تتكون القنوات الصغيرة ويصبح تأثير الماء أشد فى تعميق هذه القنوات والحركة خلالها لتأخذ صورة الجداول، أي القنوات الصغيرة نسبيا والتي عندما تشتد الحركة فيها مع وجود السيول والحبيبات الخشنة والحصى يزداد عمق هذه الجداول لتأخذ صورة أعمق وأشد، وفى هذه الحالة تسمى بالأخاديد



صورة (٥) توضح تعرية الجداول

٥-التعرية الأخدودية Gully erosion

بعد امتلاء الجداول الصغيرة، وكنتيجة لزيادة الانحدارات، تزداد سرعة جريان الماء بازدياد الميل لتصبح الحركة كالسيل جارفا معه ما يصادفه من حجارة تستخدم في عمليات النحت والتعرية لقاع وجوانب المجرى ليصبح في شكل أخدود. ويختلف شكل الأخدود المتكون فيكون عميقا قائم الجوانب في حالة التربة مفككة الطبقات، في حين يأخذ شكل ٧ عندما تكون طبقة ما تحت السطح أكثر تماسكا من الطبقة السطحية، والأخاديد بوجه عام – تعتبر نشطة في حالة عدم وجود نباتات على الجوانب، وغير نشطة بوجود النباتات على الجوانب والتي تعمل على تثبيتها لحد كبير. كما يمكن أن تقسم الأخاديد إلى صغيرة ومتوسطة وكبيرة طبقا لعمقها، ويتراوح عمق المتوسط منها بين ١-٥م، يلاحظ صورة (٦)و(٧).

يمكن اعتبار التآكل اللامع تآكلًا متقدمًا في الواقع ، إذا لم تتم معالجة القوالب، فإنها ستنمو لتصبح أخاديد أكبر، يمكن أن يؤدي التآكل الهائل إلى ظهور مشكلات كبيرة للمزارعين لأنّ الأرض المتأثرة لا يمكن استخدامها في زراعة المحاصيل، ولأن الخنادق الكبيرة تشكل خطراً على المزارع الذي يقود أجهزته الزراعية فوق الحقول.

صورة(٦) توضح تعرية الاخاديد

صورة(٧) توضح تعرية الأخاديد

٦-جريانات التربةSolifluxion أنزلا قات الأتربة Les glissements de terrain .

تستطيع الأتربة عندما تكون مؤلفة من غضار أو من تربة سميكة، أن تبتلع الماء وتفقد قوامها الصلب. وبذلك تصبح مرنة بحيث تكفيها دفعة بسيطة لجعلها متحركة، كما يمكنها فيما أذا كانت مبللة تماماً بالماء إن تتصرف وكأنها سائل حقيقي. وفي كل الحالات تنقلع الكتلة المتحركة بشكل

واضح نوعا ما من الجزء الواقع في عالية السفح وتهبط على شكل عدسة أو قد تجري على صورة مسكوبة وحلية حقيقية مؤلفة من عصيبات متتابعة وتقببات.

وتستعمل كلمة جريان التربة Solifluxion للدلالة على حركة تعتري الأنقاض الصخرية التي تعتري التربة أو الصخور (ماكس ديروو،١٩٩٧).

والانجراف المائي ينتج من جريان المياه السطحية أو نتيجة اصطدام قطرات المطر بالتربة. ويزداد تأثير الانجراف المائي كلما كانت الأمطار غزيرة مما لا تتمكن معه التربة من امتصاص مياه الأمطار فتتشكل نتيجة ذلك السيول الجارفة.

ويعتبر انجراف التربة من أخطر العوامل التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية في مختلف بقاع العالم، والذي يزيد من خطورته أن عمليات تكون التربة بطيئة جداً فقد يستغرق تكون طبقة من التربة سمكها ١٨ سم ما بين ١٤٠٠ – ٧٠٠٠ سنة، وتقدر كمية الأرضي الزراعية التي تدهورت في العالم في المائة سنة الأخيرة بفعل الانجراف بأكثر من ٢٣ % من الأراضي الزراعية.

وتعتبر حركة كتلة التربة من الظواهر المصاحبة للتعرية المائية، حيث إن هذه الحركة ليست نتيجة للطاقة الحركية للماء ولكن نتيجة للفعل المزيت للماء، أذ تصبح الطبقة الطينية مشبعة بالماء وتسمح لكتلة التربة بالانزلاق للأسفل عند توفر الشروط الآتية:

أ–وجود انحدار ذو شدة عالية يسمح بانزلاق كتلة التربة.

ب–وجود طبقة قليلة النفاذية بالتربة بعيدة بعض الشيء عن سطح الأرض.

ج–وجود ماء كافي في كتلة التربة لتشبيع الطبقة الواقعة فوق الطبقة الصماء.

وبالرغم من أن انجراف التربة ظاهرة طبيعية منذ الأزل إلا أنه ازداد بشكل ملحوظ بزيادة النشاطات البشرية ونتيجة لمعاملات غير واعية مثل:

١– إزالة الغطاء النباتي الطبيعي.

٢– الرعي الجائر خاصة في الفترة الجافة.

٣– المعاملات الزراعية غير الواعية مثل حرث التربة في أوقات الجفاف غير المناسبة مما يؤدى إلي تفكك الطبقة السطحية من التربة ويجعلها عرضة للانجراف.

وسائل الحد من انجراف التربة وتصحرها:

وخصوصا ذلك في المناطق الجافة وشبه الجافة، المحافظة علي الموارد الطبيعية وتنميتها. ومن أهم هذه الوسائل:

١- المسح البيئي للوقوف علي الأسباب التي تؤدى إلي تدهور النظم البيئية.

٢- تثبيت الكثبان الرملية ويشمل:

أ- إقامة الحواجز الأمامية والدفاعية كخطوط أولى أمام تقدم الرمال.

ب- إقامة مصدات الرياح الصغيرة.

ج- تغطية الكثبان الرملية بالآتي:

د- المواد النباتية الميتة.

هـ- المشتقات النفطية والمواد الكيميائية أو المطاطية.

و- تشجير الكثبان الرملية بنباتات مناسبة لوسط الكثبان الرملية.

٣- الحفاظ علي المراعي الطبيعية وتطوير الغطاء النباتي الطبيعي.

٤- وقف التوسع في الزراعة المطرية علي حساب المراعي الطبيعية.

٥- استغلال مياه السيول في الزراعة.

٦- وقف قطع الأشجار والشجيرات لاستخدامها كمصدر للطاقة.

٧- ضبط الزراعة المروية وإعادة النظر في وسائل الري والصرف الحالية.

٨- الزراعة الجافة: أذ يتم استزراع نباتات تحتاج لمياه قليلة وتمتاز بشدة مقاومتها للجفاف.

٩- تحسين بنية التربة بإضافة المادة العضوية إليها وحرثها مع النباتات التي تعيش فيها .

١٠- القضاء علي ميل الأرض بإنشاء المصاطب (المدرجات).

١١- حراثة الأراضي في أول فصل الأمطار.

١٢- إنشاء البرك والبحيرات في الأخاديد لوقف جريان المياه.

١٣- إقامة السدود للتقليل من قوة السيول.

١٤- الحفاظ علي الغطاء النباتي والابتعاد عن الرعي الجائر.

١٥- إحاطة الحقول والأراضي المعرضة للانجراف بالمصدات من الأشجار والشجيرات.

٧-الكَلاسي (Glaci):

تعد ظاهرة الكَلاسي مرادفة لظاهرة البيدمنت (Pediment) من حيث الشكل وطريقة التكوين ولكن يختلفان من حيث نوعية المكونات الصخرية لكل منهما. يتكون الكَلاسي فوق الصخور الرسوبية بينما ينشأ البيدمنت فوق الصخور النارية والمتحولة. ((Hamza,1997,p.14) ((Cooke&Warren,1975,p.191).

تتكون ظاهرة الكَلاسي على سطوح تعروية معتدلة الانحدار يتراوح انحدارها بين (٠.٥°-١٠°)، ويقع عند أقدام المرتفعات الشديدة الانحدار بعد تراجعها تحت تأثير عمليات التعرية حيث تتحول تلك المنحدرات من منحدرات شديدة الانحدار إلى سطوح تعروية معتدلة الانحدار بشكل مفاجئ وقد تتخذ أحياناً الشكل المقعر (Oberlander,1989,p.55-58).

تنشط على سطوح الكَلاسي التعرية الصفائحية (Sheet erosion) ،التي تعد العملية المؤدية إلى تطور سطح الكَلاسي التعروي . تفسر ظاهرة الكَلاسي نظرية التراجع المتوازي للمنحدرات التي تنشط فوقها عمليات التعرية الأخدودية والجدولية والتجوية الكيميائية ثم تتحول إلى تعرية صفائحية عند تغير درجة الانحدار إذ تنقل نواتج التعرية والتجوية عبر سطح الكَلاسي الذي يشكل الوسط الذي تنقل عبره تلك الترسبات.

ينحصر وجود ظاهرة الكَلاسي ألإرسابي على امتداد الأراضي المنبسطة وقاع المنخفضات والوديان حيث تترسب المواد المنقولة عندما تفقد المياه قدرتها على حمل الترسبات .يتكون سطح الكَلاسي ألإرسابي من مفتتات صخرية وغرينية رملية تتضاءل في الحجم مع طول المسافة.

٨-الأراضي الرديئة (Bad Lands):

تعكس هذه الظواهر مجموعة الظروف التي تقود إلى نشوء وديان ناعمة النسجة وكثيفة نتيجة تكشف مواد ذات نفاذية ضعيفة على السطح وانعدام الغطاء النباتي والتساقط المطري بشكل زخات كثيفة (Thurnbory,1969,p.127).

أدى ذلك إلى ازدياد نشاط عمليتي التعرية الأخدودية والتعرية الجدولية على سفوح المنحدرات والجروف شديدة الانحدار مما نتج عنها وديان متشعبة عميقة وذات جوانب شديدة الانحدار بمقطع عرضي يشبه الحرف (V).

على الرغم من قلة الجريانات المائية في الأقاليم الجافة، فأن أشكال الحت والترسيب المائي فيها واسعة الانتشار سواء كانت حديثة التكوين أو حفرية Relict Landforms . وتنقل الأنهار أو الوديان نتائج التجوية من تربة وفتاه صخري قابل للانجراف من على المنحدرات التلية، وبخاصة أثر هطول الإمطار الغزيرة، ولما تمتاز به حمولتها الرسوبية من خشونة وتناقص سريع في تصريفها المائي، فأنها تعمل على ترسيبها ضمن مسافات نقل قصيرة، مكونة أشكال أرض فيضية محلية، كالمراوح والسهول الفيضية. كما تحدد مسافة النقل الخصائص الشكلية والحجمية للحمولة النهرية، بحيث تخضع لفرز رسوبي Sediment Sorting يمكن تتبعه على طول المجرى. وتمتاز أنشطة الأودية والأنهار الصحراوية بسرعة استجابتها لخصائص الإمطار الهاطلة من حيث الكمية والتركيز والتكرار، لما تمتاز به الرواسب غير المتماسكة من جاهزية تجاه هذه الأنشطة. وقد تتحول بعض أشكال الترسيب النهري، نتيجة لذلك إلى أراضي وعرة Bad Lands (سلامة،٢٠١٠).

وينتهي النشاط الحتي التعروي للأنهار الصحراوية بتكوين أوديتها وشبكاتها القنوية الحوضية، إضافة إلى أشكال حتية أخرى، مثل العتبات الصخرية Pediments والسهول شبه التحاتية Peneplane والمصاطب النهرية الصخرية Strath Terraces والشلالات والأودية المعلقة Hanging Valleys ، التي تتشكل ضمن أطار زمني طويل نسبياً تفرضه الظروف المناخية السائدة في المنطقة.

أن الشباكات الهيدروغرافية تتطور حسب قيمة الجريان الأهم، القيم المحددة بواسطة السيلان وتلك المغداة من طرف الفرشة الباطنية، لذى نلاحظ شبكات مائية جافة بدون جريان ، ثم شبكات مائية جافة بجريان موسمي، وشبكات مائية لجريان دائم. وهذا التنوع في الجريان يمكن أن يعكس تباينات في الظروف الهيدرولوجية، الجيولوجية ثم المناخية . وكثافة الشبكة الهيدروغرافية وهي العلاقة ما بين الطول الإجمالي للمجاري المائية ومساحة حوض التصريف المائي.

وتتوقف عمليات الجريان السطحي بأنواعه المختلفة على عدة عوامل وهي ما يأتي:

١-كمية الإمطار الساقطة ونظامها وكثافتها، فكلما كثرت وتوصلت تأكدت عمليات التعرية بالجريان السطحي بأنواعها المختلفة.

٢-درجة انحدار المنحدر، فالجريان السطحي يكون أعظم فوق المنحدرات الشديدة الانحدار، لان السرعة المتزايدة لجريان المياه تقلل الزمن المتاح لفقدان المياه بالتسرب.

٣-قابليه التسريب Infiltration Capacity فالتربة الطينية التي تتميز بقله النفاذية ، لا يسمح للمياه بالتسرب خلالها فتعظم كميه المياه الجارية فوق سطحها ، على عكس الأراضي الرملية و الحصوية التي تتخللها المياه وتنفذ فيها فلا يتبقى منها للجريان السطحي سوى القليل.

٤-طبيعة الغطاء النباتي، فالحشائش تضعف تأثير قطرات المطر وتعوق الجريان السطحي، وتساعد التسرب عن طريق الممرات الجذرية.

ويعتقد أن مواد التجوية الدقيقة الحبيبات بواسطة تعريه الجريان السطحي الغطائي يكون ضئيلا للغاية أو معدوما فوق قمة المنحدر ، ويتضح النقل ويزداد كثيراً فوق المنحدر بالابتعاد عن القمة . ويرجع هورتون Horton 1945 م عدم فاعليه التعرية في نطاق معلوم على خطوط تقسيم المياه التي تمثل محور قمة المنحدر ، ويتباين عرض هذا النطاق تبعا لقابلية التسرب لغطاء مواد التجوية على المنحدر ، و لكثافة سقوط المطر ، ودرجه انحدار السطح بالابتعاد عن قمته . ولدرجة انحدار المنحدر أهميه خاصة ، ذلك أن المشاهدات تشير إلى أن النقل بواسطة التعرية الغطائية يزداد باستمرار حيثما ازدادت درجه الانحدار حتى تصل إلى ٤٠ درجه ، بعدها يتناقص النقل حتى تنعدم التعرية تماما عند الوصول إلى المنحدر القائم (٩٠ درجه) ، وكثير ما نشاهد في الأراضي المضرسة الممزقة مناطق قمم المنحدرات مستديرة لا تتأثر بالتعرية المائية إلا قليلا ، بينما تبدو أسطح المنحدرات بالابتعاد عن تلك القمم ، وقد تحددت بالجداول المائية ، وغدت خشنة وعرة . ومع هذا فإن بعضا من الجيومورفولوجيين لا يوافقون على هذا الرأي القائل بازدياد قدره التعرية بالاتجاه نحو أسفل المنحدر ، ويرون أن تعرية قمم المنحدرات وتخفيض أسطحها بفعل مختلف أنواع تعرية الجريان السطحي الغطائي مهم للغاية.

ومن المتوقع إن تنشط عملية التعرية في بيئة قليلة بل أحياناً معدومة النبات الطبيعي. فالبيئة الصحراوية توصف بأنها مكشوفة تماماً لعمليات التعرية وذلك لأنه إضافة إلى قلة النبات الطبيعي، فأن الإمطار القليلة تجعل من التربة جافة والتي تصبح أكثر تعرضاً لعوامل التعرية. بالمقابل فأن قلة الإمطار أو قلة المياه الجارية قد تعني محدودية التعرية في المناطق الجافة.

حيث إن عدداً من الباحثين يعتقد إن قابلية الهواء على انجاز عملية الكشط والتعرية محدودة جداً. أذ لا بد من وجود الماء لإنجاز هذا العمل. ورغم قلة الماء نتيجة قلة الإمطار الساقطة فأنها كما يعتقد هي المسؤلة عن معظم مظاهر التعرية في المناطق الجافة. فالهواء كعنصر من عناصر التعرية اثبت مختبرياً انه غير فعال وليس كما كان يعتقد سابقاً انه المسئول عن معظم الظواهر في المنطقة الجافة. فالهواء قليل الكثافة وتنعدم فيه خاصية اللزوجة وهما صفتان مهمتان لإتمام عملية التعرية(السامرائي، الريحاني،١٩٩٠). ومع ذلك فأن هناك بعض المظاهر لسطح الأرض لا يمكن تفسيرها إلا بواسطة التعرية الهوائية. فالتعرية الهوائية محدودة التأثير، والماء حتى في المناطق الجافة ذو تأثير أكبر ومسئول عن عدد كبير من مظاهر سطح الأرض.

وتتميز المناطق شبه الجافة الجبلية بانتشار ظاهرة البيدمنت Pediments وهي عبارة عن ظاهرة ناشئة عن التعرية المائية، وهي من أهم الإشكال الجيومورفية الناتجة عن التعرية وقد سبق الحديث عنها.

مراحل التعرية المائية:

أ–مرحلة الفصل: وفيها يتم فصل حبيبات التربة عن حجم التربة وتعويمها بحيث تصبح جاهزة للنقل.

ب–مرحلة النقل: وفيها يتم نقل الحبيبات التي تم فصلها في المرحلة السابقة إلى أماكن أخرى (قريبة–بعيدة).

ج–مرحلة الترسيب: وفيها يتم ترسيب المواد المنقولة كنتيجة لنقص الطاقة الحركية لعامل النقل(ماء–هواء).

طرق احتساب التعرية المائية:

هناك العديد من الطرق المستعملة في احتساب أو ما يسمى بالتنبؤ بحصول التعرية المائية القديمة منها والحديثة المعتمدة على برامج الحاسوب التي تحاكي عملية التعرية وكذلك توظيف تقنية الاستشعار عن بعد والتي تقدر تعرية التربة. ويتمثل دور تقنية الاستشعار عن بعد في تصنيف غطاءات الأرض وتحسين تصنيف التربة، وفي تحديد حالة تطور التعرية. أما دور نظم المعلومات الجغرافية فتمثل في تصنيف فئات الارتفاع والانحدار واستخلاص شبكة الأحواض

الجزئية، وفي أعداد طبقات التركيب الصخري للتربة، وإنشاء خطوط التساوي للحرارة والتساقط، ومن هذه المعادلات ما يأتي:

١-معادلة جافريلوفيك للتعرية .

ويطبق هذا النموذج من خلال سلسلة من المعادلات على النحو الاتي:

$$W=T*h*n*\sqrt{Z^3}*F$$

W =يمثل المعدل السنوي للتعرية (م٣/كم٢/السنة)، حيث إن معدلات التعرية السنوية الضعيفة تقل عن ٥٠٠م٣/كم٢/السنة، وان معدلات التعرية العالية هي ما يتجاوز ٨٠٠م٣/كم٢/السنة.

T = معامل الحرارة والذي يحسب عن طريق المعادلة التالية:

$$T=(0.1t_0+0.1)^{0.5}$$

حيث إن:

To = المعدل السنوي لدرجة الحرارة.

h = المعدل السنوي للإمطار (ملم).

F = مساحة منطقة الدراسة (كم٢).

Z = معدل التعرية.

N = 3.14 أو $\frac{22}{7}$

معامل التعرية (Z) وهو أهم عناصر نموذج جافريلوفيك، أذ له فائدة في تتبع التغير في مستويات التعرية مع مرور الزمن لاختيار تأثيرات مستويات الممارسة والتغير في الأنشطة واستخدامات الأرض. وقد صنفت مستويات التعرية تبعاً لقيمة (Z) على النحو الذي يوضحه جدول (٢)، إذ تتدرج هذه القيمة من صفر حينما لا تكون هناك تعرية إلى أكثر من (1,5) حيث تكون هناك تعرية شديدة جداً.

جدول (٢) فئات مستويات التعرية تبعاً لقيمة معامل التعرية

مستوى التعرية	معامل التعرية	متوسط القيمة
شديدة جداً	١,٥١-١,٠١	١,٢٥
شديدة	١,٠-٠,٧١	٠,٨٥
متوسطة	٠,٧٠-٠,٤١	٠,٥٥
خفيفة	٠,٤٠-٠,٢٠	٠,٣٠
خفيفة جداً	٠,١٩-٠,٠١	٠,١

وبحسب معامل التعرية عن طريق المعادلة التالية(الغامدي،٢٠٠٩) :

$$Z=Y*Xa*(Q+\sqrt{J_a})$$

حيث إن:

Y= معامل قابلية التربة للتعرية

Xa= معامل حماية التربة

Ja= معدل انحدار التضاريس في منطقة الدراسة(%).

وتستخرج قيمة هذه المعادلة من خلال الجدول (٣).(المالكي،٢٠٠٦) ويعد العمل الحقلي أحد ركائز هذا النموذج باعتبار مدخلاته في تقديره لقيمة معامل التعرية. وأن كان هذه من عوامل ضعف النموذج إذ أنه يخضع لتقدير الباحثين بناء على خلفيتهم العلمية ودقة ملاحظاتهم الحقلية.

لا احتساب المعدل السنوي للتعرية (W) في منطقة ما نتبع الخطوات التالية:

١-نختار منطقة الدراسة.

٢-نحسب مساحة منطقة الدراسة.

٣-نحسب معامل درجة الحرارة.

٤-نحسب المعدل السنوي للإمطار.

جدول (٣) العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير قيمة معامل التعرية

معامل قابلية التربة للتعرية	Y
صخور صلبة شديدة المقاومة	0.3-0.1
صخور ذات مقاومة متوسطة	0.5-0.3
صخور ضعيفة المقاومة	0.6-0.5
ركام حطامي ورواسب خشنة وترب صلصالية	0.8-0.6
رواسب رملية ناعمة وترب لا مقاومة لها	0.9-1.0
معامل حماية التربة	Xa
غابات مختلطة كثيفة-متوسطة الكثافة وإحراج	0.2-0.005
غابات صنوبرية وجنبات متبعثرة وأجمات على جوانب القنوات المائية	0.4-0.2
مراع وغابات أو جنبات متضررة	0.6-0.4
مزارع ومراع متضررة	0.8-0.6
أرض جرداء	1.0-0.8
معامل تطور التعرية وتطور شبكة التصريف	Q
تعرية ضعيفة في حوض التصريف	0.2-0.1
تعرية في القنوات المائية بين ٢٠%إلى ٥٠% من حوض التصريف	0.5-0.3
تعرية في الأنهار، والأخاديد،والإرسابات الفيضية،وتعرية كارستية	0.7-0.6
حوض التصريف تحت تأثير التعرية والانزلاق الأرضية	0.9-0.8
جميع حوض التصريف تحت تأثير التعرية	1

٥-نحسب معامل قابلية التربة للتعرية من خلال الجدول (٣)حيث إن هناك مجموعة من التطبيقات تخص كل نوع من أنواع التربة.

٦-نحسب معامل حماية التربة من خلال الجدول (٣)حيث توجد مجموعة من التطبيقات تخص معامل حماية التربة.

٧-نحسب معامل تطور التربة وشبكة التصريف من نفس الجدول كذلك.

٨-نحسب معامل انحدار التضاريس في منطقة الدراسة. ثم نستخرج معامل التعرية السنوية.

مثال: اختارت مجموعة من الباحثين منطقة ما على نهر الفرات تبلغ مساحتها ١٠٠كم٢ حيث قاموا باحتساب المعدل السنوي للإمطار فيها في مرحل سابقة حيث بلغت ١٠ ملم وكذلك بلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة ٢٥م٥، وامتازت المنطقة برواسب رملية ناعمة بلغ معامل قابلية التربة لتعريتها ٠,٩ وأن معامل تطور التصريف بلغ ٠,٢ وان المنطقة تمتاز بمزارع ومراع متضررة بلغ معامل حماية التربة فيها ٠,٤ وان معدل انحدار التضاريس فيها ٣%، أوجد معامل التعرية السنوية لهذه المنطقة.

الحل:

$$W=T*h*n*\sqrt{Z^3}*F$$

$$T=(0.1t0+0.1)^{0.5}$$

$$T=\sqrt{0.1*25+0.1}$$

$$T=1.6$$

$$Z=Y*X_a*(Q+\sqrt{Ja})$$

$$Z=0.9*0.4*(0.2+\sqrt{0.03})$$

$$Z=0.13$$

$$W=T*h*n*\sqrt{Z^3}*F$$

$$W=1.6*10*3.14*\sqrt{0.13}^{\,3}*100$$

$W=235.6$ م٣/كم٢/سنة

٢- **معادلة (فورنية - ارنولدس F.A.I)**: التي يعتمد حسابها على معدلات الإمطار الشهرية ومجموعها السنوي وفق المعادلة الآتية (عبود،٢٠٠٩):

$$\mathbf{F.A.I} = \frac{(pi)2}{p}$$

F.A.I = قابلية المطر على التعرية

Pi = تربيع معدل الإمطار الشهرية / ملم

P = مجموع الإمطار السنوي / ملم

وقد وضع (فورنية – ارنولدس) مؤثراً لبيان شدة التعرية في أية منطقة على وفق محددات مكونة من أربع درجات يلاحظ جدول (٤) الذي يبين هذه الدرجات .

جدول (٤) عامل شدة التعرية بحسب مؤثر فورنية - ارنولدس المكونة من أربع درجات

الدرجات	شدة التعرية
اقل من ٥٠	ضعيفة
٥٠ ـ ٥٠٠	معتدلة
٥٠٠ ـ ١٠٠٠	عالية
أكثر من ١٠٠٠	عالية جداً

قياس التعرية:

التعرية: Erosion هي عملية الحت، وهي إحدى العمليات التي تحدث بالطبيعة، وينجم عنها تفكك الصخور عن التربة الموجودة على سطح الأرض، وتعمل على تغيير موقعها ونقلها من مكان إلى آخر، وتساهم عملية التعرية على إحداث تغييرات في تضاريس ومعالم سطح الأرض من خلال قيامها بتفكيك الجبال وتفتيتها وطمر الأودية وردمها، وإخفاء الأنهار أو إظهارها، وتمتد عادة مدة هذه العمليات إلى ملايين السنين، وأكثر ما يؤثر في تنشيط عملية التعرية التعدين.

الحقل دليل على الحقيقة التي يجب أن تثبت، حيث تضمن الممارسة الميدانية صحة الملاحظات، ولكنها تستغرق وقتا بحسب أهدافها ووسائلها، فتحد من إمكانات عمل الفرد. ذلك أن الكثير يسعون إلى تجنب هذه القيود ويفضلون استغلال الشهادات التي يجمعها آخرون في ميدان علوم الملاحظة. والميدان ليس مصدرا لجمع البيانات فحسب، بل هو ضمان صحة وقائعية معلومات المتخصص والمهتم بذلك. وهو المنبع لا يمكن تعويضه بأي مصدر آخر.

هذا وتتوقف عمليات التعرية بالجريان السطحي بأنواعه المختلفة السالفة الذكر على عدد من العوامل نجملها فيما يلي :-

١- كميه الامطار الساقطة ونظامها وكثافتها . فكلما كثرت وتواصلت تأكدت عمليات التعرية بالجريان السطحي بأنواعها المختلفة.

٢- درجه انحدار المنحدر ، فالجريان السطحي يكون عظيم فوق المنحدرات الشديدة الانحدار ، لان السرعة المتزايدة لجريان المياه تقلل الزمن المتاح لفقدان المياه بالتسرب.

٣- قابليه التسريب Infiltration Capacity فالتربة الطينية التي تتميز بقله النفاذية ، لا يسمح للمياه بالتسرب خلالها فتعظم كميه المياه الجارية فوق سطحها ، على عكس الأراضي الرملية و الحصوية التي تتخللها المياه وتنفذ فيها فلا يتبقى منها للجريان السطحي سوى القليل.

٤- طبيعة الغطاء النباتي ، فالحشائش تضعف تأثير قطرات المطر وتعوق الجريان السطحي ، وتساعد التسرب عن طريق الممرات الجذرية.

إن الواقع الجغرافي لا ينتج عن التجانس العشوائي للبيانات، ولا يساوي مجمل ما يمكن ملاحظته عند نقطة ما أو في منطقة، بل يجب تسليط الضوء على النسق والتنظيم في المناظر الطبيعية. لأنه ودون الخبرة في هذا المجال، فإن الجغرافي يفقد جزءا لا يستهان به من الحقائق الحقلية، التي ليست مجرد الذكاء، ولكن الحدس والحساسية والذوق وعلم الجمال، وهيكلها أساس التمييز النوعي في العالم (Claval٢٠١٣). ,

وفي هذا الإطار، تعد الرحلات الميدانية من أهم أدوات التعليم والبحث الجامعي للطالب والأستاذ، لتنمية القدرات الخاصة بالملاحظة والتحليل والتفسير والتأويل، والوقوف حقليا على الظواهر الجغرافية الطبيعية منها والبشرية، وجمع البيانات باستخدام وسائل الميدان متمثلة في "خرائط، مرئيات فضائية، أجهزة"، والتركيز على النظرة الشمولية للوسط، مع معرفة أهم مستويات التحليل في الجغرافيا: الإقليمي والمحلي ومستوى الظاهرة .

ومن الضروري التخطيط للدراسة الميدانية قبل انجازها، لتحقيق الأهداف بأقل جهد وادنى تكلفة وأعلى مردود، ومن بين الأمور التي يجب مراعاتها ما يلي:

١- تحديد مشكلة الدراسة وأهدافها.

٢-اختيار منطقة الدراسة وفق معايير طبيعية وبشرية محددة مسبقا.

٣-توفر التباين الإقليمي للظواهر: طبوغرافيا وجيولوجيا.

٤-زيارة أولية لمنطقة الدراسة ومعرفة تفصيلية لها.

٥- اختيار الوقت المناسب للدراسة الميدانية وتوفير مستلزماتها.

وتجدر الإشارة إلى أنه قبل الخروج إلى الحقل يبدأ العمل الجيومورفولوجي ببحث مكتبي ودراسة تفصيلية للخريطة الطبوغرافية (الكنتورية)، بمقدمة تبرز موقع المنطقة، المجموعات التضاريسية المنتمية إليها، والعوامل المفسرة للظواهر تسهم وعلاقات التفاعل، وتحديد الوحدات التضاريسية الكبرى : الجبال، الهضاب، السهول (موقعها، امتدادها، ارتفاعها، نوعها، اتجاهها، والحافات الصخرية وشكلها، وأنواع القمم، وطول السفوح، وأنواع الانحدارات وشكلها وحدتها، ومدى تجزؤ السفوح، والمحدبات والمقعرات، والنتوءات، والجروف، والمصاطب، والشبكة المائية من حيث كثافتها، وأنوعها، وتوقيتها، وضيقها، وعمقها وسعتها، وخطوط تقسيم المياه، والأحواض الهيدرولوجية) والغطاء النباتي : نوعه، وكثافته...، وغيرها .ومن الضروري رسم مقاطع طبوغرافية تغطي أهم المعالم الجيومورفولوجية وللإجابة على بعض التساؤلات الميدانية .وأما فيما يخص نموذج الزيارة الميدانية الذي يحتوي على دليل لذلك، مع جميع الوثائق المطلوبة، فيكون على مراحل، يبدأ بتفقد المنطقة للتعرف عليها واختيار ظواهر معينة للمسح، ومقارنة الواقع مع الصور الجوية والمرئيات الفضائية. ويلي ذلك انجاز الخرائط الحقلية المطلوبة، بإسقاط عناصر السطح، ومراجعة ما تم انجازه على الوثائق الجوية والخرائط الموضوعية، ودراسة التكوينات السطحية من ناحية طبيعتها، سمكها، ونظام توضعها، مع إجراء تجارب ميدانية وأخذ عينات من التربة وفق أسس علمية معروفة لإجراء التحاليل المعملية اللازمة لها ، واستكمال النواقص ومراجعة دفتر تسجيل الملاحظات. وهذا الأخير يعتبر سجلا ميدانيا وأداة مهمة جدا للباحث طوال مشواره الحقلي ، وهو نوع من المواد الميدانية، إذ يسمح بالرصد اليومي للعمل المنجز، مسجلا عليه كل التفاصيل، وحتى الأقل أهمية، حيث يمكن أن يثري البحث لاحقا بأفكار ورؤى جديدة.

ان حدوث تعرية الاخاديد ناتج عن التقاء المسيلات المائية القصّرة والصغّرة ، منها ، فتزداد كمّة المّاه الجارّة فّها ، فتكون أكثر سعة وطوال فتكون قدرتها على التعرّية كبّرة جدا ، فتعمل على

تعمّق وتوسّع تلك الجداول ، فتكون ذات أبعاد واضحة ، ولذلك تزداد قدرة المّاه الجارّة على جرف قطع الحجر وصخور الجلاميد في تلك الجداول. هذه الظاهرة لها آثار سلبّة على الزراعة البعلّة حّث تتآكل مساحات واسعة من الارض المزروعة لكونها أراض هشة، سيما في الاراضي الجافة وشبه الجافة.

والتعرية المائية مسؤولة عن جميع أشكال الأراضي المتنوعة، سواء في التربة أو الصخور الصلبة، حيث يمكن أن تفعل الرياح شيئًا مماثلًا لكنها أبطأ كثيرًا مقارنة بغيرها، والرياح لا تستطيع تشكيل الأرض بالطريقة التي يمكن بها الماء، فهي تستغرق زمنًا أطول ليظهر أثرها بوضوح، فعند عبور قاع وادي، يمكن دائمًا ملاحظة مجرى أو نهر في القاع، حيث يحمل هذا النهر ملايين الأطنان من التربة التي تملأ الوادي كله في وقت واحد، وتؤثر فيما بعد على الحبيبات التي توجد بالمكان وعلى النباتات والحواف التي تتأثر بصورة مباشرة.

ولأجل تكوين صورة واضحة عن مدى تأثر أي منطقة بعملية التعرية الاخدودية يتم الاعتماد على بعض المعادلات لتحديد خطورة هذه الظاهرة ومن هذه المعادلات معادلة بيركزمة (Bergsma) :

$$AE=\sum l/A$$

حيث ان:

AE: معدل التعرية الاخدودية م/ كم٢

$\sum L$: مجموع اطوال الاخاديد في ضمن وحدة المساحة

A : مساحة الوحدة الواحدة / كم٢

ولتطبيق معادلة (Bergsma) يتم اتباع الاتي:

١-تقسيم المنطقة المراد دراستها ومعرفة خطر التعرية الاخدودية فيها الى مربعات متساوية الاضلاع سم٢ يقابلها مايساويها على الارض كم٢. مثلاُ (٤سم:كم٢).

٢-ترقيم المربعات وتثبيتها على الخريطة لتلافي السهو والخطأ.

٣-حساب اطوال المجاري المائية الواقعة ضمن الوحدة المساحية الواحدة اي في ضمن كل مربع وتثبيت المجموع داخل كل مربع ومن ثم ضربها في مقياس رسم الخريطة لتحويل الوحدات من (س) الى (م).

٤-أيجاد ناتج كل مربع من خلال قسمة مجموع اطوال المجاري في ضمن تلك الوحدة على مساحة الوحدة.

٥-يتم تصنيف كل مربع بحسب الناتج المستخرج على اساس تصنيف (Bergsma) لتحديد شدة التعرية الاخدودية.

٦-اعطاء لون محدد لكل صنف لاستخراج خارطة شدة التعرية الاخدودية للمنطقة المراد دراستها.

جدول يوضح درجات قياس شدة التعرية الاخدودية وفقاً لتصنيف (Bergsma).

درجة التعرية	الوصف	معدل التعرية م/كم٢
١	خفيفة جداً	١-٤٠٠
٢	خفيفة	٤٠١-١٠٠٠
٣	متوسطة	١٠٠١-١٥٠٠
٤	عالية	١٥٠١-٢٧٠٠
٥	عالية جداً	٢٧٠١-٣٧٠٠
٦	شديدة	٣٧٠١-٤٧٠٠
٧	شديدة جداً	اكثر من ٤٧٠٠

Eelko ,Bergsma ,Rainfall erosion surveys for conservation planning ,ITC, Journal-nether vol-2,1983,P.P.166-174.

التنبؤ بالجريان السطحي:

معادلات التنبؤ بالجريان السطحي

التنبؤ الدقيق بمعدلات و كميات الجريان غير ممكن عمليا بسبب العوامل الكثيرة التي توثر فيها لكن من الضروري تقدير اقص معدل للجريان عن طريق توقعه بالمرور بنقطه معلومة

١-الطريقة المنطقية: وفق المعادلة التالية:

$$Q=CIA/360$$

Q:- معدل ذروه الجريان المتوقع من عواصف مطريه لمده عوده معلومة بالمتر علي الثانية

C:- معدل الجريان من منطقه ذات حجم معلوم

I:- شده سقوط المطر لأقصى عاصفه

A:- مساحه المنطقة بالهكتار المتأثرة

٢-طريقه كول :وفق المعادلة التالية:

Q=PRF

P:- اقصي معدل جريان من منطقه ذات حجم معلوم

R:- عامل سقوط المطر الجغرافي ليس له ابعاد

F:- عامل مده العودة ليس له ابعاد

يُعد انجراف التربة Soil erosoin مشكلة عالمية، تهدد جميع أنواع الترب في العالم، تحت المناخات المختلفة إلا أن أكثر الترب عرضة للانجراف هي ترب المناطق شبه الصحراوية والصحراوية والمناطق الجبلية، فتقدر مساحة الأراضي التي تأثرت بانجراف التربة في العالم بنحو ١٦.٤٣ مليون كيلومتر مربع حتى عام ١٩٩٤م، منها نحو ١٠.٩٤ مليون كيلومتر مربع متأثر بانجراف التربة بواسطة المياه، ونحو ٥.٤٩ مليون كيلومتر مربع متأثر بانجراف التربة بواسطة الرياح. وتراوح درجة تأثر هذه الأراضي بانجراف التربة من البسيط إلى الشديد. فيقدر أن نحو ٣.٤٣ مليون كيلومتر مربع من الأراضي المتأثرة بانجراف التربة بواسطة المياه لم تتأثر إلى بشكل بسيط، كما تقد مساحة الأراضي التي درجة تأثرها متوسطاً بانجراف التربة بواسطة المياه بنحو ٥.٢٧ مليون كيلومتر، أما الأراضي شديدة التأثر بانجراف التربة بواسطة المياه فتقدر مساحتها بنحو ٢.٢٤ مليون كيلومتر مربع.

معادله حساب التربة المفقودة نتيجة الجريان السطحي:

كميه التربة المفقودة من حقل معين=

تركيز التربة في الماء X كميه الماء الجاري

الأضرار الناجمة عن انجراف التربة وتعريتها بواسطة التعرية المطرية :

أ- تدني خصوبة التربة: ينتج انجراف الطبقة السطحية من التربة، سواء من طريق المياه الجارية، أو التذرية بالرياح، فقدان كميات كبيرة من العناصر الغذائية للنبات، لأن الطبقة السطحية التي يتم انجرافها هي أغنى طبقات التربة بالمواد الغذائية. ويُعد النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم من أهم العناصر الغذائية للنبات التي يتم فقدانها من طريق انجراف الطبقة السطحية للتربة (انظر صورة انجراف الطبقة السطحية من التربة).

ب- فقدان كمية أكبر من الأمطار: يؤدي فقدان الطبقة السطحية من التربة بواسطة الانجراف إلى ظهور طبقة على السطح أقل مسامية ونفاذية لمياه الأمطار، ما يجعل جزء كبير من مياه الأمطار يفقد على شكل جريان سطحي، بدلاً من الرشح داخل التربة. وحيث إن النباتات لا تستطيع الاستفادة إلا من الماء الذي رشح داخل التربة، واختزن على شكل رطوبة في مساحات التربة، فإنه كلما ازدادت نسبة الجريان السطحي من الأمطار، فقدت كمية أكبر من الأمطار، كان من الممكن الاستفادة منها في الزراعة.

جـ زيادة وعودة الأراضي الزراعية: مع انجراف التربة بالمياه الجارية، تتكون أخاديد عميقة، في الأماكن، التي يتركز فيها الجريان المائي؛ ما يجعل سطح التربة وعراً أمام الآلات الزراعية المستخدمة في الحرث ورش المبيدات والحصاد، وأحياناً الريد. ردم قنوات الري والصرف وخزانات المياه:

تترسب الترب المنجرفة بواسطة المياه الجارية والرياح في قنوات الصرف والخزانات المائية ما يزيد من كلفة صيانتها، وضعف كفاءتها. وقد قدرت تكلفة صيانة قنوات الري والخزانات المائية من رواسب الترب المنجرفة في الولايات المتحدة الأمريكية بنحو ١٥ بليون دولار.

هـ ردم الأراضي الزراعية والمنشآت: تتعرض المناطق المزروعة والمنشآت للدفن بالمواد المنقولة، خاصة الرمال الزاحفة في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية. إذ قد تفقد واحات وقرى بأكملها تحت الرمال الزاحفة، كما هو الحال والصحراء الكبرى والمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. كما أن صيانة الطرق البرية من طمر الرمال الزاحفة يشكل عبئاً مالياً كبيراً، في الكثير من المناطق الصحراوية. لذلك تلجأ العديد من الدول بوضع الحواجز الشجرية أو الإسفلتية على جوانب الطرق لتقليل كميات الرمال الزاحفة التي تصل إلى الطريق المعبد.

و- تلوث المياه السطحية: عندما تكون التربة الزراعية محتوية على نسب عالية من الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية فإن انجراف التربة مع المياه الجارية يؤدي إلى تلوث مياه الأنهار والبحيرات بهذه المواد.

ز- اختلال الاتزان الحيوي في الأنهار والبحيرات: عندما تتجرف التربة مع المياه السطحية فإن مياه الأنهار والبحيرات تصبح عكرة ، ما ينتج عنه تدني نفاذ أشعة الشمس داخل المياه السطحية .

وسائل الحد من التعرية الاخدودية:

وخصوصاً ذلك في المناطق الجافة وشبه الجافة، المحافظة على الموارد الطبيعية وتنميتها. ومن أهم هذه الوسائل:

١- المسح البيئي للوقوف علي الأسباب التي تؤدى إلي تدهور النظم البيئية.

٢- الحفاظ علي المراعي الطبيعية وتطوير الغطاء النباتي الطبيعي.

٣- وقف التوسع في الزراعة المطرية علي حساب المراعي الطبيعية.

٤- استغلال مياه السيول في الزراعة.

٥- وقف قطع الأشجار والشجيرات لاستخدامها كمصدر للطاقة.

٦- ضبط الزراعة المروية وإعادة النظر في وسائل الري والصرف الحالية.

٧- الزراعة الجافة: حيث يتم استزراع النباتات التي تحتاج لمياه قليلة وتمتاز بشدة مقاومتها للجفاف.

٨- تحسين بنية التربة بإضافة المادة العضوية إليها وحرثها مع النباتات التي تعيش فيها.

٩- القضاء علي ميل الأرض بإنشاء المصاطب (المدرجات).

١٠- حراثة الأراضي في أول فصل الأمطار

١١- إنشاء البرك والبحيرات في الأخاديد لوقف جريان المياه.

١٢- إقامة السدود للتقليل من قوة السيول.

١٣- الحفاظ علي الغطاء النباتي والابتعاد عن الرعي الجائر.

١٤- إحاطة الحقول والأراضي المعرضة للانجراف بالمصدات من الأشجار والشجيرات

١٥-أتباع الطرق العامة للزراعة الجديدة.

١٦-استعمال الارض :- متضمنه تصنيف الارض حسب قابليه الاستعمال واداره المراعي والغابات والاخطار التي تتعرض لها الغابات.

١٧-تغذيه النبات :- وما يتضمنه من تعويض عناصر مفقودة والاحتياجات السمادية ونظم التسميد

واداره المياه والمادة العضوية.

١٨-اداره المياه وتقليل كميه المياه الجارية وتخفيض سرعه الماء الجاري.

١٩-تنظيم رطوبة التربة بحيث تكون اقل قابليه للنقل بالماء او الرياح

٢-التعرية المائية في مجاري الانهار وأوديتها وكيفية الحد منها:

التعرية النهرية: تعد الانهار من اهم عوامل التعرية التي تشكل سطح الارض بما تقوم به من نحت وارساب ونقل ينطبق على الانهار الدائمة الجريان وكذلك على ما تقوم به السيول من تشكيل سطح الارض في المناطق الصحراوية وذلك عندما تستقبل مجاريها الامطار الفجائية الغزيرة التي تعد من السمات الرئيسية للمناخ الصحراوي وتعتمد، التعرية النهرية على كمية تصريف النهر وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره لذا تتباين العمليات النهرية من فترة الى اخرى ومن مكان لأخر ضمن المجرى من منبعه الى مصبه.

الأنهار هي أكثر العوامل الجيومورفية إسهاماً في تشكيل سطح الأرض، ويرجع هذا إلى أن اثرها يظهر في كل مكان على وجه الأرض سواء في المناطق الغزيرة الأمطار، أم في الجهات الباردة التي لا تسقط بها أمطار، أو في المناطق الصحراوية الشديدة الجفاف، إذ إن كل هذه المناطق تنحدر على سطح الأرض فيها مياه الأمطار بأي شكل من الأشكال، هذا وإن كانت مقادير المياه التي تجري جرياناً سطحياً فوق قشرة الأرض، إذن هي المصدر الرئيسي لكل أنواع المياه التي تجري جرياناً سطحياً فوق قشرة الأرض، فهي التي تعمل على إكتساح المواد الصخرية المفككة ونقلها من مكان إلى آخر، مدفوعة في هذا بقوة الجاذبية الأرضية، وهي بهذا تسبب جريان الأنهار على سطح الأرض، وهي التي تملأ المنخفضات بالمياه، وبهذا تتكون البحيرات والمستنقعات. ولكننا نجد، رغم هذا، أن معظم عمل المياه الجارية في تشكيل قشرة ألأرض، يتم في واقع الأمر

بواسطة مياه الأنهار، وذلك لأنها أكثر عمقاً وقوة من مياه الأمطار التي تسقط سقوطاً مباشراً على سطح الأرض.

ولمياه الأنهار ثلاثة مصادر، يتمثل أولها في المياه التي تجري على سطح الأرض عقب سقوط الأمطار مباشرة. ويتمثل المصدر الثاني في المياه الجوفية المختزنة في المسافات البينية بين جزيئات الصخر أو التربة، وتتسرب هذه المياه الباطنية تسرباً جانبياً إلى المجاري المائية، فتعوض ما قد تفقده هذه المجاري من المياه نتيجة لارتفاع درجة التبخر، ولهذا نجد أن نسبة كبيرة من مياه نهر النيل في مصر في فترات التحاريق' إنما تتسرب إلى مجرى النهر من طبقة المياه الجوفية التي توجد تحت الصحراوين الشرقية والغربية. أما المصدر الثالث لمياه الأنهار فيتمثل في انطلاق كميات كبيرة من المياه، كانت تختزنها البحيرات، والمستنقعات، والغطاءات الثلجية، والأنهار الجليدية، وكلها تعمل على أن تضيف إلى مياه الأنهار مورداً آخر.

ولا ابد أن تعمل قوة لاندفاع مياه الأنهار على سطح الأرض، على نحت واكتساح المواد الصخرية المفككة، التي تخلفت عن تعرض صخور القشرة لعمليات التجوية، سواء كانت هذه التجوية ميكانيكية أو كيماوية. ويتم تكون المجاري النهرية والأودية أثناء عملية النحت ذاتها.

وبعد سقوط امطار بمثابة الخطة الأولى في سبيل تكون الأنهار، ومياه الأمطار التي تسقط على سطح الأرض منها ما ينساب انسيابا سطحياً فوق قشرة الأرض ويتوقف بقاؤه فوقها على: كمية الأمطار، على درجة انحدار الأرض، ودرجة نفاذية التربة ، وعلى نسبة التبخر – التي تزداد بازدياد المساحة المائية وبازدياد سرعة الرياح – وعلى وجود الغطاءات النباتية.

ومن مياه الأمطار ما يتسرب إلى باطن الأرض – ويتوقف هذا التسرب على درجة نفاذية التربة، وعلى وجود الشقوق والمفاصل في الصخر – ومنها أيضاً ما يعود إلى الجو ثانية على شكل بخار قبل ملامسته لسطح الأرض والذي يهمنا من هذه الصور الثلاث لمياه الأمطار، هي تلك الأمطار التي تتجمع على سطح الأرض. والتي قد تسيل غلى المناطق المنخفضة فتملؤها وتكون البحيرات والمستنقعات، أو التي تجري جرياناً سطحياً فتتكون الأنهار، وتتفاوت كميات الأمطار التي تسقط على سطح الأرض تفاوتاً كبيراً من مكان إلى آخر، كما تختلف مواسم سقوط الأمطار اختلافا

واضحاً، ولهذا نجد أن هذا الاختلاف في نظام سقوط الأمطار وكمياتها له أثر مباشر على مائية الأنهار وعلى طاقتها على عميلات النحت والنقل.

مصادر مياه الأنهار:

مياه الأمطار هي المصدر الرئيسي لكل المياه التي تجرى جريان سطحيا فوق الأرض . وحين تسقط الأمطار يتبخر بعضها ، ويتسرب جزء آخر فى مسام الصخور وخلال الفواصل والشقوق و الفوالق الصخرية ، أو يختزن فى البحيرات والمستنقعات و الغطاءات و الأودية الجليدية ، بينما ينحدر الباقي مكونا للمجاري المائية.

وترجع مياه الأمطار إلى الأنهار عن طريق:

١- التدفق السطحي عقب سقوط الأمطار مباشرة.

٢-المياه الجوفية المختزنة فى مسام الصخور ، وهى تتسرب إلى الأنهار تسربا جانبيا فتعوض ما تفقده المجاري المائية من المياه نتيجة للتبخر ، مثال ذلك ما يرد إلى نهر النيل فى فترة التحاريق من طبقه المياه الأرضية فى الصحراوين الشرقية و الغربية.

٣-المياه الذائبة من الجليد ، كنهر الرون الذى ينبع من ثلاجة الرون ، و المنطقة من البحيرات كنهر النيل من البحيرات الاستوائية ، و المنبثقة من العيون و المنابع كنهر التيمز بإنجلترا ، وأنهار لبنان ومنها النهر الكبير الجنوبي الذى ينبع من عين داود ، ونهر قديشه (أبو على) الذى ينبع من نبع مغارة قديشه ونهر الكلب الذى يصدر من نبع مغارة جعيتا.

نشأة الأنهار وأطوارها:

حينما تسقط الأمطار أو تذوب الثلوج فى جهة من الجهات المرتفعة ، فان مياهها تنحدر مكونه لمسيلات غير محدودة الجوانب ، ويتفق اتجاهها مع الانحدار العام لسطح المنطقة ، ولا تلبث هذه المسيلات أن تتجمع فى مجارى مائية محدودة الجوانب صغيرة الحجم ، ثم تتلاقى هذه المجاري الصغيرة مكونه مجارى أخرى أكبر فأكبر ، حتى تنشأ فى النهاية مجارى رئيسيه تحمل المياه وتلقى بها فى بحر كنهر النيل ونهر الراين ، أو فى محيط نهر الكونغو ونهر السنت لورانس أو فى بحيرة أو بحر داخلي كنهر الفولجا (فى بحرقروين) ونهر أموداريا وسرداريا فى (بحر آرال) أو

فى مستنقع مالح كنهر تاريم (فى بحيرة لوب نور) ونهر هامبولت فى ولاية نيفادا الذى يتلاشى فى منخفض مالح عظيم.

و يلتقى بالنهر أثناء جريانه من منبعه إلى مصبه عدد من الأنهار تدعى بالروافد . وينشأ بذلك نظام نهرى يشغل مساحة تجميع للمياه تسمى حوضا ، ويحيط بالحوض تقسيم مياه رئيسي يفصل بينه وبين حوض نهر آخر ، وأحيانا تتوزع المياه من منطقه تقسيم مياه واحدة على عده أنهار تجرى فى اتجاهات متباينة ، وتنصرف إلى بحار بعيده عن بعضها . ففي قسم من الألب السويسرية حول سان جوثارد يقع مركز التصريف النهري لقسم عظيم من القارة الأوربية ومنه ينبع نهر الراين ورافده الآري و الرويس) Ruess ينتهى الراين إلى بحر الشمال) ونهر الرون (ويصب فى البحر المتوسط) ونهر تسينو Ticino رافد البو) Po يصب فى البحر الادرياتى) وحينما تجرى المياه فى النهر فإنها تؤدى وظائفها الثلاث وهم (النحت والنقل والارساب) وهى بقيامها بوظائفها تعدل وتشكل من معالم أحواضها . حيث أنها تمزق سطح الأرض ، وتنحت الأودية وتخلع عليها ظاهرات مميزه . وتترك تلالا وحافات متخلفة فيما بينها . و بالتدريج يتحطم المظهر الطبيعي الأصلي ، ويتم اكتساح المواد نهائيا وتتحول أرض الحوض المضرسة بمرور الزمن إلى سهل ندعوه بالسهل التحاتي . Peneplain وقد قدر علماء أمريكا أن حوض نهر المسيسبى يتآكل وينخفض بالتعرية بمعدل يصل إلى حوالى ٣سم كل ٤٠٠ سنة ، وأن معدل الانخفاض بالنسبة للسطح العام للولايات المتحدة يبلغ ٣سم كل ٩٠٠ سنه هذا على اعتبار أنه لا يتأثر بعمليات رفع توازنيه.

ويدأب النهر فى عمله تدريجيا ، وتظهر فى حوض تغيرات متجانسه ، وهو ينتقل من مرحله إلى أخرى من مراحل تطوره ، حتى تكتمل دورة التعرية ، ولكل من مرحله الشباب والنضج والشيخوخة مميزاتها وظاهراتها المثالية التي تتضح من دراسة مدى انحدار مجراه ، وشكل قاعه ووادیه ، والتوازن بين عملتي النحت و الارساب ومن الممكن أن تتمثل في أي نهر جميع المراحل الثلاث فنصادف مرحله الشباب في مجراه الأعلى في الجبال ومرحلة النضج في مجراه الأوسط ، ومرحله الشيخوخة حيث يجرى بطيئا مترنحا عبر سهل منبسط صوب البحر.

النحت النهري:

تعتمد طاقة النهر ومقدرته على النحت في أية نقطة من مجراه على كمية مياههvolume من جهة والسرعة Velocity من جهة أخرى، حيث تؤدي كمية المياه الزائدة أثناء الفيضانات إلى تفوق قوة تحركها على قوى رد الفعل المتمثلة في الاحتكاك بالقاع والجوانب، ويؤدي النهر عند قيامه بعمليات النحت ثلاث وضائق أساسية هي(شرف،١٩٧٥،ص٢٦٣):

١-النحت الرأسي وتعميق الوادي:Vertical Erosion .

ويشتد فعل هذه العملية في الأنهار التي تتميز مجاريها بانحدارات شديدة وبحمولة جر (او حمولة قاع) متحركة عظيمة.

٢- النحت الجانبي وتوسيع الوادي:Lateral Erasion .

ويتم ذلك بالنحت في الجوانب المقعرة من الثنيات النهرية في أثناء تكوينها ونموها وتطويرها خلال الدورة التحاتية.

٣-النحت الصاعد وأطاله الوادي.

وترتبط هذه العملية بنقاط تجديد الشباب النهري والمسار Rapids و المساقط المائية ، وجميعا ترتبط أصلا بالتباين في التراكيب الصخرية والاضطراب في دورته التحاتية .

ويتوقف نشاط هاتين العمليتين على عوامل متعددة بعضها متعلق بالتركيب الصخري للمنطقة التي يجري فيها وانحدارات سطحها وبعضها الأخر متعلق بطبيعة النهر نفسه من حيث حجمه Volume وحمولته من المواد الرسوبية، ونوع المواد التي تتكون منها هذه الحمولة، وسرعة جريانه(شرف،١٩٧٥).

٤-النحت الرأسي وتعميق الوادي:

يتم النحت الرأسي وتعميق الوادي بواسطة المجاري المائية عن طريق عدد من العمليات تعمل فرادى لكنها متعاونة تنهي حفر المجاري ونحرها(Thornbury,W.D. 1954).

تطور الأنهار

أ.د.سرحان نعيم الخفاجي

تدأب الأنهار دائماً على توسيع مجاريها وتعميقها، وهي تعمل بهذا على إحداث تغيرات وتبديلات عديدة في تضاريس قشرة الأرض، تسفر في النهاية عن تخفيض مستوى الأرض المرتفعة وإزالة كل ما بها من تضاريس حتى يتحول سطح الأرض إلى سهل منخفض ذي سطح مستو. فكأن شق الأنهار لمجاريها، وتوسيع جوانب أوديتها يرمي إلى غاية معينة وهدف واحد، ألا وهو بلوغ مقاطع اتزانها وتعادلها. ويطلق على مجموعة التغيرات التي تصيب النهر وحوضه من بداية جريانه على سطح الأرض إلى أن يتم تخفيض الأرض المرتفعة التي تنحدر عليها حتى يصل إلى مستوى السطح، يطلق عليها دورة التعرية النهرية. وللأنهار حياة وأعمار كما هو الحال فى البشر فالنهر . تمر دورة التعرية النهرية بثلاث مراحل، يتميز سطح الأرض في كل مرحلة منها بخصائص ومميزات واضحة، وهذه المراحل الثلاث هي مرحلة الشباب، ومرحلة النضج ومرحلة الشيخوخة أو الكهولة.

وكثير ما يشذ تسلس الحوادث التي تؤدي إلى الوصول بسطح الأرض إلى مستوى القاعدة عن المرور بهذه المراحل الثلاث، وكثيراً ما يتحول تتابع هذه المراحل إلى صورة أخرى مختلفة تماماً، عن الصورة العادية التي يمر بها تتابعها وتطورها، ويرجع هذا إلى عوامل عديدة منها: تعقد التركيب والبناء الجيولوجي، وحدوث بعض تقلقلات باطنية بطيئة أو حدوث بعض التغيرات في الظروف المناخية. وتعمل هذه العوامل على عدم إتمام الدورة واكتمالها، وعلى حدوث تغيرات واضحة تحيد عما ينجم في الأحوال العادية من مظاهر إذا ما مرت الدورة بمراحلها الكلاسيكية الثلاث.

وقد كان وليام موريس ديفز أول من قسم مراحل التطور النهري إلى المراحل الثلاث المعروفة: مرحلة الشباب، ومرحلة النضج، ومرحلة الشيخوخة، ولكنه افترض بعض الافتراضات لكي تمر الأنهار بهذه المراحل الثلاث من التطور:

١- أن الأرض التي يجري بها النهر كانت تغمرها مياه البحر في وقت من الأوقات ثم تعرضت لحركات رافعة حديثة وتحولت إلى أرض يابسة.

٢- أن البناء الجيولوجي لهذه الأرض يتميز ببساطته وعدم تعقده، كان تتألف من طبقات رسوبية تتعاقب فيها الطبقات الصلبة مع اللينة، وتميل هذه الطبقات ميلاً عاماً صوب البحر، وتختفي منها الالتواءات أو الانكسارات.

٣- أن هذه الأرض الجديدة التي علت عن مستوى سطح البحر، ظل منسوبها في حالة من الاستقرار والثبات (بالنسبة لمستوى البحر) لفترة طويلة تكون كافية لإتمام الدورة واكتمالها.

وعلى أساس هذه الافتراضات، استطاع ديفز أن يوجز التغيرات التي تطرأ على هذه الأرض الجديدة في كل مرحلة من مراحل الدورة النهرية على النحو التالي:

١- مرحلة الشباب: Youth Stage

ويهتم النهر فى مرحلة الشباب بالحفر الرأسي لتعميق مجراه وشق طريق على سطح الأرض عن طريق النحت فى قاع المجرى ليصل إلى مستوى سطح البحر أو مستوى القاعدة المحلى إذا كان يصب فى بحيرة داخلية أو فى نهر آخر . ويتميز مجرى النهر هنا بأنه على شكل رقم ٧ أى له جوانب شديدة الانحدار والناتجة من سرعة جريان التيار فى هذه المرحلة مما يسبب ضيق المجرى .

ظاهرات مرحلة الشباب:

١- الخوانق :Canyons

وهو جزء من مجرى نهر شديد الانحدار فى جوانبه حيث يتغلب النحت الرأسي على النحت الجانبي ، ومعظم المجاري العليا هي بمثابة خوانق ، وخصوصا عندما تجرى على امتداد نطاق ضعف أصابه التكسر ، ومثل هذه الخوانق نجدها بكثرة فى المناطق الجبلية ومنها مرتفعات الألب .

وتنشأ الخوانق عادة فى الصخور الصلبة ، حتى تبقى جوانبها قائمة شديدة الانحدار دون أن تنهار ، وقد تنشأ أحيانا عندما تقل الأمطار ، فيقل فعل عوامل التجوية فى جوانبها ومن ثم تتراجع ببطء ، ومن أشهر الخوانق، الخانق العظيم Grand Canyons بولاية كلورادو بالولايات المتحدة ويبلغ

طول خانق الكلورادو العظيم زهاء ٥٠٠ كم وعمقه ما يقرب من ٢ كم وهو يشق طريقة خلال طبقات صخرية أفقية ووصل نحته الرأسي إلى الصخور النارية السفلى التي تنتمى إلى حقب ما قبل الكمبرى.

٢-الحفر الوعائية: Porholes

وهى عبارة عن منخفضات مستديرة الشكل توجد فى قاع النهر . وتنشأ من تحرك الكتل الصخرية على القاع حركة دائرية متأثرة بقوة الدوامات المائية التي يكونها تيار النهر . وتؤدى هذه الحركة الدائرية إلى تآكل قاع النهر وإلى تكوين فجوات فيه.

٣- ثنيات الشباب:

وتتكون عندما يكون النحت الرأسي على أشده فى تعميق الوادي ، ويتفادى النهر فى جويانه العقبات الصخرية الصلبة تصادفه ، فيتثنى ويتلوى من حلولها منشأ لتلك المنعطفات ، ويشتد النحت فى ضفافها المقعرة مكونا لجروف شديدة الانحدار ، بينما يقل النحت أو ينعدم على الضفاف المحدبة المقابلة فيترك سفوحا هيئة الانحدار. Slip – off Slope .

٤- الجنادل: Cataracts

وتنشأ نتيجة الاختلاف في طبيعة الصخور التي يتركب منها قاع المجرى النهري . فالصخور الصلبة تقاوم عملية النحت بجميع صوره بينما تتآكل الصخور اللينة ، ومن ثم تبقى الصخور الصلبة بارزة تعترض سير المياه مثال ذلك الجنادل التي تعترض مجرى النيل الخرطوم وأسوان . فقد نحت نهر النيل مجراه رأسيا فى الحجر الرملي النوبي إلى أن وصل فى بعض المواقع إلى الصخور الصلدة من جراء عملية النحت النهري ، فظهرت بارزة من القاع مكونه ما يشبه الجزر الصخرية الصغيرة تقسم مجرى النيل عندها إلى أكثر من مجرى.

٥- المساقط المائية أو الشلالات Water-Falls :

وتنشأ نتيجة لأسباب عديدة أهمها :

أ - انحدار مجرى النهر من جهة مرتفعة إلى أخرى منخفضة ، كأن ينحدر من فوق هضبة تشرف على السهول من حولها بحافة حادة .

ب . اعتراض طبقة صخرية صلبة مقاومة للتعرية لمجرى النهر ، تقع أسفلها أو حولها طبقات رخوة أقل مقاومة للتعرية . فيتكون الشلال ، لأن مياه النهر تنحت فى الطبقات اللينة أكثر مما تنحت فى الطبقات الصلبة ، مما ينشأ عن ذلك اختلاف فى منسوب المجرى ، فتسقط المياه من مستوى مرتفع وهو مستوى الطبقة الصلبة ، إلى مستوى منخفض وهو مستوى الطبقة اللينة التي تعرض للتآكل كما تعمل المياه الساقطة بقاعدة الشلال على نحت الصخور اللينة السفلى ، بينما تبقى الطبقة الصخرية الصلبة بارزة ومعلقة فوقها ثم لا تلبث أن تسقط نتيجة لثقلها وضغط المياه عليها وتتكرر عملية النحت السفلى وسقوط أجزاء من الطبقة الصلبة باستمرار ، ولهذا نجد أن الشلالات تتراجع دائما نحو المنبع.

٢- مرحلة النضج: Maturity Sage

ويمثل الوادي المجرى الأوسط فى هذه المرحلة التي تتميز باتساع الوادي الناتج من زيادة النحت الجانبي بالإضافة إلى تناقص سرعة التيار لقلة الانحدار . وإذا كان مجرى النهر فى مرحلة الشباب يمثل رقم ٧ فإن المجرى يزداد انفراجا كما أن النحت الجانبي قد كون واديا عريضا تغطية الرواسب تمهيدا لتكوين ما يعرف بالسهل الفيضي الذى يتكون فى المراحل الأخيرة من حياة النهر . ومن أهم الظاهرات المصاحبة لمرحلة النضج ما يعرف بالمنعطفات Maenders فعندما يصل النهر أقصى مداه نحت قاع مجرى النهر بحيث لا يقوى بعد ذلك على النحت فيتحول نشاطه إلى النحت الجانبي . فحيثما ينحرف مجرى النهر استقامته لأى سبب من الأسباب ، سرعان ما يرتطم تيار النهر بالجانب المقعر من المنحنى ويقتحمه بقوة ، بحيث يتآكل ساحل النهر حول جانبه المحدب من المنحنى حيث يترسب الفتات الصخري والرواسب العالقة من جراء عملية النحت وهكذا باستمرار هذه العملية مع الزمن ، يتزحزح بالتدريج مجرى النهر عن موضعه الأصلي ، ويزداد مقدار انحناء النهر .وبتكرار هذه العملية فى أماكن مختلفة من النهر ، يرى النهر وقد التوى مساره فى نسق من الثنيات والالتواءات تسمى المنعطفات أو التعرجات النهرية المعروفة بـ " الميأندرز . Meanders "وفى كثير من الحالات تبلغ شدة المنعطفات مبلغا كبيرا ، وتتعقد الانثناءات ، بحيث أن المسافة بين أي نقطتين من مجرى النهر قد تكون قصير جدا إذا قيست بخط مستقيم ، بينما تطول كثيرا هذه المسافة إذا ما قيست بخط منحن يتبع مجرى النهر فى

انحنائه وعلى ذلك فإن الانعطاف المتعدد الواضح فى مجرى النهر يعتبر شاهدا على تقدم عمر النهر.

٣- مرحلة الشيخوخة: Old Stage

وفى أثناء انحدار الماء فى مجرى النهر يحل وينقل كثيرا من المواد منها الذائب ومنها العانق . ويختلف حجم هذه المواد العالقة من الذرات الدقيقة جدا كما فى الصلصال والطفل والطين إلى الحبيبات الكبيرة من الرمال والحصى.

وأخير يضعف النهر وببطء انحدار مجراه وتقل مقدرته على حمل الرواسب فيبدأ فى التخلص منها فى قاعة أو على جوانبه أو عند مصبه فى البحر.

ظاهرات مرحلة الشيخوخة:

١- البحيرات القوسية: OX-Bows

عندما يشتد انحناء النهر قد يحدث أحيانا أن يندفع التيار فيخترق البرزخ الضيق بين الطرفين المتقابلين من مجرد النهر الأصلي، فيمتد المجرى مستقيما تاركا الجزء المنحنى من مجراه . هذا الجزء المهجور من مجرى النهر يصبح بحيرة مقوسة.

٢-السهول الفيضية: Flood Plains

عنما يتم توسيع الوادي فى المجرى الأوسط فى مرحلة النضج من تأثير النحت الجانبي للمجرى وعندما تقل سرعة التيار فى مرحلة الشيخوخة فإن النهر يتخلص من حمولته من الفتات الصخري والمواد العالقة بترسيبها على الجوانب المحدبة للثنيات والمنحنيات النهرية الأمر الذى يكون معه ضفاف ترسيبية وباستمرار تحرك المنحنيات تتغطى جميعها بغطاء من الرواسب الطينية مكونة السهل الفيضية.

٣- المدرجات (الشرفات النهرية):

عندما يترك النهر على جوانبه البعيدة مخلفاته من الرواسب الطينية وبسبب تغيير مستواه وقلة مياهه مثلا أو تعمق مجراه ووصوله إلى مستوى القاعدة العامة يأخذ النهر مجرى أعمق من الأول ولا تصل مياهه إلى الجوانب البعيدة التي كان يصلها فى الماضي تاركا بذلك مدرجا قديما ليبني

مدرجا جديدا وهكذا .... ولهذه المدرجات فوائد عديدة لرجال التاريخ والآثار والجيولوجيا والمناخ لما تكشف عنه من صور الماضي وأوضاع.

٤- الدالات Deltas :

عندما يستوى النهر فى مجراه وتتناقص سرعة جريانه شيئا فشيئا فإنه يصب حمولته فى نهاية المطاف فى البحار والمحيطات إذ تتجمع رواسب النهر على هيئة سهل منخفض يأخذ شكل جرف دلتا (Δ) فى اللغة الإغريقية ونتيجة لحدوث عمليات الترسيب عند مصب النهر فإنه يتفرع إلى قنوات عديدة وهذه تتفرع بدورها قنوات أصغر تعرف بالقنوات الثانوية أو الفروع Distribtaries بحيث تأخذ فروع الدلتا شكلا شعاعيا وأحيانا تأخذ شكل الأقواس. Arc Shaped

ثانياً–التعرية البحرية:

التعرية البحرية (أو تراجع الخط الساحلي) هو فقدان الأراضي الساحلية بسبب الإزالة الصافية للرواسب، أو الأساس الصخري من الخط الساحلي، ويمكن أن يكون إما: خطر البدء السريع (يحدث بسرعة كبيرة من أيام إلى أسابيع) خطر بداية بطيئة (تحدث على مدى سنوات عديدة أو عقود إلى قرون). يقصد بها اهتراء أرضه أو زوال شاطئه بسبب الأمواج والمد والجزر والتصريف والحمل وغير ذلك .

سبب حدوث التعرية البحرية:

عادة ما يكون السبب مدفوع بفعل الأمواج والتيارات، ولكن أيضا عن طريق عمليات الهزال الجماعي على المنحدرات، (خاصة على السواحل الموحلة)، غالبا ما ترتبط حلقات تآكل السواحل الكبيرة بأحداث الطقس القاسية (العواصف الساحلية والفيضانات)، لأن كلا من الأمواج والتيارات تميل إلى أن تزداد شدتها، وهذا يسمح للأمواج والتيارات لمهاجمة الأراضي التي عادة ما تكون بعيدة عن متناولهم، على الأراضي الساحلية يمكن أن تؤدي هذه العمليات إلى تقويض المنحدرات الحادة، بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تؤدي الأمطار الغزيرة إلى تعزيز تشبع التربة، حيث يؤدي التشبع العالي إلى انخفاض في قوة قص التربة وزيادة مقابلة في احتمال فشل المنحدر (الانهيارات الأرضية).

التآكل الساحلي أو التعرية البحرية هي عملية طبيعية تحدث عندما لا يتم موازنة نقل المواد بعيدا عن الخط الساحلي، بواسطة مواد جديدة يتم إيداعها على الخط الساحلي، وتخضع العديد من المناطق الساحلية بطبيعة الحال لدورات شبه تآكل وتراكم على فترات زمنية من أيام إلى سنوات، ويتضح هذا بشكل خاص على الأراضي الرملية مثل الشواطئ والكثبان الرملية ومداخل البحيرة المفتوحة والمغلقة بشكل متقطع.

ومع ذلك، يمكن للأنشطة البشرية أيضا أن تؤثر بقوة على ميل التآكل، على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي إنشاء الهياكل الساحلية (مثل حواجز الأمواج والأرضيات والجدران البحرية) إلى تغييرات في مسارات نقل الرواسب الساحلية، مما يؤدي إلى التآكل في بعض المناطق والتراكم في مناطق أخرى، يمكن أيضا أن ترتبط إزالة الرواسب من النظام الساحلي (على سبيل المثال عن طريق

التنقيب أو استخراج الرمال)، أو تقليل المعروض من الرواسب (على سبيل المثال عن طريق تنظيم الأنهار) بالتآكل غير المقصود، على نطاقات أوسع، يمكن لتغير المناخ الطبيعي الذي يسببه الإنسان أن يعدل من احتمال ومعدل التآكل الساحلي.

تتميز التعرية البحرية عن غيرها من أنماط التعرية بخصائص يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

١-يتركز فعل البحر في نطاقات معلومة محدودة. ذلك أن امتداد خط الساحل يقرر المساحة التي تطولها الأمواج وتؤثر فيها، ومن ثم فكلما ازداد تسنن الساحل، زاد طوله، وبالتالي ازداد مجال فعل الأمواج. كما أن تأثير الأمواج رأسياً محدود أيضاً، فهو لا يزيد كثيراً عن أقصى ارتفاع تصله مياه المد العالي كما أنه محدود العمق عن أدنى حد تبلغه مياه الجزر الواطئ.

٢-الأشكال التي تنشئها التعرية البحرية سريعة التغير نسبياً. فمعظم البلاجات والشواطئ لا تبقى على حالها إلا مدة قصيرة، ذلك أن تذبذب حركة المد والجزر والرياح والأمواج التي تنشئها وتشكلها، ما تلبث أن تهدمها أو تعدل من شكلها. كذلك الجروف، يصيبها التساقط والانزلاق وبالتالي التغير الشديد، خصوصاً إذا كانت مكونة من صخور هشة مفككة.

ويعتبر تراجع الجروف وتآكل السواحل من الأمور الخطيرة التي تهم الأقطار الساحلية، خصوصاً إذا ما كانت تلك النطاقات منتجة ومعمورة. ورغم أن عملية تكوين الألسنة والخطاطيف والحواجز والشطوط تتم ببطء نسبياً، فلا ترى ولا تحس كانهيار الجروف وتآكل السواحل، فإنها تتم في عدة عقود قد لا تزيد كثيراً على قرن واحد من الزمان.

١-يتلقى نطاق الساحل نتاج التعرية البحرية من الرواسب كما ترد إليه رواسب عوامل التعرية الأخرى، كالرواسب النهرية والجليدية والهوائية، لذلك نجد في النطاقات الساحلية توازناً بين أشكال النحت والإرساب، وهذا ما نفتقده في الداخل القاري الذي يتأثر بعوامل التعرية الأخرى.

٢-لا يتم تشكيل الجروف وتراجعها بواسطة التعرية البحرية وحدها. صحيح أن التعرية البحرية تنحت وتفوض أسافل الجروف التي تكون في متناول فعل الأمواج مما يعين على انهيار الجزء العلوي، لكن درجة التقويض البحري عند قواعد الجروف قد تكون أقل حدة من تعرية الجروف ككل بواسطة عوامل التعرية الأخرى.

٣-عمليات التعرية البحرية منظورة. وهي نشطة تقوم بعملها بسرعة تناسب إمكانيات الدارس الذي يرغب في ملاحظتها وقياسها. فمن السهل دراسة فعل الأمواج المتكسرة الهدامة، وتلك المتهادية البناءة، وملاحظة حركة المواد من الحصى البحرية والرمال وهى تتحرك فوق سطح الشاطئ صعدا نحو اليابس ونزولا لاتجاه البحر، وعلى امتداد الشاطئ مع تيار الدفع الناشئ من طبيعة حركة الأمواج.

وقبل أن ندخل في تفاصيل الدراسة الجيومورفولوجية للسواحل، يحسن بنا أن نحدد معاني بعض المفاهيم الخاصة بها. فكلمة ساحل Coast تدل على نطاق اتصال اليابس بالبحر، بينما يشمل الشاطئ Shore المساحة الواقعة بين حضيض الجروف البحرية (وهى الحوائط الصخرية المشرفة على البحر) وأدنى مستوى تصله مياه الجزر. وإذا حدث وكان الساحل سهليا يخلو من الجروف. فإن تغبير الشاطئ يطلق حينئذ على المساحة المحصورة بين أعلى حد تصله أمواج العواصف وبين أدنى منسوب تصله مياه الجزر. أما البلاج beach فيتألف من رواسب الرمال والحصى فوق الشاطئ. ويمكن تعيين خط الساحل coastline إما بخط الجرف البحري أو الخط الذي تصل إلية أعلى أمواج العواصف.

وينقسم الشاطئ إلى نطاقين :

١- الشاطئ الأمامي Fore-short ويمتد من أدنى منسوب لمياه الجزر إلى أعلى منسوب تصله موجة المد.

٢-الشاطئ الخلفي Back-short ويمتد من أعلى منسوب تصله موجة المد إلى خط الساحل.

العوامل التي تؤثر في تشكيل السواحل:

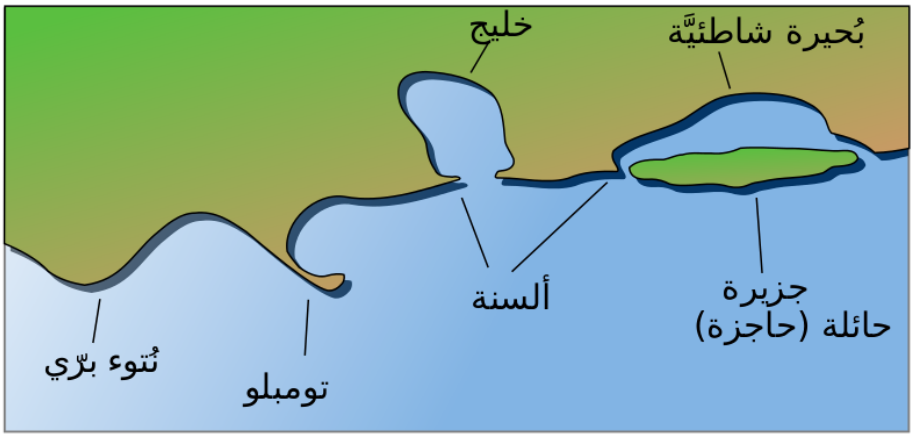
يتوقف شكل الساحل على تفاعل عدد من العوامل نجملها فيما يلي:

أولاً: فعل الأمواج وحركة المد والجزر والتيارات البحرية، وهى جميعا تقوم بوظائف النحت والنقل والإرسال في المنطقة الساحلية.

ثانياً: طبيعة الساحل أو هامش اليابس الذي يتعرض لفعل تلك العمليات البحرية هل هو مرتفع شديد الانحدار، أو منخفض هين الانحدار ، هل هو مستقيم أو مسنن ، يضاف إلى ذلك

خصائص تكوينه الصخري ودرجة مقاومة صخوره للتعرية، ومدى التجانس أو التفاوت في تركيبها، شكل ( ).

ثالثاً: التغيرات التي انتابت وتنتاب المستوى النسبي لليابس والماء، والتي تعرف أحيانا بالتغيرات الموجبة والسالبة بحسب نتائجها في رفع أو خفض مستوى البحر بالنسبة للساحل، صورة ( ).



شكل ( ) يوضح فعل الامواج البحرية وتكوين بعض الاشكال الجيومورفولوجية

صورة ( )جانب من تأثير الامواج البحرية على السواحل

العوامل المؤثرة في عملية النحت:

لما كانت عملية النحت أحد العمليات المدرجة تحت عملية التعرية، كما أُسلِف الذكر في تعريف النحت، فإنّها وكباقي العمليات الأرضية الطبيعية وغير الطبيعية تتأثر بعوامل عدة، ولعل أهمها هو أنواع الصخور المكونة للشواطئ/السواحل، إضافة إلى حالتها من قوة وصلادة، أما مساحتها السطحية فإنها تلعب دورًا هامًا فكلما كانت المساحة السطحية أكبر كانت مقاومتها أكبر وتحتاج

حينها الأمواج والعوامل الأخرى إلى فترة زمنية أطول حتى تحدث فيها اثارا ظاهرة ومهمة والعكس صحيح، كما أنّ قوة الموجات السطحية أو ما يعرف بموجات عبور الشاطئ تلعب دورًا أساسيًا هامًا في هذه العملية، إضافةً إلى تأثرها بالنشاط البشري والحياة النباتية، وعمليات التعرية الطبيعية الأخرى.

الظاهرات الناتجة عن النحت البحري:

هي إحدى عمليات التعرية البحرية ، التي تتكون من ثلاث عمليات هم : النحت والنقل والإرسال، والتي تقوم بهم الأمواج، وفي عملية النحت تقوم الأمواج بهذه العملية بعدة طرق منها : الذوبان، التصادم، ضغط الهواء، والنحت القاعدي، وينتج عن النحت البحري عدة أشكال مثل : الجروف الساحلية، الأقواس، الكهوف وغيرها.

الجروف البحرية ورصيف النحت البحري::

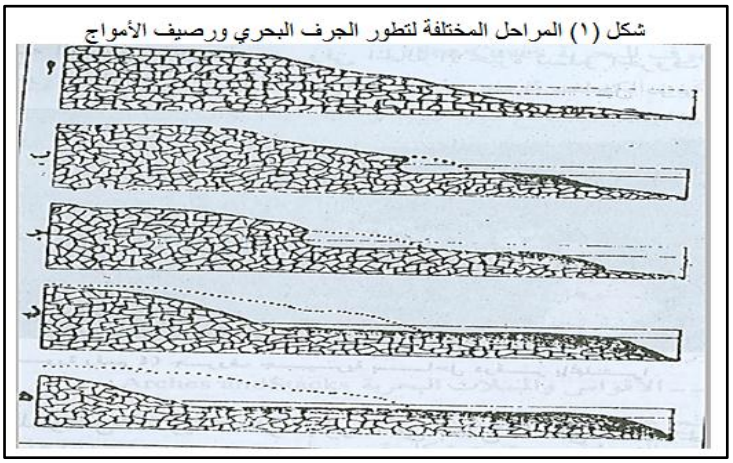
تتكون الجروف نتيجة تعاقب الطبقات الصخرية، ويكون هذا التعاقب بطبقات الصخور الصلبة فوق الصخور اللينة، وإذا كانت هذه الصخور اللينة هي من تواجه الأمواج، وتعلوها الصخور الصلبة، فينتج عن هذا تراجع سريع جدا للصخور اللينة، ويصلح الشاطئ منحدر جرفي شديد، شكل ( ).

المراحل المختلفة لتكون الجرف ورصيف النحت البحري وتطورها:

أ- انحدار معتدل للساحل مع عمليات تقويض سفلى تقوم بها الأمواج.

ب- يبدأ الجرف في الظهور والتراجع نحو اليابس مع وضوح رصيف النحت البحري على حساب تراجع الجرف، كما يبدأ تكون رصيف إرساب بحري كنتاج لتراكم المفتتات الناتجة عن عمليات النحت بالجرف.

ج- مع تراجع الجرف يزداد ارتفاعه كما يزداد اتساع رصيف النحت البحري وكذلك رصيف الارساب البحري wave built – platform.



شكل ( ) مراحل تطور الجروف البحرية

د- تؤدي عملية التجوية والانهيارات الأرضية إلى تخفيض منسوب الجرف ، ويتضح في هذه المرحلة البلاج Beach بامتداده الكبير الذي يعمل على إضعاف أثر الأمواج كعامل نحت وذلك لضحالة المياه أمام خط الشاطئ بسبب عملية الترسيب المستمرة.

هـ - يتوقف نحت الأمواج بسبب اتساع النطاق الضحل من المياه الشاطئية ويدفن رصيف النحت البحري رواسب الشاطئ المكونة من الرمال والحصى وفي أغلب الأحوال يختفي الجرف في المرحلة الأخيرة ويبدو الساحل وقد اقترب تماما من نهاية دورة التعرية ، وقد تظهر صخور بعض الجروف في شكل طبقات تميل تجاه اليابس والبعض الآخر يميل فيه الصخور نحو البحر وفي الحالة الأخيرة تبدو الجروف في صورة شديدة الانحدار، صورة ( ).

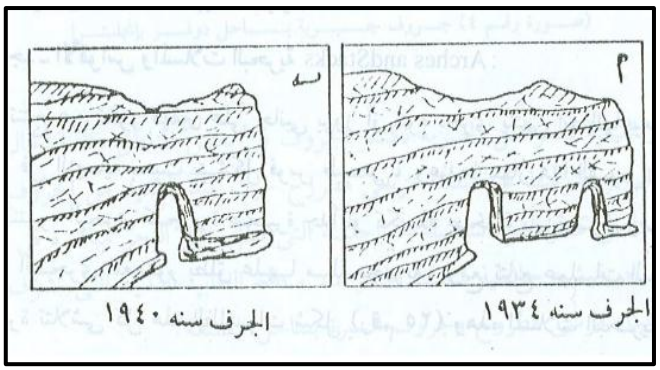
صورة ( ) توضح الجروف البحرية

الكهوف البحرية Sea Caves :

تعمل الأمواج علي كشف مواضع الضعف الموجودة بالجروف البحرية، وبالتالي يكون لدى الأمواج ضغط كبير عليها، فتعمل على توسيعها وإظهار فتحات كهفية فيها. يتكون الكهف البحري على طول منطقة ضعف عند قاعدة الجرف البحري، وتلعب الأمواج دورا كبيرا في تكونها، والكهف البحري يبدو في شكل نفق أسطواني cylindrical tunnel يمتد في الجرف مقتفيا أثر خط ضعف صخري ويبدأ قطره في التناقص نحو الداخل، وقد تؤدي المفاصل الصخرية في نهاية النفق إلى تكون ما يعرف بالمنافس blow holes وهي عبارة عن ثغرة علوية قد تزداد اتساعا مع استمرار عمليات النحت والانهيار بحيث ينتهي الأمر بتكون شرم بحري ضيق sea inlet وعادة ما تكون الصخور الجيرية من أكثر أنواع الصخور التي يمكن لمياه البحر أن تتوغل خلال مفاصلها وشقوقها وتكون حيث تتكون كهوف في شكل ممرات إذابة نحت أرضية، على سبيل المثال كهوف بونيفاسو Bonivacio جنوب كروسيكا قد نشأت بهذه الكيفية.

الأقواس والمسلات البحرية Arches and Stacks :

تنتج عن تطور كهفين على جانبي بروز أو نتوء بحري ينتهي اتصالها ببعضها البعض في النهاية بحيث يتشكل قوس طبيعي، وعندما ينهار هذا القوس تبدو نهاية النتوء البحري كجزيرة صغيرة جدا أو ككتلة صخرية بارزة فوق رصيف النحت البحري المغمور يطلق عليها مسلة بحرية، ومع تتابع عمليات النحت المستمرة تتلاشى كل هذه الظاهرات وهذه المسلات البحرية قد تتعرض بدورها لفعل الأمواج من جديد إلى أن تتآكل قواعدها وتنهار أمام نحت الأمواج ، ومن هذه المسلات ما تعرف بمسلة الغرام بساحل مرسى مطروح وتظهر أقواس بحرية على سواحل الحروف تعطي مظهرا ملفتا، صورة ( ) و ( ) ، وشكل ( ).



صورة ( ) توضح احد المسلات البحرية شكل ( )يوضح الكهوف البحرية الناتجة عن تعرية الامواج للساحل.

صورة ( ) توضح احد الاقواس البحرية

الشروم البحرية:

خلجان تشبه الريا و لكنها تصغرها فى الحجم تكون مساحتها اضيق ايضا ، كما ان الشرم تظهر و كأنها قنوات بحرية تكون ضيقة و تبدو كأنها مسدودة تطور ظهور شكلها بسبب انهيار و سقوط احد اسقف الكهوف البحرية التي تم شقها من ناحية الجرف البحري فالشروم فتحات ساحلية مثل التي تتواجد على سواحل البحر الاحمر و لها مسميات عديدة منها الشروم او الخور او المرس ، و يختلف الشكل المورفولوجى لها بسبب اختلاف ظروف نشأتها التي تصف و تعبر عن الصفات الجيولوجيا و المناخية لهذه السواحل.

الاشكال الارضية الناتجة عن الارساب البحري:

إن تأثير مياه البحار والمحيطات ليس تأثيرا هدميا فحسب ، وإنما هو أيضا تأثير بنائي . تتشكل أرضية البحار والمحيطات بفعل الإرساب بدرجة أعظم بكثير من تأثرها بفعل التعرية ، حيث يكاد ينحصر فعل التعرية على منطقة خط الساحل ، بينما يظهر فعل الأرساب في كل أجزاء قاع المحيط سواء أكانت الضحلة المجاورة لخط الساحل أو الأخرى العظيمة العمق في البحار المفتوحة ، ويترسب فوق قاع البحر أنواع مختلفة من الرواسب تتمثل في تلك التي تذروها الرياح والتي تتألف من الرمال وأتربة البراكين ، وكذلك المواد التي تصبها الأنهار والثلاجات ، هذا بالإضافة إلى تجمع الرواسب العضوية تبعا لاندثار الكائنات البحرية وتوالي عمليات تراكم قشورها ، وبذا تكون طبقات إرسابية عظمى فوق قاع المحيط ، ويلاحظ ان اختلاف حجم حبيبات المفتتات الصخرية ، واختلاف أعماق المحيط لهما الأثر الأكبر في التوزيع الجغرافي للارسابات المختلفة فوق قاع البحار والمحيطات ، فتتراكم الرواسب الخشنة الغليظة الحبيبات عادة بالقرب من الشاطىء أو خط الساحل ، ثم تليها تلك المواد التي تتألف من حبيبات اقل خشونة وحجما ، وعلى ضوء ذلك تتميز الحواف الحدية الهامشية للرف القاري بأنها تتألف من رواسب دقيقة ناعمة ، وسنكتفي هنا بالحديث عن الرواسب الشاطئية ومن أهم ظاهرات الإرساب البحري:

١- الحواجز البحرية: Marine bars

وهى عبارة عن سلاسل تشبهه التلال ، مغمورة تحت سطح البحر تتكون من الرواسب والمفتتات البحرية الدقيقة الحجم ، وتظهر فى صورة حواجز ممتدة فوق مستوى سطح البحر أثناء فترات الجزر . وهى تشبه فى امتدادها علامات النيم Ripple marks ، إلا أنها أكبر حجما وأقل تناسقا وانتظاما منها . وهى تتشكل فى المياه الضحلة بالقرب من خط الساحل ، وتتكون من الرمال بصفة أساسية.

٢- الألسنة البحرية: Marine spits

وهى عبارة عن تجمعات ارسابية طولية الشكل تتكون من الرمال والحصى ، وتتصل باليابس من أحد طرفيها ويمتد الأخر فى البحر ، وخاصة عند المخارج النهرية والمصبات الخليجية وفتحات البحيرات ، وكثيرا ما تتعرض أطراف الألسنة الخارجية للانثناء فى اتجاه اليابس بما يشبه الخطاف

Hook، بسبب إنحراف الأمواج حول أطرافها ، أو بتأثير تعدد اتجاهات الأمواج بالمنطقة الشاطئية ونظرا لهدوء الأمواج على جانب اللسان المواجه لليابس ، يزداد الترسيب على هذه الأجزاء ، مما يعمل على إضافة سلسلة من الحافات والتراكمات الرملية مما يساعد على زيادة اتساعه.

٣-**التمبولو** : قد يتطور اللسان البحري وينمو في إتجاه بعض الجزر الصخرية أو الرسوبية الموجودة علي الشاطي الخارجي ، فيوصل بينهما وبين الشاطئ الأمامي ، أي أن التمبولو هي ظاهرة يتصل فيها اليابس بالجزر عن طريق الألسنة البحرية.

٤- الخطاطيف البحرية: Marine hooks

هي إحدى أشكال الألسنة البحرية التي تتعرض أطرافها الخارجية للانثناء بسبب تعرضها لاتجاهات متعددة من الأمواج والتيارات المائية ، وحدوث دوامات مائية تعمل على انحراف أطرافها نحو اليابس.

٥- **البحيرات المستنقعية:** (Lagoons) تعمل الحواجز على حجز مياه البحر العميقة نسبيا عن المستنقعات البحرية الضحلة التي تمتد فيما بين الحواجز البحرية وخط الساحل ، وإذا حجزت هذه المستنقعات عن البحر تماما بواسطة الحواجز البحرية ، تتكون البحيرات المستنقعية التي يطلق عليها اللاكون (Lagoons) ، ولكنها عادة تتصل بالبحر المجاور بواسطة فتحات ضيقة ، تشقها الأمواج والتيارات البحرية ، ومن الأمثلة على ذلك الحواجز البحرية المشهورة في بحر البلطيق التي تمتد فيما بين مدينة ممل (Memel) شرقا ومدينة دانزنج (Danzing) غربا ، والتي تبدو على شكل حاجزين بحريين طويلين ، ويحيطهما عدد من الكثبان الرملية ، ومستنقعات بحيرية واسعة تعرف باسم هافس (Haffs) .

٦-**البحيرات الشاطئية:** وتشكل بفعل عدة عوامل أهمها عملية الترسيب المستمرة للتيارات البحرية الطويلة حيث ترتفع رواسبها فوق مستوى سطح الماء مشكلة الألسنة الرملية أو الرسوبية في فتحة الخليج وعندما تغلق هذه الألسنة فتحات الخلجان تسمى حواجز رسابيه وتدعى البحيرة المتشكلة باسم ساحلية ومن الأمثلة عليها البحيرات المتشكلة على طول الساحل الغربي لفرنسا وعلى طول البحر المتوسط لا سيما سواحل شبه جزيرة البلقان وعلى معظم السواحل الجنوبية لأستراليا

وفي أجزاء من السواحل الجنوبية لأفريقيا وتتشكل البحيرات الساحلية أيضاً بوجود لسانين يصلان الجزيرة بالبر المقابل ويعرف اللسان باسم تومبولو ومن أشهر الأمثلة عليها بحيرة أوربيتديلو على الساحل الإيطالي المطل على البحر القيراني وبحيرة غار الملح بتونس.

حماية الشواطئ من التعرية البحرية يجب علينا :

أ.د.سرحان نعيم الخفاجي

١- وضع مصدات حجريه لحماية الشواطئ من الأمواج.
٢- وضع خرسانات لصد الأمواج .
٣- وضع حواجز صخريه .
٤- التقليل من القيام بالأنشطة العمرانية المختلفة مثل البناء و التشييد.
٥- زرع النباتات التي تحمي السواحل و تؤدي إلى تماسكها..
٦-وضع قوانين لحماية البيئة و السواحل ومخالفات في حال عدم التقيد بها..
٧- وضع الأرصفة و الهياكل لمنع التآكل ووضع الجدران البحرية و الأسوار...

ثالثاً-التعرية والتجوية بفعل المياه الجوفية:

لا يقتصر فعل المياه الجوفية على تشكيل جوف القشرة الارضية فقط، بل يساهم كذلك في خلق ظاهرات جيومورفولوجية متنوعة فوق سطح الارض، ويظهر عظم فعل المياه الجوفية في المناطق التي تتألف من الصخور الجيرية والطباشيرية، حيث تعمل هذه المياه على تكوين عدة ظاهرات متنوعة منها الحفر الضحلة، والمغارات، والمنخفضات، هذا الى جانب عملها في تكوين ظاهرات اخرى تنشأ في جوف القشرة الصخرية ومنها الكهوف بمظاهرها واشكالها المختلفة ومجاري الانها الجوفية او المفقدة.

مصادر المياه الجوفية:

١-مياه الأمطار وهي المصدر الرئيسي لتلك المياه.
٢-ماء الصهير وهو الماء الذي يصعد إلى أعلى بعد مراحل تبلور الصهير المختلفة.

٣-الماء المقرون وهو الماء الذي يصاحب عملية تكوين الرسوبيات في المراحل المبكرة ويحبس بين أجزائها ومسامها.

تواجد المياه الجوفية:

توجد المياه الجوفية في الجزء العلوي من القشرة الأرضية والذي يعرف بمنطقة الشق الصخري.

ولقد قسمت منطقة الشق الصخري إلى قسمين:

١-نطاق التهوية:

ويشمل الجزء العلوي من منطقة الشق الصخري حيث يمتلىء معظم الفراغات الصخرية فيه بالهواء ويحتوي جزئيا على بعض الماء.

٢-نطاق التشبع:

ويلي نطاق التهوية إلى أسفل ، وفيه تكون مسامات الصخور مملوءة كليا بالماء ويطلق على المياه الجوفية الموجودة في هذا النطاق اسم المياه الأرضية ، ويعرف السطح العلوي لنطاق التشبع باسم (منسوب الماء الأرضي) water table .

أهم الظواهر الناتجة عن المياه الجوفية:

المياه الجوفية تلعب دورا هاما من ناحية النشاط الكيميائي أما النشاط الميكانيكئ فهو ضعيف جدا إذا ما قورن بنشاط المياه الجوفية الكيميائي والذي يشكل ثلاث عمليات : الذوبان – الإحلال – الترسيب.

١-مظاهر جيولوجية ناتجة عن الذوبان :

تقوم المياه الأرضية بإذابة الصخور الجيرية ويساعدها على ذلك غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب فيها ، إذ تعمل على تحويل كربونات الكالسيوم إلى كربونات كالسيوم هيدروجينية القابلة للذوبان في الماء ويتكون لذلك الكهوف وكثيرا ما تنهار أو تهبط الطبقات الصخرية فوق الكهف مكونة الحفر الغائرة.

٢-مظاهر جيولوجية ناتجة عن عملية الإحلال:

تعمل المياه الأرضية الحاملة للأملاح المذابة أثناء مرورها على بقايا المواد العضوية المدفونة في الصخور ، على إحلال المادة المعدنية التي تحملها محل المواد العضوية وبذلك تتحجر هذه البقايا لتكون ما تعرف بالأحافير أو الأخشاب المتحجرة

٣-مظاهر جيولوجية ناتجة عن عملية الترسيب:

في حالات كثيرة تقوم المياه الأرضية بترسيب المواد المعدنية الذائبة فيها حبيبات الصخر وتكون النتيجة:

*تماسك الصخر كما في تكوين الحجر الرملي الحديدي أو الحجر الرملي السيليسي.

*تقوم المياه الأرضية بترسيب ما تحمله من مواد معدنية في الشقوق والفجوات الكبيرة في الصخور مكونة العروق المعدنية والتي لها أهمية اقتصادية.

*عندما يتخلل الماء الأرضي المشبع بيكربونات الكالسيوم بفعل حرارة جو الكهف إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وكربونات كاليسيوم وماء ، فتترسب كربونات الكالسيوم قبل أن تسقط القطرات من سقف الكهوف مكونة نموا بارزا من السقف وتسمى الهوابط.

وإذا سقطت القطرات على أرضية الكهف تترسب كربونات الكالسيوم على شكل أعمدة نحو الأعلى تعرف باسم الصواعد .كما هو الحال في مغارة جعيتا في لبنان .

عندما تسقط الأمطار تسلك سبيلها عبر الروافد والأنهار والمجاري المائية ليذهب فى نهاية المطاف إلى البحار والمحيطات ، غير أن جزءاً منها يتسرب ويغوص فى صخور الأرض عبر الشقوق والفواصل التي قد توجد عادة فى الصخور . وإذا دققنا البحث فى أمر هذا الماء الجوي Meteoric water الذى انتهى به المطاف إلى باطن الصخور الذى يطلق عليه فى هذه الحالة الماء الباطني أو الماء الجوفي Underground Water . والذى قد يظهر على السطح مرة أخرى على هيئة ينابيع أو عيون . إذا دققنا البحث سوف نجد أن الماء الجوفي قد صار بعد رحلته ذا نشاط كيميائي . والسبب فى هذا النشاط الكيميائي يرجع إلى أن الماء الجوي قد أذاب بعضاً من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود بطبيعة الحال فى الجو . فمن المعروف أن غاز ثاني أكسيد الكربون قابل للاتحاد بالماء إذ أنهما يكونان مع وجود الأكسجين حمضاً ضعيفاً هو حمض الكربونيك.

هذا بالنسبة للماء الجوي ، أما فيما يتعلق بالأحجار الجيرية فهي إحدى أنواع الصخور الرسوبية التي تتميز بهيئتها الطابقية ، بمعنى أن الصخور الرسوبية بوجه عام والاحجار الجيرية بوجه خاص تتكون على هيئة طبقات ، حيث تكونت وترسبت تلك الطبقات تباعا طبقة إثر طبقة عبر العصور الجيولوجية . وتبعاً لهذا الترسيب المتتالي نشأ نوع من الحدود الفاصلة بين الطبقات يطلق عليه مستويات التطبق أو سطوح الانفصال Bedding planes . ومن الملاحظ على الأحجار الجيرية بالإضافة إلى وجود سطوح الانفصال ، كثرة انتشار الفواصل والشقوق الرأسية على طبقات الأحجار الجيرية .

وإذا كانت الصخور – أيا كان نوعها – تتألف من أكثر من معدن ، فإن الاحجار الجيرية تتميز بكونها مؤلفة من معدن واحد ، حيث يطلق عليها ؛ صخور وحيدة المعدن Mono-mineralic Rocks؛ لأنها تحتوى على معدن رئيسي واحد ، هو معدن الكالسيت Calcite الذى يتكون – كيميائيا – من كربونات الكالسيوم ، وهذه من المركبات الكيميائية التي يسهل على الأحماض حتى الضعيفة منها التفاعل معها وإذابتها.

أولاً: التعرية بفعل المياه الجوفية.

على الرغم من انسياب المياه الجوفية الى اعماق بعيدة في جوف صخور قشرة الارض بصورة مختلفة. ويساعد على ظهورها فوق سطح الارض، حركتها الدائمة في جوف الصخور، والتي ينجم عنها كذلك تشكيل كل من جوف قشرة الارض وسطحها بظاهرات جيومورفولوجية متباينة. ومن اهم المظاهر او الصور التي تبدو بها المياه الجوفية على سطح الارض تتمثل فيما يلي:

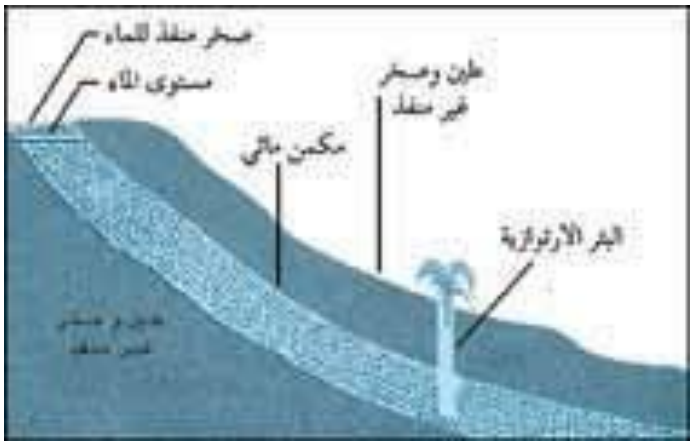
١-الابار الارتوازية: Artesian wells

يأتي هذا الماء من الأمطار التي تخللت الأرض وتحركت ببطء لأسفل حتى وصلت إلى خزان المياه الجوفية، وهي منطقة من التربة والصخور مشبعة بالماء. ويسمى أعلى هذا النطاق مستوى الماء، وهو المستوى الذي تصل إليه المياه في بئر لم تضخ بعد.

وقد يقع مستوى الماء في المناطق الرطبة قريبًا من السطح ويمكن الوصول إليه بالحفر. وعادة ما تحاط البئر المحفورة بالطوب أو الأحجار، أو الخرسانة الإسمنتية ليُحافَظ على جوانبها من

الانهيار.

وفي الأماكن الجافة قد يكون مستوى الماء على عمق مئات الأمتار، وهنا يصبح من الضروري حفر بئر وإنزال أنابيب. وعادة ما تستعمل مضخات تدار بمحركات لاستخراج الماء من الآبار العميقة شكل ( ).



شكل ( ) يوضح نموذج الابار الارتوازية وكيفية تدفق المياه

٢-الينابيع:Springs

وهى مناطق ينخفض سطحها عن مستوى الماء الجوفي فى الأرض المحيطة بها ومن ثم يندفع الماء على سطحها تلقائيا . وقد يتدفق الماء بصورة منتظمة أو متقطعة على فترات ، غزيرا أو ضئيلا . كما قد يمثل المنابع العليا لبعض الأنهار كما هو الحال فى كثير من أنهار لبنان وفى نهر العاصي الذى يبدأ رحلته من ينابيع شمال بعلبك ثم يتجه شمالا إلى أن يلتقى بالبحر المتوسط بعد رحلة ٥٧١ كم.

ومما يساعد على كثرة الينابيع درجة ميل الطبقات التي تؤدى فى بعض المواقع إلى تكوين حافات صخرية صماء فى اتجاه ميل الطبقات ومن ثم إلى تجمع المياه أمامها واندفاعها الغزيرة إلى السطح ، وكذلك كثرة الشقوق Cracks والفواصل Joints وتتابع مسامية الصخور مع توفر طبقة صماء لحجر الماء أمامها ورفع منسوبه ، ثو وجود السدود الرأسية Dykes من الحجر الناري الذى يعمل أيضا على حجز الماء ورفع منسوبة.

٣-النافورات والينابيع الحارة Geysers and Hot Spring

فمع انتشارها فى كثير من القارات وفى مختلف العروض إلا أنها تكثر فى المناطق التي تعلو تيارات الحمل فى القشرة الأرضية كما فى هاواى وأيسلنده ، وفى مناطق الحدود بين ألواح القشرة الأرضية ، وفى مناطق الضعف بها كما فى نيوزيلاندا .

وكما يكون مصدر مائها – وهذا هو الغالب – هو ماء المطر الذى يتسرب بعضه تحت سطح الأرض ويذيب بعض الأملاح التي ترفع من درجة حرارته ، قد يكون مصدر مائها الصهير نفسه والغازات المتكثفة التي تتصاعد من منطقة الوشاح وهو مصدر يرفع كثيرا من درجة حرارة الماء . وعلى كل فإن درجة حرارة ماء الفورات تتوقف على مدى العمق الذى تبدأ منه وعلى كمية الأملاح الذائبة فيه . وبينما يكون بعضها فى درجة حرارة الجسم ومما يحتمله الإنسان قد يتعدى بعضها درجة غليان الماء بكثير .

وكثيرا ما يتصاعد مع الماء بعض الرواسب وكربونات الكالسيوم وغيرها من الأملاح الذائبة . وقد يؤدى تراكمها على السطح بعد جفاف الماء من حولها بسبب البخر أو التسرب أو انقطاع التدفق إلى تكوين مخاريط ضئيلة الحجم مكونة صخورا جيرية تعرف بالجيزيريت. Geyserite .

وتنقسم الينابيع الى عدة انواع أهمها:

أ-ينابيع الانخفاضات Depression Springs:

وهذه تتكون عندما يتقاطع سطح الارض في منخفض مع سطح الارض Water Table ، ولذلك تسمى ايضاً ينابيع مستوى الماء الارضي وعادة ما يكون تصريف هذه الينابيع صغيراص ومحكوماً بنفاذية التكوين الحامل للماء.

ب-ينابيع التلاقي Contact Springs :

وهذه تتكون عندما تتقابل الطبقة غير المنفذة والحاملة لطبقة الماء الارضي مع سطح الارض، وتتكون هذه الينابيع عادة عند سفوح المرتفعات وهي قليلة التصريف محدودة السريان.

ج-الينابيع الارتوازية Artesian Spring:

تتكون عندما يجد الماء المحصور بين طبقتين غير منفذتين والواقع تحت ضغط ارتوازي منفذاً لهذا الضغط نتيجة لضغط في الطبقة غير المنفذة او لوجود صدع فيها، وتكون سرعة السريان في هذه الينابيع ومعدلات التصريف كبيرة.

د-ينابيع الشقوق Fractured Springs :

وهذه نتيجة لصدع يمتد في القشرة الارضية وتتميز بمياه معدنية بصورة واضحة.

ج-الينابيع الحارة Thermal Springs:

وهذه تحدث نتيجة للغازات وللحرارة تحت سطح الارض والتي يتولد عنها ضغوط كبيرة ومنها الينابيع الفوارة (المراجل Geyser) التي يتدفق منها الماء في صورة نافورة الى سطح الارض على فترات.

أولاً: التجوية بفعل المياه الجوفية.

أهم الأشكال الجيومورفولوجية في مناطق الكارست **الناتجة عن التجوية بفعل المياه الجوفية:**

الكارســت Karst :

تعد الصخور الجيرية ، صخورا مثالية يتضح فيها تأثير المياه الجوفية بشكل ملموس ظاهر سواء أكان هذا التأثير على السطح أو ما تحت السطح مما ينتج عنه عدد من الأشكال التي ترتبط ارتباطا وثيقا بتأثير المياه الجوفية وما يتبع هذا التأثير من عمليات الإذابة وتوسيع الشقوق والفواصل والكسور التي توجد عادة فى الصخور الجيرية .

وعلى الرغم من وجود هذه الأشكال فى مناطق كثيرة فى العالم إلا أن منطقة الكارست Karst فى غرب يوغوسلافيا هي من أشهر المناطق التي يتضح فيها تأثير المياه الجوفية على الصخور الجيرية حتى أن كلمة كارست أصبحت مصطلحا علميا على هذا التأثير بمعنى أن الكارست هي من الظاهرات الجيومورفولوجية الناتجة من تأثير المياه الجوفية على الصخور الجيرية فى المناطق المطيرة وفيما يلى أهم ظاهرات الكارست .

١-الحفر الغائرة :

هي أكثر الظاهرات الكارستية انتشارا حيث تكاد لا تخلو منها أي منطقة جيرية في المناطق الرطبة في العالم، وتختلف هذه الحفر فيما بينها من حيث المساحة والعمق والشكل، وهى تنشأ نتيجة تسرب المياه من خلال الفواصل وإذابتها لمكونات الصخر، ويتوقف شكل الحفرة الغائرة على المميزات التركيبية للصخر ومدى وفرة المياه.

٢-بالوعات الاذابة:

يمكن تمييز بالوعات الإذابة وفقاً لأسلوب تشكيلها، من بين أنماطها:

١-بالوعات الإذابة : وهى ظاهرة واسعة الانتشار ويتراوح عمقها ما بين عدة امتار وعشرة امتار وان كان بعضها يصل إلى ٣٠ متر ويتفاوت اتساعها بين عده امتار ومئات الأمتار وتميل البالوعات بشكل عام لاتخاذ القمع مستديرة الشكل عن السطح وتضيق بالتدرج إلى اسفل.

٢-بالوعات الإذابة الإنهيارية : وتتكون هذه البالوعات تبعا لعملية انهيار الصخور الجيرية السطحية نتيجة تأكل ما تحتها من الصخور ولا تنهار سقوف هذه الأشكال مرة واحدة ولكنها تكون ذات فتحات ضيقة في بادئ الأمر ثم تتسع تدريجيا لتبدو على هيئة منخفضة ويمكن ان تميزها عن النوع الأول بشدة انحدار جوانبها ووجود صخور مماثلة للصخور السطحية في قيعانها.

٣-بالوعات الإذابة الفيضية.

٤-الحفر الطولية.

٣-الأسطح الجيرية المضرسة (التشرشر الجيرى)

الحزوز الكارستية وهى عبارة عن اخاديد طولية ضيقة متقاطعة تتبع نظم الفواصل في الصخور الجيرية وتكثر في السطوح الجيرية الخالية من النباتات والتي لا تغطيها تربة سيمكة وباتساع هذه الأخاديد يتحول السطح الصخرى إلى كتل بارزة ذات قمم حادة. تظهر الأسطح الجيرية مقطعة ومرصعة بالثقوب والخطوط والحزوز الغائرة، نتيجة عدم انتظام فعل الإذابة على سطح الأرض، وتعرف هذه الظاهرة بأسماء محلية مختلفة منها : البوجاز Bogaz في سيبيريا ويوغسلافيا، والليبيه Lapies في فرنسا، والكارن Karren في ألمانيا.

٤-أودية الكارست:

يعتبر وجود الأودية من أهم مميزات الأقاليم الجيرية الرطبة، وتتكون هذه الأودية نتيجة تدفق وجريان المياه السطحية مكونة العديد من الأشكال الجيومورفولوجية أهمها ما يلى:

١-المجارى أو الأنهار المفقودة : تساهم في نشأة هذه الظاهرة كل من الحفر والبالوعات والاحواض الطولية في المناطق الجيرية. فعندما تغور مياه نهر صغير في احدى هذه البالوعات قد يظهر جزء منه فوق السطح بينما يختفي الجزء الاخر تحت السطح، الا انه قد يظهر فوق

السطح بينما يختفي الجزء الاخر تحت السطح، الا انه قد يظهر فوق السطح مرة اخرى عندما يكون بهذه الطريقة ما يعرف باسم الانهار الجوفية ، او المجاري المفقودة.

٢-الأودية العمياء : يقصد بها المجاري السطحية التي تجف مياهها نتيجة تسربها في باطن الأرض وتحولها بذلك إلى مجار جوفية، وقد تظهر هذه المجاري من جديد مع زيادة كميات المطر بدرجة تفوق معدلات تسرب المياه في باطن الأرض.

يعتبر و جود الأودية الجافة صفة من صفات الأقاليم الطباشيرية و الجيرية الرطبة و في المناطق الأودية الجافة على ظهور الكويستات مكونة لنم يذكرنا بنمط النظم النهرية العادية. و يظهر كثير منها مميزات مماثلة للأودية التي تجرى بها الأنهار مثل منعطفات المنحوتة. كما نجد قيعانها مفروشة دائما بالرواسب النهرية. و مع هذا فهناك من الأودية الطباشيرية ما يحيد عن هذه الخصائص ، فالأودية التي تقطع الحافات الصخرية ، قد نحرتها إلى عمق غير عادى، و تتسم جوانبها بشده الانحدار ، و حينما تشاهدها من الجو تراها متتبعة لمسالك غريبة شاذة، كثيرة التعرج. و مثالها وادى الديفلز دايك قرب برايتون بجنوب إنجلترا.

٥-كهوف الكارست:

تعتبر الكهوف من الأشكال الأرضية الفريدة التي تميز مناطق الكارست وهى عبارة عن ممرات أو أنفاق ودهاليز طبيعية عظيمة الاتساع تمتد تحت سطح الأرض في الصخور الجيرية عظيمة السمك وقد تمتد هذه الكهوف في جوف الصخور الجيرية على شكل فجوات او فتحات عظمى ذات امتداد افقى او رأسي، تختلف الكهوف فيما بينها من حيث اعماقها بالنسبة لسطح الأرض فبعضها يتكون على اعماق بعيدة جدا من سطح الأرض قد تمتد تحت سطح الأرض لمسافات كبيرة جداً، تصل أطولها لأكثر من ٥٦٣ كيلومتر (كهف ما موث Mammoth بولاية كنتاكي الأمريكية) ، وهى ذات امتداد أفقي ورأسي يتفق إلى حد كبير مع نظم الفواصل الصخرية، وقد تمتد هذه الكهوف لأعماق كبيرة تصل لحوالي ١٥٠٠ متر (أعمق الكهوف في العالم وهو كهف Huautleفي المكسيك).

تشكل الكهوف :

تعتبر الكهوف من أجمل الظواهر التي تتكون بفعل المياه الجوفية وذلك بإذابة كميات هائلة من الصخور الصلبة خلال نزولها باتجاه الأسفل بفعل الجاذبية ،تختلف أشكال الكهوف مع مرور الزمن وتكون أشبه بغرف ودهاليز كبيره وقنوات لمجاري المياه ، وتشكل الكهوف مقصدًا للسياح والباحثين .إن الكهوف بمختلف أحجامها في حالة تطور بسبب تكونها من صخور قابلة للذوبان بفعل المياه الجوفية مثل صخر الحجر الجيري وأخرى ذات تواجد أقل مثل صخرة الدولومايت والصخور الحاوية على جبس وطبعا لا ننسى الصخور المحلية (Nacl) التي تكون ضحية سهلة لمحاليل المياه الجوفية لإذابتها تاركة ورائها فجوات و تكهفات تعلوها طبقات صخرية قبل أن تتعرض الاخيرة للتعرية والتآكل لتفتح فتحة الكهف للخارج لتصبح مظهرًا واضحًا على سطح الأرض.

الأشكال الجيومورفولوجية بالكهوف:

١- الأعمدة الجيرية الهابطة:

وبعد تمام تكون الكهف وفى أثناء سريان المياه الباطنية الحاملة لحمض الكربونيك قد يحدث أن ترشح أو تنز نقطة أو بضع نقاط من هذه المياه من سقف الكهف . وقد تظل هذه النقطة أو تلك النقاط معلقة فى السقف فترة تقصر أو تطول حتى تجف . أي أن بيكربونات الكالسيوم الذائبة تتحول بالتبخير إلى كربونات كالسيوم التي تذوب فى الماء . ويرجع السبب فى هذا التحول إلى تطاير غاز ثاني أكسيد الكربون الذى كان بالإضافة إلى الماء سبباً فى تكون البيكربونات الذائبة .

وعند ترسب الكربونات على سقف الكهف تكون فى البداية أشبه بالهباءة التي لا تكاد ترى . وتسلك النقاط التالية نفس المسلك السابق من الرشح ثم الجفاف الناتج عن التبخير ثم الترسب على سقف الكهف وهكذا دواليك وعبر ألوف أو ملايين السنين تزداد كمية كربونات الكالسيوم شيئاً فشيئاً على شكل أعمدة مدلاة من سقف الكهف هابطة نحو القاع وهى تلك الأعمدة المساه بالهوابط Stalactit .

٢- لأعمدة الجيرية الصاعدة.

وفى كثير من الأحيان يحدث أن هذه النقاط قد تكون نقاطا ثقيلة لا تقوى – لثقلها – على التعلق بسقف الكهف ، فتسقط على القاع ليسرى عليها ما سرى على النقاط المعلقة بالسقف من حيث الجفاف الناتج عن التبخير الذى يؤدى إلى ترسب كربونات الكالسيوم . وبتوالى تساقط مثل هذه النقاط على قاع الكهف وترسب محتواها من الكربونات يرتفع عمود من أرضية الكهف يتلمس طريقه إلى أعلى صاعدا فى اتجاه السقف مكونا الصواعد Stalagmites .

٣-الأعمدة الجيرية المتصلة من سقف الكهف حتى أرضيته.

٤-الستائر المتدلية من سقف الكهف.

٥-الأعمدة الإبرية الشكل.

٦-الأسطح الملساء.

٦-مدرجات الترافرتين حول ينابيع الكارست الحارة : تعتبر مدرجات الترافرتين من الأشكال الجيومورفولوجية الفريدة، إلا أنها محدودة الانتشار، وهى عبارة عن مدرجات متتابعة على شكل سلمى ترتبط بالينابيع الحارة غالباً.

٧-الجسور الطبيعية:

تبدو الجسور الطبيعية على شكل جسور من الأحجار الجيرية تقاوم عمليات الإذابة النشطة أسفلها، ويرتبط تكوين الجسور الطبيعية بالحالات الآتية:

أ-الأنهار المفقودة.

ب-الأسر النهر تحت السطحي.

ج-انهيار أجزاء متعددة من أسقف الكهوف الكارستية.

د-التحام أحواض أو حفر الإذابة تحت سطح الأرض.

٨-تلال وأبراج الكارست:

تعتبر تلال وأبراج الكارست من الأشكال الأرضية المتبقية عن نشاط فعل الإذابة، وتبرز هذه التلال في المواضع التي تتميز بصلابتها النسبية.

رابعاً–التعرية الريحية وسبل الحد منها:

ان الرياح عندما تكون نقية خالية من الرمال والغبار يصبح تأثيرها كعامل تعرية محدود للغاية أو معدوما مهما بلغت قوتها . ومن ثم فلابد لها من فتات صخري تنقله، ويكون لها بمثابة معاول هدم تؤثر بها في الصخور فتصقلها وتنحتها ، وتتضح هذه الظاهرة في الجهات الصحراوية التي تخلو من الرمال . ففي صحراء مصر الشرقية تغطي السطح قشرة رقيقة متصلبة لا يتعدى سمكها ملليمترا واحد ، وهى من الرقه بحيث يستطيع إصبع اليد اختراقها بسهولة، وتوجد أسفلها مواد ترابيه هشة من السهل تحريكها ، لكن الرياح لا تقوى على حملها نظرا لوجود الغشاء الملحي الذي يغطيها ويحميها من تأثير الرياح ، ولعدم وجود رمال مكشوفة يمكن للرياح حملها واستخدامها في تمزيق هذه القشرة الصلبة .

يتضح تأثير هذين العاملين عندما تهب العواصف الشديدة ، إذ أن الجو يبقى خاليا من الغبار ، ومن ثم فلابد للرياح من حمولة رملية تساعدها على القيام بوظيفتها كعامل نحت ، وهذه الحمولة تجهز لها عمليات التجوية ، فهنا تستطيع الرياح بما تحمله من رمال أن تمزق القشرة الملحية المتصلبة ، وتنفذ إلى ما تحتها من رمال وغبار فتذرية ، وسرعان ما يغير الجو حتى ولو كانت الرياح ضعيفة ، وتهب على الصخور فتصقلها وتخلع عليها أشكالا جديدة وعلى الرغم من أن سرعة الرياح تفوق سرعة الأنهار بكثير ، إلا أن الهواء أقل كثافة من المياه الجارية . ولا تتحرك الرياح عموما في مسار ضيق محدود ، كما هي حال مياه النهر ، ولكنها تهب على مساحة كبيرة فتصقلها ، وتلائم نفسها بالبيئة التي قد تتميز باختلاف في طبيعتها وتباين في ارتفاعها . وتتفوق الرياح على الجليد المتحرك والماء الجاري في قدرتها على مقاومة الجاذبية الأرضية ، فهي تتحرك صعدا إلى قمم المرتفعات ، وتهبط إلى أسافلها ، وهى في مشارها لا تتقيد بانحدار معين ، ولهذا لا يمكن للبيئة الطبيعية التي تشكلها الرياح أن تظهر في صورة الأودية ، لكنها تتطور إلى مظهر البيئة الحوضية وعندما تقابل الرياح عائقا فإنها تحتجز أمامه فتزداد عتقا وبينما تتوزع في ظهيرة فتضعف قوتها ومع هذا فإن قوة الرياح الهابطة تشتد فيما وراء العائق (ظل الرياح) إذا كان انحداره شديدا ويزداد تأثيرها كلما اشتد الانحدار .

ويصبح دوام تأثير الرياح دون تأثير المياه الجارية في الأراضي التي تهب عليها الرياح بانتظام . فتأثير الرياح يتغير بالتباين في قوتها ، وفي اتجاهاتها ، وفي تكرر هبوبها ويزداد فعلها عندما تهب على دفعات ، وإلى جانب الرياح السطحية السائدة هناك التيارات الهوائية الصاعدة أو

الدوامات الهوائية التي تتميز بقدرة كبيرة على الحمل صعدا . ويشتد تأثير الرياح في الأجزاء السفلي من الكتل الصخرية البارزة نظرا لأنها لا تقوى على رفع الفتات الصخري إلى علو كبير.

تحدث عملية النحت جراء حركة الرياح وضربها لأجزاء الصخور المختلفة حيث تفتت أجزاء الصخور الرخوة أو القليلة التماسك منها وتعتمد عملية النحت على يلي:

١- **اتجاه وشدة التيار الهوائي** : يزداد نحت الصخور كلما زادت قوة التيار الهوائي ويزداد أيضا حمل المفتتات وكذلك تغيير اتجاه الرياح يزيد عملية النحت إذ أنه يعمل على نحت الصخور من جهات مختلفة بدلا من النحت في اتجاه واحد .

٢- **تفاوت التيار الهوائي:** تقلل نقاوة التيار الهوائي من عملية النحت بينما تزداد بحمولة المفتتات الصخرية حيث تعمل المفتتات على ضرب أجزاء الصخر وتفتيتها إذ تصبح بمثابة معامل هدم تتأثر به الصخور فتنحتها وتصقلها .

٣- **صلابة الصخر وتجانسه** : عملية النحت متفاوتة في الصخور فهي نشطة في الصخور اللينة أو الهشة و قليلة في الصخر الصلبة وعلى هذا الأساس نجد أن الريح تصقل الصخور الجيرية وتلمع الصخور الكرانيتية تخرز الصخور المتحركة للرياح اثر بالغ في بري وتشكل الصخر بأشكال غريبة نتيجة إحتكاكها وضربها بحبات الرمال وتكون واضحة حيث تتركز الرمال ويمكن مشاهدة نتائجها في نخر أعمدة الهاتف ولكهرباء الخشنة على إرتفاع أمتار .تسهم الرياح في نحت وتعرية بعض أجزاء سطح الأرض تحت تأثير عدد من الظروف المساعدة هي

١- شدة الرياح وإستمرارها لفترات زمنية طويلة نسبياً .

٢- غالباً ما تكون الرياح محملة بالغبار أو ذرات الرمل لتعمل كمعاول تصطدم بمكونات سطح الأرض اللينة فتهشمها.

٣- تصادف الرياح المحملة بالرمل أجزاء صخرية ضعيفة وتقوم الرياح بدورها كعامل نحت بإحدى الوسيلتين الآتيتين:

الأولى هي التذرية.Deflation

الثانية فهى البرى.Abrasion

- الرياح كعامل نقل :

لا تستهلك الرياح قوتها في الهبوب فحسب بل إنها تقوم بالنقل هبوطا وصعودا أو وذرات المواد التي تنقلها الرياح هي التي تصنع اغبرار الجو وتوقف مقدرة الرياح على النقل وسرعتها وقوتها ،ويمكن حصر أنواع نقل الرياح للرمال في ثلاثة أشكال مختلفة هي :

– **التعليق** : يحدث للغبار والحبيبات الدقيقة بصفة عامة التي تنقل قوة جذبها عن قوة دفعها إلى الأعلى فتبقى عالقة في الهواء وتسير بها الرياح حيث سارت ذلك أن الأجسام الموجودة في الهواء متباطئ سقوطها كلما قل وزنها ورق حجمها بما أن القوة التصاعدية للرياح ضعيفة جدا فإنها لا تقوى على رفع الجزيئات الرملية الكبيرة التي تزيد أقطار حبيباتها على ٠.٢ ملم ، أما الجزيئات الدقيقة فقد ترفعها التيارات الهوائية الصاعدة إلى آلاف الأمتار فالحبيبات الدقيقة للطين التي يتراوح معدل قطرها بين ٠.٠٢٥ و ٠.٠٠٥ ملم يتم نقلها بطريقة نقل لولبي إلى ارتفاعات قد تصل أحيانا من ٢٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ م .

– **القفز**: تنتقل فيه الرمال عن طريق الوثب أو النط ويخص الحبات التي يتراوح قطرها بين ٠.٠٠٥ و ٠.١٠ ملم هو يتم في الغالب على ارتفاع يتراوح بين ٣٠ و ١٠٠ سم من سطح الأرض ويشمل طريقة النقل الأكثر شيوعا إذ يساهم في تحريك ما لا يقل عن ٧٥% من كمية المواد التي نقلها الرياح ويختلف القفز باختلاف صلابة سطح الأرض المصطدم به فإذا كان لينا فإن حبة الرمل الساقطة عليه تترك فيه نقرة ، أما إذا كان السطح الذي تلقى السقطة يابسا كأن يكون من الرمال الخشبية أو الصلبة فإن الرمال الساقطة عليه تكتفي بالقفز ’ ونشير في الأخير إلى أن القفز يبلغ أشده فوق الأراضي الصلبة الضعيفة جدا فوق الأرض الرملية .

– **الزحف** : فيه تنتقل الرمال عن طريق التدحرج أو الانزلاق وهذا النقل يتم للرمال الخشنة نسبيا والتي يفوق قطرها ٠.٥٠ ملم ولا يكون إلا ببطيء للغاية أو بمسافات محدودة وقد تحدث حركة الزحف للرمال الخشنة بسبب الضربات التي تتلقاها من سقوط القافزة الزحف هو النوع الوحيد الذي تسلكه الرمال الأكثر خشونة في تنقلاتها إذا ما دفعتها الرمال أو تلقت الضربات القافزة .

أشكال سطح الارض الناتجة عن التعرية الريحية:

١- **الياردنج** : كتل صخرية مكونة من صخور متباينة الصلابة ونتيجة لهبوب الرياح على تلك الصخور فتنحت الصخور اللينة وتترك الصخور الصلبة على هيئة اشرطة صخرية ممدة على الارض تفصل بينها خوانق ضيقة تظهر في المناطق الجافة حيث توجد صخور صلبة تمتد في موازاة صخور لينة في وضع رأسي ، وعندما تتعرض لرياح سائدة من اتجاه ثابت نجد ان الصخور الصلبة تبدو شامخة كأشرطة صخرية – اذا صح التعبير– ترتفع الى نحو ٢٠ مترا يطلق عليها الياردنج وهذه الظاهرة واسعة الانتشار في صحاري وسط آسيا وفي صحراء اكتاما بامريكا الجنوب، صورة ( ) وشكل ( ).

صورة ( ) توضح الياردنج الصحراوي

شكل ( ) توضح الياردنج الصحراوي

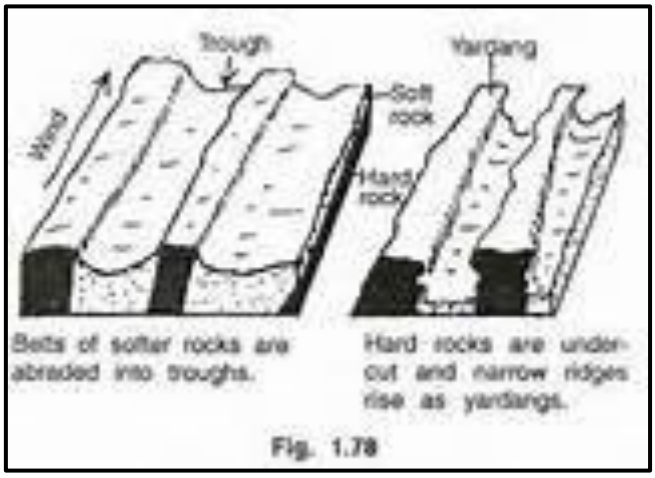


Fig. 1.78

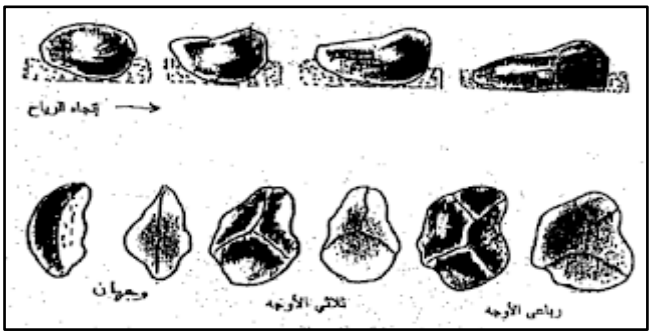
٢- **ثقوب أو كهوف الرياح** : عبارة عن تجاويف تنحت في الأجزاء اللينة من الصخور ، حيث تعمل الرياح على جر وحمل المفتتات والمواد الصخرية المجواه ، وتترك وراءها بعض الفجوات ، والعامل الرئيسي في وجود هذه الثقوب او ما يعرف بقرص العسل او سن المنشار هي الرياح المحملة بالرمال حيث تنشأ هذه الظاهرة في الكتل الصخرية اللينة المواجه للرياح ونتيجة لهبوب الرياح عليها واصطدام الحمولة التي تحملها الرياح بالصخر نجد ان الرمال قد نحتت ثقوب صغيرة في الاماكن اللينة والضعيفة في الكتل الصخرية، صورة ( ).

صورة ( )توضح ثقوب الرياح

٣- **الوجه ريحيات:** يطلق عليها احيانا تعبير الحصوات المنشورية او الحصوات المشطوفة الأوجه وتنشأ نتيجة الصقل المستمر لاحد أوجه الحصوات المواجه للرياح السائدة مما يؤدى الى كشطها وتأكلها المستمر ويشير عدد الأوجه المشطوفة الى عدد اتجاهات الرياح السائدة فهناك حصوات ثنائية الأوجه وثلاثية الأوجه.

والوجه ريحيات عبارة عن حصى أو قطع صخرية تمزقت من الصخر بتأثير التجوية ، ثم تعرضت لانقضاض حبات الرمال فترة طويلة ، فينشأ عن ذلك بري وصقل أحد جوانبها ، وتعرف بذات الوجه الواحد Einkanter الذي تتعامل حافته مع اتجاه الرياح . وحين يتغير وضع الحصوة لسبب أو لآخر كأن تدور أو تنقلب بفعل هبوب الريح ، يتعرض جانب ثان وثالث لهبوب الريح المحملة بالرمال ، فتتكون عدة أوجه تصقلها وتبريها الرياح ، فينشأ عن ذلك أن يتحول الحصى إلى أشكال مثلثة أو رباعية أو خماسية أو متوازية الأوجه والحواف ، وقد ينشأ مثيل لتلك الأشكال حينما يتغير اتجاه الرياح بانتظام ويبقى الحصى ثابتا، شكل ( ) وشكل ( ) .

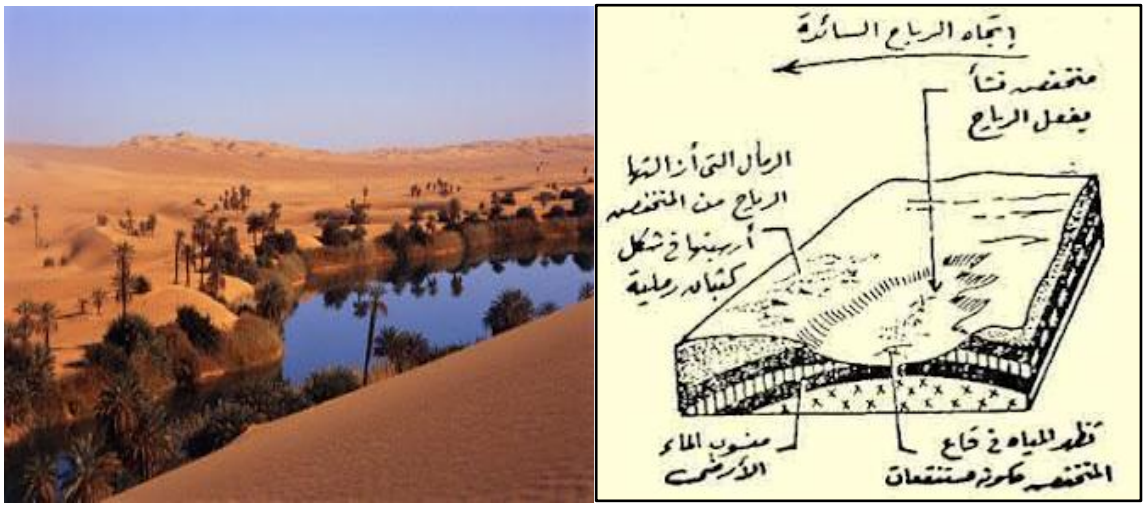
شكل ( )، وشكل ( ) يوضح الوجه ريحيات



٤- المنخفضات الصحراوية

احدى الاشكال الجيومورفولوجية التي تكونت بفعل التعرية للهوائية وهى عبارة عن حفرة واسعة في الارض تكونت بسبب قيام الرياح بإزالة الرمال وتذريتها من السطح لفترات طويلة. ويمكن تعريفها على انها احواض وقيعان تشكلت في الصحراء بسبب وقوعها في مهب الريح تعمل على كنس وتذرية الرمال منها ونقل هذه الرمال الى اماكن اخرى ومن امثلتها منخفض القطارة في الصحراء الغربية، شكل ( ) وصورة ( ).

شكل ( ) وصورة ( )توضح المنخفضات الصحراوية



٥- صحارى الحماده: هي عبارة عن هضاب صخرية صحراوية قلية الارتفاع تشكلت بفعل تذرية الرياح لذرات الرمال التي كانت تغطى الكتل الصخرية مساحتها تبلغ احيانا مئات الكيلو مترات تتميز بأسطح صخرية تغطيها أي رواسب مفككة بينما يوجد بين تلك الهضاب كميات من الرمال الناعمة تسمى العرق ، صورة ( ) توضح حاري الحماد.

٦- صحارى الرق او السرير: وتعرف باسم سهول الرق Reg أو سهول الحمادا Hammada وهي مناطق سهلية مكشوفة الصخر وعارية من أي غطاء إرسابي. وهى ايضا عبارة عن سهول واسعة تنبسط على سطح الارض لمسافات طويلة في المناطق الصحراوية يتطلب تكوينها وجود مواد فتاتية مختلفة من طمى ورمال وحصى ثم تقوم الرياح بنقل المواد الدقيقة الناعمة تاركة الحصى لتشكل مساحات واسعة من الحصى، صورة ( ) توضح صحاري الرق.

٧-**النبكات الصحراوية:** النبكات الرملية او النبكات الصحراوية هي عبارة تجمعات من الرمال تتجمع حول الشجيرات الصحراوية التي تشكل عائقا امام الرياح المحملة بالرمال فتقوم الرياح بترسيب حمولتها حول الشجيرات وبتكرار تلك العملية تتكون كومات رملية حول الشجيرة.

صورة ( ) توضح كومات رملية حول الاشجار

٨-**التغريق الصحراوي:** تتجمع عند قدم الجبال والكتل الصحراوية معظم الرواسب المترتبة عن عوامل التعرية سواء التي دفعت بها التساقطات النادرة أو الرياح العاتية مما يغرق السفوح الدنيا تحت غطاء رسوبي سميك .

٩-الصحاري الحصوية:

وتتواجد في الجهات التي تعجز فيها الرياح عن حمل الحصى حيث يضل السطح مغطى بحجارة دقيقة منتشرة هنا وهناك ويطلق على هذا النوع من التضاريس اسم الرق .

ب- الأشكال الأرضية الناتجة بفعل ترسيب الرياح

ان الارساب الريحي يمثل القاء الرياح ما تحمله من ذرات الرمال بعد ان تضعف قدرتها على الحمل أو بعد اصطدامها بعائق سواء كان صخراً او نباتاً. كما ان الارساب الريحي ليس قاصراً

على المناطق الصحراوية ، فهناك ارسابات رملية في مناطق غير صحراوية مثل شواطئ البحار والمحيطات ، وعلى ضفاف الأنهار في العروض شبه الصحراوية ، وفي الأجزاء ذات الأحجار الرملية المتأثرة بعمليات التفكك الصخري ، وغيرها.

وتتكون هذه الأشكال عندما تقل سرعة الرياح، حيث لا تستطيع أن تستمر في حمل الحبيبات فتترسب مكونة أشكالاً أرضية، والتي هي عبارة عن تجمعات رملية تتخذ مساحات وأشكال مختلفة أهمها:

التراكمات الرملية:

وهي مناطق رملية واسعة تصل مساحتها إلى آلاف الكيلو مترات المربعة وتتصف بالتموج في السطح نتيجة وجود كثبان رملية وأشكال مختلفة من التجمعات الرملية، وتعرف ببحار الرمال مثل بحر الرمال العظيم في الصحراء الغربية ورمال الربع الخالي ورمال النفوذ في شبه الجزيرة العربية. ومن أشكال التراكمات الرملية أيضاً العروق الرملية التي تمتد لمسافات بعيدة تصل إلى حوالي ٣٠٠ كيلو متراً وتعرف محلياً باسم الغرود مثل غرد أبو محرق في الصحراء الغربية. وقد تمتد العروق لمسافات أبعد من ذلك على شكل سلاسل رملية تمتد موازية لبعضها البعض وقد تظهر الأرض الأصلية التي تراكمت فوقها العروق بين السلاسل، وأفضل مثال لتلك الظاهرة نفوذ الدهناء بشبه الجزيرة العربية التي تمتد لمسافة نحو ١٢٠٠ كيلو متراً وتصل بين النفوذ الكبير شمالاً والربع الخالي جنوباً. وقد تسمى هذه الظاهرة بظهور الحيتان Whale Backs أو الجسور الرملية Sand Leveesولكن يميزها عن نوع الدهناء أنها ذات قمم مسطحة وتفتقد للجانب شديد الانحدار .Slip-Face .

١- **الكثبان الرملية** : أشكال أرضية نتجت من تجمع أو تراكم الرمال غير المتماسكة التي تنتقل وتترسب بواسطة الرياح، أو قد يعبر عنها بأنها تلال أو سلاسل من الرمال أو أية مادة أخرى تتكون بواسطة الرياح. كما عرفها (John wily) على انها تل او تراكم من الرمل المتكون بفعل الرياح والتي تكون اما نشطة متحركة وذلك عندما تكون الكثبان مكشوفة أو خالية من النباتات وقد تكون غير نشطة (ثابتة) عند وجود النباتات التي تمنع جذورها من انتقال الرمال الى مكان اخر، وهي من الأشكال الأرضية الترسيبية في الصحاري وتكون غير ثابتة، أي يتغير موقعها وهيأتها بتغير اتجاه الرياح وسرعتها، ومن أهمها:

١- الكثبان الهلالية:

وتسمى ايضا باسم البرخان وهى كثبان ذات شكل هلالي وتتميز بجانب محدب في اتجاه هبوب الرياح وكذلك ذراعين في نفس الاتجاه وبين الذراعين توجد جبهة مقعرة تشكل حافة المهيلات وهذه الكثبان قابلة للتنقل بسرعة كبيرة ويتراوح ارتفاع البرخان الى حوالى ٥ امتار، صورة ( ).

صورة ( ) توضح جانب من الكثبان الرملية

وتعتبر الكثبان الهلالية الأكثر خطورة وتأثيراً على البيئة والزراعة والمرافق العامة، مع الصعوبة البالغة في تثبيتها بالوسائل الحيوية، حيث لا تستطيع النباتات النمو عليها، إما بسبب تكشف جذورها واقتلاعها وإما بطمرها، نظراً لسرعة حركة وانتقال الكثبان الرملية من مكانها، وفقدها السريع للرطوبة بسبب الحركة الدائمة للرمال المشكلة لها، مما لا يسمح بنمو غطاء نباتي.

٢-**الكثبان القوسية:** على شكل هلال متطاول (تكون بداخلها ما يشبه حافر الفرس) ويكون اتجاه ذراعي الهلال بعكس اتجاه الرياح السائدة.

٣-**الظلال الرملية والسفي** : تجمعات رملية تتكون مباشرة نتيجة وجود عائق ثابت في مسار الريح المحملة بالرمل، وقد يكون هذا العائق صخرة او حصاة او جرفاً Cliff أو شجرة، ويتوقف وجود الظلال الرملية على بقاء العائق في مكانه. أو قد تعرف بأنها ترسبات تكونت نتيجة لتشتت اتجاه الرمال بعد أن كان منتظماً خاصة عندما يعترض طريقها عائق ثابت.

٤-**الكثبان الهرمية او النجمية:** وهى كثبان تشكلت بفعل الرياح في شكل اهرام نجمية يصل ارتفاعها إلى عشرات الأمتار، وتتكون تحت تأثير الرياح متعددة الاتجاهات. وتتكون من ثلاثة اذرع او أكثر من ذلك وتلتقى تلك الاذرع في القمة والسبب في تكوين تلك الكثبان هي هبوب رياح مختلفة الاتجاهات على كثبان من الرمال الناعمة فتشكل تلك الكثبان ويتكون هذا النوع من الكثبان عندما تنعقد الكثبان الطولية في بعض النقاط وتأخذ شكل حرف(y) عند نقطة اتصالها مع بعضها بزوايا تتراوح بين ٣٠درجة و٥٠ درجة على الاتجاه الرئيسي للكثبان وقد تزداد هذه الوصلات لهذه الكثبان مكونة انماط اكثر تعقيد مما يؤدى الى خلق عقد يلتقى عندها مساران او

مسارات للكثبان ومثل هذه العقد او نقط الالتقاء قد تؤدى الى تكوين تلال رملية نجمية، صورة ( ) توضح نوع من الكثبان الهرمية .

صورة ( ) توضح نوع من الكثبان الهرمية .

٥- **الكثبان الطولية:** الكثبان الطولية أو العروق (جمع عِرق) أو السيوف أو الغرود (جمع غرد) كثبان رملية طولانية الشكل يبلغ ارتفاعها عدة أمتار . أما طولها فقد يصل في بعض الحالات إلى عدة مئات من الكيلومترات كما هو موجود في كثبان الصحراء الكبرى. وتتفق اغلب الدراسات إن أصل الكثبان الطولية ناتجة عن الكثبان الهلالية (البرخان) بعد إن تتعرض الأخيرة إلى رياح تتقاطع مع اتجاه الرياح السائدةً في المنطقة تعمل على تعديل الشكل البرخاني بواسطة رياح قوية بزاوية قائمة مع اتجاه الرياح السائدة مما يمكنها من قص أجنحة البرخان، كما تعمل دوامات الرياح على حمل بقايا هذه الكثبان مما تسبب في طول الحافات أو امتدادات الرمل لتشكل الكثبان الطولية من الشكل البرخاني السابق، ان التوزيع الجغرافي للكثبان الطولية في منطقة الدراسة في الجهات الشمالية والجنوبية الغربية حيث انها منطقة ذات اراضي هضبية وتربة هشة

ملائمة لتكون هذه الاشكال، وتمتد ايضا باتجاه غرب شرق نحو شط الخسف قرب التقائه بشط العطشان وباتجاه قرية الغرب مباشرتا والتي يتراوح ارتفاعها من (١- ٥)متر.

٦-**كثبان النباك(النبكة):** وهي تجمع من الرمال المتراكمة حول النباتات أو الشجيرات الصحراوية تعمل هذه النباتات بوصفها كحاجز يعترض حركة الرياح المحملة بالمفتتات الرسوبية فتؤدي إلى ترسيب حمولتها حول هذه الشجيرات أو النباتات مكونة شكلاً مثلثاً يشير رأسه إلى اتجاه منصرف الرياح.

٧-**النيم الصحراوي:** رمال متموجة صغيرة الحجم نشأت من عملية ترسيب فوق سطح مستوي نسبيا ويعتمد طول موجتها على قوة الرياح، كما تعتمد النسبة بين الارتفاع وطول الموجة على عرض مسطح التموج، وهي محدودة للغاية في الرمال المتجانسة. يرتبط تشكيل النيم الصحراوي ارتباطا وثيقا بعملية التذرية، فاذا تحركت ذرات الرمال القافزة على سطح رملي عديم الانتظام، اي مموج التضاريس نسبيا فان السفوح المواجهة للرياح ستصطدم بهذه الحبات اكثر من السفوح الواقعة في ضل الرياح، وكذلك فان عملية الزحف على السطح المواجهة للرياح ستكون اشد من السطح المضاد، ونتيجة لتوالي هذه العملية يزداد تضرس التموجات الرملية ولكن في نفس الوقت كلما ارتفعت قيم النيم فأنها تتداخل باطراد، حيث تسفي حبات الرمل من القمم وترسب في الاحواض، لذلك نجد ان لارتفاع الذي يبلغه النيم الصحراوي يكون محدودا.

العواصف الرملية والترابية:

تهب عادة العواصف الرملية والترابية عندما ترفع الرياح القوية كميات كبيرة من الرمال والأتربة من الأراضي الجرداء والقاحلة إلى الغلاف الجوي. وقد أدرك العلماء خلال العقد الماضي آثار هذه العواصف على المناخ وصحة الإنسان والبيئة وعلى قطاعات اجتماعية واقتصادية كثيرة. ويتصدر أعضاء المنظمة (WMO) تقييم هذه الآثار وإعداد نواتج يُسترشد بها في وضع سياسات للاستعداد لها والتكيف معها والتخفيف من حدتها.

العواصف الرملية والترابية من المخاطر الجوية الشائعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. وهي تنجم عادة عن العواصف الرعدية – أو التفاوت الشديد في الضغط المرتبط بالأعاصير – التي تزيد سرعة الرياح فوق منطقة شاسعة. وهذه الرياح القوية تحمل كميات كبيرة من الرمال والأتربة من الأراضي الجرداء والقاحلة في الغلاف الجوي، وتنقلها على مسافات تتراوح بين مئات وآلف الكيلومترات. فزهاء 40 في المائة من الأهباء الموجودة في التروبوسفير (الطبقة الدنيا من الغلاف

الجوي الأرضي) يتألف من جزئيات ترابية بفعل التعرية الريحية. والمصادر الرئيسية لهذه الأتربة المعدنية هي المناطق القاحلة في شمالي أفريقيا، وشبه الجزيرة العربية، ووسط آسيا، والصين. ومن تلك المصادر أيضاً، وإن كان بدرجة طفيفة لكن تظل هامة، استراليا وأمريكا وجنوب أفريقيا. والتقديرات العالمية للانبعاثات الترابية، المستمدة أساساً من نماذج المحاكاة، تتراوح بين واحد جيغا طن وثلاثة جيغا أطنان سنوياً.

وترتفع الجزيئات الترابية، بعد انطلاقها من السطح، إلى طبقات عليا من التروبوسفير بفعل الخلط المضطرب والتيارات الجوية الصاعدة بسبب الحمل الحراري. وتنقل الرياح هذه الجزيئات لفترات تتوقف مدتها على حجم هذه الجزيئات والأحوال الجوية، قبل أن تهبط إلى السطح مرة أخرى. ولما كانت الجزيئات الكبيرة تسقط أسرع من الجزيئات الصغيرة، يحدث تحول خلال عملية الانتقال نحو الجزيئات الأصغر. كما تحدث عملية غسل للتراب في الغلاف الجوي بفعل الهطول. وتتراوح فترة بقاء الجزيئات الترابية في الغلاف الجوي بين عدة ساعات بالنسبة إلى الجزيئات التي يتجاوز قطرها 10 ميكرومترات، إلى أكثر من 10 أيام للجزيئات التي يقل قطرها عن ذلك.

وتؤثر الأهباء الجوية، لا سيما الأتربة المعدنية، على الطقس، وكذلك على المناخ العالمي والإقليمي. فالجزيئات الترابية تعمل، خاصة إذا ما طالها التلوث، كنويَّات تكثف لتكوين السحب الحارة، وكعوامل نويَّات جليدية لتكوين السحب الباردة. وتتوقف قدرة الجزيئات الترابية على القيام بهذا الدور على حجمها وشكلها وتكوينها، وهو ما يتوقف بدوره على طبيعة التربة التي جاءت منها والانبعاثات وعمليات الانتقال. وتغيير التكوين الميكروفيزيائي للسحب يغير قدرتها على امتصاص الأشعة الشمسية، وهو ما يؤثر بشكل غير مباشر على الطاقة التي تصل إلى سطح الأرض. وتؤثر الجزيئات الترابية أيضاً على حجم القطيرات التي تتساقط من السحب والبلورات الجليدية، الأمر الذي يؤثر على كمية وأماكن الهطول.

والتراب المحمول جواً له نفس التأثير الصوبي: فهو يمتص أشعة الشمس الداخلة إلى الغلاف الجوي الأرضي ويشتتها، ويقلل من ثم الكمية التي تصل سطح الأرض، ويمتص أيضاً الإشعاع الطويل الموجة المرتد من السطح، ويعيد بثه في كافة الاتجاهات. وعلى غرار ما سبق، تتوقف قدرة الجزيئات الترابية على امتصاص أشعة الشمس على حجم هذه الجزيئات وشكلها تكوينها المعدني والكيميائي. ويلزم أيضاً الحصول على التوزيع الرأسي للتراب في الهواء (مقطع رأسي) وعلى خصائص السطح التحتي لتحديد مدى الآثار.

التعرية الهوائية وطرق التحكم بها:

طرق تقليل فعل الهواء:

يستطيع الإنسان التحكم بعملية التعرية والتأثير بها على الرغم من أنها عملية طبيعية، وذلك من خلال حراثة الأراضي وتنظيفها وزراعتها وذلك نظراً لكون النباتات تعلب دوراً في الحد من تعرية التربة وحمايتها، لقدرتها على تثبيت التربة ومنعها من الانجراف والتعرية. قد يلجأ المزارعون إلى بعض الطرق الحديثة للحد من تأثير عوامل التعرية على التربة من خلال ترك بعض المخلفات على الطبقة الخارجية للتربة.

ان تقليل سرعة لرياح يتم بالعديد من الطرق

١-اقامة العوائق والأسيجة

٢-المزروعات والمتخلفات

٣-البناء المتكتل وعمليات الخدمة المناسبة

٤-الخطوط والمصاطب

٥-الرطوبة وحفظها

١-اقامة السيجة:

وهى عبارة عن أشجار طويلة في مصر منها الكافور والجازورينا والأكاسيا أو الشجيرات (الجازورينا ناجحة في الأراضي المصرية والغير خصبة وقليلة الري وتتحمل أسوء الظروف) لتبيت الرمال وتكون هذه الأشجار ذات مواصفات عالية وذات ارتفاع مناسب ويتم حساب المسافات بين أشجار السياج على اساس أن تكون المسافة المحمية خلف السد أو المصدر قدرها ٤-٥ أمثال قدر ارتفاع المصد فمثلا أشجار ذات ارتفاع ٣٥ قدم (١٠.٥ م) تغطى وحمى مسافة طولية قدرها ١٥٠ قدم (٤٥ م تقريبا) وتقلل سرعة لرياح الى حوالى ٨-١٠٠ ميل/ساعة وهو نوعا ما الحد المسموح به.

٢-المزروات والمتخلفات :

١-منها تحميل المحاصيل (لعدم ترك الأرض بدون تغطية) دورة زراعية مناسبة

٢-التغطية mulching بطرق مختلفة

٣-مقاومة الحشائش بصورة كيميائية لعدم اثارة التربة

٤-شرائط من محاصيل طويلة مع محاصيل فقيرة لحمايتها

٣-البناء المتكتل وعمليات الخدمة المناسبة:

الأراضي الثقيلة لا تؤثر بها وعليها الرياح

المحراث القرصى مع آلة بذار في نفس الوقت حت لا تترك الفرصة للأرض للتفكيك أو تركها عارية دون زراعة

عمليات الخدمة سريعة

عدم اجراء عمليات خدمة تماما في الأراضي الرملية

٤-الخطوط والمصاطب:

الزراعة في خطوط أو مصاطب أفضل من الزراعات المستوية السطح لكسر حدة الرياح

حفاظاً على الرطوبة خاصة في المصاطب مما يؤدى لمقاومة أثر الرياح.

٥-الرطوبة وحفظها:

بزيادة كمية المطر الساقط أو المحفوظة بالتربة كلما قل الأثر الضار كلما قل الاثر الضار للرياح بالنسبة لأثر الرياح الأراضي الطينية < الطمية < الرملية الناعمة < المادة العضوية

أنواع الأراضي المختلفة تقل تعريته في هذا الاتجاه

***معادلات تقدير التربة المفقوة بواسطة الراياح:**

معادلات تجريبية منها معادلة Chepil ١٩٦٣ تحت ظروف محلية وه عبارة عن

E= F(I, C, K, L, V)

E erosion الكمية المفقودة

I iriodability القابلية للتعرية

C climate المناخ

L length طول الحقل

K kriking خشونة السطح

V vegetaion الغطاء الخضري أو النمو النباتي

الحركة للجسم تتناسب مع مربع السرعة

وسائل صيانة الأراضي من التعرية الهوائية:

١-الطرق العامة للزراعة الجيدة

٢-الاجراءات الخاصة للتعرية الهوائية

***الطرق العامة للزراعة الجيدة:**

١-استعمال الرض (هي مجموعة من الاجراءات الت تعمل على عدم ترك الأرض بور معرضة لخطر الرياح والتعرية)

٢-عملية الحرث

٣-تغذية النبات (فالنباتات المسمدة جيدا أكثر كفاءة لاستخدام الماء المتوفر

٤-إدارة الماء (عمل خطوط – شرائح أعقاب محاصيل وبقاياها تكون عمودية على اتجاه هبوب الرياح خطوط كنتور- مصاطب متتالية – نمو محصول قوى

الإجراءات الخاصة للتعرية الهوائية:

١-التغطية

٢-الزراعة الكنتورية (الشريطية أدق) وهى شرائح ذات عرض ٦ متر ضعف عرض الة الزراعة أو المحراث بحيث تكون شرية مستقيمة وعمودية على اتجاه هبوب الرياح وهذه العرض لا يسمح للحبيبة القافزة بالعبور مع وجود عامل أمان مناسب (٦ متر).

٣-مصدات الرياح

٤-تثبيت الكثبان الرملية

بتكوين غطاء أخضر نباتي ذا مواصفات هذا الغطاء الحى يكون ذو ريزومات تنمو ممتدة أفقية لجذور ليفية وعرضية وغزيرة النمو مثل yellow grass Red fieldia –Beach grass والصنوبر في المناطق الرطبة الرش بالبيو امن والبوليمرات ومستحلبات الغروية ومنها البقايا البترولية اللزجة .

٥-تثبيت الأراضي العضوية بمصدات الرياح

الرمال Sands :

ان للرمال اهمية كبيرة للدراسة لما لها من ضرر ونفع في المجال الزراعي:

١-اثر الرمال ---- اضرار --- تدهور الأراضي المجاورة.

٢-زحف الرمال وكمرها للأرضي المجاورة.

٣-مصدر للمنفعة--- يمكن زراعة اكثر من محصول خلال السنة.

٤-سهولة السيطرة على النظم الحرارية والمائية.

٥-توفر فترات اضاءة لمدد طويلة.

مصدر الرمال sand stone الحجر الرملي والصخر الرملي نتيجة تفككه ويحتوى على العديد من المواد اللاحمة

اصله الكوارتز Sio2

مشاكل الرمال:

١-فقد الماء السريع بالتبخر

٢-وجود طبقات صماء

٣-ضعف الخصية الشعرية (لزيادة مسام التهوية الواسعة)

٤-ضعف الخواص الكيميائية

الأراضي الرملية تتبع رتبة Aridosols وهى رتبة الأراضي الجافة وتحت رتبة Orthids تتراوح اقطارها بين ٠.٠٥ – ٢ مم الكثافة الحقيقية لها ٢.٤-٢.٦ جم/سم٣ الكثافة الظاهرية لها ١.٦-١.٧ جم/سم٣

انواع حركة الرمال سبق الحديث عنها وهى:

١-الزحف creeping.

٢-التراقص saltaion

٣-العوالق dust.

***العوامل التي تؤثر عل نوع الحركة :**

١-قطر الحبيبات

٢-سرعة الرياح

٣-كثافة الحبيبات

الجدول التالي يوضح العلاقة بين قطر الحبيبات المتحركة وسرعة الرياح المؤثرة عليها

القطر / ملم	سرعة الرياح م/ث
٠.٢٥ فاقل	٤.٥-٦.٧
٠.٥	٦.٧-٨.٤
١	٩.٨-١١.٤
اكبر من ١.٥	١١.٤-١٣

تثبيت الكثبان الرملية:

١-انشاء مصدات الرياح

٢-زيادة الغطاء النباتي

٣-زيادة خصوبة التربة واحتفاظها بالماء عن طريق المادة العضوية

٤-استغلال التربة المستديم في الزراعة

طرق منع حركة الرمال او تثبيت الكثبان الرملية:

١-طرق ميكانيكية

٢-طرق فيزيوكيميائية

٣-طرق زراعية.

١-**الطرق الميكانيكية:** منها انشاء الحواجز بحيث تكون عمودية على اتجاه الرياح ويكون الحاجز ذو ارتفاع من ٥٠-٦٠ سم ويوجد نوعان من الحواجز المنفذة (لعدم هدم الحاجز) والصلبة لمنع مرور الهواء تماما والمواد المستخدمة لعمل الحواجز منها:

١-الطين ٢- اغصان الأشجار والشجيرات ٣-مصدات الرياح

٤- النموات الطبيعية تثبت الرمال نفسها فيما بعد.

٢-طرق فيزيوكيميائية:

مستحلب البيسوتمين تدوم ١-٢ سنة

حفر المنخفضات وزراعة البذور وتجمع المياه بها

بوليمرات

٣- طرق زراعية:

بنثر البذور لنباتات تتحمل الحرارة ولها مجموع جذري افقي كبير لها احتياجات مائية قليلة تكفيه مياه الأمطار يستطيع الاستفادة باقل كمية من مياه الأمطار.

يتمثل دور الانسان هنا في زيادة اثر العمليات الهوائية وكذلك في تثبيت الكثبان والاشكال الرملية الاخرى.

-بالنسبة لاثره في زيادة فعالية العمليات الهوائية نجده يتسبب في حدوث عمليات تذرية الرمال بالسطوح الصخرية في المناطق الصحراوية اوانه يتسبب في زيادة فعاليتها ، وذلك عندما يقوم بتعديل الاسطح الثابتة المعروفة بأسطح الرق المتماسكة من خلال عمليات الحرث والرعي وتشييد المباني فوقها . كذلك نجده يساعد الرياح في القيام بعملياتها من خلال ازالته للنباتات التي تتميز هنا بتبعثرها ، فنجد على سبيل المثال عندما يتعرض كثيب رملي مغطى بالنباتات لعمليات رعي كثيف فانه بذلك يفقد مقومات ثباته وتماسكه ، ومن ثم يتحول الى مصدر للرمال التي تتحرك بسهولة بالغة مع اية رياح تهب عليها.

وقد اظهرت دراسة للنباك الرملية بالساحل الشمالي لدولة الكويت ، تعرض تلك النباك للتدور بسبب ازالة الغطاءات النباتية التي تنمو فوقها من خلال الممارسات سابقة الذكر لدرجة ان بعض النباك التي كانت ممثلة على الخرائط والصور الجوية لعام ١٩٧٦ اختفت تماما باستثناء بعض الاثار المتمثلة في بقايا جذور نباتات متفحمة انشفت بعد ازالة النباك من حولها.

*-**تثبيت الكثبان الرملية** : حاول الانسان منذ فترات قديمة مواجهة حركة الكثبان الرملية في المناطق الجافة وذلك من خلال ابتكاره لعدد من الوسائل المطلوبة لايقاف حركتها والحد من اخطارها على الاراضي المزروعة والمناطق السكنية ، وهو في كل جهوده يعمل في الحقيقة على تعديل العمليات الهوائية ويعمل ايضا على التحكم في اشكال الترسيب الهوائي.

ومن تلك الوسائل رش اسطح الكثبان بزيوت البترول او بمواد كيماوية بهدف تكوين طبقة سطحية تحمي ما تحتها من رمال من عمليات التذرية والحت الريحي.

وهناك وسائل ميكانيكية تتمثل في عمليات الازالة الميكانيكية للرمال ونقلها بالعربات او في حفر خنادق في خطوط متوازية بأعماق مختلفة بحيث تمتد متعامدة على اتجاه تحرك الرمال ، كما تمثل ايضا في انشاء اسوار وحوائط تعرف بكاسرات الرياح تعمل على اعاقة حركة الرمال وحماية المنشآت حيث تصمم بارتفاعات مناسبة حتى لا تتعرض للردم.

الى جانب ما سبق هناك وسائل ميكانيكية اخرى مثل تغطية الاسطح الرملية بمواد حصوية لتمثل سطحا متماسكا صلبا يساعد على قفز الحبيبات بعيدا عن جسم الكثيب وهذه الطريقة تعمل في الواقع على عدم نمو الكثيب ولكنها لا تمنع الانسياق الرملي كما ان هناك وسائل نباتية طبقت في مناطق كثيرة من العالم.