# الجيومورفولوجيا التطبيقية

تأليف

الاستاذ الدكتور

سعد عجيل مبارك الدراجي

جامعة بغداد/ كلية الآداب/قسم الجغرافيا

الطبعة الاولى ٢٠١٩

الناشر : دار الحداثة للطباعة والنشر – بغداد

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة للمؤلف .

الطبعة الاولى ٢٠١٩ .

التصميم : المهندس مروان هشام .

المؤلف : أ .د. سعد عجيل مبارك الدراجي .

عنوان الكتاب : الجيومورفولوجيا التطبيقية .

القياس : ٢٥ × ١٧.٥ .

عدد الصفحات : ٢٥٨ .

لا يجوز طبع او استنساخ او تصوير او تسجيل اي جزء من هذا الكتاب باي وسيلة كانت الا بعد الحصول على الموافقة الكتابية من المؤلف .

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق / المكتبة الوطنية – بغداد
٢٥٩٨ لسنة ٢٠١٩

# الاهداء

الى روح والدي ووالدتي

الى ارواح شهداء العراق

تقديرا ووفاءً

# الشكر والتقدير

بعد الحمد والثناء الى ربي العالمين الذي وفقني في الانتهاء من تأليف هذا الكتاب الذي طال انتظاره من قبل المختصين وطلبة العلم منذ سنوات ، اقدم شكري الجزيل الى اسرتي التي تحملتني كثيرا وانا اجلس لوحدي بعيدا عنها لكي انجز ما يحتاجه طلبتي من معلومات قد تساعدهم في دراستهم . والشكر موصول الى جميع زملائي وطلبتي في كل مكان الذين كان لهم دور كبير في تشجيعي في الاستمرار في الكتابة والتأليف بسبب حثهم المستمر وتشجيعهم المنقطع النظير واعجابهم الرائع في المؤلفات السابقة التي قد تكون ساهمت ولو بشيء بسيط في رفد المكتبة الجغرافية العراقية والعربية في اختصاص الجغرافيا الطبيعية ولا يسعني ان اتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ المساعد الدكتورة هالة محمد سعيد التدريسية في جامعة ديالى التي ارسلت لي رسالة قبل شهر تطلب الانتهاء من تأليف هذا الكتاب

واقولها بصراحة بان رسالتها هي التي اخرجت هذا الكتاب البسيط الى النور .

## قائمة المحتويات


| الموضوع | رقم الصفحة |
| --- | --- |
| الفصل الاول<br>فلسفة الجيومورفولوجيا التطبيقية | ١ – ١٤ |
| مفهوم الجيومورفولوجيا التطبيقية. | ١ |
| تاريخ تطور الجيومورفولوجيا التطبيقية. | ٢ |
| مجالات علم الجيومورفولوجيا التطبيقية. | ٤ |
| مناهج الدراسة. | ٦ |
| علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية وعلاقتها بالعلوم الاخرى | ٩ |
| الفصل الثاني<br>الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الزلازل | ١٥ – ٣٢ |
| المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث | ١٦ |
| دراسة التأثيرات البيئية للزلازل | ١٨ |

| | |
|---|---|
| دراسة السيطرة على الزلازل والتخفيف من مخاطرها | ٢٢ |
| دراسة التوقعات المستقبلية للزلازل | ٢٧ |
| الفصل الثالث<br>الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق البراكين | ٣٣ – ٤٦ |
| المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث | ٣٤ |
| وصف دقيق لمكونات البراكين في منطقة الدراسة | ٣٤ |

| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| دراسة وتصنيف انواع المقذوفات البركانية. | ٣٥ |
| تصنيف براكين منطقة الدراسة حسب النشاط. | ٣٥ |
| تصنيف براكين منطقة الدراسة حسب الشكل. | ٣٥ |
| تصنيف الظواهر المصاحبة للبراكين. | ٣٥ |
| التوزيع الجغرافي للبراكين. | ٣٦ |
| دراسة التأثيرات البيئية الناتجة عن البراكين وامكانية الحد منها. | ٣٦ |
| دراسة الاساليب المتبعة عالميا للحد من تأثيرات البراكين | ٤١ |
| دراسة توقع حدوث البراكين. | ٤٥ |
| **الفصل الرابع**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق المنحدرات** | ٤٧ – ٨٧ |
| تصنيف المنحدرات. | ٤٧ |

| | |
|---|---|
| تصنيف المنحدرات حسب الشكل. | ٤٨ |
| التوثيق الحقلي للانزلاقات الأرضية . | ٥٠ |
| الطرق المستخدمة لقياس التعرية في الحقل. | ٥٣ |
| ١ – طريقة الميزانية ( المسحية). | ٥٣ |



| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| ٢ – الطريقة الحجمية . | ٥٥ |
| ٣ – طريقة قياس الترسيب. | ٥٨ |
| المعادلات الرياضية المستخدمة لقياس التعرية في مناطق المنحدرات : | ٦٠ |
| ١ – المعادلة العامة لمفقودات التربة . | ٦٠ |
| ٢ – نموذج جافريلوفيك للتعرية . | ٧١ |
| الوسائل المقترحة للحد من مخاطر الانزلاقات الارضية. | ٧٤ |
| التحذير من الانزلاقات الارضية. | ٨٧ |
| **الفصل الخامس**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية لأحواض الأنهر .** | ٨٩ – ١٢٨ |
| المتطلبات الرئيسية للدراسة المورفومترية للأحواض النهرية. | ٩١ |
| خصائص شكل الحوض. | ٩٢ |

| | |
|---|---|
| ١ – مساحة الحوض. | ٩٢ |
| ٢ – طول الحوض . | ٩٣ |
| ٣ – عرض الحوض. | ٩٣ |
| ٤ – نسبة استطالة الحوض .Elongation Ratio . | ٩٤ |


| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| ٥ – نسبة استدارة الحوض Circularity . | ٩٩ |
| ٦ - *معامل شكل الحوض* Form Factor . | ١٠٣ |
| ٧ – معامل الاندماج . | ١٠٧ |
| **الخصائص التضاريسية للحوض.** | ١٠٩ |
| أ – نسبة التضرس. | ١٠٩ |
| ب – المعامل الهبسومتري. | ١١١ |
| **خصائص الشبكة المائية.** | ١١٥ |
| ١– طول الشبكة المائية Stream Length . | ١١٥ |
| ٢ – تعرج المجرى . | ١١٥ |
| ٣ –كثافة الصرف Drainage Density . | ١١٦ |
| ٤ – معدل التكرار النهري Stream Frequency . | ١١٩ |
| ٥ – متوسط طول المجرى . | ١٢١ |

| | |
|---|---|
| ٦ – معدل بقاء المجاري المائية . | ١٢٢ |
| ٧ – رتبة المجرى Stream Order . | ١٢٤ |
| ٨ – معدل التشعب النهري Bifurcation Ratio . | ١٢٥ |

| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| **الفصل السادس**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الأنهار** | ١٢٩ – ١٤٠ |
| ١ – الدراسة الميدانية للأشكال الارضية الحتية. | ١٣٠ |
| ٢ – الدراسة الميدانية للأشكال الارضية الترسيبية. | ١٣٢ |
| ٣ – قياس حمولة النهر. | ١٣٣ |
| ٤ – قياس تصريف النهر. | ١٣٥ |
| **الفصل السابع**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية في المناطق الصحراوية** | ١٤١ – ١٥٩ |
| الدراسة التطبيقية للأشكال الارضية الحتية والترسيبية | ١٤٢ |
| ١ – توثيق نوع ومساحة كل من الأشكال الأرضية الحتية | ١٤٢ |

| | |
|---|---|
| الناتجة عن عملية التذرية. | |
| ٢ – توثيق نوع ومساحة الأشكال الأرضية الحتية الناتجة عن عملية السحج. | ١٤٢ |
| ٣ – التقدير الكمي لنقل الرواسب. | ١٤٢ |
| ٤ – توثيق نوع ومساحة وكثافة الاشكال الارضية الترسيبية. | ١٤٢ |
| ٥ – توثيق وقياس الشكل الهندسي لجميع انواع الكثبان الرملية. | ١٤٣ |
| ٦ – متطلبات دراسة تقدير حركة الكثبان الرملية. | ١٤٣ |

| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| ١ – الدراسة الميدانية للكثبان الرملية. | ١٤٤ |
| ٢ – طريقة جمع العينات. | ١٤٥ |
| ٣ – تحديد بعض الخصائص الفيزيائية. | ١٤٥ |
| **٤ –** تقدير حركة الكثبان الرملية. | ١٥١ |
| أ – تقدير حركة الكثبان الرملية بواسطة المرئيات الفضائية أو الصور الجوية . | ١٥١ |
| ب – تقدير حركة الكثبان الرملية في الحقل . | ١٥٢ |
| ج – تقدير حركة الكثبان الرملية باستخدام المعادلات الرياضية . | ١٥٣ |
| دراسة التأثيرات البيئية للعمليات الجيومورفولوجية | ١٣٧ |

| | |
|---|---|
| الريحية. | |
| **الفصل الثامن**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق السواحل** | ١٦٠ – ١٧٣ |
| اولا – التعرف على المشاكل التي تواجه السواحل. | ١٦٢ |
| ١ – الأمواج المائية العملاقة Tsunamis . | ١٦٢ |
| ٢ – الاعاصير. | ١٦٣ |
| ٣ – ارتفاع مستوى سطح البحر. | ١٦٤ |

| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| ثانيا – تأثير العمليات الجيومورفولوجية على طبيعة الأشكال الأرضية الساحلية . | ١٦٧ |
| ثالثا– الدراسة التطبيقية للأشكال الأرضية الحتية والترسيبية على السواحل . | ١٧٠ |
| رابعا – سبل مواجهة المشاكل التي تواجه مناطق السواحل . | ١٧٢ |
| **الفصل التاسع**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الكارست** | ١٧٤– ١٨٧ |
| مقدمة | ١٧٥ |

| | |
|---|---|
| الدراسة التطبيقية. | ١٧٩ |
| أولا – دراسة العوامل الطبيعية لمنطقة الدراسة . | ١٧٩ |
| ثانيا – تصنيف الينابيع . | ١٨٢ |
| ثالثا– الدراسة الميدانية. | ١٨٣ |
| رابعا – التوقعات المستقبلية . | ١٨٤ |
| خامسا – الاخطار الناجمة في مناطق الكارست. | ١٨٦ |
| سادسا – استثمار مناطق الكارست. | ١٨٦ |

| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| **الفصل العاشر**<br>**الجيومورفولوجيا التطبيقية في المجال العسكري** | ١٨٨– ١٩٨ |
| المقدمة. | ١٨٩ |
| ١ – الترب الطينية وعلاقتها بالعمليات العسكرية . | ١٨٩ |
| ٢ – مناطق السهول وعلاقتها بالعمليات العسكرية . | ١٩٠ |
| ٣ – المناطق الجبلية وعلاقتها بالعمليات العسكرية . | ١٩٢ |
| ٤ – الأنهار وعلاقتها بالعمليات العسكرية . | ١٩٣ |
| ٥ – الصحراء وعلاقتها بالعمليات العسكرية . | ١٩٥ |
| **الفصل الحادي عشر**<br>**تصنيف وتقييم الأراضي** | ١٩٩–٢٢٩ |
| المقدمة. | ٢٠٠ |

| | |
|---|---|
| المقاييس المعتمدة حقليا لدراسة تصنيف وتقييم الأراضي. | ٢٠٠ |
| ١ – الانحدار. | ٢٠١ |
| ٢ – تقدير معدل التعرية. | ٢٠٢ |
| ٣ – مخاطر الفيضان. | ٢٠٢ |
| ٤ – تحديد فصل نمو النبات. | ٢٠٢ |
| ٥ – عمق التربة. | ٢٠٢ |

| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| ٦ – تركيب التربة. | ٢٠٣ |
| ٧ – الصرف الطبيعي. | ٢٠٥ |
| ٨ – نفاذية التربة. | ٢٠٧ |
| ٩ – ملوحة التربة. | ٢٠٨ |
| ١٠ – خصوبة التربة. | ٢٠٩ |
| اولا – التصنيف الامريكي لتصنيف وتقييم الأراضي حسب قابليتها الانتاجية. | ٢١٠ |
| ثانيا – التصنيف الانكليزي لتصنيف وتقييم الأراضي حسب قابليتها الانتاجية. | ٢١٥ |
| ثالثا – تصنيف SYS.1980. | ٢١٨ |

# قائمة الجداول


| رقم الجدول | الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| ١ | تصنيف التعرية الصفائحية والتذرية حسب شدة ازالة التربة | ٥٤ |
| ٢ | تصنيف التعرية الاخدودية على اساس الطول الكلي للأخدود المقترح من قبل (Bucko and Mazurovo 1958) | ٥٧ |
| ٣ | تصنيف معدل التعرية الاخدودية على اساس النمو الطولي للاخدود . | ٥٨ |
| ٤ | تأثير انواع مختلفة من عمليات الصيانة على قيمة العامل P | ٦٧ |

| | | |
|---|---|---|
| | في المعادلة العامة لمفقودات التربة . | |
| ٥ | معامل حماية التربة المقترح من قبل سلوبودان جافريلوفيك Solobodan Gavrilovic | ٦٨ |
| ٦ | العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير معامل قابلية التربة على التعرية المقترحة من قبل جافريلوفيك | ٧٢ |
| ٧ | **العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير معامل حماية التربة المقترح من قبل جافريلوفيك** | ٧٣ |
| ٨ | العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير معامل تطور التعرية وتطور شبكة التصريف المقترحة من قبل جافريلوفيك | ٧٣ |
| ٩ | مستويات التعرية | ٧٤ |
| ١٠ | معدل التشعب النهري | ١٢٧ |
| ١١ | تقسيم حركة الكثبان الرملية اعتمادا على مسافة تحركها السنوية | ١٤٤ |
| ١٢ | التعبيرات الوصفية لفئات احجام الرمال. | ١٤٦ |
| ١٣ | وصف تصنيف الفرز sorting للعينات. | ١٤٧ |

| | | |
|---|---|---|
| ١٤ | التفسيرات الوصفية لفئات التواء منحنى توزيع احجام الرمال. | ١٤٧ |
| ١٥ | التفسيرات الوصفية لفئات التفلطح. | ١٤٧ |
| ١٦ | يوضح العلاقة بين قابلية التربة للتعرية مع نسجه التربة . | ١٥٥ |
| ١٧ | صنف ودرجة الانحدار والوصف الخاص بكل صنف ودرجة. | ٢٠١ |
| ١٨ | عمق التربة | ٢٠٢ |
| ١٩ | حجم وشكل تركيب التربة | ٢٠٤ |
| ٢٠ | أصناف الصرف الطبيعي حسب بعد أو قرب التبقع . | ٢٠٥ |
| ٢١ | اصناف التربة حسب درجة ملوحتها | ٢٠٩ |
| ٢٢ | اصناف النسجه والقيم القياسية لدليل الحبوب والمراعي (حسب SYS1980) | ٢٢٠ |
| ٢٣ | قيم الدليل القياسية للمستويات المختلفة في نسب الكلس في التربة (حسب SYS1980) | ٢٢١ |
| ٢٤ | قيم الدليل القياسية للمستويات المختلفة في نسب الجبس في التربة (حسب SYS1980) | ٢٢٢ |

| | | |
|---|---|---|
| ٢٥ | قيم الدليل القياسية للمستويات المختلفة في الملوحة (حسب SYS1980) | ٢٢٣ |
| ٢٦ | حالة الصرف في التربة والقيم القياسية لدليلها (حسب sys1980) | ٢٢٤ |
| ٢٧ | القيم القياسية لدليل النسب المئوية للصوديوم المتبادل ESP (حسب SYS1980) | ٢٢٥ |
| ٢٨ | عمق التربة وقيمة الدليل القياسية لكل عمق (حسب sys1980). | ٢٢٦ |
| ٢٩ | حالة تطور الافاق وقيمة الدليل لكل حالة (حسب sys1980). | ٢٢٧ |
| ٣٠ | قيمة دليل حالة التجوية (حسب SYS1980). | ٢٢٨ |
| ٣١ | يبين اصناف ملائمة الاراضي مع ادلة صلاحيتها (حسب SYS1980). | ٢٢٩ |

## قائمة الصور


| رقم الصورة | الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| ١ | قبل تعديل ميل المنحدر وازالة المواد غير المستقرة على طول الطريق الذي تم انشاءه على سفوح المنحدرات . | ٧٦ |
| ٢ | بعد تعديل ميل المنحدر وازالة المواد غير المستقرة على طول الطريق الذي تم انشاءه على سفوح المنحدرات . | ٧٦ |
| ٣ | اكساء الاسيجة بواسطة حجزها | ٧٧ |

| | | |
|---|---|---|
| | بسلسلة على طول الطرق التي تم انشائها على سفوح المنحدرات لحماية الطريق من التساقط الصخري. | |
| ٤ | بناء الاسيجة الكونكريتية للمحافظة على استقرار المنحدرات وحماية الطريق من الانزلاقات الارضية . | ٧٨ |
| ٥ | تغطية المنحدرات التي تم تعديلها في مناطق الحطام الصخري الناتج من الانزلاقات القديمة بكتل كونكريتية للحفاظ على استقرارية المنحدرات | ٧٩ |
| ٦ | وضع الخرسانة على سفوح المنحدرات للمحافظة على استقرارية المنحدر. | ٨٠ |
| ٧ | اضاف المهندسين فتحات تصريف لتصريف المياه التي تجمعت خلف طبقات الكونكريت التي تم تغطية المنحدر بها للحفاظ على استقراريته. | ٨١ |
| ٨ | بوادر لتكسر الكونكريت الذي تسبب | ٨٢ |

| | | |
|---|---|---|
| | في نقل الترسبات على طول الطريق. | |
| ٩ | فشل تجربة الحفاظ على استقرارية المنحدر بواسطة تغطيته بالكونكريت | ٨٢ |
| ١٠ | قبل سحب المياه المحتجزة في التربة والتي تسببت بحركة دفع الجدار نحو الامام وساهم بعد استقرارية المنحدر. | ٨٤ |
| ١١ | استقرار المنحدر بعد سحب المياه | ٨٤ |
| ١٢ | تصريف المياه المحتجزة في التربة من المنحدرات على طول الطريق الذي تم انشائه في كالفورنيا. | ٨٥ |
| ١٣ | جهاز بلانيميتر | ٩٣ |
| ١٤ | حركة الكثبان الرملية باتجاه الدور السكنية. | ١٥٨ |
| ١٥ | تأثير حركة الكثبان الرملية على استقرارية السكن في منطقة حمرين – العراق . | ١٥٨ |
| ١٦ | حركة الكثبان الرملية باتجاه مركز الشرطة في منطقة حمرين – العراق . | ١٥٩ |
| ١٧ | الحفرة التي حدثت في غواتيمالا في عام ٢٠١٠ . | ١٧٧ |

| | | |
|---|---|---|
| ١٨ | ظاهرة الكارست المزيف | ١٧٧ |
| ١٩ | بوابة جهنم في كراكوم في تركمستان | ١٧٨ |
| ٢٠ | ثقوب كارستية بالقرب من البحر الميت . | ١٧٨ |


## قائمة المخططات


| رقم المخطط | الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| ١ | بعض خصائص التربة وقابليتها على الاستجابة لعمليات التعرية بالاعتماد على معادلة وشماير ١٩٧١ . | ٦٥ |
| ٢ | استخدام المسامير لتثبيت الحوائط الصخرية . | ٨٧ |
| ٣ | تحديد المراتب النهرية للحوض النهري | ١٢٥ |
| ٤ | تحديد المراتب النهرية للحوض النهري | ١٢٦ |

| | | |
|---|---|---|
| ٥ | تحديد عدد المراتب النهرية ومعدل التشعب النهري لحوض نهري مقترح. | ١٢٩ |


## قائمة الاشكال


| رقم الشكل | الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| ١ | **التغيرات الطارئة على درجة حرارة سطح الأرض خلال المائة والأربعين عاما الماضية** | ١٦٦ |
| ٢ | المتوسط العالمي لدرجات الحرارة المتوقعة للفترة من ( ٢٠٠٠ – ٢١٠٠ ). | ١٦٧ |
| ٣ | المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر المتوقع للفترة من ٢٠٠٠ – ٢١٠٠ . | ١٦٧ |
| ٤ | تصنيف الينابيع. | ١٨٤ |

# الفصل الاول
# فلسفة الجيومورفولوجيا التطبيقية

## مفهوم الجيومورفولوجيا التطبيقية.

بعد نهاية الحرب العالمية الثانية بدأت الدعوة الى ضرورة تغيير مسار علم شكل الارض Geomorphology من حالة الوصف لمظاهر سطح الارض وتوزيعاتها المكانية وتطورها التاريخي الى علم يعتمد على استخدام نماذج المحاكاة بشكل دقيق لقياس العمليات الجيومورفولوجية وما ينتج عنها من مظاهر جيومورفولوجية ، كشرط أساسي للعمل الحقلي في استخدام هذه الدراسات لغرض الكشف عن الثروات الطبيعية وكيفية الاستفادة منها ، وكذلك التعرف على الكوارث الطبيعية التي تترتب على العمليات الجيومورفولوجية وكيفية معالجتها والتقليل من مخاطرها.

وعلى هذا الاساس يمكن تعريف الجيومورفولوجيا التطبيقية بانه العلم الذي يهتم بتطبيق المعايير والمقاييس لقياس العمليات الجيومورفولوجية والمظاهر الجيومورفولوجية الناتجة عنها لتوفير البيانات الدقيقة عن هذه الظواهر وامكانية استثمارها لمنفعة الانسان ، والتعرف على الكوارث الطبيعية الناتجة عنها لإيجاد السبل الكفيلة في معالجتها والتقليل من مخاطرها.

## تاريخ تطور الجيومورفولوجيا التطبيقية.

نظرا لما افرزته الحرب العالمية الثانية من نتائج سيئة تمثل جزء منها في الازمة الاقتصادية والنقص الحاصل في امدادات الغذاء ، لذا ظهرت الحاجة الماسة الى دراسة البيئة الطبيعية التي تحيط بالإنسان لتغطية هذا العجز ، وخير من يقوم بهذا الغرض هو علم الجيومورفولوجيا التطبيقية ، وقد بدأ استخدام هذا العلم لأول مرة في قارة استراليا للقيام بعمليات المسح الجيومورفولوجي للبيئات الطبيعية التي لم تكتشف في ذلك الوقت ، كذلك تم استخدامه في كندا والاتحاد السفيتي السابق للغرض نفسه وبشكل منفصل ، وقد اعتمدت هذه الدول عملية مسح متكاملة لجميع المظاهر الجيومورفولوجية التي تبدأ من المظاهر الجيومورفولوجية الصغيرة الى الاقاليم الجيومورفولوجية الكبيرة ، وقد بدأ فريق العمل في استراليا باستخدام علم الجيومورفولوجيا التطبيقية لمسح مناطق ذات مواصفات جيومورفولوجية متباينة ابتداءً من المناطق الجافة في وسط القارة وصولا الى المناطق المدارية الرطبة في غينيا الجديدة حيث بدأ العمل في عام ١٩٤٦ وذلك للحاجة الماسة لاستغلال طاقات الارض في شمال استراليا . ونظرا للصعوبات العديدة التي واجهت عمل هذا الفريق التي تمثلت في النقص في وجود المعلومات وعدم توفر الخرائط ذات المقياس الكبير وعدم تكامل التخطيط الذي اعتمده الفريق لإنجاز العمل وكذلك السرعة الكبيرة لإنجاز العمل التي فرضتها الظروف السياسية والاقتصادية التي سادت في تلك المدة .

لذلك تم الاعتماد على الصور الجوية بشكل اساسي في عمليات المسح الجيومورفولوجي في تقسيم الارض الى وحدات جيومورفولوجية تدعى Land System ، وعمل خرائط جيومورفولوجية وفرت الكثير من المعلومات القيمة عن الثروات الطبيعية الاولية الموجودة في تلك المناطق .

ويعد هيلز G.A.Hills اول من استخدم المعايير والمقاييس في مجال المسح الجيومورفولوجي والذي اشار الى ضرورة استنباط وحدات جيومورفولوجية تدعى انواع الاراضي Land Types التي تجمع في وقت لاحق على شكل وحدات جيومورفولوجية اكبر تدعى اصناف الاراضي Land Class ، واشار هيلز بان هذه الاقاليم تمثل وحدات متكاملة من حيث جيولوجيتها وتصاريف وديانها وتربتها ونباتها الطبيعي ، وقد تم اعتماد هذه الاقاليم من قبل قسم الغابات والأراضي في مدينة انتاريو للبحث في مجال المناخ والتربة .

وفي الاتحاد السفيتي السابق تم تطبيق نظام جديد للوحدات الجيومورفولوجية يشبه تقريبا النظام الذي اتبع في كندا ، وقد اطلق العالم سيلنتسيف N.A.Selntsev على الوحدات الجيومورفولوجية اسم المظهر الطبيعي Landscape التي تتميز بمواصفات جيومورفولوجية خاصة في مجال المياه والتربة .

بعد ذلك انتشرت تطبيقات هذا العلم على نطاق واسع في دول العالم الثالث في كل من قارات آسيا وافريقيا وامريكا اللاتينية بصورة خاصة حيث يستوطن هذه القارات ما يقارب من ثلثي سكان العالم ، وهي بأمس الحاجة لاستغلال ثرواتها الطبيعية وذلك لان معظم الايدي العاملة ورؤوس الاموال موظفة في هذه الاقطار في مجال الزراعة التي تعتمد على نوعية التربة التي تعد هي الاخرى النتيجة النهائية للعمليات الجيومورفولوجية . وقد تم تطبيق ذلك في الباكستان بعد ان حصلت على مساعدات في هذا المجال من قبل خبراء منظمة اليونسكو في مسح ثرواتها الطبيعية ، وفي الهند تم تطبيق علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بشكل واسع من قبل معهد بحوث المناطق الجافة في جودابور Judapue ، كما استخدم تطبيق هذا العلم في سيلان بمساعدة من الكنديين تحت خطة أطلق عليها اسم خطة مساعدات كولومبو ، حيث أطلق على

الوحدات الجيومورفولوجية التي استخدمت اسم (وحدات الأقاليم الطبيعية) أو (وحدات الأقاليم الثانوية) وهي عبارة عن وحدات جيومورفولوجية صغيرة تشبه تلك الوحدات التي تم استخدامها في كندا واستراليا . الا ان تطبيق مجالات هذا العلم كان على نطاق ضيق في امريكا الجنوبية ، في حين تم تطبيقه على نطاق واسع في قارة افريقيا .

## مجالات علم الجيومورفولوجيا التطبيقية .

بعد ان تعرفنا على مفهوم علم الجيومورفولوجيا التطبيقية ، وتاريخ تطوره لابد لنا من توضيح المجالات التي تدخل ضمن مفهوم هذا العلم لكي لا تبقى هناك ضبابية في هذا المجال وبالتالي تكون الصورة واضحة امام الباحث المبتدئ في تتبع مجالات هذا العلم وتطبيقها بكل سهولة ويسر ، وعلى هذا الاساس نعتقد ان مجالات هذا العلم تتمثل بالمجالات التالية :

١ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الزلازل التي ينبغي ان تهتم بتحديد المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث وتحديد المعلومات التي يحتاجها من محطات الرصد الزلزالي وتتبع الاليات المنهجية التي تتطلبها دراسة الزلازل ، وتحديد نذر الزلازل ، والكوارث الطبيعية التي تترتب على حدوثها ، والبحث عن السبل والاستراتيجيات الكفيلة في مواجهتها والتقليل من مخاطرها .

٢ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق البراكين التي ينبغي ان تهتم بتحديدها للمتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث في الدراسة الحقلية للبراكين ، وتحديد المعلومات التي ينبغي قياسها في الحقل، وتتبع نذر البراكين واهمية دراستها ، والكوارث الطبيعية المترتبة على حدوثها ، والبحث عن السبل والاستراتيجيات الكفيلة في مواجهتها ، والتقليل من مخاطرها.

٣ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق المنحدرات التي ينبغي ان تهتم بتحديد اليات الدراسة الميدانية التي تتعلق بدراسة التقدير الكمي للتعرية المائية على سفوح المنحدرات ، والاليات المتبعة في تصنيف اشكال المنحدرات ، ثم بعد ذلك توضيح الكوارث الطبيعية الناتجة عن حركة الفتات الصخري على سفوح المنحدرات ، والبحث عن الاليات والسبل المتبعة في معالجتها والتخفيف من مخاطرها .

٤ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق احواض الانهار التي ينبغي ان تهتم بالدراسة المورفومترية لاحواض الانهار ، وقياس تصاريف الانهار ، وتحديد فيضانات الانهار واسباب حدوثها والكوارث الطبيعية المترتبة عليها والاليات والسبل الكفيلة لمواجهتها والتقليل من مخاطرها ، والتطرق الى الاسس الجيومورفولوجية التي تتعلق ببناء السدود والخزانات ، وتوضيح المخاطر التي تتعرض لها تلك السدود والخزانات ، ثم يتم توضيح الاسس العلمية التي يجب ان يعتمد علها الباحث عند دراسته للجزر النهرية ، وكذلك توضيح الاسس العلمية التي يجب ان يقوم بدراستها عن دراسة المنعطفات النهرية .

٥ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في المناطق الصحراوية التي ينبغي ان تحدد الاسس التي يجب ان يعتمد عليها الباحث في الدراسة الميدانية للمظاهر الجيومورفولوجية في المناطق الصحراوية ، ثم تحديد المشكلات والكوارث الطبيعية المترتبة على حدوث تلك المظاهر ، والبحث عن السبل والاستراتيجيات المتبعة لمواجهة تلك المخاطر وامكانية التقليل من مخاطرها ، ثم البحث في كيفية الاستثمار الامثل لمثل هذه البيئات .

٦ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق السواحل التي يجب ان تحدد اليات واسس الدراسة الميدانية في مناطق السواحل ، ثم تحديد الكوارث والمخاطر الطبيعية التي تتعرض لها السواحل ، ثم البحث عن السبل والاليات الكفيلة لمواجهتها والتقليل من

مخاطرها ، ثم البحث عن الاستثمار الامثل للسواحل سواء في بناء الموانئ او بناء المنتجعات السياحية واهميتها السياحية والاقتصادية .

٧ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الكارست التي ينبغي ان تحدد اليات واسس الدراسة الميدانية في مناطق الكارست ، وتحديد الكوارث والمخاطر الطبيعية المترتبة عليها ، ثم ايجاد السبل الكفيلة والاليات المستخدمة لمواجهة تلك الكوارث ، ثم البحث عن السبل الكفيلة للاستثمار الامثل لظواهر الكارست في المجال السياحي .

٨ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في المجال العسكري التي ينبغي ان تهتم في كيفية استثمار تنوع الاشكال الارضية في مجال العمليات العسكرية في بناء المطارات المؤقتة ، وعمليات التقدم والتراجع واختيار التضاريس المهمة في مجال الدفاع والهجوم .

٩ – الجيومورفولوجيا التطبيقية في مجال تصنيف الاراضي والتي تهتم بتحديد المتطلبات التي يحتاجها الباحث في الحقل من معايير ومقاييس ثم تصنيف تلك الاراضي وفق المعايير المتعارف عليها والتي حددت لهذا الغرض .

## مناهج الدراسة .

اعتمدت الدراسات في علم الجيومورفولوجيا التطبيقية على عدة مناهج هي :

### ١ – المنهج التاريخي .

إن اعتماد الباحث في علم الجيومورفولوجيا التطبيقية على المنهج التاريخي هو لغرض توضيح النشأة لأشكال سطح الأرض ومراحل التطور التي مرت بها عبر التاريخ ، ومن خلال معرفة الباحث بتاريخ نشأة الظاهرة فانه سوف يحدد نوع العوامل التي كانت مسيطرة على تكوين تلك الأشكال ، ومن ثم تحديد العمليات الجيومورفولوجية المرافقة لها ، وعلى سبيل المثال عندما يتحدث الباحث عن ظاهرة حدثت خلال حقبة الرباعي وبالتحديد خلال عصر البلايوستوسين فانه يعرف مسبقا ما

هي الظروف التي سادت ضمن تلك الحقبة أو ذلك العصر بالذات حيث كان الجليد سائدا في مناطق محددة من الكرة الأرضية والأمطار سائدة في مناطق معينة أخرى وبالتالي وحسب الموقع الجغرافي للباحث فانه سوف يحدد نوع العامل ونوع العملية التي كانت سائدة في ذلك الزمن ليفسر لنا الشكل الأرضي في الوقت الحاضر وهنا استحضر النشأة والتاريخ لهذه الظاهرة أو تلك لغرض التوضيح .

إن هذا المنهج قد تم الإشارة إليه تحت عناوين أخرى مثل طريقة الفرض المسبق أو طريقة منهج النظم وفي كلا الحالتين يتم الإشارة إلى فلسفة وليم مورس ديفز الذي حدد أو افترض مسبقا شكلا معينا لسطح الأرض تعود نشأته لأصول خاصة وافترض إن هذا الشكل قد مر من خلال ثلاث مراحل هي مرحلة الشباب ، ومرحلة النضج ، ومرحلة الشيخوخة ، وافترض بان هذا الشكل سينتهي باستواء السطح وتحوله إلى سهل شبه مستوي أطلق عليه اسم السهل التحاتي ، وبالتالي فان هذه الدورة الجيومورفولوجية لهذه الأشكال التي افترض بدايتها ونهايتها ديفز تدخل ضمن النظام المغلق.

## ٢ – المنهج الوصفي .

يعتمد الباحث في علم الجيومورفولوجيا التطبيقية على المنهج الوصفي لغرض وصف الأشكال الأرضية ، وعلى سبيل المثل ، لابد من وصف الأشكال الأرضية الحتية أو التعروية أو الأشكال الأرضية الترسيبية ، وهذا يدخل ضمن الجيومورفولوجيا العامة لان الباحث هنا لا يستخدم القياس لأشكال سطح الأرض وإنما يعتمد الوصف فقط ، وهذا المنهج أيضا ارتبط بمرحلة وليم مورس ديفز في وصفه لأشكال سطح الأرض ضمن الدورة الجغرافية في المناطق الرطبة ، وبالتالي فان كلا المنهجين

السابقين لا يمكن استخدامهما بنجاح في مجال علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بدون استخدام منهج الاستقراء والاستنتاج .

## ٣ – منهج الاستقراء والاستنتاج .

يعد جلبرت أول من استخدم هذا المنهج في الدراسات الجيومورفولوجية ، ثم بعد ذلك اعتمده كل من هورتن ، ستريلر ، شوم ، شورلي ، في نهاية الأربعينات وبداية الخمسينيات من القرن العشرين ، إن هذا المنهج يعتمد على استخدام المعايير والمقاييس لقياس العمليات الجيومورفولوجية لتوضيح اثر العوامل الجيومورفولوجية في تشكيل ظواهر سطح الأرض ، وإبراز التباين المكاني والزماني لنوع العمليات الجيومورفولوجية التي استجابت لفعل العامل الجيومورفولوجي وساهمت في تغير نمط الأشكال الأرضية .

لذلك فان هذا المنهج يعتمد على قياس أشكال سطح الأرض وتحديد أبعادها بشكل دقيق ، وكذلك قياس العمليات الجيومورفولوجية بعد تحديد نوع العامل الجيومورفولوجي ، وهذا يتطلب القيام بالدراسة الميدانية والعمل بالقياس المباشر لكل شيء يتعلق بالظاهرة الجيومورفولوجية ليتمكن الباحث من تحليل التباين المكاني للظاهرة وتكرار وحجم العمليات الجيومورفولوجية من وقت لآخر . ويشار أحيانا إلى هذا النوع من المناهج باسم منهج النظام المفتوح الذي يقوم بدراسة نظام طبيعي لأحد مظاهر سطح الأرض الذي يتألف بدوره من نظم رئيسية ونظم ثانوية تنتقل خلالها عمليات تجدد الطاقة وانتقال المادة لكي يتحقق التوازن والاستقرار عندما تتساوى المدخلات والمخرجات داخل النظام ، وبالتالي يتم السيطرة على العمليات الجيومورفولوجية التي تؤدي بدورها إلى السيطرة على الشكل الأرضي وبالتالي نصل إلى حالة من التوازن بين كل مكونات النظام .

وعلى سبيل المثال فان حوض النهر يمثل نظام رئيسي مستقل له عناصره الثابتة ، بينما تمثل المنحدرات ، الوديان ، القنوات النهرية ، السهول الفيضية إلى آخره نظم ثانوية . كذلك الحال بالنسبة إلى نظام التربة الذي يمثل نظام رئيسي مستقل بينما تمثل آفاق التربة ونسجتها وتركيبها إلى آخره من الخصائص نظم ثانوية .

وأخيرا يمكن القول بان هذا المنهج بعد أن يقوم بقياس العمليات الجيومورفولوجية ، وقياس أبعاد أشكال الأرض ، فانه يعمل على تقييم الثروات الطبيعية الموجودة في هذا المكان أو ذاك لغرض استثماره بشكل جيد . ( جرجيس ، ٢٠٠١ ، ص ٣٤ – ٣٩ ) .

## علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بالعلوم الأخرى

لقد أدرك المختصون في العلوم الأخرى ، ومن مختلف الاختصاصات ، أهمية دراسة أشكال سطح الأرض ، وأخذت كل فئة أو اختصاص تساهم في دراسة جانب من أشكال سطح الأرض ، وتحديد مدى الاستفادة منها كل في ميدان اختصاصه ، مما ساعد على التعرف على المكانة العلمية لعلم أشكال سطح الأرض ، مثل دراسات الجيولوجيا الهندسية ، وعلم المياه ، والجيولوجيا الاقتصادية ، وعلم التربة ، والعلوم العسكرية ، وعلم البحار ..... وأصبح واضحاَ أهمية مشاركة ذوي الاختصاص من علماء شكل الأرض في فرق الدراسة والتي تضم مثل تلك الاختصاصات حيث يستطيع علماء شكل الأرض من الجغرافيين المساهمة في هذه الدراسات على الرغم من قلة التدريب والمهارات التي يتمتعون بها حيث تتوفر لديهم إمكانات بحثية خاصة.

إن دراسة أشكال سطح الأرض تعتبر الميدان المشترك للدراسات الجغرافية ودراسات علم شكل الأرض . لان دراسة سطح الأرض والعمليات التي تساهم في تشكيله والمختلفة من مكان لآخر ومن وقت لآخر تجعل من الدراسات الجغرافية مصدرا

مهما للمعلومات المفيدة ، وخاصة عند تحديد العوامل المسببة للتغيير ومنها الإنسان وأثرها على البيئة عند تحديد طبيعة سطح الأرض ، مثل درجة انحدارها ، وصلاحيتها للزراعة أو الرعي ، وتحديد مواضع المدن ، وإقامة المنشآت ، والتوزيع الجغرافي للأمراض ذات العلاقة بمكونات سطح الأرض ، وعلى هذا الأساس فان الدراسات الجغرافية تساعد على توفير النظرة الشمولية لتفسير وتحليل المتغيرات البيئية المختلفة عن استعمال الأرض وتحديد النمط الأمثل لاستغلالها . ويمكن تحديد علاقة علم شكل الأرض التطبيقي بالعلوم الأخرى من خلال النقاط التالية :

**١ – علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بعلم الصخور .**

ترتبط الدراسات في علم شكل الأرض التطبيقي بعلاقة وثيقة بدراسات علم الصخور حيث إن الأخير يهتم بدراسة صخور القشرة الأرضية + نظام بنائها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والمعدنية ، بينما تهتم دراسات علم شكل الأرض التطبيقي لمعرفة العلاقة بين البناء الصخري وأشكال سطح الأرض والعمليات الجيومورفولوجية التي ساهمت في تشكيله . ويهتم علم الصخور بدراسة العلاقة بين البيئة الجيولوجية وأماكن وجود الثروات الاقتصادية بينما تساعد دراسات علم شكل الأرض التطبيقي على دراسة الظروف المناخية التي كانت سائدة أثناء عمليات ترسيب وتجمع المفتتات الصخرية والتي أصبحت مواضع هامة لاستغلال الثروات الاقتصادية بطريقة التعدين الموضعي من ذهب وفضة وبلاتين.

**٢ – علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بعلم الأرض .**

توجد علاقة بين الجيولوجية الهندسية وعلم شكل سطح الأرض التطبيقي حيث أن الأخيرة تحدد شكل سطح الأرض والعوامل والعمليات السائدة في المواضع المختارة لإنشاء السدود والخزانات أو مد طرق النقل البري أو بناء المطارات وحفر الأنفاق وعند

تحديد الأماكن المعرضة لحركة مواد سطح الأرض لأجل تثبيت المنحدرات أو تحديد جبهة التجوية لما لها من تأثير كبير في تحديد الأماكن الصالحة للإنشاءات الهندسية . كما تبدو العلاقة بين الموضوعين واضحة عند دراسة تأثير إنشاء المشاريع السابقة في تغيير نوع العمليات الجيومورفولوجية أو وتيرة حدوثها لمنع حدوث الكوارث الطبيعية .

**٣ – علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بعلم المياه .**

توجد علاقة متبادلة بين دراسات علم المياه وبين دراسات علم شكل الأرض التطبيقي حيث تهتم دراسات علم المياه بدراسة دورة الماء في الطبيعة والنظم الثانوية المتكونة في الغلاف المائي والغازي والصخري والحيوي للقشرة الأرضية ، مثل المياه السطحية الجارية (الأنهار) أو المياه الجوفية والتي هي من مكونات نظام دورة الماء في الطبيعة ولها علاقة وثيقة بالنظم الأخرى وهي التساقط وماء التربة، التبخر، النتح/ إن العلاقة الديناميكية بين نظم دورة الماء في الطبيعة تساعد عند دراستها على :-

أ – فهم النظام المائي للأنهار ، وحجم التصريف المائي وتكراره والتي لها علاقة وثيقة بعمليات التعرية المائية وحجم الترسبات المنقولة وعمليات الترسيب ومعدلاتها وأشكال سطح الأرض المرتبطة بها ومن ثم فهم نشأة الأنهار ، تطورها وتغيرها وعلاقتها بالنشاط البشري من جهة ، ومن جهة أخرى فهم دور الإنسان في تعديل العمليات الجيومورفولوجية المائية وتطور أشكال سطح الأرض التي نشأت بتأثير العمليات المائية من اجل تقييمها وتحديد نمط استعمالها مثل أراضي السهول الفيضية المعرضة لخطر الفيضانات والتي تعتبر من وجهة نظر جيومورفولوجية مناطق غير آمنة لاستيطان الإنسان بشكل دائم أو لإنشاء المدن أو تأسيس المصانع باستثناء أطرافها الخارجية .

ب – إن دراسة نظام المياه الجوفية ، وحركة الماء الجوفي في الأراضي التي تنتشر فيها ظاهرة الكارست ، والمشاكل العملية التي يعاني منها سكان المدن ، والمناطق الريفية في تلك الأراضي عند استخدام الأحواض الطبيعية لجمع النفايات أو المياه القذرة من المصانع والبيوت في تجاويف تحت سطح الأرض مسببة تلوث المياه الجوفية أو تسارع عمليات التعرية المائية بالإذابة وما يرافقها من انهيارات أرضية عند الاستعمال الغير الملائم للأرض .

ج – دراسة العمليات الجيومورفولوجية المائية للأقاليم الجافة وشبه الجافة حيث مخاطر التعرية كبيرة لأسباب عديدة ، والتي من ضمنها نظام هطول الأمطار.

**٤ – علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بعلم التربة .**

يستفيد الباحثون في مجال علم التربة من دراسات علم شكل الأرض التطبيقي في تحديد عمليات تكون التربة ، وبما إن التربة هي من نواتج التجوية التي قد تكون متبقية في أماكنها أو منقولة من مناطق أخرى ، لذا ترتبط بالدراسات الخاصة في علم شكل الأرض التطبيقي التي تهتم بتتبع أصل نشأتها ومراحل تكونها ووضع توقعات حول التغيرات المحتملة في خصائصها .

إن التربة تتأثر بحركة الماء في داخلها ، والنباتات تمتص الماء والمواد الغذائية من التربة ، ومن ثم تعود ثانية إلى التربة عند موت النباتات وتحللها فيترتب عليها تغيير في نسجه التربة وبنائها وقدرتها على الاحتفاظ بالماء أو تصريفه خلال آفاقها ، وربما تؤثر على قدرتها على مقاومة عمليات التعرية وقد يعاد ترسبها في المجاري السفلى للأنهار وتغير نظام المياه الجارية السطحية أو تكوين أخاديد ، وتقليص سمك التربة مع المنحدرات ، ومن ثم تغيير نمط استعمال الأرض .

**٥ – علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بالعلوم العسكرية .**

تستفيد العلوم العسكرية من دراسات علم شكل سطح الأرض التطبيقي لتحديد المواضع المناسبة لبناء المنشآت العسكرية فوق أو تحت سطح الأرض ، وحركة القوات المسلحة الراجلة أو الآلية ، ووضع الخطط العسكرية المناسبة لأرض المعركة ، وعلى القيادات العسكرية أن تكون على علم بأثر مورفولوجية سطح الأرض والمتغيرات المتوقعة فيه وكفاءة العسكري والآلة الميكانيكية أثناء المعركة لذلك ظهر فرع جديد للدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية يعرف باسم الجيومورفولوجية العسكرية.

**٦– علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بعلم البحار والمحيطات .**

هناك علاقة وثيقة بين دراسات علم شكل الأرض التطبيقي وبين دراسات علم البحار والمحيطات ، حيث إن كلا الموضوعين يهتمان بالتعرف على شكل السواحل البحرية ، وعوامل نشأتها ، وتطورها ، وتوزيع الرواسب البحرية ، وتذبذب مستوى سطح البحر وعلاقته بتطور الساحل ، ومشكلة تطور تآكل الشواطئ وتراجعها بالتعرية البحرية وعلاقتها بالعمليات الجيومورفولوجية على اليابس من سطح الأرض ، وحجم الترسبات المنقولة من اليابس إلى الساحل والمرتبطة بنمط استعمال الأراضي ، كما يستفاد من الدراسات الجيومورفولوجية لتحديد مواضع بناء الموانئ أو المنتجعات الساحلية . ( جرجيس ، ٢٠٠١ ، ص ٤١ – ٤٥ ) .

**٧ – علاقة علم الجيومورفولوجيا التطبيقية بعلم فيزياء الأرض .**

هناك علاقة وثيقة بين دراسات علم شكل الأرض التطبيقي والدراسات الخاصة بعلم فيزياء الأرض ، وذلك لان الأخير يقوم بدراسة العوامل الباطنية التي تساهم في حدوث ظاهرة الزلازل والبراكين ، بينما يهتم علم شكل الأرض التطبيقي بتأثير هذه

الظواهر في تشكيل سطح الأرض وماهي المخاطر المترتبة عليها ، وكيفية مواجهتها ، وتحديد النذر الخاصة بكل منهما .

# الفصل الثاني

# الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الزلازل

**المقدمة .**

يتعامل علم الزلازل بشكل اولي مع الزلازل والامواج الزلزالية ، وذلك لان الزلازل تعد من بين كوارث الجنس البشري ، ويهتم علماء الزلازل بتحسين هذه الكوارث ، وعلى هذا الاساس فهم معنيون بالعمل لغرض تحديد مخاطر الزلازل في الاقاليم الجغرافية المختلفة ، لذلك فان نطاقات البنايات الحساسة يمكن ان توثق ، وتبحث المشاكل المتوقعة للزلازل والامواج المائية العملاقة Tsunami ، وحتى السيطرة على الزلازل ، ولكن هذه المهمة هي وظيفة لا تقع على عاتق علماء الزلازل فقط . وقد تمكن علماء الزلازل من خلال دراستهم لأنظمة حدوث الزلازل بتزويد المجتمع العلمي بواحد من المفاتيح الاساسية لتطور مفهوم نظرية الصفائح Plate Tectonic حيث تحدد انطقة الزلازل حدود الالواح ، ان الانطقة على طول تلك الالواح التي تتصادم ، وتتباعد ، وينزلق احدهما باتجاه الاخر . (Press & Siever .1974.p631) .

**المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث :**

يمكن تحديد المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث في دراسة الزلازل من خلال النقاط التالية :

اولا – الدراسة المكتبية وتشمل :

أ – الاطلاع على كافة الدراسات السابقة التي تناولت الزلازل والتي تتطابق مع عنوان بحثه .

ب – دراسة وتحليل المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة .

ج – دراسة وتحليل الصور الجوية لمنطقة الدراسة .

د – دراسة وتحليل الخرائط الجيولوجية لمنطقة الدراسة .

هـ – دراسة وتحليل الخرائط الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة .

و – دراسة وتحليل الخرائط التركيبية لمنطقة الدراسة .

ثانيا – القيام بجمع المعلومات التي يحتاجها الباحث من محطات الرصد الزلزالي والتي تشمل المعلومات التالية :

أ – تحديد البؤرة الزلزالية Focus لكل زلزال . ( التوزيع الجغرافي ) .

ب – تحديد المركز السطحي Epicenter لكل زلزال . ( التوزيع الجغرافي ) .

ج – تحديد نوع الموجات الزلزالية التي تصدر من البؤرة الزلزالية حتى وصولها الى المركز السطحي . ( الموجات الاولية – الموجات الثانوية – الموجات السطحية ) .

د – تحديد عمق الزلازل . هل هي ضحلة ؟ ام متوسطة ؟ ام عميقة ؟ . ومطابقتها مع المعيار الذي تم تحديده من قبل العلماء وهي كالاتي :

١- الزلازل الضحلة وتنشأ عند أعماق لا تزيد على ٦٠كم .

٢- الزلازل المتوسطة العمق وتنشأ عن أعماق تتراوح بين "(٦٠_٣٠٠)كم.

٣- الزلازل العميقة وتنشأ عند أعماق تتراوح بين (٣٠٠-٨٠٠)كم.

## هـ - تسجيل الزلازل .

يجب الحصول على المعلومات التي تم تسجيلها باستعمال جهاز قياس الزلازل المسمى السيزموغراف Seismograph ويستطيع هذا الجهاز تسجيل المعلومات التالية :

١ – بداية حدوث الزلزال .

٢ – مدة الزلزال .

٣ – وقت انتهاء الزلزال .

٤ – شدة الزلزال .

ومطابقتها مع المعيار الذي ذكره ريختر .

و – تحديد العوامل الجغرافية التي ادت الى حدوث الزلزال هل هية طبيعية ام بشرية وفيما يلي ذكر العوامل الطبيعية والبشرية وهي كالاتي :

**العوامل الطبيعية :**

١ – الصدوع .

٢ – البراكين .

٣ – التنشيط التكتوني لحركة الالواح .

٤ – سحب النفط بدون ضخ مواد بديلة .

٥ – سحب المياه الجوفية بدون ضخ مواد بديلة .

**العوامل البشرية :**

١ – الحمولة الكبيرة التي تمثلها السدود والبحيرات .

٢ – التخلص من النفايات .

٣ – التفجيرات النووية .

## دراسة التأثيرات البيئة للزلازل .

### ١ – الخسائر البشرية والمادية .

لقد ترتب على حدوث الزلازل خسائر جسيمة في الارواح والممتلكات ، فعلى سبيل المثال ، قتل في زلزال الاسكا عام ١٩٦٤ بحدود ١١٥ شخص ، وقدرت الخسائر في الممتلكات بحدود ٥٤٠ مليون دولار ، وقتل في زلزال لوما بيرتا عام ١٩٨٩ فقط ٦٣ شخص ، وقدرت الخسائر في الممتلكات بحدود ٥٠ بليون دولار ، وقتل في زلزال كوبي في اليابان عام ١٩٩٥ بحدود ٥٢٠٠ شخص ، وتراوحت الخسائر في الممتلكات بين ( ٩٥ – ١٤٠ ) بليون دولار . (Montgomery.1997.p 67) .

**٢ – اهتزاز الارض .**

الاهتزازات الارضية يمكن ان تهز التراكيب وتضغط عليها إلى حد الضعف والانهيار . وهناك أنواع معينة من الترب يمكن ان تفقد صلابتها عندما تتعرض إلى هزات أرضية متكررة ، وبالتالي فإنها تتعرض الى الانزلاق وتأخذ معها بكل بساطة كل انجازات الانسان .(Press & Siever .1974.p p 648 - 649) .

إن اهتزاز الأرضِ سببه مرورِ الموجاتِ الزلزاليةِ قُرْب مركز الهزة الأرضيةِ . وشدة اهتزاز الأرض تَعتمدَ على المسافةِ مِنْ المركزِ ، وعلى نوعِ صخور الأساس التي تَقِعُ تحت المنطقةِ . عُموماً ، إن هذا الاهتزاز يترتب عليه انهيار لمعظم التراكيب القريبة من منطقة الزلزال ، إلا إن هذه الأضرار تتفاوت في شدتها ، إذ يعتمد ذلك على نوعِ البناءِ ، تراكيب البناءَ والخرسانةَ ، لأنه في حالة كونه هش يكون معرض للضرر مقارنة مع الخشب والتراكيبِ الفولاذيةِ ، التي تكون أكثر مرونة . ( Keller . 1976 . p 127.) .

ان اهتزاز الارض يسبب مشكلة كبيرة في المناطق التي تتميز تربتها بالرطوبة العالية ، كتلك المناطق القريبة من السواحل او المناطق التي تتميز بارتفاع مستوى الماء الارضي ، فعندما تتعرض التربة الرطبة للاهتزاز بسبب الزلزال فان دقائق التربة ربما تنفصل بعضها عن البعض الاخر وتسمح للمياه للتغلل بين جزيئاتها ، حيث يترتب عليها ان تقلل بشكل كبير بين دقائق التربة التي تعطي القوة للتربة . والتي تسبب بان تتحول التربة الى مايشبه الرمال المتحركة ، وعندما يحدث ذلك فان البنايات ممكن ان تنقلب او تغوص جزئيا في الترب ذات الرطوبة العالية ، لان الترب تفقد قوتها في اسناد هذه البنايات .(Montgomery.1997.p 78)

تُنتجُ الحركاتِ العَنيفةِ تعجيلِ سطحيٍ مفاجئٍ مِنْ الأرضِ الذي يُمْكِنُ أَنْ يقتلع الأشجار الكبيرةَ من جذورها ويَضْربُ الناسَ على الأرض ، هذه الهزة يمكن ان يترتب عليها انهيار البنايات الكبيرة ، الطرق والجسور ، وخطوط السكك الحديدية ، والخزانات ، والانفاق ، وخطوط الانابيب سواء كانت للوقود او المياه ، وخطوط الطاقة الكهربائية ، والمطارات ، او اي تراكيب مدنية اخرى . (Keller .1976 . p 127) .

**٣ – تمزق الأرض .**

تمزق ألأرض يَحْدثُ فقط على طول منطقةِ الصدع التي تَتحرّكُ أثناء الزلزالِ . حيث يترتب عليه انهيار المنشآت البشرية التي اسست عبر نطاقات الصد وعِ ، بينما تبقى التراكيب المجاورة والتي لا يعبرها الصدع بدون اضرار . إن الحركات الأرضية العنيفة الناتجة عن الزلازل والمصحوبة بكَسْر يترتب عليها إزاحةَ دائمةَ لعِدّة أقدام . وهذا ما حدث على سبيل المثال ، في زلزالِ سان فرانسيسكو في عام ١٩٠٦ الذي أنتج ٢٦ قدمَ مِنْ الإزاحةِ الأفقيةِ (Keller .1976 . p 127) .

**٤ – الانزلاقات الارضية .**

ان الانزلاقات الأرضية السريعة التي تحدث في المناطقِ الجبليةِ التي تخضع إلى الزلازلِ تتمثل بانزلاق الصخور ، والحطام الصخري ، والانهيارات الأرضية . إن هذه العمليات يمكن أن تكون ذات مدى تدميري كبير جداً وتسبب خسارةَ في الأرواحِ ، وسوف نتطرق الى هذه المشكلة بشكل مفصل في فصل المنحدرات .

**٥ – الحرائق .**

تعد الحرائق من المخاطر الثانوية للزلازل في المدن التي ربما تكون اكثر تدميرا من حركة الارض ، ويعود سبب حدوث الحرائق الى تكسر خطوط الوقود ، والصهاريج ، وخطوط الطاقة الكهربائية مما يترتب على ذلك حدوث تماس بين الوقود واللهب

فتحدث الكارثة ، ومما يزيد الكارثة سوءً هو تكسر خطوط المياه مما يصعب اطفاء الحرائق بفعالية عالية . وعلى سبيل المثال فان حوالي ٧٠% من الاضرار الناتجة من زلزال سان فرانسيسكو الذي حدث في عام ١٩٠٦ كانت بسبب الحرائق ، حيث انحصر اللهب في منطقة تصل مساحتها حوالي عشرة كيلو متر مربع .

ان وضع صمامات في العديد من انظمة انابيب المياه والوقود تساعد في الوقوف بوجه هذه المشكلة لان التكسر في الانابيب يمكن ان يتم عزله قبل ان تفقد كميات كبيرة من الضغط والسوائل . .(Montgomery.1997.p 81) .

**٦ – الأمواج المائية العملاقة Tsunamis .**

وهي عبارة عن موجاتَ مائية عملاقةِ يُمْكِنُ أَنْ تُنتقلَ بسرعة عبر المحيطاتِ ، وهوامشِها الساحليةِ يترتب عليها تأثيرات بيئية كبيرة في المناطق التي تحدث فيها . وسوف نتحدث عن هذه الظاهرة بشكل مفصل في فصل السواحل .

**٧ – التغييرات الإقليمية .**

تتمثل التغيرات الإقليمية بالارتفاع أو الانخفاض الذي يتعرض له سطح الأرض والذي يترتب على بَعض الزلازلِ الكبيرةِ . فقد نتج عن زلزال ألاسكا الذي حدث عام ١٩٦٤َ تشويهاً عمودياً (ارتفاع وهبوط) أكثر مِنْ (١٠٠.٠٠٠) ميل مربّع . التشويه يَتضمّنُ منطقتين رئيسيتينَ . وقد حددت مناطق التشوه بحدود (٦٠٠ ) ميلَ طول وأكثر من (١٣٠) ميل عرضا . إنّ المنطقةَ البحريةَ تشكل واحدة من المناطق التي تعرضت إلى ارتفاع كبير وصل إلى (٣٠) قدمِ . بينما تميزت المنطقة باتجاه اليابسة بانخفاض عظيم قدر بحدود ( ٨) أقدامِ . تَتفاوتُ طبيعة هذه التأثيراتِ مِنْ الحياة البحريةِ الساحليةِ القاسيةِ جداً إلى التَغْيير في مستويات المياه الجوفيّةِ ، إضافة إلى ذلك كان هناك اضرارُ من الفيضانات التي تعرضت لها بعض التجمعات السكانية

التـي تعرضـت أراضـيها للانخفـاض بينمـا فـي منـاطقِ الارتفـاع ، فـان معامـل تعليـب الأسماك canneries وبيوت صيّادي السمك وُضِعتْ فوق مناطق يصلها معظم المد العـالي . قبـل الزلـزالِ ، هـذه التراكيـبِ وأحـواضِ سـفنهم كَانـا علـى المـاءِ .( Keller 1976 . p 130.).

**دراسة السيطرة على الزلازل والتخفيف من مخاطرها .**

بالإمكان القيام باي شيء للتقليل من اضرار الزلازل ، وعلى هذا الاساس فان علماء الزلازل في الولايات المتحدة ، واليابان ، وروسيا ، والصين عملوا بكل جد لإيجاد اجابات واضحة لهذا السؤال . وبالرغم من عدم وجود تقدم علمي كبير في مجال علم الزلازل لحد الان ، الا انه بالإمكان تخفيف الاضرار في الارواح والممتلكات من خلال تشجيع تجارب البنايات الصحيحة . والمهندسون هم اكثر الناس معرفة بكيفية تصميم التراكيب المضادة للزلازل التي سوف تبقى ثابتة في معظم الزلازل ، واساسات البنايات التي تتطلب هذا العمل في المناطق الخطرة جدا . (Press & Siever .1974.p 652 ) .

**١ – تحسين نظام الصرف .**

في بعض المناطق المعرضة الى ارتفاع رطوبة التربة سواء كان لقربها من السواحل او بسبب ارتفاع مستوى الماء الجوفي ينبغي العمل على تحسين نظام الصرف فيها للحفاظ على جفاف التربة ، ولكن اقل ما يمكن القيام به حول هذا الخطر هو تجنب المناطق الخطرة .(Montgomery.1997.p 78) .

**٢ – حقن السوائل .**

وجد في عام ١٩٦٦ ارتباط مثير بين معدل ارتفاع ضغط حقن النفايات السائلة في الابار العميقة وبين تكرار حدوث الزلازل بالقرب من دنفر في مقاطعة

كولورادو والتي اظهرت بان الزلازل انفجرت من خلال تقليل مقاومة الاحتكاك للصدع . وتم تحرير الضغط الذي تم بناءه في وقت مبكر من خلال الضغط الذي بذل بحقن النفايات السائلة في الصدوع المغلقة الموجودة سابقا ، وربما في بعض الايام يتم السيطرة على الزلازل بشكل افضل من خلال مراقبة كل عدة اميال قليلة على طول صدع سان اندرياس وحقن النفايات السائلة التي تسبب زحف مستمر وانزلاق متكرر للصدع للسيطرة على الزلزال بدلا من ان يتم السماح لبناء الضغط على مدة تتراوح بين (٥٠ – ١٠٠) سنة ، وبعد ذلك تتحرر بهزة او زلزال يترك اضرارا كبيرة . (Press & Siever .1974.p 655 ) . ومع ذلك فان هذه النتائج لم يتم تأكيدها من قبل الجيولوجيون الذين يرون بانه لا يوجد ضمان بان تتحرر الطاقة المتراكمة في الصدوع المغلقة بزلزال صغير ، وربما يحدث عكس التوقعات بإحداث زلزال كبير وبالتالي فان ذلك سوف تترتب عليه تأثيرات كثيرة سياسية وقانونية . (Montgomery.1997.p86) .

## ٣ – فتح الصدوع المغلقة .

في حالة وجود مناطق تتميز باحتوائها على صدوع مغلقة ، فان ذلك سوف يسمح للطاقة بان تتراكم ، وربما تكون كافية في وقت ما لكي تتسبب في انفجار زلزال كبير تترتب عليه نتائج مدمرة في الارواح والممتلكات ، وعليه فان تحرير هذه الطاقة قبل ان تتراكم وتشتد اكثر من اللازم ربما يمنع حدوث كارثة انسانية ، ولذلك اقترح باستخدام التفجيرات النووية بحذر لفتح الصدوع المغلقة ، مع اخذ الحذر في السيطرة على عدم انتشار الاشعة التي تتحرر من الانفجار ، مع خوف من ان تكون السيطرة ضعيفة لجزء صغير من الانفجار النووي في المقطع المغلق للصدع مع اشتداد الضغط الكبير يمكن ان يسبب الخوف من حدوث زلزال كبير ، وعليه لابد من استخدام طريقة

افضـل لفـتح الصـدوع المغلقـة بحيـث تكـون كـل الامـور تحـت السـيطرة . (Montgomery.1997.p 85).

**٤ – استخدام التصاميم المناسبة .**

وبنـاء علـى كل ذلك لابد للمختصين فـي التخطيط من الاطـلاع بشكل دقيق على نمط توزيع الصدوع واتجاهاتها قبل البدء بوضع التصميم الأساسي لكل مدينة من المدن الواقعة ضمن النشاط الزلزالي ، وذلك لآخذ الاحتياطات الكافية لتفادي أية كارثة انسانية في المستقبل قد تترتب على حدوث زلازل مفاجئة أو غير متوقعة ، إذ يتم من خـلال الاطـلاع علـى خارطـة الصـدوع ، العمـل علـى توزيـع المشـيدات الكبيـرة مثـل المدارس ، المستشفيات ، وحدات الإنقاذ والإغاثة ، أنظمة الاتصال في أماكن بعيدة عن مناطق الصدوع النشطة أو التكوينات الصخرية الحساسة مثل ترسبات الطين غير المتماسكة والتي تترتب عليها كوارث كبيرة في حالة حدوث أي نشاط زلزالي . كذلك الالتزام بالضوابط الهندسية التي تؤمن حماية كافية للمنشآت من خلال إنشاء البنايات التي تتمتع بقدرة كافية للتكيف مع أي نشاط زلزالي من خلال نوع التسليح ، أو نوع مواد البناء ، أو ارتفاع البنايات .

إما ما يخص الجوانب الفنية لوحدات الإنقاذ والإغاثة فلا بد من الاهتمام بها وتطويرها من حيث العدد والعدة لكي تتمكن من القيام بدورها حالة وقوع الزلازل ، وإنقاذ السكان في الوقت المناسب قبل حدوث الهزات الارتدادية ، إذ غالبا ما ترافق الزلازل الكبيرة هزات ارتدادية تكون خسائرها المادية والبشرية اكبر من الخسائر التي تنتج من الزلزال الرئيسي نفسه بسبب ضعف أو تأخر عمليات الإنقاذ والإغاثة مما يترتب عليها حدوث كارثة كبيرة .

## ٥ – نشر الوعي لمواجهة مخاطر الزلازل .

لتجنب المخاطر الكبيرة للزلازل لابد من اتباع بعض قواعد الامان التي ينبغي ان يلتزم الجميع قبل وبعد حدوث الزلزال ، وهذه القواعد يجب ان يتم نشرها بين الناس والتثقيف بها لكي تكون حماية للإنسان اينما ذهب الى اي مكان فانه يتسلح بثقافة لمواجه المخاطر التي تحدق به . ويمكن توضيح ذلك من خلال النقاط التالية :

**أولا – القواعد التي يجب اتباعها قبل حدوث الزلزال :**

١ – لا تضطرب ودع الخوف جانبا .

٢ – اذا كنت في داخل البناية ، قف ولا تتحرك واحتمي تحت الطاولة او الرحلة او اي شيء يمكن الاختباء تحته ، وابق بعيدا عن اي شيء زجاجي وخاصة الاقداح ، ولا تستخدم عيدان الثقاب او اي لهب مفتوح ، قم بإطفاء الحرائق اذا كنت في الطوابق العليا ، ولا تسرع للمخارج فربما السلالم تكون مزدحمة بالسكان ، وربما تفشل المصاعد وتتوقف عن عملها .

٣ – اذا كنت خارج البناية ، تحرك بعيدا عنها وابتعد عن خطوط الكهرباء ، ولا تحاول ان تجري داخل البناية او بجابها ، وحاول الوقوف في المناطق المفتوحة .

٤ – اذا كنت تقود السيارة حاول ايقافها فورا ، وابقى في داخلها لان نوابض السيارة سوف تمتص بعض الاهتزازات الناتجة عن الزلزال وتمنحك حماية كافية .

**ثانيا – القواعد التي يجب اتباعها بعد حدوث الزلزال :**

١ – راقب الوضع بشكل جيد ولا تفتح المنافع او الخدمات الموجودة في المنزل ، اذا كنت تشتم غاز افتح المنافذ وقم بإغلاق الصمام الرئيسي وغادر البناية ، ولا تدخل اليها مرة ثانية ، اذا كانت انابيب الماء في المنزل متضررة ، حاول ان تغلق الصمام

الرئيسي من بعيد ، اما اذا تعرضت الاسلاك الكهربائية الى الاضرار فاسرع الى اغلاق المقياس الرئيسي للكهرباء ، وتجنب خطوط الكهرباء الارضية .

٢ – قم بتنظيف الادوية المسكوبة على الارض او المواد الضارة .

٣ – افتح الراديو او التلفاز اذا امكن لمتابعة نشرات الطوارئ ، وتجنب استخدام الهاتف باستثناء الاتصال بالطوارئ .

٤ – احصل على الماء في حالة الطوارئ من سخانات الماء ، ولا تأكل أو تشرب اي شيء من الحاويات المفتوحة قرب الاقداح المحطمة ، انتبه الى المواد الغذائية المخزونة في المجمدة في حالة انقطاع التيار الكهربائي وخطط لاستخدام الاطعمة التي ستتعرض للتلف بشكل سريع

٥ – حاول البقاء خارج البناية او المنزل المتضرر بشدة في الهزة الاولى لأنها ربما تتعرض الى الانهيار في الهزة الارتدادية الثانية ، التي تكون الاضرار الناتجة عنها كارثية .

٦ – لا تحاول الذهاب الى المناطق التي تعرضت الى الزلزال ، لأنك سوف تعيق جهود عمليات الانقاذ وموظفي الطواري من القيام بعملهم .

.(Montgomery.1997.p 87)

## دراسة التوقعات المستقبلية لحدوث الزلازل .

في منتصف الستينيات كان المنجمون والصوفيون والمتطرفون دينيا يقومون بالعمل لتوقع حدوث الزلازل ، ومازال قليل منهم يمارس العمل لحد الآن ، أما اليوم فان اغلب المدارس التي لها علاقة بعلم الزلازل تعمل بجد حول هذه المشكلة ، وقد شجع تزايد المعرفة حول ميكانيكية حدوث الزلازل علماء الزلازل بان الزلازل تستهل بإعطاء

إشارات تأتي من الزلازل بساعات أو أيام أو سنوات ، ويأتي التحدي من خلال وجود صعوبة في تمييز الإشارات القادمة من منطقة الزلزال .(Press & Siever .1974.p. 654 ) .

إن الأمل بدراسة ظاهرة النذر بان يكون بإمكانها تكوين أنموذج واحد يتطابق مع تغيرات النذر التي يمكن استخدامها بثقة لإصدار توقع دقيق لحدوث الزلزال بوقت كافي يسمح بعملية الإجلاء الوقائي أو أي استعدادات أخرى . (Montgomery.1997.p78) .

إن الحديث حول الزلازل يتطلب طرح التساؤل الذي يخطر ببال الكثير من الناس حول الزلازل . بأنه هل تمكن العلماء من إيجاد طرق حديثة لتوقع حدوث الزلزال لتجنب الكوارث التي تترتب على حدوثه ؟ وما قصة المقالة التي نشرت على المواقع العالمية بان الأرض تتكلم ؟ وما علاقة ذلك بحدوث الزلزال ؟ وهل أشار القرآن الكريم إلى كل ذلك ؟. للإجابة على هذا السؤال نقول نعم لقد أشار الباري عز وجل إلى حدوث الزلازل في سورة الزلزلة بقوله تعالى : بسم الله الرحمن الرحيم ((إذا زلزلت الأرض زلزالها ، وأخرجت الأرض أثقالها ، وقال الإنسان مالها إلى آخر الآية )) . في هذه الآية الكريمة إشارة واضحة وصريحة إلى إن العلماء لم يتمكنوا من معرفة حدوث الزلزال بشكل دقيق لأنه الباري عز وجل قد جعل ذلك يحدث بشكل مفاجئ بقوله تعالى ( إذا زلزلت الأرض زلزالها ) . باعتبار كلمة (إذا ) في رأي علماء اللغة العربية ظرفية تشير إلى حدوث الظاهرة بشكل مفاجئ لذلك فان العلماء لم يتمكنوا لحد الآن من التوصل إلى طريقة لتوقع الزلزال قبل حدوثه إلا إنهم استخدموا الكثير من الأدلة للتوقع سواء على المدى القريب أو البعيد كما موضح بالاتي :

أ- التوقع بعيد المدى ويعتمد بشكل أساسي على معرفتنا المسبقة بالزلازل التي حدثت في الماضي وجرى تسجيل زمان ومكان حدوثها . وبالتالي فان المعرفة العلمية بالوضع البنائي لمكان حدوث الزلازل وسجلها الجيولوجي وتكرارات حدوثها تساعد إلى حد كبير في تحديد الفترات الزمنية التي انقضت بين الأحداث الزلزالية المتعاقبة والتوقع بأحداث زلزالية متوقعة في فترات زمنية مماثله .

ب – توقع على المدى القصير ويتم ذلك عن طريق مراقبه العمليات التي تحدث والتغيرات التي تطرأ في مناطق الصدوع التي تكرر حدوث زلازل على طولها . مثل هذه العمليات والتغيرات يعتبر مؤشرا على زلزال قادم .

ومما تجدر الإشارة إليه إن رصد عمليات كهذه يكون صعب لان التغيرات التي تنشا في الأعماق يصعب مراقبتها على السطح . كما إن إيه استنتاجات قد تبني على ما تمت مشاهدته لا تصلح للتعميم على مناطق أخرى . ولذلك فان العلماء يعتمدون على مراقبة مناطق الصدوع لتسجيل عدة ملاحظات تحدث قبل حدوث الزلزال لكي يتوقعوا ما يحدث من زلزال لاحق في فترة زمنية قصيرة ومن هذه الملاحظات ما يلي :-

١ – حدوث عمليات رفع أو خسف أو تشققات خفيفة .

٢ – تسجيل زلازل سالفة بقوة قليله على مقياس ريختر يمكن أن يقود إلى التوقع كما حدث عام ١٩٧٥ في الصين . إذ تم إخلاء السكان بنجاح قبل الزلزال الذي بلغت قوته ٧.٣ على مقياس ريختر مما قلل من الخسائر البشرية إلا انه لم يقلل من الدمار الذي شمل نصف المدينة.

٣ – تغير في سرعة الموجات الأولية في الصخور القريبة من الصدع التي تم الحصول عليها من خلال تجارب مصطنعة تشبه إلى حد ما الانفجارات الصغيرة عموما إن هذه السرعة ربما تهبط أحيانا ثم ترتفع قبل حدوث الزلزال ، الأنموذج نفسه

قد تم ملاحظته في نسبة المقاومة الكهربائية لسرعة الموجات الأولية إلى الموجات الثانوية كانت ترتفع وبعدئذ تنخفض قبل حدوث الزلزال .

٤- التغيرات المفاجئة في منسوب المياه الجوفية صعودا أو هبوطا تعزى عادة إلى التغيرات في الضغوط الواقعة على الخزانات الجوفية وبالتالي على الصخور مما يزيد من احتمال حدوث هزة .

٥- التغيرات في المقاومة الكهربائية للصخور إذ تعتبر الصخور ذات توصيل ضعيف للتيار الكهربائي إما الماء فيعد موصل جيد للكهرباء ولذلك فان زيادة الإجهاد على الصخور يمكن أن تؤدي إلى إجبار الماء الجوفي على التخلل في صخور الأعماق مما سيزيد في توصيلها الكهربائي وقد لوحظت زيادة مقدارها ٥-١٠% في التوصيل الكهربائي قبل بعض الهزات الأرضية .

٦- انبعاث غاز الرادون يتكون غاز الرادون بفعل ظاهرة التحلل الإشعاعي لعنصر اليورانيوم وإذا ما تم ذلك في صخور الأعماق يبقى الغاز المتكون محصورا في بلورتها وفي حالة تعرض الصخور للتصدع فان الغاز يتحرر وقد يصل إلى المياه الجوفية وذلك لاحظ العلماء زيادة نسبية في محتوى المياه الجوفية من غاز الرادون قبل حدوث بعض الهزات الأرضية .

٧ - السلوك الغريب للحيوانات فقد لوحظ في حديقة حيوان تاجين في الصين قبل حدوث الهزة التي ضربت المدينة عزوف الأفاعي عن الدخول إلى جحورها وعزوف البجع عن الاقتراب من الماء كما أخذت حيوانات الباندا بالصراخ . كذلك لاحظ العلماء قبل حدوث كارثة الزلزال في جنوب شرق آسيا عام ٢٠٠٤ هروب الكلاب من المنطقة وبدأت الفيلة في حديقة الحيوانات المجاورة تتذمر وتصرخ وترتجف، وفسر العلماء هذه الظاهرة بأن الحيوانات تسمع ترددات صوتية وتخاف منها هذه الترددات لا يسمعها

البشر .لذلك نشرت مجلة الاكتشاف اكتشافا جديدا للعلماء تحت عنوان الأرض تتكلم " Earth Speaks طبعاً يبدو هذا العنوان طبيعي جداً في مثل هذا العصر، لأن العلماء اكتشفوا أن كل شيء تقريباً في الكون يبث الترددات الصوتية . ولكن زمن نزول القرآن كان هذا الأمر مستغرباً ، لأن الإنسان وقتها لم يكن يتصور بأن الأرض يمكن أن تصدر ذبذبات صوتية ، إلا أن القرآن حدثنا عن مثل هذا الأمر في العديد من الآيات ، والتي فسرها المفسرون بأن الله جعل في الأرض القدرة على الكلام فتكلمت. بقوله تعالى : بسم الله الرحمن الرحيم (ثُمَّ اسْتَوَى إِلَى السَّمَاءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا وَلِلْأَرْضِ ائْتِيَا طَوْعًا أَوْ كَرْهًا قَالَتَا أَتَيْنَا طَائِعِينَ) [فصلت: ١١]. ولو رجعنا إلى أقوال المفسرين نجدهم لم يستغربوا هذا الأمر، بل آمنوا بكل ما جاء في كتاب الله تعالى ، وقالوا: بأن الأرض تكلمت بصوت حقيقي ، والسماء كذلك .

وقد وجد البروفيسور مارك ويتل من جامعة فيرجينيا أن الكون في بداية خلقه أصدر ترددات صوتية بنتيجة التمدد المفاجئ للغاز الموجود وقتها ، وهذا الاكتشاف حدثنا عنه القرآن كما في الآية السابقة : (ثُمَّ اسْتَوَى إِلَى السَّمَاءِ وَهِيَ دُخَانٌ فَقَالَ لَهَا وَلِلْأَرْضِ ائْتِيَا طَوْعًا أَوْ كَرْهًا قَالَتَا أَتَيْنَا طَائِعِينَ) [فصلت: ١١[

إن الأمر لا يقتصر على كشف هذه الترددات الصوتية بل إن العلماء وجدوا أن هذه الترددات وهي في المجال دون الصوتي infrasound مهمة جداً ولها عمل حساس وهي نعمة من نعم المولى تبارك وتعالى!! فالأرض تصدر مثل هذه الذبذبات وهي في المجال أقل من ٢٠ هرتز (أي أقل من ٢٠ ذبذبة في الثانية) ، قبل حدوث الزلازل والهزات الأرضية ، وتصدر هذه الذبذبات أيضاً قبل حدوث البراكين .

فقد وجد العلماء أن الفيلة تتخاطب بالذبذبات تحت الصوتية ، أما الحيتان فتكلم أصدقاءها بهذه الذبذبات وتنتشر عبر الماء لآلاف الكيلومترات! والأغرب من

ذلك أن الفيلة تسمع الترددات الصوتية المنخفضة والتي لا يسمعها الإنسان والتي تسبق العواصف ، فتهرب منها! لقد سخر الله هذه الترددات الصوتية المنخفضة قبل حدوث الكوارث الطبيعية مثل الزلازل لتكون إنذاراً للحيوانات لتهرب من المنطقة التي سيضربها الزلزال ، لقد زود الله تعالى الحيوانات بأجهزة تسمع هذه الترددات وتحللها ، وتتخذ احتياطاتها .

أما الإنسان (المتكبر!) فحتى هذا اليوم لم يتمكن من اختراع جهاز يمكنه من التوقع بحدوث البراكين والزلازل، فسبحان الله! تأملوا معي كيف أن الله تعالى سخر كل شيء لخدمتنا! قال تبارك وتعالى: بسم الله الرحمن الرحيم (وَسَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ) [الجاثية: ١٣]. نحمد الله ونشكره على هذه النعم التي انعم بها الله سبحانه وتعالى علينا ولذلك فان العلماء يحاولون مراقبة حركة هذه الحيوانات لإصدار إنذار بحدوث الزلازل والبراكين .

ولسوء الحظ فان هذه النذر لم يتم البرهنة عليها ، وبذلك لم يعول عليها كثيرا ، إضافة إلى تجاهل الناس للتحذيرات الصادرة للزلازل المتوقع حدوثها ، وفي حالة حدوثها يذهب الكثير منهم إلى مكان حدوث الزلزال مما يزيد الأمور تعقيدا ويزيد من حجم الكارثة . (Montgomery.1997.p 78) .

# الفصل الثالث

# الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق البراكين

**المقدمة .**

نظرا لما تشكله البراكين من مخاطر على حياة السكان في المناطق التي تنشر فيها ، لذا لابد من توجيه الاهتمام بها ودراستها ، وهذا يتطلب ان نحدد المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث في الميدان ، وان نركز على الوصف العلمي لكل المظاهر البركانية وتصنيفها وتوزيعها الجغرافي ، ومن ثم التطرق الى كيفية التقليل من مخاطرها على حياة السكان .

## المتطلبات العلمية التي يحتاجها الباحث.

يجب على الباحث القيام بتوفير او جمع المتطلبات التي يحتاجها في الدراسة التطبيقية للمناطق التي تتميز بوجود النشاط البركاني . ويمكن توضيح تلك المتطلبات من خلال النقاط التالية :

١ – دراسة وتحليل المرئيات الفضائية .

٢ – دراسة وتحليل الصور الجوية اذا تعذر الحصول على المرئيات الفضائية.

٣ – دراسة وتحليل الخرائط الجيولوجية .

٤ – دراسة وتحليل الخرائط الجيومورفولوجية .

٥ – دراسة وتحليل خرائط التربة .

٦ – الحصول على البيانات الخاصة بالمناخ في جميع محطات الارصاد الجوية الموجودة في منطقة الدراسة .

## وصف دقيق لمكونات البراكين في منطقة الدراسة .

بما ان البركان يتكون من اجزاء رئيسية كما تم توضيح ذلك في الدراسة الفلسفية للجيومورفولوجي ، لذا على الباحث القيام بوصف دقيق وعلمي للأجزاء التي تتكون منها البراكين في منطقة الدراسة وكالاتي :

١ – الفوهة Crater وهي الفتحة العليا التي تنبثق منها الحمم والغازات . لابد من القيام بوصفها بشكل دقيق واجراء القياسات الميدانية لها من خلال معرفة عدد الفوهات ، ومساحتها ، واعماقها ، واشكالها .

٢ – وصف دقيق لطول القصبة او العنق Neck واعدادها والتي هي عبارة عن تجويف اسطواني يخترق القشرة الأرضية ويصل جوف الأرض بالسطح ، وينتهي عند الفوهة ، ومنه تمر المواد المصهورة أثناء صعودها الى الأرض .

٣ – تحديد نوع البراكين هل هي براكين مخروطية ؟ ام براكين شقية او طولية ؟ .

٤ – تحديد عمق حجرة الصهير التي تنطلق منها الحمم البركانية .

**دراسة وتصنيف انواع المقذوفات البركانية :**

يجب على الباحث القيام بدراسة وتصنيف انواع المقذوفات البركان ومعرفة هل هي :

١ – مواد صلبة . (بايروكلاستك)

٢ – غازات وابخرة .

٣ – مواد سائلة ( حمم بركانية ).

**تصنيف براكين منطقة الدراسة حسب النشاط :**

١ – براكين نشطة Active .

٢ – براكين خاملة Dormant .

٣ – براكين خامدة ( منقرضة ) Extinct .

**تصنيف براكين منطقة الدراسة حسب الشكل :**

١ – براكين درعية Shield Volcanoes .

٢ – براكين مركبة .Composite Volcanoes .

٣ – قباب بركانية Volcanic Domes .

٤ – مخاريط الرماد Cinder Cones .

**تصنيف الظواهر المصاحبة للبراكين :**

١ – البراكين الطينية Mud Volcanoes .

٢ – النافورات والينابيع الحارة .

٣ – البراكين الكبريتية Solfataras .

**التوزيع الجغرافي للبراكين .**

بعد الحصول على كل هذه المعلومات عن منطقة الدراسة يقوم الباحث برسم خارطة للتوزيع الجغرافي للبراكين في منطقة الدراسة وبيان الاسباب التي ادت الى حدوثها ، والاسباب التي تقف وراء التباين في توزيعها الجغرافي .

**دراسة التأثيرات البيئية الناتجة عن البراكين وامكانية الحد منها .**

يمكن تقسيم التأثيرات التي تترتب على حدوث البراكين الى تأثيرات اولية تشمل تدفق الحمم ، تدفق البايروكلاستك ، والغيوم التي تغطي منطقة الانفجار بسبب الحطام البركاني ، والتأثيرات الثانوية التي تشمل التدفق الطيني ، والحرائق . وسوف نتحدث بشكل اكثر تفصيل عن هذه التأثيرات وكالاتي :

التأثيرات الاولية .

**١ – تدفق الحمم .**

ان عملية تدفق الحمم يكون معظمه نتاج مألوف للنشاط البركاني ، وينتج عندما تصل الماكما الى السطح وتطفح من فوهة البركان على المناطق التي تحيط به . ان الحمم المتدفقة التي تحتوي على نسبة منخفضة من السليكا في مكوناتها تتميز بانها هادئة وغير انفجارية بشكل عام ، وتكون حركتها سريعة جدا ، وتنتشر على مساحات واسعة . وهذا النوع من تدفقات الحمم ينتشر على قيعان البحار والمحيطات . اما تدفقات الحمم التي تحتوي على كميات تتراوح بين المعتدلة الى العالية من السليكا ، تتميز بانها انفجارية بشكل عام ، وحركتها تكون بطيئة ، وهذا ما تتميز به تدفقات الحمم على سطح الارض سواء كان ذلك في مناطق الجزر أو القارات ، معنى ذلك بان تدفقات الحمم في هذه المناطق تكون بطيئة ، وبالتالي فإنها لا تشكل خطر كبير على المناطق السكنية التي تقع بالقرب منها ، وذلك لوجود وقت كافي لخروج الناس من هذه المناطق كلما اقتربت منهم الحمم المتدفقة .

**٢ – نشاط البايروكلاستك: (pyroclastic activity)**

يتصف نشاط البايروكلاستك بماكما ذات محتوى عالي من السليكا يترتب عليها حدوث براكين انفجارية تتضمن كل انواع الحطام الصخري من الرماد الى الذرات الكبيرة جدا (tephra) التي تنفخ فيزيائيا من فوهة البركان الى الغلاف الجوي (Keller .1976 . p 151) . ان الكتل الصخرية الكبيرة والقنابل البركانية في الوقت الحاضر تشكل بوضوح خطر كبير بسبب حجمها ووزنها ولهذه الاسباب فإنها تسقط تماما بالقرب من فوهة البركان ، لذلك فإنها تؤثر على مناطق صغيرة نسبيا (Montgomery.1997.p 105) . وهناك نوعان رئيسيان من نشاط البايروكلاستك يمكن تمييزها وهما :

النوع الاول:- انفجارات الرماد البركاني التي تنفخ عاليا في الهواء كميات هائلة من شظايا الصخور وشظايا الزجاج الطبيعي والغاز بواسطة الانفجارات من البركان .
النوع الثاني – تدفقات الرماد البركاني التي تكون انهيارات حارة من الرماد والصخور وشظايا الزجاج التي تكون مختلطة بالغاز تم قذفها من الفوهة وتتحرك بشكل سريع جدا اسفل جوانب البركان .

ان انفجارات الرماد البركاني يمكن ان تغطي مئات وحتى الالاف من الاميال المربعة بفرشة من الرماد البركاني . ان انفجار البحيرة الكبيرة او فوهة بركان البحيرة الذي حدث قبل حوالي ٧٠٠٠ سبعة الالاف سنة مضت غطت منطقة بعده مئات من الالاف من الاميال المربعة في شمال غرب الولايات المتحدة بالرماد ، حوالي ٨٠٠ ميل تقريبا قد تغطت بأكثر من (٦) انجات من الرماد . عدة براكين في حافة الكاسكيد يمكن ان تأخذ انفجارات مشابهة في المستقبل . (Keller .1976 . p 151) .

انفجار بركان جبل هيلين في ١٨ مايس ١٩٨٠ على الرغم من انه ليس الحدث الاكبر المسجل على الاطلاق ، لكن الرماد الذي انطلق منه ادى الى تكوين غمامة سوداء غطت السماء في منتصف النهار لمسافة تصل الى ١٥٠ كم ، وعلى الرغم من ان كمية الرماد التي سقطت في هذه المناطق لا تتعدى بضع سنتمترات من الرماد المتراكم فانه ادى الى تعطيل النقل البري حيث اوقف السواق سياراتهم على جانب الطريق ، وتوقفت المحركات في المناطق التي تعرضت الى العاصفة الغبارية ، البيوت والمزارع ، السيارات وممتلكات اخرى كانت قد دفنت تحت الرماد الحار (Montgomery.1997.p106). ويترتب على حدوث انفجارات الرماد البركاني مخاطر عديدة يمكن توضيحها في النقاط التالية :
١ – يمكن ان ينتج عنها تدمير النباتات بما في ذلك المحاصيل الزراعية والاشجار .

٢ – ان المياه السطحية ربما تكون تلوثت بالرواسب وربما يترتب عليها ارتفاع مؤقت في حامضية المياه . ان هذا الارتفاع في الحامضية سريع بشكل عام ويتوقف ببضعة ساعات فقط بعد الانفجار .

٣ – يحتمل ان يكون هناك ضرر في تراكيب البنايات سبية ارتفاع الحمولة على السقوف. اذ ان بوصه واحده من الرماد ستضع سبعة اطنان اضافية على سقف مساحة سطحية ١٥٠٠ قدم مربع ، هذه كانت المشكلة الرئيسية خلال انفجار أيسلندا في عام ١٩٧٣ اذ ان العديد من المساكن والبنايات الحكومية والتجارية دفنت بالتيفرا tephra ، وانهارت بنايات عديدة من زيادة الحمولة ، ولكن العديد من السكان تم انقاذهم بشكل جيد من خلال جرف الحطام المتراكم على السطوح .

٤ – مخاطر صحية مثل حساسية الجهاز التنفسي والعيون يكون سببه الاتصال بالرماد وارتبط بالأدخنة الحارقة .

ان تدفقات الرماد البركاني التي ربما تتحرك بحدود ٧٠ ميل بالساعة على سفوح المنحدرات باتجاه المناطق الواقعة اسفل البركان يمكن ان يترتب عليها حدوث كارثة انسانية وخسائر كبيرة في الارواح والممتلكات اذا صادف وجود مناطق سكانية تقع في اتجاه التدفق ، وربما يكون هذا التدفق يتميز بدرجات حرارة عالية جدا . ان الرماد المضيء والبخار وغازات اخرى هي التي كانت حدثت في صباح ٨ ايار عام ١٩٠٢ في مدينة غرب الانديز من سانت بيير وقتلت ٣٠٠٠٠ انسان فقط ، شخص واحد كان مسجون في الحبس بقى حيا وكان احترق بشدة وتشوه بالجروح . ان تدفق الرماد ربما يكون ان يتميز بارتفاع درجة حرارته الى مئات الدرجات المئوية ، وربما يحرق كل شيء في طريقه ، ان مثل هذا التدفق قد حدث في براكين شمال غرب

المحيط الهادي في الماضي ، ومن المحتمل ان تكون متوقعة في المستقبل ولحسن الحظ فهي نادرا ما تحدث في المناطق الآهلة بالسكان .

**التأثيرات الثانوية .**

يحدث نوعان من التأثيرات الثانوية للبراكين يتمثل احدهما بالتدفقات الطينية وثانيهما بالحرائق الناتجة عن التماس التدفق بالمواد القابلة للاحتراق ، وسوف نتحدث عنهما بشيء من التفصيل :

**١ – تدفق الطين:– mud flows:–**

تنتج التدفقات الطينية عندما يصبح حجم كبير من الرماد البركاني الطليق ومقذوفات اخرى مشبعة وغير مستقر وتتحرك بشكل مفاجئ اسفل المخدرات ، وعلى سبيل المثال فان التدفق الطيني الكبير الذي نشأ على اجنحة البراكين في شمال غرب المحيط الهادي تمثل بوجود طريقين للتدفق احدهما اوسكولا وثانيهما اليكترون اللذان نشأ على جبل رنيير ، واتضح فيما بعد بان ترسبات التدفق الطيني في اوسكولا يصل عمرها الى ٥٠٠٠ سنة . اذ تحرك هذا التدفق الطيني فوق حوالي ( ٥٠) ميل من البركان وتضمن مليونين ونصف ياردة مكعبة من الحطام تساوي(٥) اميال مربعة تكدس بعمق يتجاوز ٥٠٠ قدم ، اما ترسبات التدفق الطيني في طريق اليكترون تشير التقديرات إلى إن عمرها صغير يقدر بحدود ٥٠٠ سنة ، ووصلت بحدود ٣٥ ميل بعيدا عن البركان وتضمنت اكثر من ٢٠٠ مليون باردة مكعبة من الطين . ان اكثر من ٣٠٠٠٠ انسان يعيشون الآن على المساحة التي انتشر فيها هذا التدفق القديم ، ولا يوجد هناك ضمان بعدم حدوث تدفق مشابه لهذا التدفق مرة ثانية .

اكد كراندل وولدرون وجود مخاطر كامنة لتدفقات الطين البركاني اذا ما قورنت بمخاطر الفيضان ، فمن المعروف ان الفيضان ينتج عادة من خلال سقوط امطار

غزيرة التي تسبب ارتفاع تدرجي في مستوى المياه ، ولذلك فان الإنسان الذي يسكن في المناطق المعرضة للفيضان بشكل عام يمتلك وقت للهرب وعندما ينحسر الفيضان فان الماء والخطر يذهبان بشكل اساسي ، بينما كارثة التدفق الطيني يمكن ان تحدث بدون انذار ، وبعد الحادث ربما يبقى الطين بسمك عشرات الاقدام ، وبينما ينحصر التدفق الطيني في الوديان هناك خطر محتمل اخر عندما يتم بناء سد اصطناعي لإنتاج القوة الكهربائية فان التدفق الطيني الكبير يمكن ان يملا ذلك الخزان الاصطناعي للماء مما يترتب عليه عدم قدرة الخزان من استيعاب الكميات الكبيرة من التدفق الطيني التي تفوق سعته مما يؤدي الى حدوث فيضان كبير اسفل المنحدر ، من ناحية اخرى اذا استخدمت خزانات الماء بحكمة ، ربما تكون عامل امان مع جميع انواع التدفقات الصغيرة ما عدى التدفقات الطينية الكبيرة جدا . حيث ان مستوى المياه في الخزان ربما ينسحب نحو الاسفل خلال الاجزاء العليا لتدفق البركان ويتم خزنها خلف الخزان التي يمكن ان تستخدم لاحتواء التدفق الطيني المحتمل ، الا ان هذه الوظيفة هي ليست الوظيفة الاساسية التي صمم من اجلها الخزان ، ومع ذلك لا تشكل الية امان محظوظة . (Keller .1976 . p 151) .

**٢ – الحرائق .**

تعد الحرائق واحدة من التأثيرات الثانوية الناتجة عن البراكين ، اذ تتميز تدفقات اللافا النموذجية بدرجات حرارة تصل بحدود (٨٥٠ ) درجة مئوية ما يقابل (١٥٥٠ ) فهرنهايتية ، اما تدفقات البازلت النموذجية فإنها تتميز بدرجات حرارة تصل بحدود (١١٠٠) درجة مئوية ، ما يقابل (٢٠٠٠) درجة فهرنهايتية . هذه الدرجات الحرارية التي تتميز بها تدفقات اللافا ربما تكون قادرة على حرق المواد القابلة للاحتراق التي تقع في طريقها مثل البيوت والغابات . (Montgomery.1997.p 104) .

## دراسة الاساليب المتبعة عالميا للحد من تأثيرات البراكين.

لم يقف العالم مكتوف الايدي امام التأثيرات البيئية التي تتركها تلك البراكين على المناطق السكانية المحيطة بها ولذلك اوجد العلماء عدة طرق لمواجهة هذا النوع من المخاطر البيئية وهي كالاتي :

### ١ – القصف الجوي .

يتمثل القصف الجوي باستخدام الطائرات لإعاقة استمرار التدفق ، اذ يرى البعض بانه اكثر فعالية ضد تدفق الحمم اذ يعمل على حصر الحمم المتدفقة في قنوات وتعمل على تصلبها على هامش التدفق ، ان الهدف من القصف هو العمل على غلق القناة بشكل جزئي مما يترتب عليه تكدس الحمم وتسهل توقف الجدول في الاعلى خلال الحمم المتدفقة لتقليل الاضرار على الطريق . ان استخدام القصف المتقطع في النقاط العليا يكون ضروري للسيطرة على التهديد والمخاطر الناتجة عن التدفق ، الا ان البعض يرى بضرورة دراسة القصف كطريقة لوقف التدفق في المستقبل ، وذلك لوجود عدة معوقات ربما تقلل من فعالية استخدامه بشكل جيد مثل سوء الاحوال الجوية ، ووفرت الدخان الذي يرافق الانفجار ، وسقوط كميات من الرماد البركاني .

### ٢ – بناء الجدران .

تم استخدام بناء الجدران في عدد من المناطق التي تعرضت لامتداد تدفقات الحمم البركانية لغرض تغيير مسار الحمم المتدفقة باتجاه المناطق السكنية لتقليل الخسائر في الارواح والممتلكات ، وقد اقترح اليابانيون من خلال ملاحظتهم لحركة تدفق الحمم بان هناك نوعان من الضغط ، النوع الاول يتمثل في الضغط الهيدروليكي

الناتج من الارتفاع العمودي للافا ، والنوع الثاني من الضغط الناتج من التدفق نفسه ، ينبغي ان يتم اخذهما بنظر الاعتبار عند بناء الجدران لتغير مسار تدفق الحمم . بالرغم من أن الحيطانِ المستويةِ مِنْ الأنقاضِ ووَضع حجارةَ بشكل طليق استطاعت ان تقف بوجه تدفقَ الحممِ بشكل عرضي في ايطاليا وجزر الهاواي ، الا ان هذه التجارب تقترح بان التخطيط الصحيح يكون ضروري جدا للحصول على نتائج افضل في المستقبل . واقترح ماسون وفوستر عدة معايير لبناء الجدران وهي كالاتي:-

أ – بناء جدران بارتفاع ١٥ قدم عادة تكون كافية لحرف التدفق .

ب – يجب ان يكون جانب المنحدر الاعلى شديد الانحدار لكي يمنع تجاوز الحمم المتدفقة للجدار .

ج – الحائط يجب ان يحدد بشكل قطري لاتجاه المنحدر للعمل على تغيير مسار تدفق الحمم باتجاه منطقة تكون فيها الاضرار قليلة في الارواح والممتلكات .

د – توجيه القنوات يجب ان يكون في اعلى المنحدر لتسهيل اتجاه الحمم الى الموقع المناسب.

هـ – يجب ان تحدد الجدران تحت الفوهات المحتملة كما لو تكون بعيد في اعلى المنحدر او تكون محتملة .

### ٣ – التبريد الهيدروليكي .

ان اغلب البرامج الطموحة في العالم للسيطرة على تدفقات الحمم بدأت في عام ١٩٧٣ على جزيرة هيمي الايسلندية عندما تدفقت الحمم بمحتوى منخفض من السليكا واغلقت تقريبا ميناء المدينة الرئيسي في الجزيرة وهدد ذلك استمرار استعمال الجزيرة كميناء رئيسي لصيد السمك في أيسلندا . ان هذه الحالة دفعت الى اجراء فوري .

ان التجربة على جزيرة سيرتسي في عام ١٩٦٧ أوضحت بان الماء يمكن ان يستخدم لإيقاف تقدم الحمم . وان الظروف الموجودة على جزيرة هيمي قد شجعت لتجربها على نطاق واسع . وفيما يلي توضيح ذلك :

اولا – ان التدفق الرئيسي كان لزج وبطيء الحركة يسمح بوقت ضروري لبدء برنامج السيطرة .

ثانيا – ان النقل بواسطة البحر ونظام الطريق المحلي كان كافي لحركة المعدات الضرورية والانابيب والمعدات الثقيلة .

ثالثا – الماء كان متوفر بسهولة .

ان الاجراء كان اولا بتبريد هامش سطح التدفق بالعديد من انابيب الاطفاء التي تغذي من انبوب الحمم (٥) بوصه . لذلك فان البلدوزر قد تحركت فوق الحمم المتقدمة ببطيء اقل من ٣ قدم بالساعة ، لعمل مسلك او طريق لوضع الانابيب البلاستيكية عليه ، ان هذه الانابيب لا تذوب طالما كان الماء يتدفق فيها ، وايضا ساعدت فتحات صغيرة في الانابيب على عملية التبريد وخاصة في البقع الساخنة ، ان هذا العمل كان على طول اجزاء مختلفة من التدفق ، وفي كل مكان ، عده اقدام مكعبة بالثانية من المياه قد اطلقت على مساحة بحدود ١٥٠ قدم في ظهر حافة التدفق ، لقد كان هذا العمل بالارتباط مع انشاء حواجز لتغيير مسار التدفق بواسطة البلدوزرات على المادة الطليقة امام تقدم اللافا . ان الماء دام في كل المواقع لمدة اسبوعين او حتى توقف البخار الناتج من الحمم في تلك المنطقة بشكل خاص ، ان الماء كان له تأثير قليل في اليوم الاول ولكن بعد ذلك فان جزء من التدفق بدء يتباطىء باتجاه الاسفل . ان هذا البرنامج بدون شك كان له تأثيرا مهم على تدفق الحمم ، واتجه لتحديد حركتهم ،

وهكذا تم تخفيض الاضرار في الممتلكات ، وبعد انهيال توقف التدفق في حزيران عام ١٩٧٣ ، الميناء مازال صالح للاستعمال .

٤ – وضع ضوابط هندسية لكافة المنشآت وارغام الجميع للالتزام بها لغرض انشاء البنايات التي تتمتع بقدرة كافية لتحمل الثقل المتوقع ان يترسب على سطوح المنازل اثناء خروج الرماد البركاني من فوهات البراكين وترسيبه على المناطق المجاورة وبالتالي يمنع انهيار تلك البنايات وتفادي حدوث كارثة انسانية .

٥ – من الضروري الاهتمام بوحدات الاغاثة وتطويرها من حيث العدد والمعدات الفنية التي تؤهلها للقيام بدورها الانساني في عمليات الاخلاء واطفاء الحرائق واسعاف الجرحى.

٦ – اللافا تشبه كل السوائل التي تتدفق باتجاه اسفل المنحدرات ، لذلك فان الطريق الوحيد لحماية الارواح والممتلكات من مخاطر التدفق البركاني هو عدم بناء المساكن على مقربة من منحدرات الجبال البركانية ، ومع ذلك على مدى التاريخ فان الناس يضطرون الى بناء مساكنهم على او قرب المناطق المعرضة للنشاط البركاني وهذا يعود الى عدة اسباب ، احد اهم هذه الاسباب هو عدم توقع الناس لحدوث انفجار بركاني في هذا المكان مرة اخرى ،

. (Montgomery.1997.p 67)

**دراسة توقع حدوث البراكين.**

من غير المحتمل ستتمكن من التوقع بدقة بكل النشاط البركاني في المستقبل القريب ، مع ذلك ، تم جمع معلومات مهمة حول حوادث تحدث قبل الانفجار البركاني ، براكين هاواي وخاصة بركان كيلوي وفرت معظم هذه البيانات التي تشير بأن فتحة البركان تميل عادة وتنتفخ قبل الانفجار ، وتنحسر اثناء الانتشار الفعلي ، هذه الحركة

ارتبطت بحشد من الزلازل الذي يعكس حركة الماكما تحت السطح وتعلن عن انفجار قادم ، وكان استخدام توقع النشاط البركاني في جوار المزارع الجماعية لكابوهو على جناح البركان على بعد ٢٩ ميل من فوهة البركان ، من الفتحة ، تم اجلاء السكان قبل النشاط الذي اكتسح جانبا وطغى باتجاه حواجز الحمم البركانية ، وفي النهاية حطم معظم القرية . وتتوقع بسبب خصائص انتفاخهم ونشاطهم الزلزالي قبل الانفجار فان براكين الهاوي ستكون متوقعة ، مع ذلك يطبق هذا على البراكين الاقل نشاطا . الا ان ما موجود في حافة الكاسكيد يكون صعب جدا . وعلى الرغم من ذلك ، المراقبة القريبة للزلازل وميل وانتفاخ البركان يعرضون اكثر الخطوط الواعدة للبحث التي ربما تقود الى توقع افضل للثورانات البركانية. (Keller .1976 . p 151) .

# الفصل الرابع

# الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق المنحدرات

## المقدمة .

المنحدرات هي تلك السطوح التي تميل عن المستوى الافقي ، لذلك فان دراستها مهمة جدا في الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية ، وهذا يتطلب ان تتوفر كافة الادوات للباحث للقيام بالدراسة التطبيقية التي تبدا بتوفير الخرائط الكنتورية والصور الجوية والمرئيات الفضائية ، لوضع تصنيف للمنحدرات ثم الانطلاق لتحديد وتوثيق حركة المواد حقليا على سفوح المنحدرات ، والتعرف على الاليات المتبعة لقيام عمليات التعرية على سفوحها ثم البحث عن الحلول التي تساهم في تقليل مخاطرها على المجتمع .

## تصنيف المنحدرات .

يتم تصنيف المنحدرات بناء على تكرار زوايا الانحدار التي تحدد الاجزاء المستقيمة والمحدبة ، حيث تتغير زاوية الانحدار باستمرار. ويعد التصنيف التالي مفيدا لأغراض الدراسة التطبيقية لعلم شكل الارض وكذلك للدراسات الاكاديمية ، وعليه تصنف المنحدرات وفق التالي :

١ – اراضي مستوية بزاوية انحدار تتراوح بين ( ٠ – ٢ ) درجة وغالبا ما تنشأ عن استقرار مخلفات التجوية والتعرية فوق سطح الارض ، ان مثل هذه المنحدرات لا تثير معوقات أو مشاكل امام النشاط الاقتصادي الزراعي ، او عند انشاء المباني ، او شق الطرق ، الا ان الاراضي المستوية تعاني من مشكلة تصريف المياه اذا كانت تتكون من تربة أو طبقات صخرية غير نفاذة.

٢ – اراضي بسيطة الانحدار ، تتراوح زاوية انحدارها بين (٢ – ٥ ) درجات ، ان هذا النوع من المنحدرات شائع جدا في معظم المنحدرات في العالم ، وتكون معوقات استعمال الارض محدودة.

٣ – اراضي خفيفة الانحدار ، تتراوح زاوية انحدارها بين (٥ – ١٠) درجات ، تحتاج الى الحيطة والحذر من عمليات التعرية فيها.

٤ – اراضي معتدلة الانحدار ، تتراوح زاوية الانحدار بين (١٠ – ١٨) درجة ، تعاني من معوقات عند استغلالها في النشاط الزراعي او لأعمال البناء ، حيث تكون مخاطر التعرية كبيرة ، وتستخدم فيها المكننة بشكل محدود.

٥ – اراضي شديدة الانحدار ، تتراوح زاوية انحدارها بين (١٨ – ٣٠) درجة ، تتطلب اجراءات خاصة لتقليل شدة الانحدار بشتى الطرق المتاحة ، لا يمكن استخدام المكننة في هذا النوع من المنحدرات، لذا فهي تصلح للغابات أو للمراعي ، وتكون مكلفة لأعمال البناء والانشاءات فيها.

٦ – اراضي شديدة الانحدار جدا، تتراوح زاوية انحدارها بين ( ٣٠ – ٤٠ ) درجة ، وتضم اشد السفوح انحدارا، وتتحرك فوقها مخلفات التجوية والتعرية من المفتتات الصخرية ، وتكون فائدتها محدودة في النشاط الاقتصادي.

٧ – اراضي يزيد انحدارها عن (٤٥) درجة ، وتكون شبه عمودية وعلى شكل جروف صخرية .( تغلب جرجيس، علم اشكال سطح الارض التطبيقي، ص ١٢٣ –١٢٤ ).

## تصنيف المنحدرات حسب الشكل:

### ١ – المنحدرات المحدبة.

يتكون هذا النوع من المنحدرات في الاجزاء العليا من المنحدر اما اسباب هذه الاجزاء العليا فمازال امره موضع جدل. فثمة رأي تقدم به فيننمان سنة ١٩٠٨ وايده لاوسون سنة ١٩٣٢ حيث يشير بان الجداول الصغيرة تكون متناثرة ومتباعدة فوق اعالي المنحدرات وبذلك تكون وسائل غير ناجحة في نقل الفتات الصخري وقدرتها على النحت اضعف بسبب قلة المياه اذ تضيع معظم طاقاتها في عمليات نقل الرواسب

الوفيرة لعمليات التجوية ولذلك فان قدرتها على اكتساح الصخور واقتلاعها تكون ضئيلة. لهذا تبقى الكتل الارضية بهذه البقاع بارزة لقلة تآكلها، فتبدوا للناظر بانها تشكل محدبات واضحة، اما جلبرت في عام ١٩٠٩ فقد اشار بان المياه الجارية ليست الوسيلة الوحيدة التي تشكل هذه المنحدرات بل ان الانهدامات الارضية بشتى صورها تؤثر تأثيرا رئيسيا في التشكيل ولذلك ربط بين المحدبات العليا وبين عمليات زحف التربة. وفي سنة ١٩٤٥ تبنى هورتن فكرة مشابهة لما سبق، فقد اقترح وجود مسافة تحت القمة مباشرة تكاد تخلوا تماما من كل اثر للنحت والازالة بسبب ضعف الماء الجاري وعدم قدرته على غسل الفتات الصخري ونقله الى الاسفل.

**٢ – المنحدرات المقعرة.**

ينشأ التقعر في الانحدار عند قاعدة المرتفعات عندما تتجمع الجداول الصغيرة التي تنبع من المرتفعات في الاجزاء العليا من المنحدر وتتشابك وتتجمع قبل وصولها الى القسم الاسفل من المنحدر مما يضاعف قدرتها اضعافا مضاعفة على النحت وازالة المواد الناعمة فيما يعرف باسم فعل الجداول المركزة concentrated Rill،وهذه الجداول قد تنشأ في اعقاب ذوبان الثلوج بالمرتفعات ووفرة المياه الناتجة عن ذلك، أو عقب زخات المطر العنيفة.

**٣ – المنحدرات المستقيمة.**

يتكون هذا النوع من المنحدرات نتيجة لتعرض المنحدر الاصلي الى عمليات التجوية وما يتبعها من نقل للفتات الصخري من اعلى المنحدر الى اسفله سواء بواسطة المياه الجارية او بواسطة الزحف الارضي وبالتالي ينتج منحدر لطيف وباستمرار عمليات الازالة يتكون منحدر الطف من المنحدر السابق وهكذا. (الدراجي،٢٠٠٩،ص ١٠٨ – ١٠٩).

**التوثيق الحقلي لحركة المواد على سفوح المنحدرات.**

تحدث حركة الكتل الصخرية نتيجة للخصائص الأساسية لمنطقة الدراسة مثل، البنية الجيولوجية ، الانحدار ،النشاط الزلزالي ،النشاط البركاني ، المناخ ، التي تحدث بشكل مستقل عن النشاطات البشرية باستثناء التفجيرات النووية . وعلى هذا الأساس فانه بإمكاننا القول أينما تكون حركة الكتل الصخرية شائعة الحدوث بشكل طبيعي ، فإنها تميل الى العودة للحدوث بشكل متكرر في نفس الاماكن. لذا فان التعرف على حركة الكتل الصخرية في الماضي في منطقة ما يشير الى الحاجة الى الاعتبارات الجدية والحذر من الخطر لأي تطور في المستقبل . لان التعرف على حركة الكتل في الماضي يمكن ان ينقذ الحياة في الوقت الحاضر والمستقبل أيضا.

إن التعرف على سقوط الصخور Rock falls في الماضي يمكن ان يكون بسيط جدا وخاصة في المناطق المزروعة . لان القطع الكبيرة للصخور يكون لها تأثير كبير على معظم النباتات ، لذا فان المكان الذي يتعرض الى تساقط الكتل الصخرية فانه سيتحول الى مكان خالي من الاشجار والنباتات . أما الأشجار القليلة التي تنتشر في المنطقة المزروعة فإنها قد تساهم في تفتيت الصخور بواسطة الجذور فقط . لذا فان قلة النباتات قد تؤشر لنا طريق انهيارات الحطام الصخري او تدفقات التربة أو الانزلاقات الارضية التي حدثت في الماضي . وان وجود هذه الاثار على المظهر الطبيعي قد يشير بوضوح إلى عدم استقرار المنحدر.

الانهيارات الأرضية لَيستْ الأنواعَ الوحيدةَ لحركة الكتل الصخرية التي تَعود وتتكرر في نفس الأماكنِ. فعلى الرغم من ان الانهيارات الثلجية تختفي عندما تذوب الثلوج ، الا ان السجلات التاريخية للانهيارات الثلجية في الماضي يمكن ان تحدد بدقة

المناطق الخطرة. كذلك فان الاطلاع على سجلات خصائص النشاط البركاني في الماضي ، وفحص النواتج النموذجية للبراكين يمكن ان تستخدم بنفس الطريقة لمعرفة البركان المعين الذي يتجه لإنتاج تدفقات القطع الصخرية النارية. pyroclastic .

الهبوط الارضي والانزلاقات الارضية الكبيرة جدا قد تكون اقل وضوحا ، وبشكل خاص عندما ننظر من الارض . لذا فان الطبيعة المتماسكة لحركة التربة والصخور في العديد من الانزلاقات الأرضية تشير إلى نمو النبات في قمة الانزلاقات الارضية والتي قد لا يتم بعثرتها بشكل كبير بواسطة الحركة . عليه فان التصوير الفوتوغرافي الجوي أَو خرائط التضاريس ذات النوعية العالية يُمكنُ أَنْ تَكُونَ مساعدةَ في هذا المجال . وعندما ننظر بشكل عام من الناحية الاقليمية الى حركة الكتل الصخرية فإنها في اغلب الاحيان تظهر بشكل واضح جدا . توحي بوجود حافة على رأس الهبوط أو منطقة الروابي ، تعرقل التضاريس بشكل نسبي في محيط المناطق الأكثر استقرارا .

مع عمليات الزحف أو التدفق التدريجي للتربة تكون الحركات الفردية لمسافات قصيرة وتكون كل العمليات بطيئة ، لذلك فان النبات قد يستمر بالنمو في نواتج الترب التي تتحرك ببطيء . على اية حال فان اغلب الملاحظات التفصيلية يمكن ان تكشف الحركة ، وعلى سبيل المثال ، فان الاشجار من الناحية الكيميائية والحيوية مبرمجة للنمو عموديا باتجاه الاعلى . فاذا كانت هذه التربة التي تنمو فيها الاشجار تبدأ بالزحف باتجاه اسفل المنحدر فان جذوع الاشجار قد تميل ، وهذا دليل يشير الى حركة التربة، اضافة الى استمرار نمو الشجرة بشكل عمودي. اذا كانت حركة الزحف بطيئة وتستمر لفترة طويلة جدا ، لذا فان ذلك يترتب عليه تقوس في جذوع الاشجار. إما نمو

الأشجار في الكسور المائلة للصخور، قد يطور جذوع مقوسة خلال اتجاه النمو المماثل في غياب الزحف، والذي سيكون مؤشر افضل للحركة في المواد غير الصلبة.

الاجسام غير المتحركة او غير الحيوية يمكن ان تعكس زحف التربة ايضا ، فعلى سبيل المثال ميلان اعمدة الكهرباء والاسيجة والميل يمتد الى شواهد القبور العمودية او اية نصب اخرى تشير ايضا بان تلك التربة تتحرك . السطح الأرضي نفسه قَدْ يوضح ذلك من خلال الشقوقَ الموازية عبر المنحدر.

ان اي شخص يقوم بشراء منزل من المتوقّعِ أَنْ يَبْحثَ أو يسأل هل ان المكان الذي تم تشييد المنزل او الدار عليه مستقر ام غير مستقر من الناحية الجيولوجية . لان الهبوط الأرضي لَرُبَما سبّبَ شقوقَ في الممراتِ، في أرضية المرآبِ ، أَو الجدران الخرسانية أَو البناية ، شقوق في الجدران أَو السقوف تكون مريبة بشكل خاصّ في البناياتِ الأحدثِ التي لا تُوضح لحد الان بشكل طبيعي مواقع التشقق الشائعة في التراكيب القديمة. الأبواب والنوافذ التي تَسْدّانِ أَو لا تَغْلقانِ بشكل صحيح قَدْ تَعْكسانِ إطارَ مشوّهَ بسبب حركةِ متباينة في التربةِ واسس البناء . الانزِلاق قد يترتب عليه وجود كسور في احواض السباحة ، أو بركات التزيين ، أو في خطوط الكهرباء وانابيب الماء والغاز والمجاري . إذا كانت الحركة كافية لإحداث اضرار واضحة في البناء أو التراكيب بشكل عام ، فمن المحتمل لا يمكن العمل على استقرار المنحدر بشكل كافي، ربما باستثناء معين في حالة استخدام كلف عالية جدا للعمل على استقرار مثل تلك المنحدرات .لذا يجب ان يتم التحري عن اي انزلاق محتمل في اي موقع بأكثر من ١٥% من المنحدر ( ١٥ متر من الارتفاع و ١٠٠ متر من المسافة الافقية )،على الموقع الذي يتميز بانحدارات شديدة فوقه او تحته ، أو في اية منطقة يمكن ان يتوقع بان الانزلاقات الارضية فيها تمثل مشكلة خطيرة.

**الطرق المستخدمة لقياس التعرية في الحقل :**

١ – طريقة الميزانية ( المسحية ) .

ان هذه الطريقة مصممة لتقدير التأثير الكمي للتعرية بقياس التحولات العمودية لسطح الأرض. وان ابسط وسيلة لتطبيق هذه الطريقة هي استعمال ابر فولاذية أو أوتاد خشبية تثبت داخل الأرض بخط عمودي على طول المنحدر، ويتم مراقبة الجزء الظاهر من الوتد سواء ازداد طوله أم قصر، وبالتالي يتم تسجيل عملية التعرية والترسيب من خلال متابعة قياس الأجزاء الظاهرة من الإبر الفولاذية أو الأوتاد الخشبية . ويتضح من الجدول (١) بان التربة التي تتعرض الى التعرية بمقدار (0.05 – 0.5 ملم) م/هكتار–١ – سنة –١ تصنف ضمن الدرجة (١) وهذا يعني عدم تعرض التربة الى تعرية معنوية تذكر. أما التربة التي تتعرض الى التعرية بمقدار يتراوح بين (٠.٥ – ٥) م/٣ هكتار–١ بالسنة–١ ، فإنها تصنف ضمن الدرجة الثانية ، التي تعني تعرض التربة الى تعرية خفيفة ، وهذا يعني إذا كانت لدينا تربة بسمك (٢٠ سنتمتر ) للطبقة السطحية فإنها يمكن ازالتها خلال مدة تستغرق (٤٠٠) سنة ، وتتمثل عمليات التعرية لهذا النوع من الترب بفقدان المغذيات التي تستهلك من قبل المحاصيل الزراعية ، ان هذا النوع من التعرية يمكن السيطرة عليه ومعالجته بسهولة من خلال اضافة الأسمدة بنوعيها الحيوانية والكيميائية وفق ضوابط محددة . وعندما تتعرض التربة الى فقدان سنوي يتراوح بين ( ٥ – ١٥ /م٣ /هكتار ١ –سنة١ ) فإنها تصنف ضمن الدرجة الثالثة ، والتي توصف بانها تتعرض الى تعرية متوسطة ، وهذا يعني ان الطبقة السطحية التي تكون بعمق (٢٠ سم) يمكن ازالتها بواسطة هذا النوع من التعرية بمدة زمنية تتراوح بين (١٣٣ – ٤٠٠ سنة ) ، ولغرض الحفاظ على خصوبة التربة يتطلب مضاعفة كميات الاسمدة مقارنة مع حالات التعرية الخفيفة ، اما المغذيات الاساسية

لتكوين التربة فإنها تفقد بصورة دائميه مع هذا النوع من التربة. في حين الترب التي تتعرض الى فقدان سنوي يتراوح بين ( ١٥ – ٥٠ /م ٣ /هكتار ١ –سنة ١ )، فإنها تصنف ضمن الدرجة الرابعة ، والتي توصف بانها تتعرض الى تعرية شديدة ، وهذا يعني انها تزيل الطبقة السطحية للتربة التي تكون بسمك (٢٠ سم ) بمدة تتراوح بين (٤٠ – ١٣٣ سنة )، ان هذا النوع من التعرية الشديدة يشكل تهديد كبير للتربة وذلك لأنه سيتم من خلاله ازالة الطبقة السطحية في فترة تمثل جيل بشري واحد ، ويتم تعويض مفقودات التربة بشكل جزئي فقط عند اضافة الاسمدة بشكل اعتيادي . اما الدرجة الخامسة فإنها تطلق على التربة التي تتعرض الى تعرية سنوية في مفقودات التربة بمعدل يتراوح بين (٥٠ – ٢٠٠ /م ٣ /هكتار ١ – سنة١ )، والتي توصف بانها تعرية شديدة جدا ، حيث يتم ازالة الطبقة السطحية التي تكون بعمق (٢٠ سم ) خلال مدة تتراوح من ( ١٠ – ٤٠ سنة ). في حين تطلق الدرجة السادسة على التربة التي تتعرض الى تعرية سنوية في مفقودات التربة بمعدل اكثر من (٢٠٠ /م٣ /هكتار ١ /سنة١ )، والتي توصف بانها تعرية كارثية لأنها تعمل على ازالة كل الطبقة السطحية بالكامل.

جدول (١) تصنيف التعرية الصفائحية والتذرية حسب شدة ازالة التربة

| الدرجة | شدة إزالة التربة م/٣ هكتار–١ سنة –١ | التقدير الشفوي |
|---|---|---|
| ١ | اقل من ٠.٥ | لا توجد تعرية |
| ٢ | ٠.٥ – ٥ | تعرية خفيفة |
| ٣ | ٥ – ١٥ | تعرية متوسطة |
| ٤ | ١٥ – ٥٠ | تعرية شديدة |
| ٥ | ٥٠ – ٢٠٠ | تعرية شديدة جدا |
| ٦ | اكثر من ٢٠٠ | تعرية كارثية |

## ٢ – الطرق الحجمية .

استعملت الطرق الحجمية في عمليات المسح الحقلي اذ يقاس بواسطتها تغيرات الحجم للتربة بسبب التعرية او الترسيب ، من خلال اجراء قياسات متنقلة منفردة أو ثابتة طويلة الأمد ، وقد تستعمل الطرق الحجمية لاستقصاء جميع حالات التعرية السطحية تقريبا وبصورة خاصة في قياس حجم الشقوق الصغيرة والاخاديد ، والتي تقسم الى الانواع التالية :

أ – الطريقة الحجمية لقياس حجم الشق .

يتم قياس حجم الشقوق من خلال اخذ مقاطع بطول من ( ٢٠ – ١٠٠ م ) من الشقوق بأبعاد متساوية الواحدة فوق الاخرى وعلى طول الخط لأقصى انحدار من الشقوق نازلا لقعر الشق ، ويحسب معدل فقد التربة بأخذ مقدات عرضية للشقوق . ان فائدة هذه الطريقة هي جمع معلومات سريعة عن شدة التعرية الانية والفصلية التي تحدث بشكل رئيسي بواسطة العاصفة المطرية ، ومن مساوئ هذه الطريقة هو ان القيم الحقيقية تكون واطئة لان تعرية المسافة بين الشقوق يكون مهمل ، وان القيم المتحصلة بهذه الطريقة تكون اقل من الحقيقة بنسبة تتراوح بين (١٠ – ٣٠%)، ومن المساوئ الاخرى هو ان مناسيب الشقوق (خطوط الكنتور) تصبح غير محددة خلال العواصف المطرية الشديدة ، وبالتالي فان تحديد ابعادها يكون بشكل تقريبي ، ان وضوح الشقوق يعتمد على خشونة السطح والتضاريس الدقيقة ، فكلما كانت التضاريس الدقيقة اكثر انتظاما كلما كانت النتائج باستخدام هذه الطريقة اكثر دقة . وبالرغم من هذه المساوئ ، فانه لا بديل لهذه الطريقة في بحث التعرية خصوصا باتباعها اسلوب في تحديد التعرية في اجزاء متباينة للتضاريس وستبقى واحدة من طرق التعرية الاساسية.

ب – الطريقة الحجمية لقياس حجم الاخاديد.

ان التعرية السطحية للتربة في مستويات مختلفة بواسطة التعرية الاخدودية ، وتطور اشكال التعرية تحت ظروف مختلفة يمكن تحديدها من خلال قياس ، الحجم ، والكثافة ، والطول لأخاديد التعرية في منطقة ما. ويتم ذلك من خلال تحديد المقاطع العرضية والطولية للأخاديد في مناطق تضاريسية متباينة من منطقة الدراسة ، اذ يقوم الباحث بإجراء قياسات مباشرة باستخدام الشريط او اي اسلوب اخر يعطي نفس الغرض . أو باستخدام الصور الجوية والمرئيات الفضائية في قياس ابعاد الاخاديد من خلال استخدام هذه الادوات في اوقات مختلفة ثم بعد ذلك يتم تحديد التغير في ابعاد تلك الاخاديد.

ان تصنيف التعرية الاخدودية يكون على اساس كثافة الاخاديد في الكيلومتر المربع الواحد، والزيادة في الطول الكلي للاخدود بسبب التعرية التراجعية بالمتر الواحد لكل سنة ، وحجم الاخاديد . ان تصنيف التعرية الاخدودية على أساس الكثافة قد اعد من قبل بوكو ومزروفا ١٩٥٨ (Bucko and Mazurovo) لظروف جيكوسلوفاكيا، وقد قسم هذا التصنيف التعرية الاخدودية الى ست درجات كما موضحة في الجدول (٢).

على الرغم من ان اخاديد التعرية هي دليل جيد لبيان شدة التعرية ، فإنها لا تعبر بصورة تامة عن فعاليتها الانية ، وعليه يكون بالحسبان الاخذ بنظر الاعتبار الاخاديد الفعالة وعلاقتها بالاخاديد الثابتة ، وقد تم وضع تصنيف آخر لتحديد معدل التعرية الاخدودية يعتمد على معدل النمو لاخاديد التعرية بواسطة التعرية التراجعية ، ويتكون هذا التصنيف من ست درجات كما موضح في الجدول (٣).

ان العلاقات بين الابعاد المختلفة قد تختلف بدرجة كبيرة حسب ظروف التعرية . وان طول الاخدود يعتمد بصورة رئيسية على طول الانحدار ، وعمق الاخدود يعتمد على سمك الغطاء الذي تعرض للتجوية ، وعلى شكل الانحدار ، وعرض الاخدود يعتمد بدرجة رئيسية على عمق الاخدود ، وعلى شدة التعرية الافقية . ربما يكون العامل الفاصل في تصنيف الاخاديد هو حجم الاخدود ، الذي يعطي قياس لكمية الفقد الحاصل من سطح معلوم.

جدول (٢) تصنيف التعرية الاخدودية على اساس الطول الكلي للأخدود المقترح من قبل (Bucko and Mazurovo 1958)

| الدرجة | الطول الكلي لاخاديد التعرية كم /كم ٢ | التقدير الشفوي |
|---|---|---|
| ١ | اصغر من ٠.١ | لا توجد تعرية |
| ٢ | ٠.١ – ٠.٥ | تعرية خفيفة |
| ٣ | ٠.٥ – ١ | تعرية متوسطة |
| ٤ | ١ – ٢ | تعرية شديدة |
| ٥ | ٢ – ٣ | تعرية شديدة جدا |
| ٦ | اكبر من ٣ | تعرية كارثية |

جدول (٣) تصنيف معدل التعرية الاخدودية على اساس النمو الطولي للاخدود .

| الدرجة | النمو الكلي في طول اخاديد التعرية كم /كم ٢ | التقدير الشفوي |
|---|---|---|
| ١ | اصغر من 0.5 | لا توجد تعرية |
| ٢ | ٠.٥ – ١ | تعرية خفيفة |
| ٣ | ١ – ٣ | تعرية متوسطة |
| ٤ | ٣ – ٥ | تعرية شديدة |
| ٥ | ٥ – ١٠ | تعرية شديدة جدا |
| ٦ | اكبر من ١٠ | تعرية كارثية |

## ٣ – طرق قياس الترسيب .

تحدد التعرية الناتجة عن التساقط بواسطة الطرق الترسيبية ، وبها يتم قياس كمية ونوعية نواتج الترسيب . بهذه الطريقة يكون بالإمكان تعيين شدة وسير التعرية بدرجة عالية نسبيا من الدقة ، تحت ظروف ثابتة ومحددة ، وتحري عوامل التعرية . وتتضمن طريقتان هما :

أ – طريقة قياس الترسيب المتنقلة .

تتضمن هذه الطريقة اعتراض السيح السطحي الحاوي على المادة التي يحملها معه ومن ثم القيام بوزنها فيما بعد . ولكي يتم تحديد التعرية بشكل دقيق لابد من معرفة مساحة المكان الذي انتقلت منه المادة التي حملتها المياه الجارية على سفوح المنحدرات . ويتم ذلك من خلال تحديد مكان تتجمع فيها الرواسب ، حيث يوضع اناء معلوم الحجم . يجري الماء بواسطة انبوب متصل بقاعدة الاناء الى عدد من القناني

التـي تمتلـئ عنـد فتـرات معينـة . مـن فوائـد هـذه الطريقـة انهـا سـريعة وتسـمح بتحديـد الجريان في اجزاء مختلفة من المنطقة ، ويمكن ان تستعمل في اماكن جغرافية مختلفة ، وفـي بحـث التعريـة الشـاملة لمنـاطق معينـة خـلال فصـل أو فصـلين . وبسـبب بسـاطة الطريقة فان باحث واحد فقط يمكن ان يتابع عدد من مقاييس الترسبات. ومن مساوئ هذه الطريقة انها اقل دقة من الطرق الثابتة .

ب – طريقة قياس الترسيب الثابتة.

توصف هذه الطريقة ببساطة بالطريقة الثابتة أو الطريقة الحقلية ، ويتم في هذه الطريقـة السيطرة علـى نسـبة مـاء السيح السـطحي مـع الغرين ، وبـذلك يتم استحصـال الصورة الكاملة عن تأثير التساقط ، والزراعة ، والتضاريس ، والموازنة المائية ، عموما يدخل ماء السطح الذي ينقل معه الرواسب الى داخل اجهزة القياس ، ويتم حساب كمية التربة المنقولة من خلال وزن التربة المترسبة بعد ان يتم تجفيفها.

تنفذ هذه الطريقة بصورة افضل باستعمال حاويات ترسيب ، وقنوات مجهزة بمقياس بياني للماء الجاري Limn graph . مع وجود محطة انواء جوية لقياس المطر وقياس رطوبة التربة ، وبعد ذلك تجرى العديد من التحليلات المختبرية للمادة المتجمعة في هذه الحاويات . ان هذه الطريقة تعد ملائمة للملاحظات طويلة المدى التي تجري في محطات ثابتة تتطلب قياسات مستمرة . الا ان احد مساوئ هذه الطريقة هو كون السيح السطحي من مساحة محدودة لا يحدث بنفس الطريقة التي تحدث بها في الظروف الطبيعية ، لان المساحة المحددة تحت المراقبة تكون مشابهة للجزء العلوي من المنحدر الذي يتميز بانه منحدر منتظم ، وبالتالي ستكون نتائج القيم اقل من القيم الحقيقية ، وكلما كان حوض التغذية اصغر كلما كانت المعلومات المتحصلة مشوشة بدرجة اكبر . ولكن ايضا في حالة استخدام هذه الطريقة على نطاق واسع تكون مكلفة

لحاجة الباحث الماسة الى نصب الاجهزة في اماكن مختلفة ، ورغم كل هذه المساوئ فان هذه الطريقة تعطي معلومات دقيقة ، وتستخدم أيضا في إجراء البحوث الخاصة بأساليب السيطرة على التعرية المائية) .( زاخار ، ١٩٩٠ ، ص ١٨٥ – ١٨٦.

**المعادلات الرياضية المستخدمة لقياس التعرية في مناطق المنحدرات :**

**١ – المعادلة العامة لمفقودات التربة .**

تعد قدرة المطر على التعرية Erosivity وقابلية التربة للتعرية Erodibility من اكثر العوامل المؤثرة في كمية التربة المفقودة بواسطة التعرية المائية . وقد اقترح Wischmeir et al 1958 المعادلة التي عرفت باسم المعادلة العامة لمفقودات التربة (USLE) وهي كالاتي :

$$A = R \times K \times LS \times P \times C.$$

حيث ان :-

A = كمية مفقودات التربة لمساحة معينة وتحسب طن/هكتار.

R = مؤشر قدرة المطر على التعرية .

K = عامل قابلية التربة للتعرية .

LS = عاملي طول ودرجة الانحدار.

P = عامل صيانة التربة .

C = عامل المحصول .

**تحديد مؤشر قدرة المطر على التعرية R.**

قام كل من وشمايز وسميث عام ١٩٥٨ (Wischmeir&Smith) بتطوير علاقة بين فقد التربة وعامل المطر . حيث يمثل عامل المطر حاصل ضرب الطاقة الحركية للمطر (E) واقصى شدة خلال العاصفة لفترة ٣٠ دقيقة ($I_{30}$) . وتحسب ($I_{30}$) على انها ضعف اقصى كمية مطر تسقط في أي ٣٠ دقيقة متتالية خلال العاصفة . وهذه المعادلة كالاتي :

$$E = 13.32 + 9.78 \log_{10} I$$

حيث ان :-

E = الطاقة الحركية بالجول /م$^{2}$ .

I = شدة سقوط المطر .سنتمتر/ ساعة .

وبما ان حساب قيمة R يعتمد على تحليل بيانات المطر والتي تحتاج وقتا وجهدا كبيرا .لذلك حاول عدة باحثين ايجاد علاقة خطية مباشرة بين مؤشر طاقة المطر وكمية المطر وفق المعادلة التالية :

$R = 2.5 \times P$ .

حيث ان :-

R = المعدل السنوي لمؤشر طاقة المطر (ميكاجول .ملم /هكتار. ساعة .سنة).

P = المعدل السنوي لكمية المطر (ملم).

مثال :

احسب عامل R في المعادلة العامة لمفقودات التربة من المعلومات الموضحة في الجدول ادناه لعاصفة مطرية .

| الزمن /ثانية (١) | كمية المطر ملم (٢) | الشدة ملم /ساعة (٣) | الطاقة الكامنة جول /م$^{2}$ .ملم باعتماد معادلة الطاقة – الشدة (٤) | الطاقة الكامنة الكلية جول /م٢ (٢ ×٤) (٥) |
|---|---|---|---|---|
| ٠ – ١٤ | 1.52 | 6.08 | 8.83 | 13.42 |
| ١٥–٢٩ | 14.22 | 56.88 | 27.56 | 391.90 |
| ٣٠–٤٤ | 26.16 | 104.64 | 28.58 | 747.65 |
| ٤٥–٥٩ | 31.50 | 126 | 28.79 | 906.89 |
| ٦٠–٧٤ | 8.38 | 33.52 | 26 | 217.88 |
| ٧٥–٨٩ | 0.25 | 1 | - | - |
| المجموع | | | | ٢٢٧٧.٧٤ |

الحل :

بما ان اقصى كمية مطر خلال أي ٣٠ دقيقة متتالية من العاصفة موضحة في العمود الثاني من الجدول وهي كالاتي :

26.16 + 31.50 = ٥٧.٦٦ ملم .

٦٠

الشدة القصوى للمطر خلال ٣٠ دقيقة = ٥٧.٦٦ ------ = 115.32 ملم /ساعة

٣٠

الطاقة الكامنة الكلية = مجموع القيم في العمود (٥) = 2277.74 جول /م$^{٢}$ .

الطاقة الكامنة الكلية للشدة القصوى $EI_{30}$ تكون كالاتي :

2277.74 × ١١٥.٣٢ = ٢٦٢٦٦٨.٦٨ جول /م$^{٢}$ . ملم /ساعة.

**٢٦٢٦٦٨.٩٨ $EI_{30}$**

**القدرة على التعرية R= ---- = --------- = ٢٦٢٦.٦٩ ميكاجول .ملم هكتار. ساعة**

**١٠٠ ١٠٠**

## عامل قابلية التربة للتعرية K.

يعد جسم التربة جسما ديناميكيا تتغير خصائصه مع الزمن وهذا يعتمد في جزء منه على ادارة سطح التربة ونظم الزراعة المستخدمة . وعلى هذا الاساس فان قابلية التربة على التعرية هي الاخرى تتغير بمرور الزمن وهذا يتطلب القيام بقياسها كل (١٠ – ٢٠) سنة . اضف الى ذلك فان العاصفة المطرية تلعب دور اخر في تغير خصائص التربة حيث تعمل على اعادة ترتيب الدقائق المكونة للتربة .

وتعد نسجه التربة من الخصائص المؤثرة على قابلية التربة على التعرية لأنها تؤثر على عمليتا فصل الدقائق ونقلها ففي الوقت الذي تقاوم به الدقائق الرملية الكبيرة عملية النقل فان الدقائق الناعمة النسجه تقاوم عملية الفصل . في حين ان الرمل الناعم جدا والغرين هما اكثر دقائق التربة لها القابلية على الفصل والنقل .

يمكن تقدير قابلية التربة على التعرية من مخطط بياني رقم (١) الذي تم اعتماده على معادلة جبرية تم اقتراحها من قبل وشماير ١٩٧١ Wischmeir والتي ربطت بين بعض خصائص التربة وقابليتها على الاستجابة لعمليات التعرية . ويمكن وصف تلك المعادلة كالاتي :

$$100k = 2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1-14} + 3.25 (S - 2) + 2.5 (P - 3).$$

حيث ان :

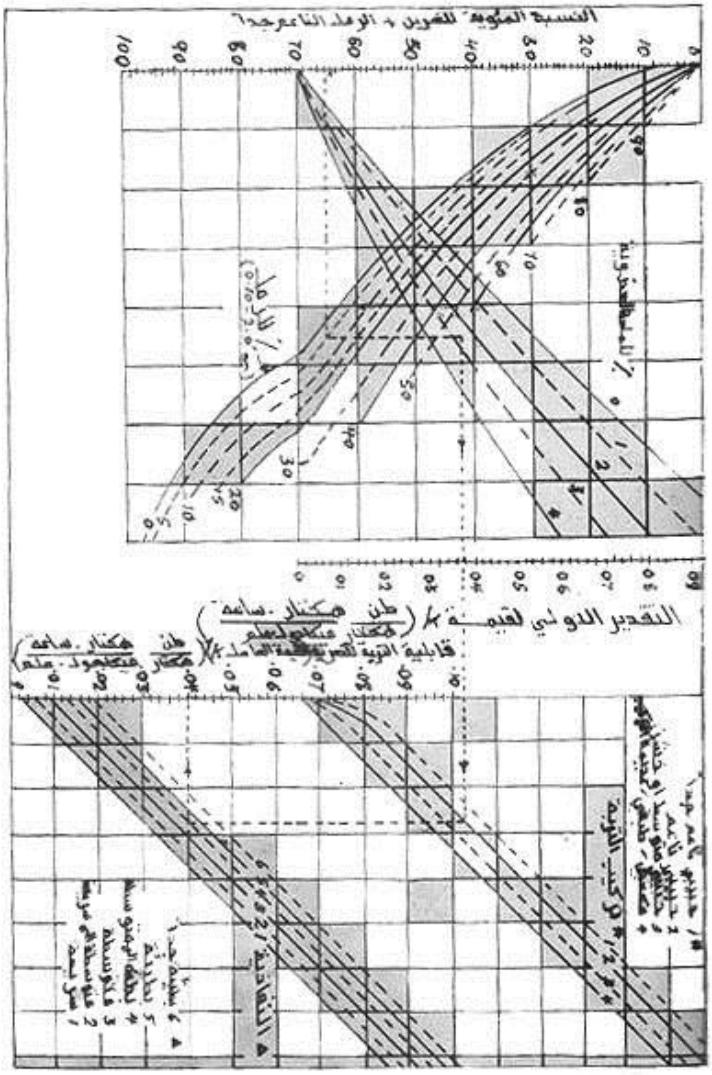
OM = النسبة المئوية للمادة العضوية في التربة .

S = دليل تركيب التربة ( حبيبي ،صفائحي ، كتلي ، الى اخره .....).

P = صنف النفاذية .

M = النسبة المؤية للغرين والرمل الناعم جدا .

مخطط (١) بعض خصائص التربة وقابليتها على الاستجابة لعمليات التعرية بالاعتماد على معادلة وشماير ١٩٧١ .



**عامل طول الانحدار .**

يمكن تحديد عامل طول الانحدار وفق المعادلة التالية :

$$L = \sqrt{I / 100}$$

حيث ان :

I = طول المنحدر.

مثال :اذا كان طول المنحدر ٤٥ متر . فان قيمته تحسب كالاتي :

$$L = \sqrt{I / 100}$$
$$L = \sqrt{45 / 100}$$
$$L = 0.67$$

**عامل درجة الانحدار .**

يمكن تحديد درجة الانحدار (يعبر عنها نسبة مئوية ) وفق المعادلة التالية :

$$S = 0.136 + 0.097S + 0.0139S^2$$

حيث ان :

S = درجة الانحدار معبر عنها كنسبة مئوية.

مثال :عندما يكون درجة الانحدار (٢% ) فان قيمة درجة الانحدار تحسب في كالاتي :

$$S = 0.136 + 0.097 \times (2) + 0.0139 \times (2)^2$$
$$S = 0.856.$$

مثال اخر :عندما تكون درجة الانحدار (١٠%) فان قيمة درجة الانحدار تحسب كالاتي :

$$S = 0.136 + 0.097 \times (10) + 0.0139 \times (10)^2$$
$$S = 2.496$$

## عامل صيانة التربة Soil Conservation Factor(P)

يتم تحديد عامل صيانة التربة P من خلال نوع عمليات صيانة التربة الموجودة في الحقل التي تهدف لتقليل كمية مفقودات التربة ، وتتضمن عمليات الصيانة العمليات التالية :

١ – الزراعة الكفافية .

٢ – المصاطب .

٣ – الزراعة الشريطية .

وقد تم توضيح تأثير هذه العمليات على قيم عامل صيانة التربة من خلال الجدول الموضح في ادناه (الطيف والحديثي وعبد صيانة التربة والمياه ص ص ٩٦ – ١٢٢ ):

جدول (٤)

تأثير انواع مختلفة من عمليات الصيانة على قيمة العامل P

في المعادلة العامة لمفقودات التربة .

| انحدار الارض | عدم وجود أي اعمال صيانة | زراعة كفافية | وجود مصاطب | زراعة شريطية |
|---|---|---|---|---|
| ١.١ – ٢ | ١ | ٠.٦ | – | ٠.٣٠ |
| ٢.١ – ٤ | ١ | ٠.٥ | ٠.١٠ | ٠.٢٥ |
| ٤.١ – ٧ | ١ | ٠.٥ | ٠.١٠ | ٠.٢٥ |
| ٧.١ – ١٢ | ١ | ٠.٦ | ٠.١٢ | ٠.٣٠ |
| ١٢.١ – ١٨ | ١ | ٠.٨ | ٠.١٦ | ٠.٤٠ |
| اكبر من ١٨.١ | ١ | ٠.٩ | – | ٠.٤٥ |

**عامل الغطاء النباتي (C)Cropping – Management Factor .**

يمثل هذا العامل نسبة فقد التربة من ارض مزروعة تحت ظروف معينة مقارنة مع فقد التربة من ارض بور محروثة وبالتالي فهو يعكس لنا التأثير الوقائي للغطاء النباتي لسطح الارض ويعتبر من اكثر العوامل تعقيدا في المعادلة . عليه فقد اقترحنا اعتماد معامل حماية التربة المقترح من قبل سلوبودان جافريلوفيك Solobodan Gavrilovic وكما موضح في الجدول ادناه :

جدول (٥)

معامل حماية التربة المقترح من قبل سلوبودان جافريلوفيك Solobodan Gavrilovic

| | |
|---|---|
| غابات مختلطة كثيفة – متوسطة الكثافة واحراج | ٠.٠٥ – ٠.٢ |
| غابات صنوبرية وجنبات متبعثرة واحملت على جوانب القنوات المائية | ٠.٢ – ٠.٤ |
| مراع وغابات أو جنبات متضررة | ٠.٤ – ٠.٦ |
| مزارع ومراع متضررة | ٠.٦ – ٠.٨ |
| ارض جرداء | ٠.٨ – ١.٠ |

مثال تطبيقي :

احسب كمية التربة المفقودة وفق المعادلة العامة لمفقودات التربة اذا علمت ان قيمة مؤشر طاقة المطر R تساوي (١٠٠).وقيمة عامل قابلية التربة للتعرية تساوي(٠.١).وطول الانحدار يساوي (٩٠) متر. ودرجة الانحدار تساوي (١٠%).وقيمة عامل الزراعة والادارة تساوي (٠.١٥). وان المنطقة تتبع الزراعة الكفافية.

الحل :

يتم تحديد درجة الانحدار وفق الاتي :

$S = 0.136 + 0.097\ S + 0.0139\ S^2$

$S = 0.136 + 0.097 \times (10) + 0.0139 \times (10)^2.$

$S = 2.496.$

يتم تحديد طول الانحدار وفق الاتي :

$L = \sqrt{I / 100}$
$L = \sqrt{90 / 100}$
$L = 0.95$

ويمكن استخراج قيمة العامل P من الجدول ( ) والتي تساوي (٠.٦) لان الانحدار هو (١٠%) وان المنطقة تتبع الزراعة الكفافية.

$A = R \times K \times L \times S \times C \times P.$

$A = 100 \times 0.1 \times 2.496 \times 0.95 \times 0.6 \times 0.15.$

A = ٢.١٣ طن /هكتار.

مثال تطبيقي :

اذا كانت قيمة طاقة المطر للشدة القصوى لفترة (٣٠) دقيقة لعاصفة مطرية هي ١٢٠٠٠ جول ملم /م$^{٢}$ /ساعة. وطول الحقل ٩٠ متر ونسبة الانحدار ١٦%، ونسبة المادة العضوية فيه هي ٢%، وتربة ذات بناء حبيبي ناعم ، ونفاذية سريعة ، لا توجد اعمال صيانة ، وان قيمة عامل الزراعة والادارة ٠.٣ . اذا علمت بان نسبة الرمل ما عدى الرمل الناعم جدا في التربة ١٠% والرمل الناعم جدا ٤% والطين ٣٠% . احسب كلا ما يأتي :

١ – كمية مفقودات التربة .

٢ – كم ستصبح مفقودات التربة اذا زيدت نسبة المادة العضوية الى ٤%.

حل المطلب الاول :

$$R = \frac{EI_{30}}{100}$$

$$R = \frac{12000}{100}$$

R = ١٢٠ ميكاجول .ملم /هكتار .ساعة.

% للغرين = ١٠٠ – (١٠ +٤+٣٠) = ٥٦%.

%للغرين +% للرمل الناعم جدا = ٥٦ + ٤ = ٦٠%.

بالرجوع الى الشكل ( ) نجد ان قيمة K = ٠.٠٣٢ طن/هكتار/ساعة.ميكاجول .ملم.

بالرجوع الى الشكل ( ) نجد ان قيمة LS = ٥ .

بالرجوع الى الجدول ( ) نجد قيمة P = ١ .

وبعد ذلك نطبق المعادلة العامة لمفقودات التربة وكالاتي :

$A = R \times K \times L \times S \times C \times P.$

$A = 120 \times 0.032 \times 5 \times 0.3 \times 1.$

A = ٥.٧٦ طن/هكتار.

حل المطلب الثاني :

بالرجوع الى شكل ( ) نجد ان قيمةK اصبحت :٠.٠٢٠ طن /هكتار/ميكاجول .ملم.

$A = 120 \times 0.020 \times 5 \times 0.3 \times 1.$

A = ٣.٦ طن/هكتار.

## ٢ – نموذج جافريلوفيك للتعرية.

ينسب نموذج جافريلوفيك الى سوبودان جافريلوفيك Solobodan Gavrilovic الذي عمل بالتعاون مع آخرين في معهد تطوير موارد المياه في يوغسلافيا ما بين عامي ١٩٥٣ – ١٩٧٦ من خلال ثلاث مراحل معروفة ، ويذكر

جافريلوفيك ان هذا الانموذج اصبح هو المعتمد لتقدير تعرية التربة وحصيلة الارسابات في بلدان اوربا الشرقية خلال العقود الاربعة المنصرمة. ويطبق هذا النموذج من خلال سلسلة من المعدلات يمكن توضيحها على النحو التالي :

1 ----- $W = T \times h \times 3.14 \times \sqrt{Z^3} \times F.$

حيث ان :

W = المعدل السنوي للتعرية م$^3$ / كم$^2$ /سنة .

T = معامل الحرارة الذي يحسب عن طريق المعادلة الاتية:

2-------- $T = (0.1 \text{ to} + 0.1)^{0.5}$.

حيث ان :

to = المعدل السنوي لدرجة الحرارة.

H = المجموع السنوي للأمطار /ملم.

F = مساحة منطقة الدراسة (كم$^2$).

Z = معامل التعرية Erosion Coefficient وهو من اهم عناصر نموذج جافريلوفيك ، ويحسب معامل التعرية عن طريق المعادلة التالية:

3 ---------- $Z = y \times Xa \times (\phi + \sqrt{Ja})$.

حيث ان :

y = معامل قابلية التعرية للتربة Soil Erodibility Coefficient .

Xa = معامل حماية التربة Soil protection Coefficient .

Φ = معامل تطور التعرية وشبكة الصرف Soil and Stream network development Coefficient .

Ja = معدل انحدار التضاريس في منطقة الدراسة %.

وتستخرج قيم معاملات تلك المعادلة من ثلاث جداول تم تطويرها من قبل جافريلوفيك وهي كالاتي :

جدول (٦)
العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير معامل قابلية التربة
على التعرية المقترحة من قبل جافريلوفيك

| معامل قابلية التربة للتعرية | y |
|---|---|
| صخور صلبة شديدة المقاومة | ٠.١ – ٠.٣ |
| صخور ذات مقاومة متوسطة | ٠.٣ – ٠.٥ |
| صخور ضعيفة المقاومة | ٠.٥ – ٠.٦ |
| ركام حطامي ورواسب خشنة وترب صلصاليه | ٠.٦ – ٠.٨ |
| رواسب رملية ناعمة وترب لا مقاومة لها | ٠.٩ – ١ |

**جدول (٧)**

**العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير معامل حماية التربة المقترح من قبل جافريلوفيك**

| **معامل حماية التربة** | **Xa** |
|---|---|
| **غابات مختلطة كثيفة – متوسطة الكثافة واحراج** | **٠.٠٥ – ٠.٢** |
| **غابات صنوبرية وجنبات متبعثرة واحملت على جوانب القنوات المائية** | **٠.٢ – ٠.٤** |
| **مراع وغابات أو جنبات متضررة** | **٠.٤ – ٠.٦** |
| **مزارع ومراع متضررة** | **٠.٦ – ٠.٨** |
| **ارض جرداء** | **٠.٨ – ١.٠** |

جدول (٨)
العوامل الوصفية المستخدمة في تقدير معامل تطور التعرية وتطور شبكة التصريف المقترحة من قبل جافريلوفيك

| معامل تطور التعرية وشبكة الصرف | ϕ |
|---|---|
| تعرية ضعيفة في حوض الصرف . | ٠.١ – ٠.٢ |
| تعرية في القنوات المائية بين ٢٠% – ٥٠% في حوض الصرف. | ٠.٣ – ٠.٥ |
| تعرية في الانهار والاخاديد والارسابات الفيضية مع تعرية كارستية . | ٠.٦ – ٠.٧ |
| نسبة عالية من حوض الصرف تتراوح بين ٥٠% – ٨٠% تقع تحت تأثير التعرية والانزلاقات الارضية. | ٠.٨ – ٠.٩ |
| حوض الصرف بالكامل يقع تحت تأثير التعرية. | ١.٠ |

وقد صنفت مستويات التعرية تبعا لقيمة Z على النحو الذي نراه في الجدول ( ) حيث تتدرج هذه القيمة من صفر حينما لا تكون هناك تعرية الى اكثر من ١.٥ حيث تكون التعرية شديدة جدا.

جدول(٩) مستويات التعرية

| مستوى التعرية | معامل التعرية | متوسط القيمة |
|---|---|---|
| خفيف جدا | 0.19 – 0.01 | ١.٢٥ |
| خفيف | 0.40– 0.20 | ٠.٨٥ |
| متوسط | 0.70 – 0.41 | ٠.٥٥ |
| شديد | 1 – 0.71 | ٠.٣٠ |
| شديد جدا | ١.٥١ – 1.01 | ٠.١٠ |

Zorn,M,and B,Komac (2008). Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 year (Julain Alps western Slovenea).presented at XXIV th conference of the Danubian Conries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of water management, Bled,Slovenia.

**الوسائل المقترحة للحد من مخاطر الانزلاقات الارضية .**

ان تجنب اكثر المناطق المعرضة للانزلاقات الارضية سوف يحد بشكل كبير من الاضرار ، بالطبع ، ولكن يكون بشكل حقيقي في انطقة الصدوع والسهول الفيضية ومناطق الخطر الاخرى ، قد تكون التطورات موجودة بالفعل في المناطق المعرضة للخطر، وان الضغط الاقتصادي لمزيد من التنمية يمكن ان يكون قوي. الكثافة السكانية ايضا الى جانب وجود مواقع غير امنة قد تدفع التنمية في مناطق غير امنة.

في بعض الاحيان المسؤولين المحليين يكيفون انفسهم تماما الى وجود مشاكل لحركة الكتل الصخرية، وربما يتخذون بعض الخطوات للحد من الاضرار الناجمة. في الاماكن التي تكون فيها الهياكل محمية بشكل قليل او صغير، ونطاق الانزلاق يكون ضيق، قد يكون من المجدي اقتصاديا لهياكل الجسور ان تسمح ببساطة لتدفق

الانزلاقات عليها. وعلى سبيل المثال، ان هذا العمل يمكن القيام به لحماية خطوط سكك الحديد او الطرق المستمرة على طول الوديان من الانهيارات الثلجية او الحطام الصخري وخاصة في المنحدرات الشديدة. ان هذا الحل سيكون مكلف جدا اذا استخدم على نطاق واسع، ومع ذلك، فانه لا يستخدم على الاطلاق اذا كان الاساس الهيكل قد تم بناءه في مناطق الانزلاق ايضا. هناك بعض الخطوات الاخرى التي يمكن اتخاذها للتقليل من المخاطر الفعلية للانزلاقات الارضية وهي:

**١ – الحد من المنحدر Slope Reduction.**

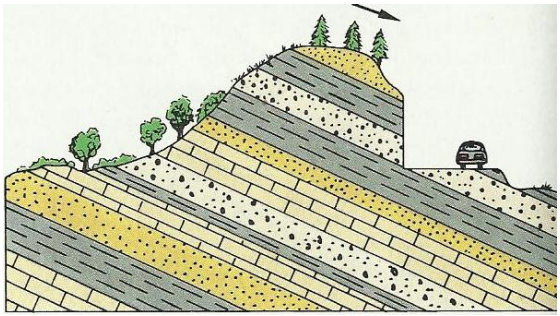
هناك العديد من الخطوات التي يمكن ان تقلل من الانزلاق الكامن في حالة الانحدارات الشديدة لكي يستقر تحت الحمولة التي يحملها وهذه الخطوات يمكن توضيحها من خلال النقاط التالية:

أ – تقليل زاوية الانحدار.

ب – أضافة مادة ساندة للمكان الذي يقع على اقدام المنحدرات لمنع الانزلاق أو التدفق على قاعدة المنحدر.

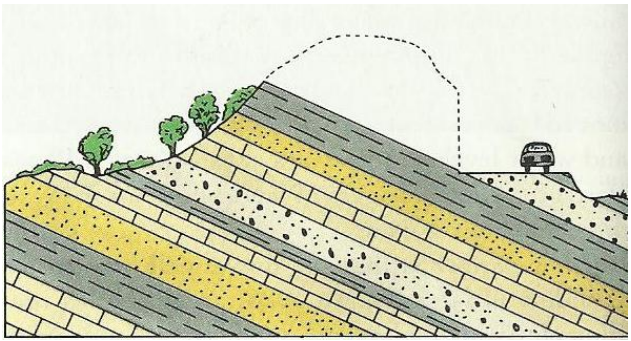
ج – تقليل الحمولة (الوزن، ضغط القص) على المنحدر بإزالة بعض الصخور او التربة (او التراكيب الاصطناعية) المرتفعة فوق المنحدر. هذه التدابير يمكن ان تستخدم بشكل موحد. اعتمادا على كيفية عدم استقرار المنحدر بالضبط ، ومن الضروري توخي الحذر عند انجازها. اذا كانت المعدات الارضية المتحركة المستخدمة لإزالة التربة الواقعة على قمة المنحدر ، على سبيل المثال ، فان الحمولة الاضافية للمعدات والاهتزاز الناتج عنها يمكن ان يحدث الانزلاقات الارضية.

الصورة (١) قبل تعديل ميل المنحدر وازالة المواد غير المستقرة على طول الطريق الذي تم انشاءه على سفوح المنحدرات .



Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 184.

الصورة(٢) بعد تعديل ميل المنحدر وازالة المواد غير المستقرة على طول الطريق الذي تم انشاءه على سفوح المنحدرات .

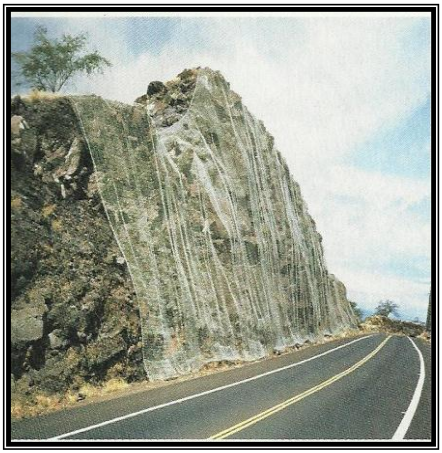


Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 184

**٢ – احتجاز الهياكل Retention Structures.**

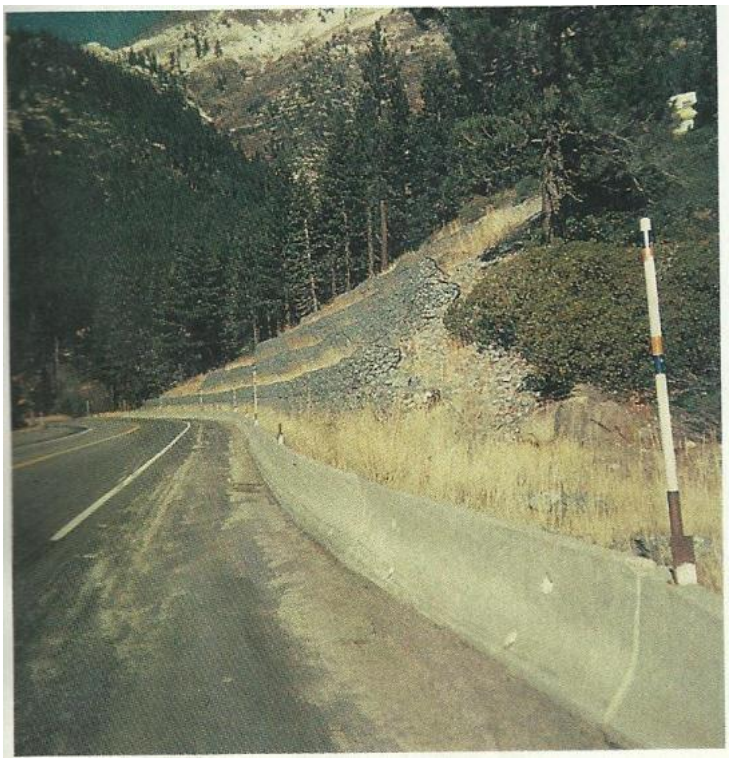
لكي تستقر الترب المكشوفة القريبة من السطح لابد من استخدام اغطية ارضية او زرع نباتات اخرى(مواد سريعة النمو تتميز بنظام جذري قوي) لكن في بعض الاحيان تكون النباتات غير كافية ، وتم وصف الاجراءات الوقائية الاخرى بانها كانت غير عملية في حالات معينة.ثم ، جدران ساندة أَو تراكيب إستقرارِ أخرى يُمْكِنُ أَنْ تُبْنَى ضدّ المنحدرِ لمحاولة مسكه في المكان نفسه .أعطتْ توزيعاتُ الإجهادِ الذي يَتصرّفُ وفق الجدران الساندةِ النجاح الكبير لهذا النوعِ كان منخفضا بشكل عام. الجدران السميكة وَضعتْ في مقدمة الانزلاق المتماسك تماما لإيقاْف حركتِه. بينما الجدران الرقيقة العالية كَانتْ أقل نجاحاً.

الصورة (٣) اكساء الاسيجة بواسطة حجزها بسلسلة على طول الطرق التي تم انشائها على سفوح المنحدرات لحماية الطريق من التساقط الصخري.



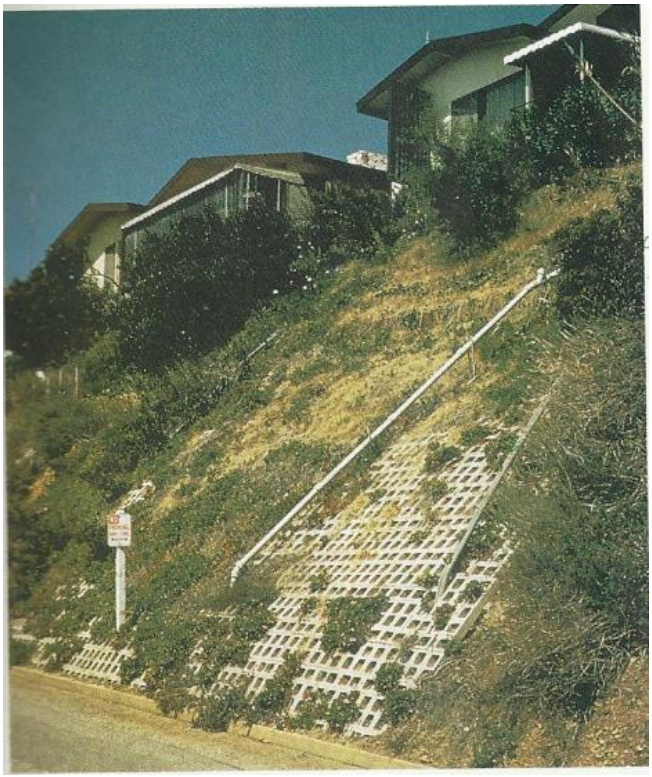
Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 184

الصورة (٤) بناء الاسيجة الكونكريتية للمحافظة على استقرار المنحدرات وحماية الطريق من الانزلاقات الارضية .



Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 184

الصورة (٥) تغطية المنحدرات التي تم تعديلها في مناطق الحطام الصخري الناتج من الانزلاقات القديمة بكتل كونكريتية للحفاظ على استقرارية المنحدرات

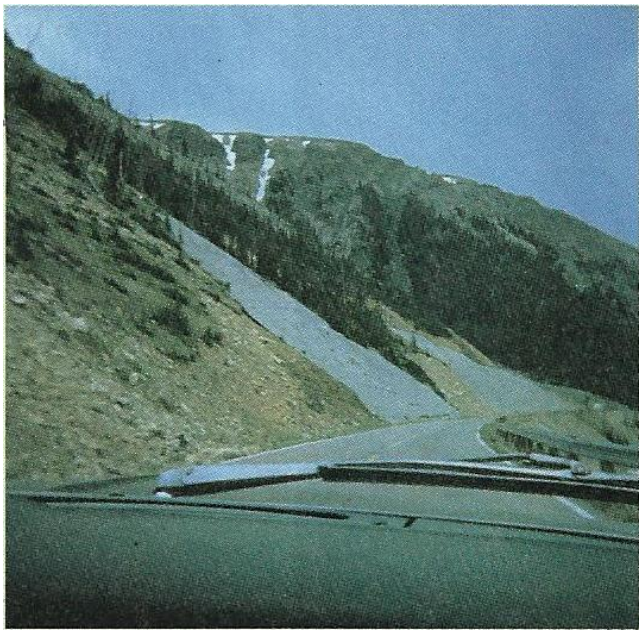


Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 186.

جرت محاولات عديدة من ثلاثة عقود او اكثر لاستقرار نطاق واسع لمعظم المنحدرات المعرضة للانزلاقات الارضية وذلك بوضع خرسانة على سطح المنحدر كما موضح في الصورة (٦)(٧) اتضح بان تجمع الماء خلف هذه الخرسانة يشكل خطرا وذلك لأنه يضيف وزن وكذلك يترتب عليه ضغط في المسامات لذلك التجأ المهندسين الى معالجة هذا الامر من خلال اضافة فتحات تصريف للماء المتجمع خلف

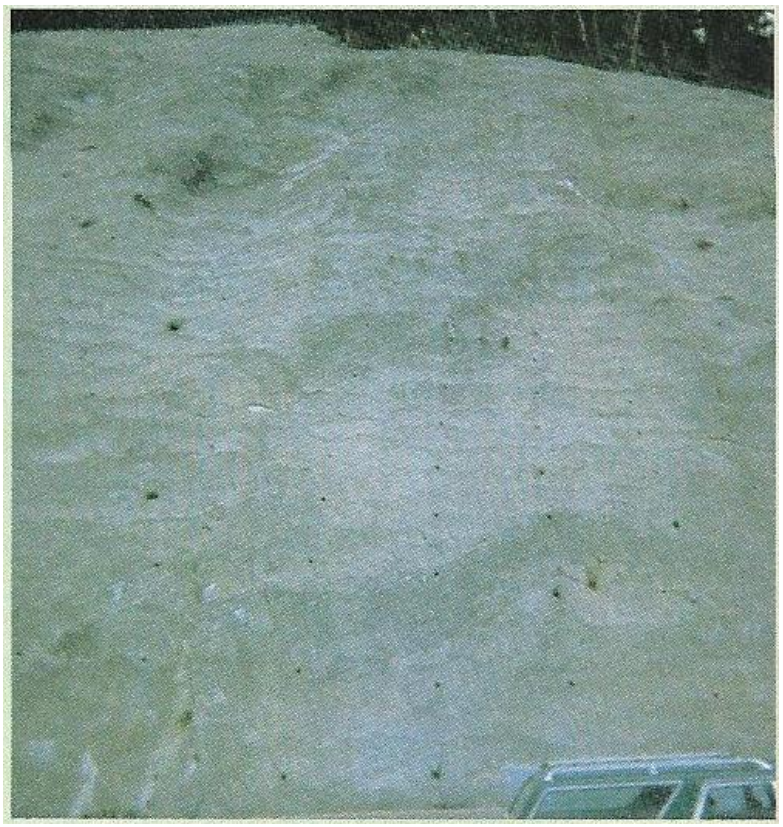
الخرسانة. والعودة لزيارة هذه الحلول المقترحة بقوة بعد ثلاثة فصول للصيف اتضح بان هذه الحلول لم تكن ناجحة وغير مؤهلة تماما. المنحدر استمر في التحرك ، والطبقة الخرسانية الرقيقة تعرضت الى الالتواء والتصدع في العديد من الاماكن. كما موضح في الصور (٨)(٩) .علاوة على ذلك ، بَعْض القيرِ الجديدِ جداً الواقع تحت احد تلك الحواجز ، كما موضح في الصورة (٨) تعرض الى ترسيب غسيل التربة في فصل الربيع الذي ادى الى نقل التربة وترسيبها على الطريق . بينما تمثل الصورة (٩) فشل التجربة لحماية استقرارية المنحدرات بواسطة تغطيته بالخرسانة.

الصورة (٦) وضع الخرسانة على سفوح المنحدرات للمحافظة على استقرارية المنحدر.



Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 185.

الصورة (٧) اضاف المهندسين فتحات تصريف لتصريف المياه التي تجمعت خلف طبقات الكونكريت التي تم تغطية المنحدر بها للحفاظ على استقراريته.

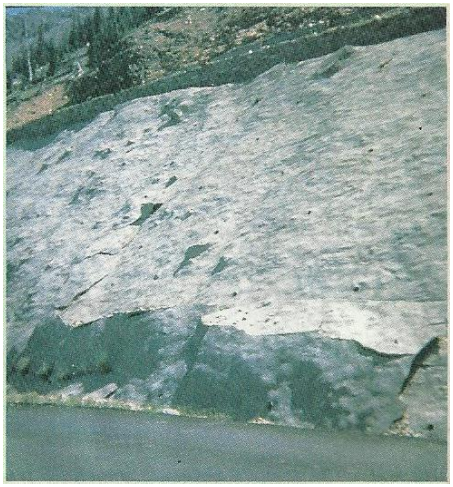


Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 185.

الصورة (٨) بوادر لتكسر الكونكريت الذي تسبب في نقل الترسبات على طول الطريق.

Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 185.

الصورة (٩) فشل تجربة الحفاظ على استقرارية المنحدر بواسطة تغطيته بالكونكريت .



Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 185.

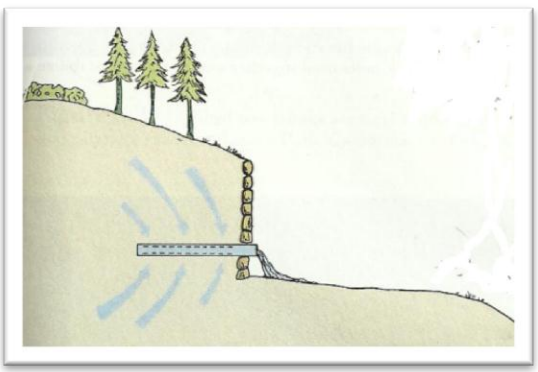
**٣ – ازالة السوائل . Fluid removal.**

بينما يمكن للماء أَنْ يَلْعبَ دور رئيسي في حركة الكتل الصخرية ، الا ان هناك استراتيجيات رئيسية اخرى لتقليل مخاطر الانزلاقات الارضية مثل تخفيض محتويات الماء أو ضغط المسامات في الصخور أو التربة. ان هذا العمل قد يتطلب تغطية السطح بالكامل بمادة غير نفاذة للماء وتحويل الجريان السطحي فوق المنحدر. بدلاً عن ذلك، هناك طريقة اخرى للتخلص من المياه وذلك طريق التصريف الداخلي وذلك بإنشاء أنظمة تجاويف boreholes تحت الارض يُمْكِنُ أَنْ تُحْفَرَ لزيَادَة التصريفِ ، وتوضع بداخلها خطوطَ الأنابيب لحمل الماء خارج منطقة الانزلاق كُلّ مثل هذه التقنيات المستخدمة لتقليل الرطوبة داخل التربة يكون عملها فعال جدا وناجحة عندما تتميز الصخور او التربة بخاصية النفاذية بشكل نسبي. اينما تكون الصخور او التربة تتميز بان حبيباتها دقيقة وتصريفها بطيء ، فان الهواء الحار قد يدخل خلال التجاويف التي تم حفرها مما يساعد على جفاف التربة والتخلص من الرطوبة الموجودة في داخلها ، ان مثل هذا التخفيض للرطوبة يخفض ايضا ضغط المسامات ويزيد المقاومة الاحتكاكية للانزلاق وبالتالي يخفف من المخاطر التي تترتب على الانزلاق. كم يلاحظ الصور (١٠) (١١) ( ١٢).

الصورة (١٠) قبل سحب المياه المحتجزة في التربة والتي تسببت بحركة دفع الجدار نحو الامام وساهم بعد استقرارية المنحدر.

Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 187.

الصورة (١١) استقرار المنحدر بعد سحب المياه



Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 187.

الصورة (١٢) تصريف المياه المحتجزة في التربة من المنحدرات على طول الطريق الذي تم انشائه في كالفورينيا.

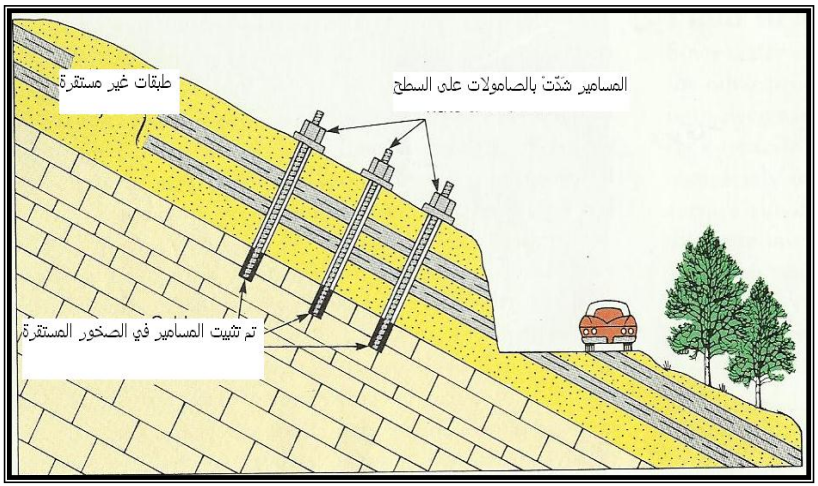
Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 187.

**٤ – تدابير اخرى لاستقرار المنحدرات.**

تقنيات اخرى لاستقرار المنحدر تلك التي تحاول ان تتضمن ايصال الانابيب العمودية الى اقدام الانزلاقات الضحلة للامساك بالصخور المنزلقة في المكان. ان هذا الاجراء يعمل به فقط عندما يكون الانزلاق صلب نسبيا وان ترب اللويس قد تتدفق ببساطة بين الانابيب ، اما في حالة الانزلاق الضعيف فان الانابيب التي يمكن ان ايصالها الى اعماق في داخل المادة المستقرة تحت ضغط الانزلاق قد تتعرض الانابيب ببساطة الى التلف والانكسار. حتى الان فان استخدام هذه التقنية لم يكن فعال بشكل كبير.

ان استخدام المسامير الصخرية لاستقرار منحدرات الصخور واحيانا الانزلاقات الصخرية كانت ناجحة جدا. ان مسامير تبيث الصخور كانت مستخدمة منذ فترة طويلة في الانفاق ومناجم التعدين لتثبيت الحوائط الصخرية. ومن المحتملُ أيضاً أحياناً تثبيت الانزلاقات الصخرية rockslide بالمسامير الفولاذيةِ العملاقةِ التي تم ايصالها الى الصخور المستقرة تحت منطقة الانزلاق. مرة اخرى ، فان هذا العمل يكون استخدامه بشكل افضل مع الكتل الصخرية المنزلقة التي تتميز بسمك رقيق من الصخور المتماسكة جدا المتواجدة على المنحدرات ذات الزوايا المنخفضة .

مخطط (٢) استخدام المسامير لتثبيت الحوائط الصخرية .




Carla . W. Montgomery, Environmental Geology , Fifth Edition , McGraw-Hill Companies ,United State of America , 1997 , p 188.

تستخدم هذه الطريقة احيانا مع المواد الصلبة التي تتضمن الترب الصلبة غير المستقرة التي تم تجفيفها او تحميصها بالحرارة ، وتكون هذه الطريقة ناجحة مع التربة الغنية بالطين أو الترب التي تم معاملتها بإسمنت البورتلاند . على اية حال إلى حد

بعيد فان الاستراتيجيات الأكثر شيوعاً تتضمن تعديلَ الحمولة والشكل الهندسي للمنحدر، والتخلص من المياه ، او مجموعة من هذه التقنيات. ان الطموحات الاكثر للجهود الهندسية تكون غالية وغالبا ما تحجز لمشاريع البناء الكبيرة وليس لمواقع البيوت الفردية.

تصميم الحدودِ المُطلقةِ لإستقرارِ المنحدرِ يكون غير دقيق من الناحية العلمية. حيث تم توضيح هذه الحقيقة في اليابان عام ١٩٦٩ عندما تم اختبار احد سفوح التلال بالقيام بإشباعه بالماء بشكل متعمد لغرض اختباره ، الا انه انزلق بشكل مفاجئ قبل الاوان وقتل عدد من الباحثين القائمين على التجربة.

## التحذير من الانزلاقات الارضية landslide warnings .

في أوائل ١٩٨٢، تسبّبَ مطرَ حادَّ في حدوث الانهيارات الأرضية التي وقعت في منطقةِ خليج سان فرانسيسكو راح ضحيتها خمسة وعشرون شخصَ وسبّبتْ أكثر من ٦٦$ مليون دولار في الاضرار ، وردَّاً على هذا الحدثِ ، بدا المسح الجيولوجي في الولايات المتحدة الامريكية بتطوير نظام الانذار للانزلاقات الارضية. قاعدة نظامِ الإنذار كَانتْ تعتمد على تطويرَ العِلاقاتِ الكمّيةِ بين كثافةِ المطرِ (كمية الماءِ لكلّ وحدة زمنية) مدّة العاصفةِ ، واختلاف خصائصِ التربةَ والمنحدرَ وعلاقتهما بالمنحدر وزاوية استقرار المنحدر، ضغط مسامات السوائل قوة القص، وهكذا. هذه العلاقات تم صياغتها لاستخدام التحليلات الاحصائية للبيانات التي تم جمعها عن الانهيارات الارضية التي حدثت في الماضي للمنحدر قيد الدراسة ، لإعطاء احتمالية او توقع تقريبي عن قيم عتبة الكثافة ومدة العاصفة فوق الانزلاقات الارضية التي يتوقع حدوثها

، اعطاء تاريخ المطر الاخير في ذلك الوقت ، معرفة كيف تشبعت التربة في وقت سابق تحت عاصفة مطرية معينة.

النظام مع ذلك ناقص أو غير كامل حيث تم اختباره في فبراير/شباطِ مِنْ ١٩٨٦. التحذيرات أُذيعتْ كإنذارات طقسِ خاصّةِ على الراديو المحليِّ ومحطاتِ التلفزيون .هذه التحذيراتِ كَانتْ بالأحرى نوعية مقياسا بالزمن ولكنها اكثر عمومية بالنسبة لمنطقة الخطر . لذلك فان التعقيد الذي تم الحصول عليه من خلال عِلْم طبقات الأرضِ والتضاريسِ وقلةِ البياناتِ المُفصّلةِ جداً على المناطقِ الصغيرةِ الفرديةِ دعى بَعْض الأجهزة الحكومية المحليّةِ بعملياتِ الإخلاء ، والكثير من هذه الاجهزة المحلية الحكومية كانت قادرة على الاستجابة الطارئة حول الانزلاقات الارضية قبل حدوثها. لقد حدثت العديد من الانزلاقات الارضية ، وكان التقدير الاجمالي للخسائر قد قدر بحدود ١٠ مليون دولار في حين تم تسجيل وفاة شخص واحد فقط .عشَر انزلاقات أرضية حدثت في اوقات معروفة بالضبط ، ثمانية منها كانت متوقعة الحدوث.

ان هذه النماذج بحاجة الى الدقة واختيار الافضل منها ، لان الهدف النهائي هو التوقع الدقيق لمكان وزمان حدوث الانزلاقات الارضية . لإنجاز هذا العمل يتطلب وجود بيانات شاملة عن الجغرافية والتضاريس المحلية . بالتأكيد الجمهور رغم ذلك غير متعود على التحذير من حدوث الانزلاقات الارضية ، لذلك فان الاستجابة كانت متفاوتة ، ولكن نجاح الجهود التي بذلت في عام ١٩٨٦ تقترح بان التوقع حول حدوث الانزلاقات الارضية له اهمية كبيرة في تخفيض الاصابات وتحسين كفاءة استجابة الوكالات الى مثل هذه الاحداث.

# الفصل الخامس

# الجيومورفولوجيا التطبيقية لأحواض الأنهر .

احتلت دراسات علم شكل الأرض التطبيقي Applied Geomorphology وعلم المياه Hydrology للأحواض المائية أهمية كبيرة من قبل الباحثين لما لها من أهمية كبيرة في حياة الإنسان ، والنبات ، والحيوان خاصة وأن الاتجاهات الحديثة في تؤكد على أهمية الدراسات علم شكل الأرض الحقلية لكافة الظواهر هذا العلم لإبراز أو توضيح الجانب النفعي الذي يمكن أن يستفيد منه الإنسان والحيوان والنبات ، وكذلك استقراء المخاطر المحتملة التي تترتب على وجود هذه الظواهر وهي عديدة ولا مجال لذكرها الآن ( الصالحي والغريري ، ٢٠٠٤ ، ص ٦٩ ) . هذا وتكتسب الأحواض المائية أهميتها بالنسبة للإنسان لكونها تشكل مصادر ثروة طبيعية واقتصادية متنوعة ، وما تحتضنه من شلالات مائية ساهمت ولازالت تساهم في توليد الطاقة الكهربائية ، وما يوجد فيها من غابات ونباتات مختلفة استغلت كمصدر للأخشاب ، ومصدر للرعي ، كذلك ما يتوفر فيها من أنشطة التعدين والتحجير طالما ساعدت تراكيبها الجيولوجية على ذلك ، وأيضا تعد هذه الأحواض المائية عامل جذب سياحي لما تمتاز به من تضرس جعلها مصايف معتدلة المناخ ، أو مشاتي تنشط فيها رياضة التزلج على الجليد .

أمام كل هذه الأهمية التي توفرها الأحواض المائية فأنها بالمقابل تكشف عن الكثير من المخاطر البيئية التي ممكن أن تهدر حياة الإنسان ، وربما تنتهي به للتنقل أو الموت وتتمثل مخاطر هذه الأحواض ، بتلوث مياهها ، وانجراف تربتها وحدوث انهيارات أرضية لصخورها ، وأخيرا الفيضانات المدمرة التي تتعرض لها الأجزاء الدنيا من أحواضها ، وهذا كله يعود إلى سوء التعامل بين الإنسان وبين هذه البيئات ، إذ يجعلها أحيانا أماكن للنفايات ، وأحيانا أخرى يكون جائرا في أسلوبه وتعامله مع هذه

البيئات سواء بالقطع الجائر لأشجارها أو الرعي المفرط لحشائشها مما يسبب اضطرابا في توازن بيئات مثل هذه الأحواض ( سلامة ، ٢٠٠٤ ، ص ١٠٦ – ١٠٧ ) .

ولا يقتصر دور المياه في الواقع على الجريان سوى القديم الذي ترك بصماته على سطح أراضي الأحواض أو الحديث الذي يرتبط بالتدفقات السيلية وغير المنتظمة والتي كثيرا ما تختزل عامل الوقت في التشكيل ، ولكن للمياه الجوفية دورا هاما في تغذية هذه الأحواض والمساهمة في تشكيل كثير من الأشكال الجيومورفولوجية وخاصة الكارستية إذا ما تهيأت الظروف لذلك ( معيوف ، ٢٠٠٤ ، ص ٤٤ ) .

**المتطلبات الرئيسية للدراسة المورفومترية للأحواض النهرية .**

لغرض دراسة الخصائص المورفومترية للحوض النهري لابد من توفير الأمور التالية :

١ – صورة جوية لمنطقة الدراسة بمقياس ١: ٢٥٠٠٠

٢ – خرائط تضاريسية بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠ والأفضل ١: ٢٥٠٠٠ .

٣ – خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة بمقياس ١: ١٠٠٠٠٠ .

٤ – جهاز استريوسكوب لتتبع الروافد غير الواضحة بالعين المجردة .

٥ – عجلة قياس لقياس الأطوال .

٦ – جهاز بلانيميتر بلاكوم لقياس المساحات على الخرائط .

٧ – تحليل المرئيات الفضائية باستخدام نظام المعلومات الجغرافي GIS لإعطاء الخصائص المورفومترية لأي حوض مائي .

**خصائص شكل الحوض .**

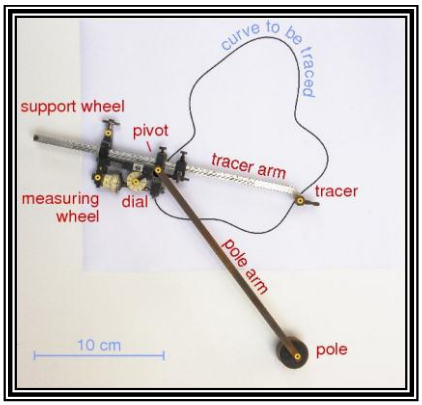
تتضمن خصائص شكل الحوض كل من نسبة الاستطالة ، ونسبة الحوض ، ومعامل شكل الحوض والتي سوف نتناولها بشيء من التفصيل وكالاتي :

## ١ – مساحة الحوض .

تعد مساحة الحوض من المتغيرات المورفومترية المهمة التي لها تأثير واضح على حجم التصريف المائي داخل الحوض ، إذ توجد علاقة طردية بين كل من مساحة الحوض وحجم التصريف المائي بشبكة التصريف النهري . ويتم ذلك عمليا باستخدام جهاز البلانيميتر بلانكوم وفيما يلي توضيح لاستخدام هذا الجهاز :

بعد أن يتم تحديد حدود الحوض من خلال الصور الجوية والخرائط التضاريسية نقوم باستخدام جهاز البلانيميتر بلانكوم حيث يتم تثبيت في ذراع الجهاز البعيد الموضح في الصورة على الطاولة (pole arm)عند نقطة القطب (pole) ثم نحرك رأس الذارع الآخر(tracer) على حواف الشكل وبالنهاية يسجل عدد دورات للفات عجل (measuring wheel) أسفل القطعة المربعة على اليسار ، ومن خلال ضربه برقم معين بجدول صغير مع الجهاز يتم استخراج المساحة . ويتم القياس وفق هذا الجهاز ثلاث مرات وبعدها يتم اخذ المتوسط ، وفي حالة وجود فروقات كبيرة في القياسات الثلاث يتم اخذ قراءة رابعة لغرض الوصول إلى الدقة المطلوبة.

صورة (١٣) جهاز بلانيميتر .




## ٢ – طول الحوض .

يعد طول الحوض احد المتغيرات المورفومترية المهمة التي ترتبط بالعديد من الخصائص الأخرى في الحوض النهري ، وحدد شام Schumm طول الحوض بأنه الخط الممتد من منطقة المصب النهري أو مصب الوادي إلى أعلى نقطة فوق منطقة تقسيم المياه بأعالي النهر أو الوادي . ويتم قياس طول الحوض باستخدام عجلة القياس من خلال تمرير عجلة القياس على طول الحوض من المنبع إلى المصب مع ضرورة معرفة مقياس الرسم لغرض استخراج طول الحوض .

## ٣ – عرض الحوض.

يعد عرض الحوض أيضا من المتغيرات المورفومترية المهمة التي تساعد في تحديد شكل الحوض من خلال النسبة بين طول الحوض إلى عرضه . ويتم تحديد عرض الحوض من خلال رسم خطوط متوازية من المصب إلى المنبع ، واخذ قياسات لكل منها ، وإيجاد متوسط عرض الحوض من خلالها . .( تراب ، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية ( ص ص ٢٠٥ – ٢٠٦ ) . ويتم استخدام عجلة القياس لغرض معرفة أطوال كل الخطوط العرضية ، ومعرفة مقياس الرسم لاستخراج عرض الوادي .

**٤ – نسبة استطالة الحوض .Elongation Ratio .**

إن هذه القرينة تم اقتراحها من قبل شوم Schumm عام 1956 ، لوصف امتداد مساحة الحوض المائي من خلال مقارنتها بالشكل المستطيل ، حيث تتراوح قيمة هذه المعادلة ما بين (٠-١) فإذا اقترب الناتج من الصفر دل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل ، في حين إن ابتعاد الناتج عن الصفر واقترابه من الواحد يعني اقتراب شكل الحوض من الشكل المستدير . وقد تم تبسيط هذه المعادلة من قبل الدكتور سعد عجيل الدراجي والباحث فلاح الفاضل عام ٢٠٠٨ لتكون في الشكل التالي :

$$\text{نسبة استطالة الحوض} = \frac{\text{ك} \times \sqrt{\text{مساحة الحوض / كم}}}{\text{أقصى طول للحوض / كم}}$$

حيث إن : ك = قيمة ثابتة مقدارها ( ١,١٢٨٢ ) .

إن دراسة نسبة استطالة الحوض ، ونسبة اختلاف هذه الاستطالة من حوض لآخر لها عدة دلالات يستنبطها الباحث لمعرفة العديد من الخصائص الجيومورفولوجية للحوض ومن هذه الدلالات هو إن الحوض المائي الذي يتميز بنسبة استطالة عالية معناه إن هذا الحوض يمر في بداية دورة التعرية بمرحلة الشباب حيث إن الأنهار عادة ما تبدأ بحفر مجاريها وزيادة أطوالها عن طريق الحت التراجعي ، ولا تمارس الحت الجانبي الذي ينتهي بزيادة عرض الحوض ، إلا في مرحلة حتيه متأخرة وبعد وصول الحت التراجعي إلى مراحل حرجة ومتقدمة . ومن خلال ذلك يستطيع الباحث أن يحدد المظاهر الجيومورفولوجية لهذا الحوض بمظاهر مرحلة الشباب المعروفة . إذ تظهر

الشلالات ، والمسارع ، والحفر الوعائية ، وشكل الوادي الذي يكون على شكل حرف v . ويكون انتشار الصخور الصلبة المظهر الأكثر انتشارا وهذا يدل على مقاومتها الشديدة لعمليات التعرية المائية ، وبالتالي فان عملية الانتقال من الحت الراسي إلى الحت الجانبي تأخذ وقتا طويلا . ومع زيادة نسبة الاستطالة يصبح التضرس محدودا وانحدار الحوض أكثر اعتدالا . إذ ينحصر التضرس الشديد في المراحل الأولى للنهر أو الوادي .

إما مناطق تقسيم المياه في الأحواض المستطيلة فإنها تكون أكثر ضيقا ، واقل تعرجا ، وأكثر انتظاما منها في الأحواض الأخرى لضعف نشاط الحت الجانبي الذي تمارسه الجريانات المائية الجانبية .

وفي حالة سقوط الأمطار الغزيرة في منطقة المنابع في الأحواض الطويلة ، فان قمة التصريف المائي أو حالة الفيضان تتأخر في وصولها إلى بيئة المصب بشكل ملحوظ بسبب طول المسافة ، وتناقص التصريف المائي الذي يتعرض إلى عمليتي التبخر والتسرب ، إضافة إلى ذلك بان هناك العديد من الجريانات أو الروافد الثانوية التي تتميز بها الأحواض الطويلة والتي تصب في المجرى الرئيسي ، والتي عادة ما تكون قصيرة ، وغير متفرعة ، وذات تصريف محدود ، وبالتالي فان ما يترتب على كل ذلك يكون الناتج الرسوبي لهذه الأحواض المستطيلة محدودا نسبيا بسبب انخفاض تصريفها المائي ، وقلة انحدارها ، وضعف طاقتها الحتية .

أما أسباب تكون الأحواض المستطيلة فقد يعود إلى عوامل تكتونية بحتة ، دون أن تتدخل عمليات الحت الخارجي في تكوين شكل الحوض ، كما هو الحال بالنسبة للأودية التي تنشأ في أماكن تتعرض للتنشيط التكتوني الذي يؤدي إلى تكوين طيات محدبة وأخرى مقعرة ، مما يترتب عليها تكوين الوديان في الطيات المقعرة التي

تنحصر بين الطيات المحدبة التي تكون الجبال . ( سلامة ، ٢٠٠٤ ، ص ١٧٨ – ١٧٩ ) ( النقاش ، الصحاف ، ص ٣٠٠ ) .

وعلى هذا الأساس فان المطلوب من الباحث ليس فقط معرفة نسبة الاستطالة ، وإنما تفسيرها وبالتالي لابد من الخروج إلى الحقل لتوثيق كل الأشكال الأرضية وقياسها على الأرض وعدم الاكتفاء بالعمل المكتبي . لذلك نورد عدد من الأمثلة التطبيقية لغرض التدريب عليها من قبل الطلبة :

مثال ١: جد استطالة حوض وادي بو مسافر إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٧٣.٢٥ كم٢ ) وان أقصى طول للحوض تساوي ( ٢١.٣٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

الحل : سوف نقوم بحل السؤال بطريقة شوم أولا :

$$\text{نسبة استطالة الحوض} = \frac{\text{طول دائرة مساحتها تكافئ مساحة الحوض /كم}}{\text{أقصى طول للحوض /كم}} \times ١٠٠$$

$$\text{بما إن قطر الدائرة التي تساوي مساحة الحوض} = \frac{\text{ك} \times \sqrt{\text{مساحة الحوض / كم} \times ٧ / ٢٢}}{\text{أقصى طول للحوض / كم}}$$

$$\text{اذا} = \frac{\text{ك} \times \sqrt{٧٣,٢٥ / \text{كم}٢ \times ٧ / ٢٢}}{\text{٢١,٣٥ كم}}$$

$$= \frac{\text{ك} \times \sqrt{٧٣,٢٥ / \text{كم} \times ٠,٣٢}}{\text{٢١,٣٥ كم}}$$

$$= \frac{\text{ك} \times \sqrt{٢٣,٤٤}}{\text{٢١,٣٥ كم}}$$

$$= \frac{٢ \times ٤,٨٤}{\text{٢١,٣٥ كم}}$$

$$= \frac{٩,٦٨}{\text{٢١,٣٥ كم}} = ٠,٤٥$$

إما إذا أردنا استخدام المعادلة التي تم تبسيطها من قبل الدكتور سعد عجيل الدراجي والباحث فلاح الفاضل عام ٢٠٠٨ فإننا نقوم بالخطوات التالية :

$$\text{نسبة استطالة الحوض} = \frac{\text{ك} \times \sqrt{\text{مساحة الحوض / كم}}}{\text{أقصى طول للحوض / كم}}$$

$$= \frac{\text{١,١٢٨٢} \times \sqrt{\text{٧٣,٢٥ / كم}}}{\text{٢١,٣٥ كم}}$$

$$= \frac{\text{٨,٥٦ × ١,١٢٨٢}}{\text{٢١,٣٥ كم}} = \frac{\text{٩,٦٥}}{\text{٢١,٣٥ كم}} = \text{٠,٤٥}$$

إذاً هناك تطابق في الحل بين المعادلتين والأمر متروك للباحث فيما يراه مناسبا لعمله ، وعليه فان هذه النتيجة التي حصلنا عليها هي (٠.٤٥ ) بمعنى إن الحوض تجاوز مرحلة الشباب وهو الآن في مرحلة النضج لذلك نتمنى أن يقوم الباحث بتوثيق الدلالات الجيومورفولوجية التي تتميز بها مرحلة النضج مثل تغير الانحدار ، وتغير شكل الوادي ، وظهور الوديان الرئيسية ، وحدوث عملية الأسر النهري ، واختفاء المظاهر المضرسة بين خطوط تقسيم المياه ، هذه أهم الملامح التي تميز الحوض الذي تم دراسته ، وعليه لا نقبل من الباحث بوضع الرقم وتجاوزه بدون تفسير وتوثيق لكل الظواهر الجيومورفولوجية التي تميز المرحلة التي يمر بها .

مثال ٢ : جد استطالة حوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي (٣٠ كم٢) وان أقصى طول للحوض تساوي ( ٢٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض . النتيجة = ( ٠.٢٤ ) .

مثال ٣ : جد استطالة حوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي (٨٥ كم٢ ) وان أقصى طول للحوض تساوي ( ١٢ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض . النتيجة = ( ٠.٨٦) .

## ٥ – نسبة استدارة الحوض Circularity .

إن هذه القرينة اقترحها ملتون (Melton,1958) لتصف مدى اقتراب خطوط تقسيم المياه والتي تمثل محيط الحوض ، من محيط دائرة منتظم بنفس الطول ، ومحيط الدائرة يمثل أقصى حالات الشكل الدائري وتبلغ في هذه الحالة أقصى مساحة لها . ولكن قد يحافظ الشكل على طول محيطه بينما تتعرض مساحته للنقصان ، ويتحقق ذلك كلما زاد تعرج المحيط ومن هذا فأن انخفاض مساحة الحوض بالنسبة لمساحة الدائرة بنفس محيط الحوض يعني تعرج هذا المحيط ، وكلما زاد تعرج المحيط قلت المساحة التي يحيط بها ، وبذلك فأن نسبة استدارة الحوض تصف مدى تعرج أو تداخل خطوط أو مناطق تقسيم المياه لحوض معين مع الأحواض المجاورة .

وتتراوح قيمة هذه النسبة بين(٠ –١) فإذا اقتربت النتيجة من الواحد تدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري وإذا اقتربت القيمة من الصفر دل على ابتعاد شكله عن الشكل الدائري . وأقصى مرحلة يمكن أن يصل إليها الحوض المائي تحدث عندما تختفي هذه التعرجات ويصبح محيط الحوض منطبقا تماما مع محيط الدائرة وبذلك يتساويا في المساحة وعندئذ نسبة الاستدارة تكون (١) وفي هذه الحالة يوصف الحوض بأنه بلغ قمة التطور والحت الجانبي والتراجعي من خلال مناطق تقسيم المياه ، وتطور الجريانات القنوية المتجاورة .

وقد تم تبسيط القرينة التي اقترحها ملتون (Melton,1958) من قبل الدكتور سعد عجيل الدراجي والباحث فلاح الفاضل عام ٢٠٠٨ لتكون على الشكل التالي :

مســـاحة الحـــوض / كم م٢

نسبة استدارة الحوض = ل × ----------

(محيط الحوض / كم )٢

حيث إن : ل = قيمة ثابتة مقدارها ( ١٢,٥٧ ) .

إذ تشير ارتفاع نسبة الاستدارة إلى الدلالات الجيومورفولوجية التالية :

١ – إن الصخور ضعيفة وذات استجابة عالية لعمليات التعرية المائية ، وبالتالي اختفاء تلك الصخور من المظهر الجيومورفولوجي .

٢ – تمتاز المجاري المائية الرئيسية بقصر طولها ، بينما تزداد أطوال الروافد الثانوية القريبة من النطاق الذي يتميز بوجود تعرية محدودة جدا ويتناقص عددها ، وهذا يعني تزايد انحدار الشبكة المائية بصورة عامة ، وارتفاع تصريفها المائي مقارنة مع الأحواض المائية التي تتميز بارتفاع نسبة استدارتها ، وبالتالي يصل الجريان المائي إلى قمته وقد يترتب على ذلك حدوث حالة الفيضان في الوادي خلال مدة قصيرة من تساقط الأمطار .

٣ – تتميز هذه الأحواض بنسبة من الرواسب التي تنقل من مكان وترسب في مكان آخر وبالتالي تتباين المظاهر الجيومورفولوجية بين الحت والترسيب والتي تساهم في تباين المظهر التضاريسي .

٤ – تشير ارتفاع نسبة الاستدارة إلى كبر المساحة الحوضية .

٥ – ترتفع نسبة الاستدارة في الأقاليم المناخية الرطبة بسبب وفرة الأمطار وارتفاع كميات الصرف المائي اللازمة لممارسة الأنهار نشاطا حتيا فاعلا والتي تتزامن مع وجود صخور ذات استجابة كبيرة لعمليات الحت المائي . وليس بالضرورة أن تعكس

استدارة الحوض عمليات الحت أو التطور الزمني وإنما قد تحدث نتيجة لعمليات تكتونية التي تساهم في تكوين الطيات المحدبة والطيات المقعرة .

إما في حالة تناقص نسبة الاستدارة فإنها تشير إلى الدلالات الجيومورفولوجية التالية :

١ – إن خط تقسيم المياه متعرج أو شديد التعرج وربما تحصل عمليات الأسر النهري في الأحواض المتداخلة .

٢ – المساحة الحوضية في أصغرها وفي بداية دورتها الحتية .

أمثلة تطبيقية :

مثال ١ : جد معدل الاستدارة لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٧٣.٢٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ٦١ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

الحل :عند استخدام المعادلة التي قام بتبسيطها الدكتور سعد عجيل الدراجي والباحث فلاح الفاضل عام ٢٠٠٨ يكون وفق الخطوات التالية :

$$\text{نسبة استدارة الحوض} = \text{ل} \times \frac{\text{مساحة الحوض / كم م}^2}{(\text{محيط الحوض / كم})^2}$$

حيث إن : ل = قيمة ثابتة مقدارها ( ١٢,٥٧ ) .

$$= ١٢,٥٧ \times \frac{٧٣,٢٥ \text{ كم}^2}{(٦١ \text{ كم})^2}$$

$$= \frac{١٢,٥٧ \times ٧٣,٢٥ \text{ كم}^2}{٣٧٢١ \text{ كم}}$$

$$= \frac{٩٢٠,١}{٣٧٢١ \text{ كم}}$$

$$= ٠,٢٥$$

يشير معدل الاستدارة التي تم الحصول عليه للدلالات الجيومورفولوجية التالية :

١ – إن خط تقسيم المياه متعرج أو شديد التعرج وربما تحصل عمليات الأسر النهري في الأحواض المتداخلة .

٢ – المساحة الحوضية في أصغرها وفي بداية دورتها الحتية .

وهذا يتطلب الخروج إلى الحقل للتأكد من هذه الدلالات الجيومرفولوجية وتحديد أشكالها الهندسية وتوثيقها بشكل ميداني .

مثال ٢ : جد معدل الاستدارة لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٥٨.٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ٣٠ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

النتيجة = ( ٠.٨١ ) .

مثال ٣ : جد معدل الاستدارة لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٥٦.٦٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ٤٠ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض . النتيجة = ( ٠.٤٤ ) .

## ٦ - *معامل شكل الحوض* Form Factor .

إن معامل شكل الحوض يوضح لنا العلاقة بين مساحة الحوض وطوله ، فإذا كانت النتيجة تصل قيمتها إلى الواحد الصحيح فان ذلك يعني زيادة نسبة مساحة الحوض على حساب طول الحوض ، ويترتب على ذلك بان يكون شكل الحوض قريبا إلى شكل المربع ، إما في حالة انخفاض النتيجة إلى اقل من ذلك فان ذلك قد يجعل شكل الحوض يقترب من شكل المثلث ،( سعدية عاكول ) ويتم تحديد معامل شكل الحوض من خلال المعادلة التالية :

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض / كم/}^{٢}}{\text{مربع طول الحوض / كم}}$$

ويشير تباين معامل شكل الحوض أو تباين نسبة العرض الى الطول الى الدلالات التالية:

**أ- مدى تقدم الحت الجانبي .**

ان تزايد عرض الحوض المائي يرتبط بصورة عامة بنشاط الحت التراجعي للروافد الجانبية ، وتتفاوت هذه الروافد في هذا النشاط وفقا لخصائصها الرئيسية ، كالانحدار ، ونوعية الصخر ، والظروف المناخية ، وان الجريانات المائية التي تمتاز بمنحدرات سحيقة وتجري فوق تكوينات صخرية ضعيفة وتهطل فوق حوضها المائي (الفرعي) كمية عالية من الأمطار توفر جريانا مائيا ذا قدرة حتيه عالية من شأنها أن تتراجع باتجاه مناطق تقسيم المياه الجانبية بمعدلات عالية مما يزيد من عرض الحوض عندها . وفي حالة وجود اختلاف في معدلات الحت التراجعي لهذه الروافد يصبح عرض الحوض غير منتظم بحيث يزداد أو يقل عرضه حسب هذه المعدلات .

**ب- تفاوت صلابة الصخر .**

يزداد النشاط الحتي التراجعي للأودية الفرعية الجانبية حيثما يصبح الصخر أكثر ضعفا مما يؤدي الى زيادة أطوالها . بينما تتطور جريانات مائية قصيرة في المناطق التي تسودها صخور صلبة لارتفاع مقاومتها الحتية.

**ج- الظروف المناخية .**

قد تتفاوت الظروف المناخية على طول محيط الحوض أو مناطق تقسيم المياه . وفي هذه الحالة تصبح الروافد التي تسودها ظروف مناخية رطبة أكثر طولا من تلك التي تنتشر في ظروف مناخية جافة بسبب شدة تأثر الحت المائي بالمناخ وبخاصة كمية الأمطار الساقطة.

**د- الحركات التكتونية .**

يمكن أن تساهم الحركات التكتونية في تفاوت أطوال الجريانات المائية الجانبية مما ينعكس في تباين اتساع الحوض المائي . فحيثما تنتشر الصدوع سواء الراسية التي تؤدي الى ارتفاع مناطق تقسيم المياه أو الجانبية التي تزيد من ضعف التكوينات الصخرية أو نشأة التواءات بشكل مقعرات تحدد مجرى واتجاه الروافد المائية تزداد فعالية الحت المائي (التراجعي) مما ينعكس في زيادة عرض الحوض بشكل ملحوظ .

## أمثلة تطبيقية :

مثال ١ : جد معامل شكل لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٥٦.٦٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ٢١.٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

الحل : عند تطبيق المعادلة التالية نقوم بالخطوات التالية :

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض / كم ٢}}{\text{مربع طول الحوض / كم}}$$

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{٥٦,٦٥ \text{ كم٢}}{(٢١,٥ \text{ كم})^{٢}}$$

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{٥٦,٦٥ \text{ كم٢}}{٤٦٢,٢٥} = ٠,١٢$$

معامل شكل الحوض يساوي (٠.١٢ ) وهذا يعني إن شكل الحوض يبتعد عن شكل المربع ويقترب من شكل المثلث مما ينعكس على كل العمليات الجيومورفولوجية وبالتالي تتغير الأشكال الأرضية لذا على الباحث الخروج إلى الحقل لتوثيق ذلك بشكل ميداني .

**أمثلة تطبيقية للتدريب :**

مثال٢ :

جد معامل شكل لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٨٠.٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ١٠ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض . النتيجة تساوي ( ٠.٨٠٥ ) .

مثال ٣ :

جد معامل شكل لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ١٢٠.٥٢ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ١٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض . النتيجة تساوي ( ٠.٥٣ ) .

## ٧ – معامل الاندماج .

يتم تحديد معامل الاندماج وفق المعادلة التالية :

$$\text{معامل الاندماج} = \frac{\text{محيط الحوض كم}}{\text{محيط الدائرة التي تكافئ مساحتها مساحة الحوض كم}}$$

وقد تم تبسيط هذه المعادلة من قبل ( الدراجي والفاضل ، ٢٠٠٨ ) لتكون بالشكل التالي :

$$\text{معامل الاندماج} = \text{د} \times \frac{\text{محيط الحوض كم}}{\sqrt{\text{مساحة الحوض كم}^2}}$$

حيث ان : د تساوي مقدار ثابت ٠,٢٨٢ .

مثال ١ :

جد معامل الاندماج لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٥٦.٦٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ٢١.٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

الحل :

$$\text{معامل الاندماج} = \text{د} \times \frac{\text{محيط الحوض كم}}{\sqrt{\text{مساحة الحوض كم}^2}}$$

$$\text{معامل الاندماج} = ٠,٢٨٢ \times \frac{٢١,٥ \text{ كم}}{\sqrt{٥٦,٦٥ \text{ كم}^2}}$$

$$\text{معامل الاندماج} = \times \frac{٠,٢٨٢ \times ٦١ \text{ كم}}{\sqrt{٧٣,٢٥ \text{ كم}^2}}$$

$$\text{معامل الاندماج} = \times \frac{١٧,٢٠٢}{٨,٥٦} = ٢,٠١$$

معامل الاندماج = ٢,٠١

**أمثلة تطبيقية للتدريب :**

مثال٢ : جد معامل الاندماج لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٨٠.٥ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ١٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

النتيجة تساوي ( ٠.٥٢ ) .

مثال ٣ : جد معامل الاندماج لحوض نهري إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ١٢٠.٥٢ كم٢ ) وان محيط الحوض يساوي ( ٣٠ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

النتيجة تساوي ( ٠.٨٣ ) .

**الخصائص التضاريسية للحوض.**

تشمل الخصائص التضاريسية للأحواض المائية ما يلي:

أ – نسبة التضرس .

ان نسبة التضرس يترتب عليها تحديد سرعة الجريان المائي ، ومن ثم كمية الرواسب التي يمكن أن تنقل من الحوض النهري ، وعليه فان زيادة نسبة التضرس تعني سرعة وصول المياه الى منطقة المصب ، وكذلك زيادة كمية الرواسب المنقولة ، ويمكن استخراج نسبة التضرس وفق قانون شوم على النحو التالي :

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{فرق الارتفاع / م}}{\text{طول الحوض / م}}$$

مثال ١ : جد نسبة التضرس لحوض نهري إذا علمت إن أعلى ارتفاع يساوي ( ٤٣٧ م ) وان طول الحوض يساوي ( ٢١.٣٥ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

الحل :

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{فرق الارتفاع / م}}{\text{طول الحوض / م}}$$

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{٤٣٧ - \text{صفر}}{٢١,٣٥ \text{ كم}}$$

ولما كان الارتفاع يقاس بالمتر فلابد من تحويل طول الحوض من الكيلومتر إلى المتر وفق الآتي :

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{٤٣٧}}{\text{١٠٠٠ × ٢١,٣٥}} = \frac{\text{٤٣٧}}{\text{٢١٣٥٠}} = \text{٠,٠٢}$$

أمثلة تطبيقية :

مثال ١ : جد نسبة التضرس لحوض نهري إذا علمت إن أعلى ارتفاع يساوي ( ٨٥٠ م ) وان طول الحوض يساوي ( ١٥.٣٥كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض . النتيجة تساوي ( ٠.٠٥ ) .

مثال ٢ : جد نسبة التضرس لحوض نهري إذا عرفت إن أعلى ارتفاع يساوي ( ١٢٠٠ م ) وان طول الحوض يساوي (١٢ كم ) . مع تفسير الدلالات الجيومورفولوجية لهذا الحوض .

النتيجة تساوي (٠.١) .

ب – المعامل الهبسومتري hypsometric integral ويتم استخراجه من خلال المعادلة التالية :

$$\textbf{المعامل الهبسومتري} = \frac{\textbf{الارتفاع النسبي للحوض}}{\textbf{المساحة النسبية للحوض}}$$

ويتم استخراج الارتفاع النسبي للحوض من خلال المعادلة التالية :

$$\text{الارتفاع النسبي للحوض} = \frac{\text{ارتفاع أي خط كنتور مختار}}{\text{أقصى ارتفاع في الحوض}}$$

ويتم استخراج المساحة النسبية للحوض من خلال المعادلة التالية :

$$\text{المساحة النسبية للحوض} = \frac{\text{المساحة المحصورة بين أي خط كنتور وبين محيط الحوض}}{\text{المساحة الكلية للحوض}}$$

أما عملية حساب المعامل الهبسومتري فيتم بعد توقيع قيم الارتفاع النسبي وما يقابلها من مساحات نسبية لعدد من خطوط الكنتور الممثلة لمناسيب الحوض المائي الممتدة ما بين منطقة المنبع وبيئة المصب على مربع طول ضلعه عشرة سم ( مثلا ) بحيث يشكل كل (١) سم ( ١٠% ) لكل من الارتفاع النسبي (الذي توقع قيمة على المحور العمودي من المربع) والمساحة النسبية (التي توقع قيمها على المحور الأفقي من المربع) . وبعد وصل نقاط التقاطع لكل من المتغيرين تحسب المساحة التي تقع أسفل المنحنى ( المنحنى الهبسومتري) ويعادل ذلك المعامل الهبسومتري للحوض ، ويعتبر المعامل الهبسومتري مقياسا زمنيا يعبر عن المرحلة الحتية التي تمر بها الأحواض المائية كما يشير إلى كمية المواد الصخرية التي لا تزال تنتظر دورها في العملية الحتية . وتكتسب الخصائص التضاريسية أهميتها من خلال انعكاسها لبعض

العوامـل البيئيــة / الحوضـية السـائدة أو الماضـية ، إضـافة لعلاقتهـا المتبادلـة مـع الخصائص الأخرى . ويمكن توضيح من خلال النقاط التالية :

**أولا – الخصائص التضاريسية ودلالاتها البيئية والحوضية :**

**أ – نوعية الصخور .**

تعد الأحواض المائية التي تسودها صخور صلبة اشد تضرسا ، وانحدارا ، ويكون تطور معاملها الهبسومتري أعلى من تلك الأحواض التي تسودها صخور ضعيفة ويصبح الانحدار أكثر تجزؤاً ، واقل انتظاما مع تنوع الصخور في الحوض المائي .

**ب – الدلالات البنائية .**

تختلـف الخصـائص التضاريسـية للأحـواض المائيـة حسـب نوعيـة وتركيـز الحركات التكتونية . وبصورة عامة فأن الارتفاع التكتوني في بيئة المنابع ، أو الهبوط التكتوني في بيئة المصب يؤديان إلى زيادة كل من التضرس ، ودرجة الانحدار كما يحافظان على ارتفاع معاملها الهبسومتري .

**ج – الظروف المناخية .**

بصورة عامة تكون الأحواض المائية في الأقاليم المناخية الجافة ، أعلى تضرسا ، واشد انحدارا ، وذات معامل هبسومتري أعلى من نظيراتها في المناخ الرطب

**د – دلالات الزمن .**

مع استمرار عمليات الحت لفترات زمنية طويلة تنتقل الأنهار في أحواضها المائية من مرحلة الشباب ، النضج ، الشيخوخة . ويرافق ذلك تناقص متزايد في كل من التضرس والانحدار والمعامل الهبسومتري .

**ثانيا – العلاقات التضاريسية – الحوضية .**

ترتبط الخصائص للأحواض المائية بكثير من الخصائص الحوضية الأخرى ومن أمثله ذلك ما يلي :

أ – نشأة علاقات ارتباط سلبية بين التضرس والانحدار من جهة وبين المساحة الحوضية وطول الحوض من جهة أخرى . بينما تصبح هذه العلاقة طردية بالنسبة للمعامل الهبسومتري.

ب – تؤدي زيادة التضرس ودرجة الانحدار إلى زيادة الكثافة التصريفية Drainage density والتكرار النهري ، وعمق الروافد ، والتصريف المائي ، والقوة الحتية ، والنتائج الرسوبي للأنهار . مما يحقق زيادة تابعة في وعورة السطح (معدل القوام الحوضي) ومعدل التشعب النهري ، والرتب النهرية.

ج – تؤدي زيادة التضرس ، ودرجة انحدار الحوض ، إلى تصعيد نشاط الأنهار في الحت والنقل ، بحيث تتزايد السعة ، والكفاءة النهرية ، ومسافة النقل الرسوبي ، مما ينتج عنه أشكال رسوبية أكثر اتساعا وابعد مسافة واقل تضرسا وذات رواسب أكثر نعومة .

## خصائص الشبكة المائية .

يمكن دراسة الشبكة المائية الحوضية من خلال دراسة الخصائص التالية والتي تعتبر متداخلة ومندمجة في النظام الحوضي الموحد وهي كالآتي :

١ – طول الشبكة المائية Stream Length .

يتم قياس أطوال الشبكة المائية للحوض باستعمال عجلة القياس ، حيث تمرر عجلة القياس على طول المجرى ثلاث مرات ويتم استخراج المعدل لنحصل في النهاية على طول المجرى النهري أو أطوال الشبكة النهرية في الحوض .

٢ – تعرج المجرى .

يتم تحديد تعرج المجرى وفق المعادلة التالية :

$$\text{تعرج المجرى} = \frac{\text{الطول الفعلي للمجرى}}{\text{الطول المستقيم}}$$

حيث يتم الحصول على الطول الفعلي من خلال تمرير عجلة القياس على كافة تعرجات النهر من المنبع إلى المصب ، ثم بعد ذلك يتم تمرير عجلة القياس على شكل خط مستقيم ممتد من المنبع حتى المصب مع التأكيد على معرفة مقياس رسم الخريطة . وبعد ذلك نقوم بتقسيم الطول الفعلي على الطول المستقيم لكي نحصل على تعرج المجرى .

وعلى سبيل المثال لو قمنا بتتبع طول المجرى الفعلي على طول الخرائط التضاريسية ووجدنا ان طوله الحقيقي يكون بحدود ( ٢٠ كم ) ، ووجدنا ان الطول المستقيم لهذا المجرى من المنبع الى المصب على شكل خط مستقيم بحدود ( ١٦،٤٥ كم ) . واردنا ان نحصل على تعرج المجرى نقوم باستخدام المعادلة التالية :

$$\text{تعرج المجرى} = \frac{\text{الطول الفعلي للمجرى}}{\text{الطول المستقيم}}$$

$$\text{تعرج المجرى} = \frac{\text{٢٠ كم}}{\text{١٦،٤٥ كم}} = \text{١،٢ كم .}$$

٣ –كثافة الصرف Drainage Density .

يتم الحصول على كثافة الصرف من خلال حساب مجموع أطوال الشبكة المائية بالكيلومتر وتقسيمها على مساحة الحوض وفق المعادلة التالية :

مجموع أطوال الشبكة المائية /كم

كثافة الصرف Drainage Density = ----------

مساحة الحوض / كم ٢

توضح كثافة الصرف مدى تأثير العوامل الجيولوجية ، والتضاريسية ، والمناخية ، والتربة ، والغطاء النباتي على شكل الحوض ونظام صرفه ، إذ تزداد كثافة الصرف في الأحواض التي تقع في المناطق شبه الجافة أكثر من المناطق الرطبة ، والسبب في ذلك يعود إلى إن كثافة الغطاء النباتي في المناطق الرطبة تعيق التدفق المائي وبالتالي يتسرب الجزء الأعظم من المياه إلى باطن الأرض . وأيضا تزداد كثافة الصرف في الأحواض التي تتميز بالتساقط الغزير مع وجود صخور صلبة وقلة الانكسارات مع وجود انحدارات شديدة . بينما تقل كثافة الصرف في المناطق التي تتواجد فيها الصخور الجيرية وفي مناطق الضعف الجيولوجي ، ويمكن تقسيم كثافة الصرف في الأحواض وفق المعيار القياسي التالي :

أ – ( ٣ – ٤ ) كم ٢ ، فان الكثافة تعد منخفضة .

ب – ( ٥ – ١٢ ) كم ٢ فان الكثافة تعد متوسطة .

ج – ( ١٣ ) كم٢ فان الكثافة تعد عالية .

التطبيق : يتم تقسيم الطلبة إلى عدة مجاميع وتعطى لكل مجموعة حوض نهري يطلب منهم القيام بقياس مجموع أطوال الشبكة المائية ، وقياس مساحة الحوض ثم القيام بتطبيق المعادلة للحصول على كثافة الصرف ثم العودة إلى المعيار الذي اشرنا إليه آنفا لمعرفة في أي صنف تقع الكثافة هل كثافة الصرف منخفضة ، أو متوسطة الكثافة ، أو عالية الكثافة ، ثم يقوم الطلبة بتفسير هذا الصنف أو ذاك من أصناف الكثافة . بمساعدة أستاذ المادة إن تطلب الأمر ذلك .

مثال تطبيقي : جد كثافة الصرف لحوض مائي تبلغ مجموع أطوال المجاري المائية فيه بحدود (٢٩٧.٥ كم ) بينما تبلغ مساحة الحوض ( ٧٣.٢٥ كم٢ ) . ثم فسر قيمة الصرف وفق المعيار القياسي الذي قمت بدراسته .

الجواب :

$$\text{كثافة الصرف Drainage Density} = \frac{\text{مجموع أطوال الشبكة المائية /كم}}{\text{مساحة الحوض / كم ٢}}$$

$$\text{كثافة الصرف Drainage Density} = \frac{\text{٢٩٧.٥ كم}}{\text{٧٣.٢٥}} = \text{٤.١ كم /كم٢}$$

كثافة الصرف = ٤.١ كم /كم٢ ، وهذا يعني إن كثافة الصرف في هذا الحوض النهري متوسطة ، وربما يعود ذلك إلى نوعية الصخور الجيرية أو إن المنطقة حديثة

التكوين ويتمكن الباحث من تفسير ذلك بالعودة إلى نوعية الصخور التي يتكون منها الحوض لإعطاء تفسير علمي دقيق .

أمثلة تطبيقية :

١ – جد كثافة الصرف لحوض مائي تبلغ مجموع أطوال المجاري المائية فيه بحدود (٥١٥ كم ) بينما تبلغ مساحة الحوض ( ٧١.٤ كم٢ ) . ثم فسر قيمة الصرف وفق المعيار القياسي الذي قمت بدراسته . ( النتيجة = ٧،٢ كم / كم٢ ) .

٢ – جد كثافة الصرف لحوض مائي تبلغ مجموع أطوال المجاري المائية فيه بحدود (٩٠٠ كم ) بينما تبلغ مساحة الحوض ( ٦٩ كم٢ ) . ثم فسر قيمة الصرف وفق المعيار القياسي الذي قمت بدراسته . ( النتيجة = ١٣،٠٤ كم / كم٢ ) .

٤ – معدل التكرار النهري Stream Frequency .

يمكن استخراج معدل التكرار النهري من خلال تقسيم عدد المجاري المائية في الحوض على مساحة الحوض وفق المعادلة التالية :

$$\text{التكرار النهري} = \frac{\text{عدد المجاري المائية}}{\text{مساحة الحوض /كم٢}} = \text{نهر في الكيلومتر المربع .}$$

يوضح التكرار النهري وفرة المسيلات المائية في كل ( كم ٢ ) والتقطيع الحاصل في شكل الحوض ، والزيادة في معدل أطوال المجاري المائية تتوافق مع الزيادة في عدد المجاري المائية في الوحدة المساحية الواحدة ، وهذا ما يحدث في الأحواض التي تتميز بالانحدار البسيط ، ونستطيع أن نفهم من خلال ارتفاع التكرار النهري في حوض ما بان هناك ضعف في نفاذية الصخور التي يتكون منها الحوض ، وسيادة الانحدارات الشديدة ، إما انخفاض التكرار النهري فانه يشير إلى إن الصخور التي يتكون منها الحوض النهري تتميز بنفاذية عالية وان الانحدار يكون بسيط .

مثال تطبيقي : جد معدل التكرار النهري لحوض مائي تبلغ عدد المجاري المائية فيه بحدود (٣٨٧ مجرى ) بينما تبلغ مساحة الحوض ( ٦٥،٥٦ كم٢ ) . ثم فسر معدل التكرار الذي تحصل عليه وفق ما درست .

الحل :

$$\text{التكرار النهري} = \frac{\text{عدد المجاري المائية}}{\text{مساحة الحوض /كم٢}} = \text{مجرى في الكيلومتر المربع .}$$

$$\text{التكرار النهري} = \frac{٣٨٧ \text{ كم}}{٥٦،٦٥ \text{/كم٢}} = ٦،٨٣ \text{ مجرى في الكيلومتر المربع .}$$

معدل التكرار النهري = ٦،٨٣ مجرى في الكيلومتر المربع ، وهذه النتيجة ليست عالية وتشير إلى وجود صخور ذات نفاذية متوسطة مع انحدار متوسط أيضا وهذه الصفات

يستطيع الباحث التأكد منها من خلال معرفة نوعية الصخور التي يتكون منها الحوض وأيضا معرفة درجات الانحدار لكي يعطي التفسير العلمي الدقيق .

أمثلة تطبيقية :

١ – جد معدل التكرار النهري لحوض مائي تبلغ عدد المجاري المائية فيه بحدود (١٢٢٣ مجرى ) بينما تبلغ مساحة الحوض ( ١٢٥،٢ كم٢ ) . ثم فسر معدل التكرار الذي تحصل عليه وفق ما درست . النتيجة = ٩،٧٧ مجرى في الكيلومتر المربع الواحد ) .

٢ – جد معدل التكرار النهري لحوض مائي تبلغ عدد المجاري المائية فيه بحدود (١٨٥ مجرى ) بينما تبلغ مساحة الحوض ( ٧٢ كم٢ ) . ثم فسر معدل التكرار الذي تحصل عليه وفق ما درست . ( النتيجة = ٢،٥٦ مجرى في الكيلومتر المربع )

٥ – متوسط طول المجرى .

يمكن الحصول على متوسط طول المجرى من خلال تقسيم كثافة الصرف على التكرار النهري وفق المعادلة التالية :

$$\text{متوسط طول المجرى} = \frac{\text{كثافة الصرف}}{\text{التكرار النهري}}$$

مثال تطبيقي : جد متوسط طول المجرى لحوض مائي بعد أن تم استخراج قيمة كثافة الصرف فيه والتي تساوي ( ٤،١١ كم / كم ٢) وقيمة معدل التكرار النهري تساوي ( ٩،٧٧ مجرى في الكيلومتر المربع ) .

الحل :

$$\text{متوسط طول المجرى} = \frac{\text{كثافة الصرف}}{\text{التكرار النهري}}$$

$$\text{متوسط طول المجرى} = \frac{\text{٤،١١ كم / كم ٢}}{\text{٩،٧٧ مجرى في الكيلومتر المربع )}} = \text{٠،٤٢ / كم .}$$

١ – جد متوسط طول المجرى لحوض مائي بعد أن تم استخراج قيمة كثافة الصرف فيه والتي تساوي ( ٣،٢ كم / كم ٢) وقيمة معدل التكرار النهري تساوي ( ٦،٨٣مجرى في الكيلومتر المربع ) . ( النتيجة = ٠،٤٧ /كم . ) .

٦ – معدل بقاء المجاري المائية .

يمكن الحصول على معدل بقاء المجاري المائية من خلال تقسيم مساحة الحوض على مجموع أطوال المجاري المائية وفق المعادلة التالية :

$$\text{معدل بقاء المجاري المائية} = \frac{\text{مساحة الحوض كم٢}}{\text{مجموع أطوال المجاري المائية}}$$

مثال تطبيقي : جد معدل بقاء المجاري المائية لحوض مائي إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ٥٦،٦٥ كم٢ ) وان مجموع أطوال المجاري المائية يساوي ( ١٨١،٥ كم ) .

الحل :

$$\text{معدل بقاء المجاري المائية} = \frac{\text{مساحة الحوض كم٢}}{\text{مجموع أطوال المجاري المائية}}$$

$$\text{معدل بقاء المجاري المائية} = \frac{٥٦،٦٥ \text{ كم٢}}{١٨١،٥} = ٠،٣١$$

أمثلة تطبيقية :

١ – جد معدل بقاء المجاري المائية لحوض مائي إذا علمت إن مساحة الحوض تساوي ( ١٢٥،٢ كم٢ ) وان مجموع أطوال المجاري المائية يساوي ( ٥١٥ كم ) .( النتيجة = ٠،٢٥ ).

٢ – إذا علمت إن حوض نهري تبلغ مساحته (١٢٥،٢ كم٢) ، وتبلغ عدد المجاري المائية فيه بحدود (١٢٢٣) بينما يبلغ مجموع أطوال المجاري المائية فيه بحدود (٥١٥ كم) . المطلوب إيجاد كل الخصائص الحوضية التالية :

أ – كثافة الصرف .

ب – معدل التكرار النهري .

ج – متوسط طول المجرى .

د – معدل بقاء المجاري المائية .

٣ – إذا علمت إن حوض نهري تبلغ مساحته (٥٦،٦٥ كم٢) ، وتبلغ عدد المجاري المائية فيه بحدود (٣٨٧) بينما يبلغ مجموع أطوال المجاري المائية فيه بحدود (١٨١،٥ كم) . المطلوب إيجاد كل الخصائص الحوضية التالية :

أ – كثافة الصرف .

ب – معدل التكرار النهري .

ج – متوسط طول المجرى .

د – معدل بقاء المجاري المائية .

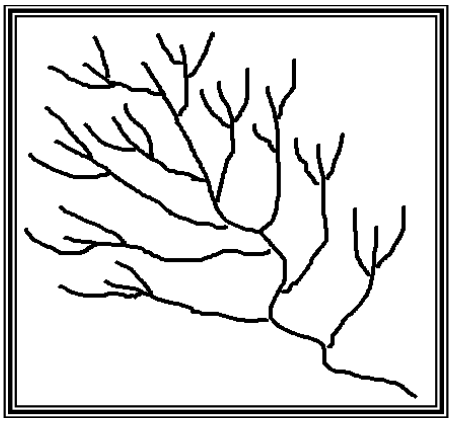
٧ – رتبة المجرى Stream Order .

اقترحت عدة طرق لتحديد الرتب النهرية كان أولها هورتن Horton ثم ستريلر Strahler ، ثم شريف Shreve وأخيرا شايديغر Scheidegger ، ويعد نظام ستريلر الأكثر تطبيقا في دراسة الأحواض النهرية ، إذ يعطي الروافد التي تلتقي بأخرى ولا يصب فيها أي رافد الرتبة الأولى ، وتتكون الرتبة الثانية من التقاء رافدين من روافد الرتبة الأولى ، وتتكون الرتبة الثالثة من التقاء رافدين من روافد الرتبة الثانية ، وهكذا فان الروافد تزداد رتبة إذا التقت بروافد من نفس رتبتها ، كما إن الرتبة الأعلى تسود

الرتبة الأقل بمعنى إذا التقت قناة من الرتبة الثالثة مع قناة من الرتبة الخامسة فان القناة تستمر بعد الالتقاء بالرتبة الخامسة ولا تتغير لان الرتبة التي التقت بها اقل منها رتبة ، وعادة ما يمثل المجرى الرئيسي في الحوض الرتبة الأعلى . كما يتم تصنيف رتب الأحواض المائية تبعا لذلك .

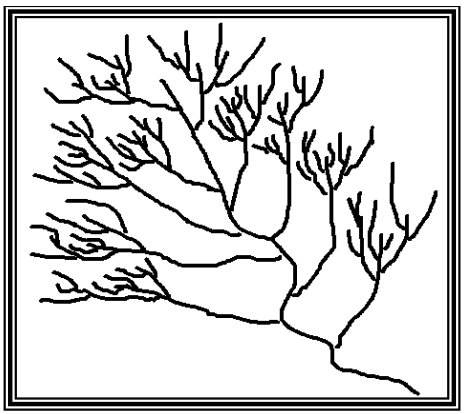
مثال تطبيقي : حدد المراتب النهري للحوض النهري الموضح في الشكل التالي :

مخطط (٣) تحديد المراتب النهرية للحوض النهري



مثال تطبيقي : حدد المراتب النهري للحوض النهري الموضح في الشكل التالي :

مخطط (٤) تحديد المراتب النهرية للحوض النهري.



٨ – معدل التشعب النهري Bifurcation Ratio .

يمكن الحصول على معدل التشعب النهري من خلال تقسيم عدد الروافد في مرتبة عليا على عدد الروافد في رتبة لاحقة كما في المعادلة التالية :

$$\text{معدل التشعب النهري} = \frac{\text{عدد الروافد من رتبة عليا}}{\text{عدد الروافد من رتبة لاحقة}}$$

إن معدل التشعب النهري يصف مدى الاختصار أو الاندماج الذي تخضع له الروافد المائية مع تطورها أو زيادة رتبها النهرية وعادة يتناقص عدد المجاري المائية مع تزايد رتبها بحيث يقتصر الأمر في النهاية على مجرى واحد من أعلى رتبة بينما يتزايد العدد إلى أقصاه في الرتبة الأولى .

مثال تطبيقي : جد معدل التشعب النهري لحوض مائي يتكون عدد مجاري المرتبة الأولى (٩٥٦ ) وعدد مجاري المرتبة الثانية ( ٢٠٧ ) وعدد مجاري المرتبة الثالثة ( ٤٦ ) وعدد مجاري المرتبة الرابعة (١٠ ) وعدد مجاري المرتبة الخامسة ( ٣ ) وعدد مجاري المرتبة السادسة ( ١ ) . ثم بين أهمية تحديد معدل التشعب النهري .

الحل :

$$\text{معدل التشعب النهري} = \frac{٩٥٦}{٢٠٧} = ٤،٦٢$$

٢٠٧

معدل التشعب النهري = ---------- = ٤،٥

٤٦

٤٦

معدل التشعب النهري = ---------- = ٤،٦

١٠

١٠

معدل التشعب النهري = ---------- = ٣،٣٣

٣

٣

معدل التشعب النهري = ---------- = ٣

١

جدول (١٠) معدل التشعب النهري

| الرتبة | عدد المجاري | نسبة التشعب |
|---|---|---|
| الرتبة الأولى | ٩٥٦ | – |
| الرتبة الثانية | ٢٠٧ | ٤،٦٢ |
| الرتبة الثالثة | ٤٦ | ٤،٥ |
| الرتبة الرابعة | ١٠ | ٤،٦ |
| الرتبة الخامسة | ٣ | ٣،٣٣ |
| الرتبة السادسة | ١ | ٣ |

أمثلة تطبيقية :

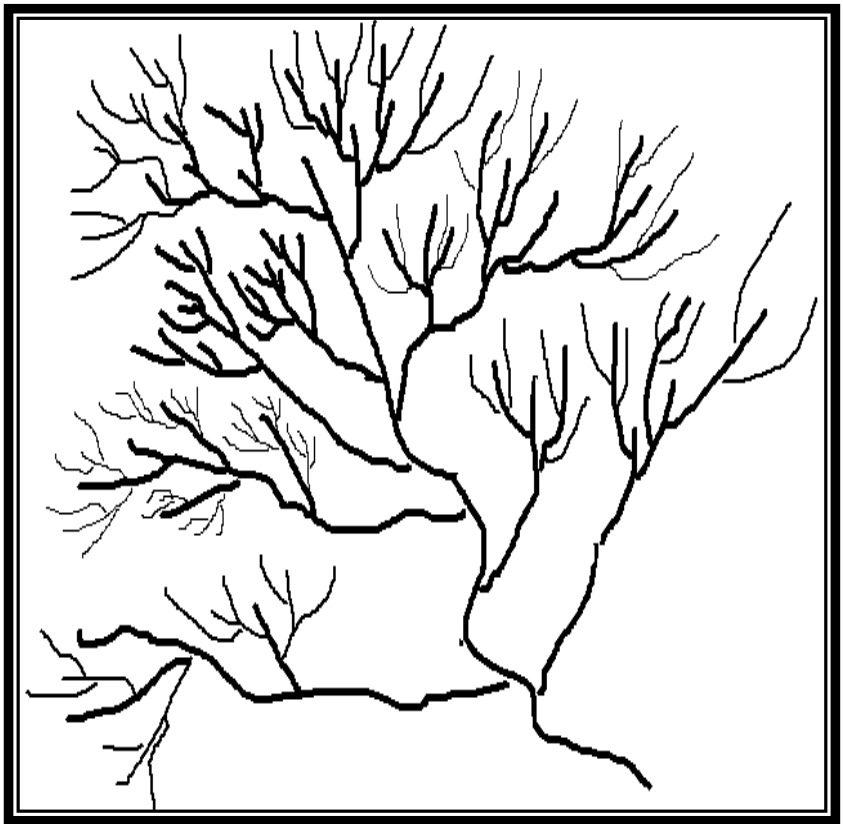
١ – جد معدل التشعب النهري لحوض مائي يتكون عدد مجاري المرتبة الأولى (٩٢٠ ) وعدد مجاري المرتبة الثانية ( ٢٠١ ) وعدد مجاري المرتبة الثالثة ( ٤١ ) وعدد مجاري المرتبة الرابعة (٩ ) وعدد مجاري المرتبة الخامسة ( ٢ ) وعدد مجاري المرتبة السادسة ( ١ ) . ثم بين أهمية تحديد معدل التشعب النهري .

٢ – جد معدل التشعب النهري لحوض مائي يتكون عدد مجاري المرتبة الأولى (٨٩٠ ) وعدد مجاري المرتبة الثانية ( ١٩٠ ) وعدد مجاري المرتبة الثالثة ( ٣٩ ) وعدد مجاري المرتبة الرابعة (١١ ) وعدد مجاري المرتبة الخامسة ( ٣ ) وعدد مجاري المرتبة السادسة ( ١ ) . ثم بين أهمية تحديد معدل التشعب النهري .

٣ – جد معدل التشعب النهري لحوض مائي يتكون عدد مجاري المرتبة الأولى (١٠٩٥ ) وعدد مجاري المرتبة الثانية ( ٢٢٧ ) وعدد مجاري المرتبة الثالثة ( ٥٦ ) وعدد مجاري المرتبة الرابعة (١٥ ) وعدد مجاري المرتبة الخامسة ( ٥) وعدد مجاري المرتبة السادسة ( ١ ) . ثم بين أهمية تحديد معدل التشعب النهري .

٤ – حدد عدد المراتب النهرية ومعدل التشعب النهري للحوض الموضح في الشكل التالي :

مخطط (٥) تحديد عدد المراتب النهرية ومعدل التشعب النهري لحوض نهري مقترح.



# الفصل السادس

# الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الأنهار .

المقدمة .

بعد ان قام الباحث بدراسة الاحواض النهرية لابد له من متابعة القيام بالدراسة الميدانية للأنهار ، وهذا يتطلب تهيئة كل متطلبات الدراسة الميدانية لغرض دراسة المقاطع العرضية والطولية للأنهار، ثم القيام بدراسة المظاهر الجيومورفولوجية لكل مرحلة من مراحل النهر ، والتعرف على القيام بقياس تصريف تلك الانهار ، ودراسة انواع الحمولة التي تقوم بها تلك الانهار .

**متطلبات الدراسة الميدانية.**

قبل البدء بالقيام بالدراسة الميدانية لابد من توفر الأدوات التي يستخدمها الباحث لغرض إجراء القياسات الميدانية للظواهر الجيومورفية وهذه الأدوات هي :

أولا – المرئيات الفضائية .

ثانيا – الصور الجوية .

ثالثا – الخرائط التضاريسية بمقياس ١ / ٥٠٠٠٠ .

رابعا – الادوات الحقلية .

١ – الدراسة الميدانية للأشكال الأرضية الحتية للأنهار والتي تتضمن النقاط التالية :

أ – قياس المقطع العرضي للنهر .

يتم قياس المقطع العرضي بطريقتين الاولى هي الطريقة التقليدية التي تتمثل بالقياس بواسطة الحبل وشريط القياس بعد تقسيم النهر الى عدة اجزاء متساوية يتم فيها قياس العرض والعمق ، والطريقة الثانية هي باستخدام جهاز (ADCP)(RDI Rio Grande) حيث يتم من خلال استخدام هذا الجهاز تحديد ورسم المقاطع العرضية وتحديد ارتفاع

منسوب مستوى سطح الماء في النهر مقارنة مع مستوى سطح البحر. وقد استخدم الباحثين طرق اخرى او مقاييس اخرى لتوضيح ابعاد المقاطع العرضية منها ما يلي:

١ – نسبة عرض المجرى/ متوسط العمق .Width/Depth Ratio .

حيث يعبر هذا المقياس عن مدى تفلطح اشكال المقاطع العرضية ، وتعكس دور الخصائص الهيدرولوجية التي ساهمت في اعطاء الشكل النهائي لأي مقطع عرضي في النهر ، ويتم استخراج هذا المقياس بواسطة المعادلة التالية :

$$F = \frac{W}{D}$$

حيث ان :

F – تعني معامل الشكل.

W – تعني عرض المجرى.

D – تعني عمق المجرى .

فاذا كانت قيمة F منخفضة دل ذلك على ان عمق النهر اكبر من عرضه وهي تدل ايضا على ارتفاع تصريف المياه وبالتالي قدرة النهر على الحت ، ويحدث عكس ذلك اذا كانت قيمة F مرتفعة .

٢ – قيمة الشكل الهندسي .

اقترح هذا المقياس من قبل (Fahnestock,R,K, 1963) لدراسة مدى تماثل اعماق القطاع الواحد ، او بمعنى اخر لقياس درجة وعورة القاع ، ويتم قياسه وفق المعادلة التالية :

اقصى عمق للمقطع Bank Full Depth

قيمة الشكل الهندسي ----------

متوسط عمق المقطع Mean Depth

فاذا كانت النتيجة تساوي (١) فان المقطع العرضي يأخذ الشكل المستطيل (Rectangular) ، واذا كانت النتيجة تساوي (١.٥) فان المقطع العرضي يأخذ شكل قطع مكافئ (Parabolic ) ، وعندما تكون النتيجة (٢) فان المقطع العرضي يأخذ شكل المثلث (Triangular).

ب – قياس المقطع الطولي للنهر .

ج – قياس انحدار النهر .

د – قياس ارتفاع الشلالات وتوثيقها إن وجدت .

هـ – قياس أبعاد الحفر الوعائية وكثافتها بالإضافة إلى توثيقها في حالة الأنهار الجافة

و – قياس طول المسارع المائية وتوثيقها .

ز – قياس أبعاد الجنادل وتوثيقها .

ح – التحري عن ظاهر الأسر النهري إن وجدت من خلال متابعة التغيرات الحاصلة في خط تقسيم المياه .

٢ – الدراسة الميدانية للأشكال الأرضية الترسيبية للأنهار والتي تتضمن النقاط التالية :

أ – قياس أبعاد السهل الفيضي .

ب – قياس أبعاد المنعطفات النهرية .

– طول الثنية /كم .

– اتساع الثنية /كم .

– نصف قطر التقوس / كم .

ج – قياس أبعاد الجزر النهرية .

– الطول .

– العرض .

– الشكل .

– البعد عن ضفة النهر .

د – قياس أبعاد البحيرات الهلالية .

هـ – قياس أبعاد الجسور الطبيعية .

و – قياس أبعاد المدرجات النهرية .

ح – قياس أبعاد الدلتا .

٣ – قياس حمولة النهر من خلال النقاط التالية :

رغم وجود صعوبة كبيرة في قياس حمولة النهر بسبب اختلاف نوعية الحمولة وكميتها وكذلك تغير المقاطع العرضية والطولية للأنهار، إلا إن العلماء لم يتوقفوا عند ذلك وإنما اجتهدوا في إيجاد طرق لقياس الحمولة النهرية يمكن توضيحها بالشكل التالي :

١ – قياس الحمولة العالقة .

يتم قياس الحمولة العالقة وفق الخطوات التالية :

أ – اخذ عينة من الماء من النهر بواسطة قنينة بحجم لتر واحد مغطاة بغطاء من فلين أو مطاط يحتوي على فتحتين فيهما أنبوبان احدهما لدخول الماء والآخر لخروج الهواء من القنينة ، وبعد اخذ العينات المائية التي تحتوي على الرواسب العالقة تفرغ في قناني أخرى مغلقة لنقلها إلى المختبر .

ب – تهيئة ورقة ترشيح والقيام بوزنها .

ج – ترشيح عينة الماء بواسطة ورقة ترشيح filter paper .

د – تجفيف ورقة الترشيح عند درجة حرارة تصل إلى (١٠٥) درجة مؤية .

هـ – يتم حساب وزن الرواسب المتبقية في الورقة من خلال طرح وزن ورقة الترشيح قبل البدء بترشيح الماء من وزن ورقة الترشيح بعد ترشيح الماء عليها وتجفيفها لكي نتعرف على وزن المادة العالقة .

وبعملية حسابية يمكن معرفة كمية الرواسب على عرض النهر وبمستويات متعددة ، يتم تحويل كمية هذه الرواسب طبقا لكمية التصريف النهري في ذلك اليوم مقدرة بالكيلوغرام في المتر المكعب الواحد من التصريف . ويمكن حساب مجموع تصريف الرواسب العالقة في النهر /غم = كمية الرواسب العالقة في اللتر /غم × تصريف النهر بالأمتار المكعبة .

٢ – الحمولة الزاحفة .

تنقل الحمولة الزاحفة بالتدحرج أو الانزلاق قرب قاع النهر مع زيادة معدلات تحركها أثناء الفيضانات حيث تزداد كفاءة النهر وطاقته وتتحرك بالتالي المفتتات كبيرة الحجم بفعل دفع المياه لها أو بفعل الجاذبية ، ويتم قياس الحمولة الزاحفة عن طريق وضع مصائد للرواسب حيث يتم حفر حفرة في مجرى النهر لتسمح للرواسب بالتراكم فيها بحيث يمكن انتشالها خلال فترة يتم تحديدها من قبل الباحث والقيام بوزنها .

وهناك طريقة أخرى لقياس الحمولة الزاحفة تتمثل بإلقاء شبكة حديدية في مواقع مختارة من النهر وفي عدة أماكن بحيث تكون فتحتها معاكسة لمجرى التيار وتبقى الشبكة على قاع النهر لمدة تتراوح بين (١٠ – ٣٠ ) دقيقة ثم ترفع ويتم تصنيفها وفق

أحجامها ثم بعد ذلك يتم وزنها ، ويتم اخذ رصدات متعددة على هذا الشكل وأخيرا تجمع أوزان الرواسب المستخرجة من القاع وتقارن بكمية التصريف المائي لذلك اليوم .

٣ – الحمولة الذائبة .

يتم قياس الحمولة العالقة في النهر من خلال تحليل عينة المياه التي تم الحصول عليها سابقا لمعرفة الأملاح الذائبة في مياه النهر للعناصر ذات الشحنات الموجبة الكاتيون مثل الصوديوم ، والكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والمغنيسيوم ، وتحديد العناصر ذات الشحنات السالبة الايونات مثل الكلور ، والكاربونات ، والبيكاربونات ، والكبريتات . وعلى ضوء تلك التحليلات يتم معرفة مدى ملائمة المياه للأغراض والنشاطات البشرية المختلفة .

## ٤ – **قياس تصريف النهر.**

يتطلب قياس التصريف المائي ما يأتي :

أولا – اختيار قناة نهرية تتوفر فيها الشروط الأساسية للقياس عند اختيار مكان محطة القياس .ويمكن حصر هذه المواصفات كالآتي :

١ – أن تكون القناة النهرية مستقيمة ذات مقطع عرضي وانحدار للضفاف متماثلة من الجانبين، وان تكون استقامة القناة النهرية قبل محطة القياس ضعف استقامة القناة بعد محطة القياس .

٢ – إن القناة النهرية خالية من أي عقبات تعيق التصريف مثل الصخور والجلاميد الكبيرة والنباتات التي تعيق حركة الماء .

٣ – أن يكون الماء عميقا والضفاف عالية .

٤ – وضع محطة القياس في مكان يمكن الوصول إليه بسهولة .

٥ – أن تكون أعماق وأبعاد النهر ثابتة خلال فترة القياس .

٦ – أن يكون اتجاه حركة الماء داخل القناة النهرية مع اتجاه حركة الرياح .

**ثانيا – اختيار الوسائل المناسبة لقياس التصريف .**

هناك عدة وسائل مستخدمة في قياس التصريف منها ما يطلق عليه طرق القياس المباشرة التي تشمل ، طريقة المحاليل المخففة ، وطريقة استخدام المنشآت الاصطناعية مثل القنوات المائية أو السداد الطبيعية ، وطريقة قياس المقطع العرضي للقناة وضربه في سرعة الماء ، أو استخدام الطرق غير المباشرة مثل استخدام الطريقة الإحصائية في اشتقاق منحنى المعايرة . ونظرا لكون طريقة قياس المقطع العرضي هي الأكثر شيوعا لذلك سوف نتطرق إليها بشكل مفصل وبما إن عمليات قياس التصريف المائي تختلف بين الأنهار والوديان الضحلة والعميقة لذا سيتم معالجة ذلك كلا على حدة وكالاتي :

١ – قياس تصريف الأنهار والوديان الضحلة ( ٢٠ – ١٢٠ سم) .

يتطلب قياس تصريف الأنهار والوديان الضحلة إتباع الخطوات التالية :

أ – تحديد مسافة طولها (٢٠ ) متر على طول ضفة النهر ووضع علامة تحدد ذلك.

ب – قياس عرض النهر بواسطة شريط المساحة وتسجيله بالجدول المعد مسبقا في دفتر الملاحظات .

ج – تثبيت شواخص حديدية على عرض النهر وعلى بعد خمسة أمتار بين الواحدة والأخرى .

د – قياس عمق الماء في النقاط السالفة الذكر وتسجيله في الجدول المعد مسبقا في دفتر الملاحظات .

هـ – قياس سرعة الماء ويتم ذلك وفق طريقتين هما :

الطريقة الأولى إذا كان عمق الماء اقل من (٥٠ ) سم يتم رمي فلينة في عرض المجرى ومتابعته جريانها زمانيا بواسطة ساعة توقيت من بداية تحركها حتى وصولها إلى نقطة النهاية التي تبعد عشرين مترا ، ثم تعاد هذه العملية عدة مرات ومن نقاط مختلفة على طول عرض النهر ، حيث يسجل الوقت الذي تقطعه الفلينة في كل مرة وبعملية حسابية بسيطة يتم استخراج سرعة الماء الجاري في الثانية في النقاط المتعددة على طول عرض الوادي ، ويتم استخراج متوسط السرعة لجميع النقاط عن طريق قسمة مجموع السرع على عدد النقاط المأخوذة فيها تلك السرع .

$$\text{سرعة الماء} = \frac{\text{المسافة (٢٠ م)}}{\text{الزمن (١٠ ثانية )}} = ٢ \text{ متر / ثانية .}$$

الطريقة الثانية إذا كان العمق أكثر من (٥٠ سم ) يقاس بواسطة جهاز قياس سرعة الماء Current Meter ، حيث يثبت الجهاز في شاخص حديدي متدرج الارتفاع إذ يمكن قياس عمق وتثبيت دوارة الماء فيه وتبدأ سرعة الماء عن طريق حساب عدد الدورات التي تدور فيها دوارة الماء في الثانية ، وتعاد الطريقة مرتين أو ثلاثة مرات ثم يتم اخذ المتوسط الحسابي لعدد الدورات ونعيد العملية نفسها في بقية النقاط المؤشرة في محطة القياس ، وبعد الانتهاء من قياس وتسجيل دورات الجهاز في الجدول الخاص تقارن هذه الدورات مع جدول خاص بالجهاز حيث يبين لنا سرعة الماء مقابل عدد الدورات المعينة وبهذه الطريقة نتمكن من قياس سرعة الماء في النقاط المؤشرة في مجرى النهر .

ز – يتم استخراج التصريف النهري من خلال الطريقة التالية :

مساحة المقطع العرضي للنهر × متوسط سرعة الماء.

ويمثل الناتج التصريف النهري أو تصريف الوادي في الثانية الواحدة من تلك النقطة ويقدر عادة بالأمتار المكعبة .

٢ – قياس مناسيب وتصاريف الأنهار العميقة ( أكثر من ١٢٠ سم) .

يتطلب قياس مناسيب وتصاريف الأنهار التي يزيد عمقها على (١٢٠ سم) إلى تثبيت شاخص حديدي أو خشبي مؤشر عليه الارتفاع بالسنتمترات وبألوان حمراء أو سوداء على الشاخص المدهون باللون الأبيض ، تثبت هذه الشاخصة على مستوى ينخفض عن ادني مستوى للماء على مدار السنة ، فقد تثبت في احد جانبي النهر وبشكل ثابت بحيث لا يمكن تحريكها أو زحزحتها بواسطة الماء أو غير ذلك أو تعلق على احد الدعائم الخشبية أو الكونكريتية للجسور أو السدود السابلة المقامة على عرض النهر بحيث يكون مستوى هذه الشاخصة ادنى من المستوى الواطئ جدا لمياه النهر خلال السنين الماضية . يتم من خلال هذا الشاخص قراءة منسوب الماء في النهر في جميع الأوقات والأيام والأشهر القادمة .

يتم قياس تصريف النهر من المنطقة المحددة سلفا والتي تتصف بتغير الظروف المثالية لعملية القياس كتوفر جسر للسابلة عائم أو بناء غرفة معلقة متحركة على سلك مربوط بين عمودين متينين على جانبي النهر أو استخدام زورق بقياس صغير أحيانا مربوط بسلك يقطع عرض النهر في منطقة قياس التصريف ، ثم تبدأ بقياس التصريف النهري وفق الخطوات التالية :

١ – قياس عرض النهر بالأمتار.

٢ – تقسيم عرض النهر إلى نقاط متعددة تبعد عن بعضها بأبعاد متساوية طبقا لعرض النهر( إذا كان عرض النهر لا يزيد على(٢٠) متر تحدد المسافة بمترين ، وإذا كان عرضه (٢٠ – ٥٠) متر تحدد المسافة بخمسة أمتار وإذا كان عرض النهر بين ( ٥٠ – ١٠٠) متر تحدد المسافة بعشرة أمتار وإذا كان عرضه أكثر من ذلك فتحدده بعشرين متر بين نقطة وأخرى ) .

٣ – قياس عمق النهر في النقاط المذكورة في الفقرة الثانية ( بواسطة سلك حديد مربوط في نهايته ثقل يتفاوت بين ( ٥ – ٥٠ كغم ) بغية نزول السلك المعدني بشكل عمودي ليبين عمق الماء الحقيقي ، إذا يؤدي تيار الماء إلى سحب السلك المعدني لمسافة بعيدة عن الوضع الشاقولي أحيانا ) وتسجل هذه القياسات في دفتر خاص .

٤ – قياس سرعة الماء في النقاط المذكورة في الفقرة السابقة وعلى مستويات متعددة هي ( ٠.٢ – ٠.٤ – ٠.٦ – ٠.٨ ) من السطح وعند القاع إذ تختلف سرعة الماء من السطح حيث تكون أعظمها قريبة من السطح وأدناها عند القاع وعادة ما يؤخذ قرائتان الأولى بالقرب من سطح الماء والثانية قريبة من القاع ثم استخراج متوسط السرعة عن طريق قراءة التسجيلات الخمسة وقسمتها على خمسة أو جمع القرائتين الأخيرتين وقسمتهما على اثنين لاستخراج متوسطة السرعة في النقطة المحددة

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{السرعة عند السطح} + \text{السرعة عند القاع}}{٢}$$

٥ – يستخرج مساحة المقطع المائي المحصورة بين النقاط المذكورة وذلك بإيجاد متوسط العمق من خلال جمع العمق الأول مع العمق الثاني وقسمته على اثنان .

مساحة المقطع الأول = متوسط العمق × عرض المقطع .

مساحة المقطع الثاني = متوسط العمق × عرض المقطع .

مساحة المقطع الثالث = متوسط العمق × عرض المقطع .

وهكذا لبقية المقاطع الأخرى . بهذه الطريقة يتم استخراج مساحة جميع المقاطع المحددة على عرض النهر.

٦ – يتم استخراج تصريف الماء في كل مقطع وفق الطريقة التالية :

تصريف المقطع الأول = مساحة المقطع الأول × متوسط سرعة الماء .

تصريف المقطع الثاني = مساحة المقطع الثاني × متوسط سرعة الماء .

تصريف المقطع الثالث = مساحة المقطع الثاني × متوسط سرعة الماء .

وهكذا يتم استخراج تصريف الماء لكل المقاطع الموجودة على عرض النهر .

٧ – يتم استخراج التصريف الكلي للنهر عن طريق جمع تصاريف المقاطع السالفة الذكر ويكون الناتج بالمتر المكعب أو اللتر في الثانية .

# الفصل السابع

## الجيومورفولوجية التطبيقية في المناطق الصحراوية

المقدمة .

لا تختلف المناطق الصحراوية في اهميتها من المناطق الاخرى ولذلك يتطلب دراستها بشكل ميداني يختلف عن الدراسات الجيومورفولوجية العامة ، حيث يتطلب توثيق كل الاشكال الارضية الحتية والترسيبية ، وقياس حركة الكثبان الرملية ، وتوثيق التأثيرات البيئية لتلك الحركة على البيئة الجغرافية المحيطة بها ثم التطرق الى الاليات للتخفيف من مخاطرها على المجتمع .

أولا – الدراسة التطبيقية للأشكال الأرضية الحتية والترسيبية . ويتم ذلك من خلال النقاط التالية :

١ – توثيق نوع ومساحة كل من الأشكال الأرضية الحتية الناتجة عن عملية التذرية :

أ – الحماده.

ب – السطوح الحجرية أو الحصوية .

ج – السطوح المجعدة أو المتموجة .

د – المنخفضات الحوضية .

٢ – توثيق نوع ومساحة الأشكال الأرضية الحتية الناتجة عن عملية السحج :

أ – أشكال متنوعة ناتجة عن التقويض مثل :

– الموائد الصخرية Mesa .

– الأعمدة الصحراوية أو قصور البنات Butte .

– صخور عش الغراب أو موائد الشيطان .

– الشواهد الصحراوية Zeugen .

ب – الوجه ريحيات Ventifacts . ثنائية الأوجه Zweikante ، ثلاثية الأوجه Dreikanter .

ج – كهوف الرياح Wind Caves .

د – تضاريس الياردنج .

هـ – الجبال المنفردة Inselberge .

٣ – التقدير الكمي لنقل الرواسب باستخدام مصائد الرمال أو أي تقنية متطورة أخرى تفي بالغرض للاتجاهات الرئيسية والثانوية لكل نوع من أنواع الحمولة التالية :

أ – الحمولة الزاحفة Creep Load .

ب – الحمولة القافزة Saltation Load

ج – الحمولة العالقة suspension Load .

د – تحديد رواسب اللويس .

٤ – توثيق نوع ومساحة وكثافة كل من الأشكال الأرضية الترسيبية التالية :

أ – التموجات الرملية الصغيرة Ripple Mark .

ب – الحافات الرملية .

ج – الظلال الرملية .

د – سفي الرمال .

هـ – السهول الرملية Sand sheets .

ح – بحار الرمال Sand seas .

ط – ظهور الحيتان Whalebacks .

٥ – توثيق وقياس الشكل الهندسي لكل أنواع الكثبان الرملية التالية :

أ – الكثبان الهلالية .

ب – الكثبان المستعرضة .

ج – الكثبان الطولية .

د – الكثبان القببية .

هـ – الكثبان النجمية .

**٦ – متطلبات دراسة تقدير حركة الكثبان الرملية .**

يقصد بحركة الكثبان الرملية عملية انتقال الكثبان من مكان لآخر في اتجاه منصرف الرياح السائدة نتيجة ازالة الرمال من المناطقة المواجهة للرياح وارسابها في مناطق الظل او في مناطق الصباب . وهذه ميزة تمتاز فيها الكثبان الرملية ذات الشكل الهلالي دون غيرها ، لان الكثبان الطولية او الذيلية يمكن ان تزداد طولا في اتجاه منصرف الرياح السائدة بدون ان تسجل أي انتقال لها ،من جهة اخرى فان اشكالا رملية اخرى قد يزداد حجمها دون ان تسجل أي حركة تذكر.

تتحرك الكثبان الرملية فوق الأرضي المنبسطة حركة دائبة حيثما تتوفر العوامل المناخية لها والمتمثلة في ارتفاع درجات الحرارة ، وقلة الأمطار الساقطة ، والتي يترتب عليها ندرة في الغطاء النباتي . وفي ضوء ذلك تبدأ عمليات الحت ، والنقل ، والارساب، بفعل الرياح السائدة باكتساح الرمال من الجانب المواجه لها من الكثيب الرملي وتلقى بها في الجانب المظاهر لها ، وبذلك يتحرك الكثيب حثيثا ، ولا تقف حركته إلا حين تعترضه العوائق ، الحشائش ، أو أي عائق آخر ، إذ تتراكم هذه الرمال مكونة كثبان رملية جديدة ، تتوقف سرعة الحركة للكثيب الرملي على حجم الكثيب الرملي ، وعلى حجم حبيبات الر مال المكونة له ، وعلى سرعة الرياح ، واستمرارية هبوبها . يؤثر التغير الفصلي لهبوب الرياح واتجاهاتها في تحركات الكثبان الرملية فيتوقف استمرار تحرك الرمال في اتجاه واحد ، وتتحرك الكثبان الرملية الصغيرة بسرعة اكبر من سرعة الكثبان الرملية الكبيرة .

قسم الباحث زيندا Zenda الكثبان الرملية وفقا لسرعة حركتها الى أربع مجموعات (انظر الجدول ( ) إذ أشار الى إن الكثبان بطيئة الحركة تكون مسافة حركتها السنوية اقل من متر واحد ، والكثبان معتدلة السرعة تتراوح حركتها السنوية بين (1- 6) أمتار. والكثبان السريعة تتراوح حركتها السنوية بين ( 6- 20) متر، والكثبان السريعة جدا تكون حركتها السنوية أكثر من 20 مترا.(٢)

جدول (١١) تقسيم حركة الكثبان الرملية اعتمادا على مسافة تحركها السنوية

| مجموعة الكثبان | مسافة الحركة السنوية |
|---|---|
| ١- الكثبان البطيئة. | اقل من متر واحد. |
| ٢- الكثبان معتدلة السرعة. | 1- 5 أمتار. |
| ٣- الكثبان السريعة. | 6 - 20 مترا |
| ٤- الكثبان السريعة جدا | أكثر من 20 مترا. |

**١ – الدراسة الميدانية .**

قبل وصول الباحث الى منطقة البحث لابد أن يعرف ما هي الإجراءات التي ينبغي أن يقوم بها أثناء دراسته للحقل ، ولذلك عليه إتباع الخطوات التالية :

أ – تحديد طول الكثيب الرملي . ويتم ذلك باستخدام شريط المساحة العادي .

ب – تحديد عرض الكثيب الرملي ، ويتم ذلك أيضا بشريط المساحة العادي.

ج – تحديد ارتفاع الكثيب الرملي ، ويتم ذلك باستخدام جهاز GPS .

د – تحديد درجة انحدار الجهة المقابلة للرياح .

هـ – تحديد درجة انحدار الجهة غير المواجهة للرياح ، وذلك باستخدام جهاز Clinometers .

و – تحديد اتجاه الكثبان الرملية .

**٢ – طريقة جمع العينات .**

إما طريقة جمع العينات التي ينبغي أن يأخذها الباحث من الكثيب الرملي لإجراء التحليلات والدراسات المختبرية التي تحتاجها دراسته فإنها تتم بالشكل التالي :

١ – المنطقة المقابلة للرياح .

٢ – على بعد متر واحد من قمة الكثيب الرملي .

٣ – منطقة قمة الكثيب الرملي .

٤ – المنطقة غير المقابلة للرياح .

٥ – منطقة أجنحة الكثيب . كما موضحة بالشكل.

ويتم جمع هذه العينات من الطبقة السطحية للكثيب الرملي بكشط كمية الرمال في مساحة ربع متر مربع تقريبا وبسمك يتراوح من ( 2 – ٣ ) سنتمتر.

**٣ – تحديد بعض الخصائص الفيزيائية .**

في حالة تحديد حركة الكثبان الرملية فإننا لسنا بحاجة الى كافة الخصائص الفيزيائية والكيميائية ولذلك سوف نكتفي فقط بالخصائص التي تحتاجها الدراسة الفعلية وهي كالآتي :

١ – التحليل الحجمي للرواسب.

لغرض تحليل حجم حبيبات الرمال نتبع الخطوات التالية :

أ- يتم اخذ مقدار (٢٠٠) غرام من كل عينة وغسله في حامض الهيدروكلوريك للتخلص من الكلس الموجود فيها .

ب – يتم معالجة نفس الكمية السابقة المشار اليها في الفقرة آنفا بهيدروجين بروكسيد للتخلص من المواد العضوية.

ج – يتم غسل نفس الكمية السابقة بالماء ومن ثم تجفيفها.

د- يتم وضع (١٠٠)غرام من تلك العينات التي معالجتها في الخطوات السابقة ،على هزاز كهربائي Vibration Shaker لمدة عشر دقائق . علما ان مجموعة المناخل التي يجب ان يتكون منها هذا الهزاز تتكون من (٥٠٠، ٣٥٥، ٢٥٠، ١٨٠، ٦٣) ميكرون.

هـ – بعد ذلك يتم وزن كمية الرمال في كل منخل على حده . ثم يتم بع ذلك القيام بحساب تلك الاوزان على شكل نسبة مؤية من وزن العينة التي تم نخلها.

و- يتم تمثيل هذه البيانات كارتوكرافيا على شكل منحنى متجمع صاعد لكل عينة على حده .ومن خلال هذا المنحنى يمكن استخلاص قيم المتوسط، والوسيط، والانحراف المعياري ، لقياس مدى تصنيف العينة والالتواء Skewness لقياس مدى تماثل منحنى توزيع الاحجام، ثم التفلطح Kurtosis لقياس شكل المنحنى اذا كان مدببا أو مفلطحا. وسيتم الاعتماد على الجدول التالي لوصف التعبيرات الوصفية لفئات احجام الرمال.

جدول ( ١٢) التعبيرات الوصفية لفئات احجام الرمال.

| الحجم ϕ | الحجم مم | الوصف |
|---|---|---|
| صفر – ١ | ١ – ٠.٥ | رمل خشن |
| ١ –٢ | ٠.٥ – ٠.٢٥ | رمل متوسط |
| ٢ – ٣ | ٠.٢٥ – ٠.١٢٥ | رمل ناعم |
| ٣ – ٤ | ٠.١٢٥ – ٠.٠٦٢٥ | رمل ناعم جدا |
| ٤ – ٥ | ٠.٠٦٢٥ – ٠.٠٣١٢ | غرين خشن |

جدول (١٣) وصف تصنيف الفرز sorting للعينات.

| التصنيف | الوصف |
|---|---|
| أقل من ٠.٣٥ | تصنيف جيد جدا |
| ٠.٣٥ – ٠.٥٠ | تصنيف جيد |
| ٠.٥٠ – ١ | تصنيف متوسط |
| ١ – ٢ | تصنيف رديء |
| ٢ – ٤ | تصنيف ردئ جدا |
| اكثر من ٤ | تصنيف سيء |

ويتم اعتماد التفسيرات الوصفية لفئات التواء منحنى توزيع احجام الرمال وفق الجدول التالي:

جدول (١٤) التفسيرات الوصفية لفئات التواء منحنى توزيع احجام الرمال.

| الالتواء ϕ | الوصف |
|---|---|
| ١ – ٠.٣ | التواء سالب جدا |
| ٠.٣ – ٠.١ | التواء سالب |
| ٠.١ – ٠.١ | التواء متماثل |
| ٠.١ – ٠.٣ | التواء موجب |
| ٠.٣ – ١ | التواء موجب جدا |

ويتم اعتماد التفسيرات الوصفية لفئات التفلطح وفق الجدول التالي :

جدول (١٥) التفسيرات الوصفية لفئات التفلطح.

| التفلطح | الوصف |
|---|---|
| ٠.٦٧ | تفلطح شديد |
| ٠.٦٧ – ٠.٩٠ | مفلطح |
| ٠.٩٠ – ١.١١ | تفلطح متوسط |
| ١.١١ – ١.٥٠ | تفلطح مدبب |
| ١.٥٠ – ٣ | تفلطح شديد التدبب |

٢ – تحديد استدارة الرمال .

لغرض دراسة استدارة حبات الرمال أو كرويتها من خلال اختيار (٥٠) حبة رمل بشكل عشوائي من رمال كل حجم من احجام (٥٠٠، ٣٥٥، ٢٥٠، ١٨٠) ميكرون ، ويتم وضعها تحت الميكروسكوب الثنائي العدسات ، ومقارنة النتائج مع لوحة Powers 1953 كما موضح في الشكل ( ) من خلال تحديد اقرب الفئات شكلا الى حبة الرمل ، ومن ثم يتم تحديد قيمة الاستدارة على اساس رقم المتوسط الهندسي المذكور في اللوحة . ويمكن الحصول على متوسط استدارة العينة بجمع عدد حبيبات الرمال في كل فئة من فئات الاستدارة ثم قسمة مجموع النتائج على عدد حبيبات الرمال في العينة، كما يمكن تحديد كروية الحبيبات اذا كانت عالية أو منخفضة مقارنة بالأشكال الموضحة في اللوحة المشار اليها اعلاه.

٣ – الظاهرات الدقيقة لسطوح حبيبات الرمال وعلاقتها بظروف الارساب القديمة والحديثة.

اثبتت دراسة سطح حبيبات الكوارتز بان لها اهمية في التعرف على البيئات القديمة والتعرف على ظروف الارسابات القديمة والحديثة . حيث تظهر على سطح حبة الكوارتز العديد من الملامح منها ظاهرة الاطباق المقلوبة Upturned Plates أو السلاسل الدقيقة المتوازية Parallel Ridges التي تحتل جزء من سطح حبات الكوارتز، كما يظهر على سطح حبيبات الكوارتز منخفضات طويلة ترجع الى زحف الحبيبات وبريها.

وهناك خاصية اخرى ترتبط بالنشاط الكيمياوي مثل الشروخ القوسية أو الدائرية أو الاشكال المتعددة الاضلاع ، وبصفة خاصة في السليكا التي اعيد ترسيبها . وقد

يكون هذا نتيجة تبلور الاملاح على سطح حبة الرمل مسببة اتساع الشروخ الموجودة في الرواسب السليكية .

وهناك ظاهرة الحفر التي تكون على شكل حرف (V) على سطح حبات الكوارتز والتي ترتبط بالسبخات التي تعد من الملامح المهمة للمناطق الصحراوية . لغرض دراسة هذه الملامح فقد تم اتباع طريقة Krinsley and Doornkamp 1973 في عملية تنظيف واختيار واعداد حبات الرمال للفحص والتحليل المعملي . وفق الخطوات التالية :

– يتم اختيار عينات من الكوارتز لغرض دراسة تكوينها من خلال وضعها تحت ميكروسكوب ضوئي قبل غسلها بالحامض.

– يتم غلي العينات في حامض هيدروكلوريك لمدة عشر دقائق ثم يتم غسلها في ماء مقطر.

– اختيار عدد يتراوح بين (١٥ – ٢٠) حبة بشكل عشوائي وتوضع على قرص العينات .

– يتم تغليف العينات بالذهب لتجهيزها للعرض تحت الميكروسكوب الالكتروني.

٤ – المعادن الثقيلة .

ان عملية تحليل تجمعات المعادن الثقيلة يمكنه ان يمدنا ببعض الادلة والمؤشرات عن البيئات الترسيبية وعوامل التعرية وكذلك عن عمر هذه الرواسب .ويتم ذلك من خلال الخطوات التالية :

– يتم اختيار عدد من العينات لإجراء تحليل المعادن الثقيلة .

– يتم اعداد هذه العينات في محلول بروموفورم (ثقله النوعي ٢.٨٦) من كميات معروفة الوزن يتراوح حجم حبيباتها بين (٦٣ – ٢٠٠) ميكرومتر.

– يتم غمر تلك العينات في زيت القرنفل (ذو معامل انكسار يصل الى ١.٥٥).
– يتم فحص تلك العينات تحت الميكروسكوب البتر ولوجي .

٥ – التحليل الجيوكيميائي .

لغرض اجراء التحليل الجيوكيميائي للعينات التي تم جمعها من الحقل يتم اتباع الخطوات التالية :

– يتم اختيار من (١٠ – ١٥) عينة لغرض اجراء التحليل .
– يتم اخذ ١٠٠ غرام من كل عينة لغرض اجراء التحليل الكيميائي الكلي .
– يتم طحن وخلط هذه الكمية لكي تصبح متجانسة تماما .
– توضع على اقراص زجاجية لغرض الفحص بواسطة الاشعاع الطيفي للأشعة السينية
(X – ray floorescence spectrometry) وذلك بصهر نسبة تصل الى (٠.٣٧٣) غرام من كل عينة مع (٢) غرام من مادة سبكتوفلكس ١٠٥ (Spectoflux 105)عند درجة حرارة ١١٠٠ مئوية .
– يتم اجراء التحليلات باستخدام جهاز تحليل طيفي من نوع (Philips P.W.1400), وذلك باتباع طريقة دكتور كناريس سوتيريو (Dr.Kanaris Sotiriou). والمتبعة في معامل قسم الجيولوجيا بجامعة شيفيلد في انكلترا.

اما لغرض فصل وفحص اغلفة الحبيبات فقد يتم اتباع الخطوات التالية :

– يتم اخذ (٢٠) غرام لغرض فصل وفحص اغلفة الحبيبات.
– يتم تعريضها للإثارة فوق الصوتية (Ultrasonic agitation) في ماء مقطر وذلك لفصل المواد المغلفة للحبيبات على هيئة معلق دقيق يمكن تركيزه بعد ذلك بواسطة عملية الطرد المركزي .

– اعداد شرائح رقيقة متجانسة من المواد المفصولة عن طريق وضع عدة قطرات من المعلق المركز على شرائح زجاجية وتركها لكي تجف .

– بعد ذلك يتم اجراء التحليلات على تلك الشرائح المذكورة انفا باستخدام اشعاع ($Cuk_a$ Radiation).

٣ – البنية الداخلية للكثبان الرملية .

يقصد بالبنية الداخلية طريقة تنظيم الطبقات الرملية داخل الكثبان الرملية وعلاقتها بطريقة واتجاه عمليات النحت والارساب بواسطة الرياح .ويمكن توضيح الدراسة الميدانية من خلال الخطوات التالية:

أ– قياسات فعلية لسمات البنيات المختلفة داخل الكثبان الرملية ويتم ذلك من خلال الخطوات التالية:

– يتم تحديد المحور الطولي للكثيب الرملي الموازي للرياح السائدة والذي سوف يتم حفر الخنادق على طوله التي من خلالها نكشف نظام البنية الداخلية .

– صب مياه وفيرة وببطء شديد على سطح المواقع التي تم اختيارها لحفر الخنادق بعرض (٢) متر تقريبا حتى تتشربها رمال الكثبان وتؤدي الى تماسكها بشكل مؤقت يسمح بتنفيذ الخطوات التالية .

– حفر مجموعة من الخنادق على طول المحور الطولي بعمق يصل الى نصف متر تقريبا وطول (٢) متر وذلك لكشف الطبقات الرملية على جانبي الخندق.

– تسجيل فوتغرافي للظاهرات البنيوية المميزة والمكشوفة في جانب كل خندق.

– قياس زوايا ميل الطبقات الرملية بواسطة جهاز قياس الزوايا الراسية المعروف باسم ميزان ابني Abney Level .

– قياس سمك الطبقات بواسطة شريط قياس وتدوين هذه القياسات في دفتر القياسات الحقلية.

**تقدير حركة الكثبان الرملية .**

لقد تم استخدام عدة طرق لتحديد حركة الكثبان الرملية ، منها استخدام المرئيات الفضائية أو الصور الجوية لفترات متعاقبة ، ومنها الطرق الحقلية ، وكذلك الطرق النظرية التي يتم من خلالها استخدام المعادلات الرياضية لتحديد حركة الكثبان الرملية وفيما يلي شرح لهذه الطرق :

**أ – تقدير حركة الكثبان الرملية بواسطة المرئيات الفضائية أو الصور الجوية .**

يتم في هذه الطريقة الاعتماد على المرئيات الفضائية التي يتم الحصول عليها عن طريق الأقمار الصناعية ، أو الحصول على صور جوية للمناطق التي يتم تحديدها للدراسة ، وهنا يعتمد على نوع الدراسة هل هي شهرية أو سنوية ، إذ يتم الحصول على عدة مرئيات ، أو صور جوية ، ولأوقات مختلفة ثم يتم تحديد الحركة ما بين المرئيات القديمة ، والحديثة على ضوئها . وقد استخدم هذه الطريقة الشربيني ١٩٨٢ لقياس معدل حركة الكثبان الرملية عن طريق تصوير الكثبان جويا مرتين وعلى فترات مختلفة وبمطابقة الصورتين تمكن من معرفة معدل الإزاحة الأفقية للكثيب . ومن الدراسات التي تمت بهذه الطريقة دراسة Finkel ، ١٩٥٩ في صحراء بيرو بأميركا الجنوبية ، والدراسة التي تقام بها Lettau ، ١٩٧٧ إذ اعتمد على مقارنة الصور الجوية المأخوذة على فترات زمنية مختلفة ولنفس الكثبان الرملية ومنها تمكن تقدير معدل حركة الكثبان الرملية ، وأشار امبابي ، ١٩٧٦ في دراسته لبيان تأثير شكل وانحدار الكثبان الرملية على حركتها في مصر باستخدام أسلوب الصور الجوية

ولفترات مختلفة وأكد إن الكثبان الرملية تترتب في ثلاثة خطوط متوازنة وبمقارنة الصور الجوية المأخوذة لبعض الكثبان الرملية الهلالية في المنطقة تمكن من تقدير معدل حركة هذه الكثبان وكانت تتراوح من ٢٠-١٠٠ متر سنويا ويتحكم في ذلك شكل وطول ومقدار انحدار الكثيب الرملي .وبين Mckee ١٩٦٦ استخدام طريقة الصور الجوية في تقدير معدل حركة الكثبان الرملية في أمريكا خلال فترة سنتين ومن ثم يأخذ قياسات أبعاد الكثبان الرملية.

**ب – تقدير حركة الكثبان الرملية في الحقل .**

يتم استخدام الطريقة المتبعة من قبل كل من ، امبابي Abdullah 1984 1990 والمالكي 1990 ، والدراجي 1999 ، وذلك يوضع أوتاد خشبية على الجزء الخلفي ، وأطراف الكثيب الرملي ، وكذلك في الجهة الغير المقابلة للرياح ، ويتم تسجيل الوضع المبدئي للكثيب ، ووضع وتد خشبي كبير على بعد ( 30 ) م من منتصف مسافة الجهة غير المواجهة للرياح ، وبعد مرور شهر يتم تسجيل الأوضاع الجديدة للكثبان الرملية ، ويتم تثبيت أوتاد خشبية جديدة في المواقع السابقة على كل كثيب ، ويتم قياس المسافة ما بين الوتد الخشبي الكبير ومقدمة الكثيب وبمقارنة هذه المسافة في الحالتين يتمكن الباحث من تقدير حركة الكثيب الرملي ، ويتم إجراء قياس مسافة تحرك الكثبان المدروسة التي يتم تحديدها من قبل الباحث سواء كانت فصلية أو سنوية وبعدها يتم تقدير الحركة الكلية للكثبان الرملية. وقد اتبع هذا الأسلوب في مصر حيث قام الباحث مساك ١٩٨٢ بدراسة حركة الكثبان الرملية بتحديد عشرة مواقع على كل كثيب لمتابعة حركته ، وبينت النتائج إن معدل زحف الكثبان الرملية يتراوح من (٣,٧- ٥,٤ م ) خلال اشهر الجفاف ، وان اتجاه تقدم الكثبان هو الجنوب الغربي ، وبإتباع أسلوب القياس الحقلي أيضا بين مساك وآخرون ١٩٨٣ في دراستهم لحركة

٣٥ كثيبا رمليا في شمال ووسط سيناء خلال اشهر كانون الثاني وشباط وآذار /١٩٨٣ إن حركة الكثبان تتأثر بالرياح السائدة (الجنوبية الغربية) وتتحرك باتجاه الشمال الشرقي وكان أعلى معدل حركة ٩,٥متر واقلها كان اقل من متر.

**ج – تقدير حركة الكثبان الرملية باستخدام المعادلات الرياضية .**

يمكن تحديد حركة الكثبان الرملية بالاعتماد على بعض القياسات الحقلية ، والظروف ، والعوامل المؤثرة عليها في منطقة الدراسة التي يتم اختيارها من قبل الباحث نفسه ، وربط تلك القياسات بصيغ ومعادلات رياضية لغرض تحديد حركة الكثبان الرملية ، ولذلك سوف نستعرض بعض المعادلات المستخدمة في هذا المجال وهي كالآتي :

١– استخدام معادلة التعرية الريحية .

لقد تم استخدام معادلة تعرية التربة الريحية المقترحة من قبل Siddoway & Woodruff ، عام ١٩٥٦ من قبل كل من المالكي ١٩٩٥ ، والعاني ١٩٩٧ ، والدراجي ١٩٩٩ ، وذلك لإيجاد طريقة مناسبة وبسيطة لربط حركة الكثبان الرملية بتعرية التربة الريحية وتطبيقها في مجال حساب مسافة تحرك الكثبان الرملية وفيما يلي شرح مفصل لاستخدام هذه المعادلة :

$$E = F ( I \ C \ K \ L \ V )$$

إذ تعني ( E ) معدل فقد التربة ( طن – هكتار ) ، وتعني (F ) دالة تربط بين هذه العناصر ، وتعني ( I ) قابلية التربة للتعرية ( طن – هكتار ) ، وتعني ( C ) عامل

المنـاخ المحلـي ، وتعنـي ( K ) عامـل خشـونة السـطح ، وتعنـي ( L ) مكـافئ طـول الحقل ، وتعني (V ) مكافئ الغطاء الخضري ( طن – هكتار .

ونظـرا لكـون أسـطح الكثبـان الرمليـة ملسـاء ، وخاليـة مـن الغطـاء النبـاتي ، وان طـول الكثيب غير مهم بعملية الحركة ، ولذلك تعطي هذه العوامل قيمة واحد ، وعليه يمكن اختزال المعادلة بالصيغة التالية :

$$E = F ( I \ C )$$

أ – تقدير قيمة ( I ) .

يـتم تقـدير قيمـة ( I ) وهـو يعبـر عـن قابليـة التربـة للتعريـة الريحيـة باسـتخدام معادلـة Shiyatyi , 1956 ، وهي كالآتي :

$$I = 10^{4.03691 - 0.0384S - 0.00406N}$$

إذ تعني ( I ) قابلية التربة للتعرية الريحية ( غم / متر مربع ) ، وتعني ( S ) النسبة المئوية لمجاميع التربة الجافة > 1 ملم ، وتعني ( N ) عدد سيقان النباتات القائمة ، ونظرا لعدم وجود الغطاء النباتي على أسطح الكثبان الرملية ، وعدم وجود بناء للتربة في التربة الرملية ، عليه يتم اختزال المعادلة الى الصيغة التالية :

$$I = 10^{4.03691}$$

وهناك طريقة أخرى أسهل من هذه الطريقة ، إذ يتم الحصول على قيمة ( I ) من جدول اعد لهذا الغرض لكل نوع من أنواع التربة انظر الجدول التالي :

جدول ( ١٦ ) يوضح العلاقة بين قابلية التربة للتعرية مع نسجه التربة .

| نسجه التربة | تجمعات التربة > من 0.84 ملم | قابلية التربة للتعرية ( طن / هكتار |
|---|---|---|
| رملية | 3.3 | 135 |
| رملية مزيجيه | 6.9 | 80 |
| مزيجيه رملية | 36.6 | 15 |
| مزيجيه | 44.4 | 6 |
| مزيجيه غرينيه | 48.6 | 5 |
| مزيجيه طينية | 43.6 | 4 |
| مزيجيه طينية غرينيه | 49.4 | 3 |
| طينية غرينيه | 19.2 | 9 |
| طينية | 20.2 | 18 |

المصدر :

سعد عجيل الدراجي ، التأثيرات المناخية في العمليات الجيومورفولوجية الريحية لمنطقة العيث في قضاء الدور وآثارها البيئية ، أطروحة دكتوراه منشورة ، ص ٢٣ .

ب – تقدير قيمة ( C ) .

يتم تقدير قيمة ( C ) التي تعني قيمة عامل المناخ المحلي بإتباع المعادلة المقترحة من قبل منظمة الغذاء والزراعة الدولية ( FAO . 1979 ) وهي كالآتي :

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} U \left( \frac{ETPi - Pi}{ETPi} \right) d$$

إذ تعني ( U ) متوسط سرعة الرياح الشهرية ( م / ثا ) ، وتعني ( ETPi ) قدرة التبخر النتح ( ملم ) ، وتعني ( Pi ) كمية الأمطار ( ملم ) ، وتعني ( d ) عدد أيام الشهر .

ونظرا لانعدام سقوط الأمطار خلال اشهر الصيف ، لذا يبقى عامل الرياح هو الذي يتحكم في حركة الكثبان الرملية لذا يتم اختصار المعادلة كالآتي :

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} U \times d$$

ولغرض قياس مسافة تحرك الكثبان الرملية فقد تم افتراض قيمة (E ) المحسوبة وفق معادلة Siddoway & Woodruff ، مساوية الى كمية الرمال الكلية المحسوبة ( Q ) طن – هكتار ، وبالتالي بالإمكان استخدام معادلة باكنولد لتقدير معدل حركة الكثبان الرملية كما موضح في المعادلة التالية :

$$M = \frac{Q}{H \times \&}$$

إذ تعني ( M ) مسافة تحرك الكثيب الرملي بالمتر ، وتعني ( & ) الوزن النوعي للمعدن السائد في الرمال ( الكوارتز ) ويساوي 2.65 . وتعني ( H ) ارتفاع الكثيب بالمتر .

**دراسة التأثيرات البيئية للعمليات الجيومورفولوجية الريحية.**

يجب على الباحث تقصي الاثار البيئية التي تتركها العمليات الجيومورفولوجية على البيئة في منطقة دراسته ، من خلال توزيع استمارة استبيانيه على السكان الذين تأثروا بهذه العمليات ، ويمكن حصر هذه التأثيرات بالاتي :

١ – الطرق النقل .

٢ – وسائل النقل .

حصول تضبب في الزجاج الأمامي للسيارات نتيجة تعرضها باستمرار للعواصف الرملية مما يؤدي إلى تحوليها إلى زجاج نصف شفاف . وارباك في عدم وضوح الرؤية الصحيحة لسائق المركبة ، ويعتقد الباحثون إن هذه الزجاجة ستتحول إلى زجاجة غير شفافة بمرور الزمن .

وكذلك تعرض منظم وماكنة السيارة والمكائن الزراعية إلى تراكم الرمال أثناء فتح غطاء المحرك مما يؤدي إلى تأخير تشغيلها والتقليل من كفاءتها هذا من ناحية ومن ناحية ثانيه فان الرمال تدخل أحيانا إلى خزان البنزين ومن ثم تنقل بواسطة الأنابيب الموصلة إلى منظم السيارة مما يؤدي إلى تعطيلها .

٣– الزراعة .

٤– الآبار .

٥– قنوات الري الصغير .

٦– الصحة العامة .

٧ – المجموعات السكنية .

صورة ( ١) حركة الكثبان الرملية باتجاه الدور السكنية .

صورة (١٥) تأثير حركة الكثبان الرملية على استقرارية السكن في منطقة حمرين – العراق .

صورة (١٦) حركة الكثبان الرملية باتجاه مركز الشرطة في منطقة حمرين – العراق .

# الفصل الثامن

# الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق السواحل .

**المقدمة .**

تَتطلّبُ الإدارةُ المستدامة للمصادرِ الساحليةِ بان تتمتع تلك الأجيال القادمةِ مِنْ السكان والحياة البريَّةِ التي تعيش على طول السواحل بمستوى مستمرٍ وعادلٍ من بيئة مستقرة ذات نوعية جيدة . وذلك لان هذه السواحل تعاني من مشاكل عديدة فعلى سبيل المثال فان الساحلَ البريطانيَ وغيره من السواحل تواجه ادراتها صعوبة كبيرة وذلك لأنها تستوطن من قبل عدد كبير من السكان الذين يتحصنون خلف دفاعات تم بنائها خلال الفيضانات السابقة ، ولذلك فان هذا النوع من السواحل يقع تحت تهديد مخاطر مشتركة تتمثل بتغير البيئة نتيجة لاحتمال تعرضها لكوارث الفيضانات التي ترتبط بارتفاع مستوى سطح البحر الذي هو نتيجة لارتفاع درجة الحرارة العامِ في العالم ، ولذلك كَانَ هناك تخمينُ وقلقُ متزايدُ بالنسبة إلى تأثيرُ هذا الارتفاع على الأشكال الأرضية الساحلية والتَغْيير المحتمل الذي ممكن أن يحدث في حسابات الموازنة في شكل ووظيفة البيئة الساحلية بالإضافة إلى الخطر المتزايد الموجه للسكان الذين يعيشون في المناطق الساحلية . وبالتالي تعكس الصور الساحلية الحالية حدوث تطورُ غير منتظم في القرون التي سبقت القرن العشرين . (Stephen Crooks .2004) بينما تتعرض مناطق أخرى إلى كوارث من نوع آخر مثل الأعاصير المدارية ، والأمواج المائية العملاقة Tsunami.وعلى ضوء ذلك تقع مسؤولية كبيرة على عاتق المتخصصين لدراسة تلك التغيرات بشكل مستمر لدعم عملية الاستقرار البشري لسكان البيئات الساحلية، وبما اننا نتحدث عن الباحث الجيومورفولوجي فاننا نقول بان عليه مهمات كبيرة ينبغي ان يقوم بها تجاه المجتمع من خلال دراسته لكافة التطورات التي تحدث في بيئة السواحل ومن هذا المنطلق فانه يجب عليه اتباع الخطوات التالية لدراسة المناطق الساحلية

**اولا – التعرف على المشاكل التي تواجه السواحل والتي تشمل المشاكل التالية :**

**١ – الأمواج المائية العملاقة Tsunamis .**

وهي عبارة عن موجاتَ مائية عملاقةِ يُمْكِنُ أَنْ تُنتقلَ بسرعة عبر المحيطاتِ ، وهوامشِها الساحليةِ يترتب عليها تأثيرات بيئية كبيرة في المناطق التي تحدث فيها . إن ظاهرة الأمواج المائية العملاقة Tsunami الشاملة التي حدثت في عام ١٩٤٦ في المحيط الهادي ، والحدوث النادر لهذه الظاهرة بين الحين والآخر في مناطق مختلفة من العالم ، وآخرها ما حدث في المحيط الهندي في جنوب شرق آسيا في نهاية عام ٢٠٠٤ ، وما حدث في كارثة اليابان نتيجة للزلزال الكبير الذي حدث في شرق السواحل اليابانية وما ترتب عليه من حدوث أمواج مائية عملاقة Tsunami كل هذه الحوادث تدفعنا لفهم هذه الظاهرة ، والتعرف على مخاطرها ، وكيفية التصرف في حال حدوثها ، ومحاولة نشر الوعي العلمي لدى الناس الذين يعيشون على المناطق الساحلية ، والسياح الذين يرتادون هذه المناطق ، لأن أكثر هؤلاء الناس ليس لديهم أية معلومات حول الخطر الذي يحيط بهم في حالة حدوث هذه الظاهرة ، وأن ما حدث من كارثة في جنوب شرق آسيا ، كان بالإضافة إلى عدم وجود نظام الإنذار المبكر ، فإن هناك جهلا عاما لمعظم الناس الذين لقوا حتفهم في هذه الكارثة؛ لأنهم لم تكن لديهم معلومات أولية حول كيفية حدوث هذه الظاهرة ، إذ توجد بعض النذر التي تشير إلى قدوم مثل هذه الموجات .ولكنهم لا يعرفونها .

فيما يعود أصل كلمة الأمواج المائية العملاقة ( التسونامي ) Tsunami" إلى الكلمة اليابانية التي تعني "موجة الميناءِ"، والتي تستعمل حاليا على مستوى العالم للإشارة إلى سلسلة الموجاتِ التي تنتقل عبر المسطحات المائية لمسافات طويلة جدا .

وهناك كلمتان تُستَعملانِ لوَصْف ظاهرة الأمواج المائية العملاقة ( التسونامي ) tsunamis. في جزر الهاواي الأولى هي كلمة كاي ي ي Kai e'e" وهي كلمة عامّة تصف الأمواج المائية العملاقة ( التسونامي ) tsunami ، والكلمة الثانية هي "كاي ميمي كي "Kai mimiki" التي "تُستَعملُ لوَصْف انسحاب جزء مِنْ الماءِ قبل وصول كاي ي ي ، حيث إن انسحاب جزء من الماء في الحقيقة من الساحل يشير إلى قدوم الموجات المائية العملاقة ( التسونامي ) tsunami إلى الشاطئ .،(الدراجي ، ٢٠٠٧ ، ص ص ١٥٥ – ١٦٧).

**٢ – الأعاصير .**

أجسام الماءِ لَها كمياتُ كبيرةُ مِنْ الطاقةِ التي تتحول بشكل ثابت وتدريجي في المكان مثل تدفق الماء في دورة هيدرولوجية معقدة ، إضافة إلى ذلك حدوث ظواهر مناخية رئيسية مثل الأعاصير ، التي ترافقها كميات كبيرة من الطاقة الكامنة تتحول إلى طاقة حركية نتيجة للتأثيرات الرئيسية على المكان الذي تسود فيه . حيث تحدث هذه التغيرات خلال مدة طويلة من الزمن تصل الآلاف السنين لتشكيل المكان الجغرافي الذي نعرفه اليوم . إما تطور الاستيطان البشري بالقرب من الأجسام الكبيرة للمياه فانه ليس معفي من تأثيرات هذه التغيرات الجغرافية التي تحدث في اغلب الأوقات الغير مطلوبة والمضادة ، وهكذا تقود لتطوير تشكيلة واسعة من التقنيات والتراكيب للتقليل أو السيطرة على الانتقالات السطحية الطبيعية في المناطق المحيطة لأجسام المياه.( (/http://fosh.tw

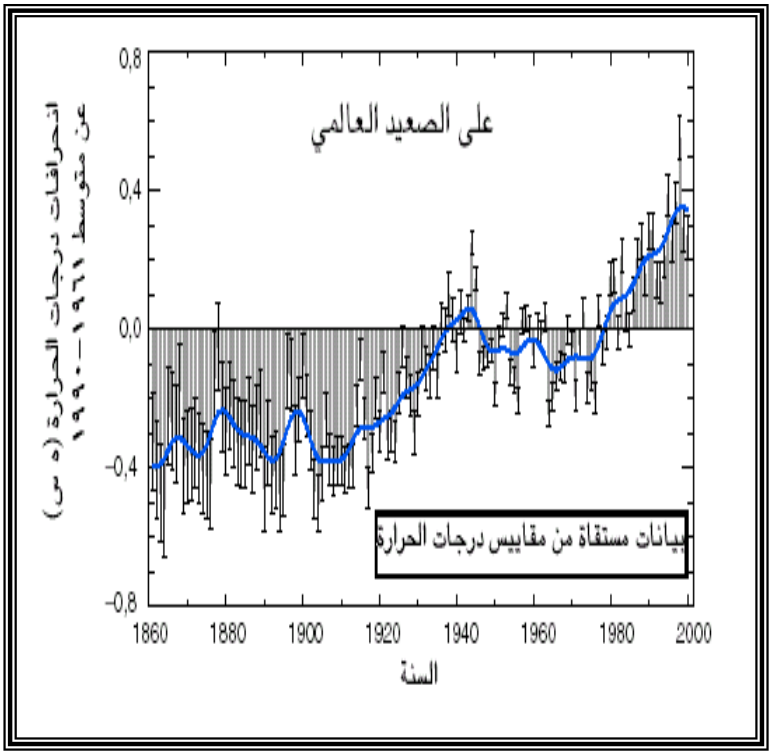
.

**٣ – ارتفاع مستوى سطح البحر .**

تشير بيانات مقياس المد إلى أن المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر قد ارتفع بما يتراوح بين (٠.١ و٠.٢ ) خلال القرن العشرين ، وإذا ارتفعت درجة حرارة الأرض درجة ونصف إلى أربع درجات ونصف خلال المائة عام القادمة ، فان مستوى سطح المحيطات يتوقع أن يرتفع من نصف متر إلى مترين . ويرجع السبب في ذلك إلى ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية الذي بدأ منذ عام ١٨٦١ ، حيث بلغت الزيادة في القرن العشرين ( ٠.٢ –٠.٦ ) درجة مؤية .انظر الشكل (١) *(٩)* بينما أشارت وكالة الأرصاد الجوية اليابانية بان ارتفاع معدل درجة الحرارة في العالم ضمن المقياس الزمني الطويل كان بحدود ( ٠.٧) درجة مؤية خلال مائة سنة . في حين كان معدل درجة الحرارة السطحية في العالم في عام (٢٠٠١ ) أعلى من المعدل الطبيعي بحدود (٠,٤٢) درجة مؤية .( معدل درجات الحرارة للفترة١٩٧٠ –٢٠٠٠) وكان ثالث ارتفاع في ( ١٢٢) سنة الماضية لوجود معدات تسجيل موثوقة . هذا ويقدر العلماء استنادا على جميع السيناريوهات الخمسة والثلاثين الواردة في تقرير التقييم الثاني والمستندة على عدد من نماذج المناخ، بان المتوسط العالمي لدرجة الحرارة قد يزداد بما يتراوح بين ( ١,٤ و٥,٨ ) درجة مؤية .

الشكل ( ١ )

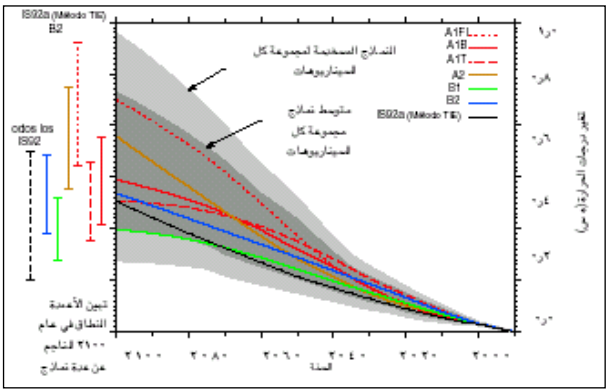
**التغيرات الطارئة على درجة حرارة سطح الأرض خلال المائة والأربعين عاما الماضية**




المصدر

Intergovernmental panel on climate change ( IPCC ) , 2001:climate change 2001. the Scientific Basis.pp14.

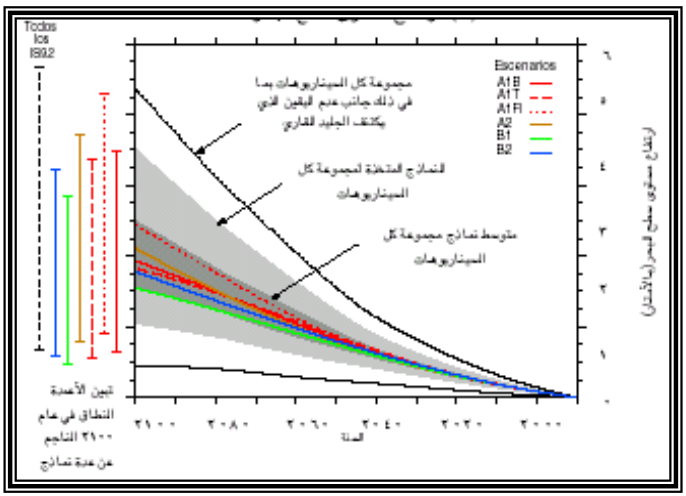
الشكل (٢) المتوسط العالمي لدرجات الحرارة المتوقعة للفترة من ( ٢٠٠٠ – ٢١٠٠ )




المصدر:

Intergovernmental panel on climate change ( IPCC ) , 2001:climate change 2001. the Scientific Basis.pp14.

الشكل (٣) المتوسط العالمي لارتفاع مستوى سطح البحر المتوقع للفترة من ٢٠٠٠ – ٢١٠٠ .




المصدر :

Intergovernmental panel on climate change ( IPCC ) , 2001:climate change 2001. the Scientific Basis.pp14.

## ثانيا – تأثير العمليات الجيومورفولوجية على طبيعة الأشكال الأرضية الساحلية .

من بين المشاكل الأكثر شيوعا التي ارتبطت بحركة أجسام المياه هي تعرية الشواطئ ، وإزالة أرصفة الجسور ، وتدفق الحطام والرواسب ، وتعرض هذه التراكيب لتأثيرات الرطوبة التي يمكن أن تصنف بشكل عام طبقا لقابليتهم لامتصاص الطاقة هل تمتص الطاقة أم لا تتمكن من امتصاصها ، أو طبقا لصلابتهم مثل مرنة أو صلبة . (/ http://fosh.tw).

وينتج عن ارتفاع مستوى سطح البحر أيضا تغير مكاني في الأشكال الأرضية الساحلية ، ويتجلى ذلك من خلال إعادة توزيع الأشكال الأرضية الساحلية التي تتضمن ، الشواطئ الحصوية ، المستنقعات الملحية ، الكثبان الرملية الساحلية ، الجروف ، المسلات ، الأقواس البحرية ، السهول الساحلية . هذا التطورِ في الأشكال الأرضية الساحلية سَيُقرّرُ لَيسَ فقط نوعيةَ وكميةَ البيئةِ المرتبطةِ وطبيعةِ ترابطِ نظامها البيئي ، ولكن أيضاً سيقرر مستوى ضعفِ الحياة البريَّةِ والإنسان والبنى التحتية في المناطقِ الساحليةِ . وبالتالي فان الإدارة الفعالة في الساحل كانت تواجه صعوبات كبيرة . وان أي مجتمع يكون غير معتاد لتغير وتكيف البيئة الساحلية ، ولذلك فان إدارة التغير في وظيفة الأشكال الأرضية الساحلية بحاجة إلى تمييزها ودمجها في خطط بعيدة المدى .

تحت الظروف الطبيعيةِ ، يكون شكل الشريط الساحلي ، سواء مصبي أو دلتا ، أو شاطئ مفتوح ، تعكس الاستجابة والتوازن الحركي بين شكل المادة للساحل وبين عوامل القوى الهيدروديناميكية للموجات وتيارات المد . فعل الأشكال الأرضية الساحلية

لتخفيف الموجة وطاقة المد واستجابتها لتغير ظروف الطاقة يكون على مدى المقياس الزماني والمكاني . على سبيل المثال ، بينما يستجيب شكل الشاطئ للموجات الفصلية للمناخ ، فان أي كثيب رملي معقد مجاور قد يستجيب على مدى مقياس زمني طويل لحادثة العاصفة الكبيرة . بينما تَزِيدُ أعماقَ الماءِ في الشاطئِ ، هناك تحسين لطاقة الموجة والمد على طول الساحل ، في الاستجابة ، تهاجر الأشكال الأرضية الساحلية ، كلا الوضع الطبيعي يتعامد مع الساحل ويوازي الشاطئ لكي يبقى موقعهم ضمن ميل الطاقة . بهذه الطريقة ، بينما تزداد مستويات الطاقة الساحلية ، تهاجر الأراضي الطينية باتجاه اليابس لانخفاض مستوى الطاقة ويمكن أن تستبدل بشواطئ الرمل التي هاجرت بنفس الطريقة باتجاه الأراضي اليابسة في الحالات المكشوفة . الأشكال الأرضية الساحلية ذات المقياس الكبير مثل المصبات تستجيب للتغيرات البيئية بنفس الطريقة التي تستجيب بها الأشكال الأرضية ذات المقياس الصغير . إن الاختلاف في المقياس المكاني ينعكس في المقياس الزماني المعدل . معدلات الاستجابة للتراكم تعطي مكان كافي للهجرة باتجاه الأراضي اليابسة قد لا تؤثر مباشرة على نظام المصب أو خط الشاطئ بشكل واسع ، ماعدا النقل الداخلي للأشكال الأرضية الأصغر.

مهما كان معدل ارتفاع مستوى سطح البحر فان ظروف تغير الطاقة سوف يتطلب استجابة في توزيع الأشكال الأرضية الساحلية في كلا المقياسين الصغير والكبير. إن تطور الشكل الساحلي في العديد من المناطق المنخفضة تم إعاقته بواسطة العديد من الدفاعات الأخرى للفيضان التي تمنع الهجرة الطبيعية لبيئة المد والجزر . وكنتيجة لبيئة المد والجزر ستستمر إلى أن تكون أنظمة الكثبان الرملية والمناطق الحصوية مفقودة وقد توقف كمكان لهم لهجرة غير متوفرة . أما إذا كان مستوى سطح

البحر لوحدة هو من يشكل القوة الدافعة الوحيدة على المدى البعيد ( على مدى قرن ) فان عملية التعرية وإعادة توزيع الرواسب ينتج عنهما تأسيس توازن جديد للأشكال الأرضية الساحلية .هذا الشكل في أي نقاط صعبة تلك التي تكون محمية بالدفاعات ومناطق الفيضان الهامة الذي يجب أن يؤخر خلق أي مد في السهول الفيضية الساحلية . على أية حال ، فان ارتفاع مستوى سطح البحر ليس القوة الدافعة الوحيدة التي تعدل الأشكال الأرضية للساحل ، أي تقدم تدريجي يعدل في ترتيب المصب من خلال بناء دفاعات للحماية من الفيضان يزيل المساهمة الوظيفية في بناء الأشكال الأرضية الناتجة عن المد . العديد من المصبات مازالت تستجيب على المقياس الكبير للتعرية وإعادة توزيع الرواسب يجلب بواسطة الخسارة الهندسية للسهول الفيضية الناتجة عن المد في القرون الماضية . هذه الاستجابة التي ستكون في بعض المناطق سوف تستمر لعدة قرون ، يجب أيضا أن تدمج تعديلات صغيرة مستمرة في ترتيب دفاعات الفيضانات .

هكذا تعدل الأشكال الأرضية الساحلية الحالية الواسعة النطاق بطريقتين رئيسيتين هما ارتفاع مستوى سطح البحر وخسارة السهول الفيضية الساحلية لوظائفهم الهيدروليكية . الإضافة الساحلية من خلال هجرة الأشكال الأرضية الساحلية باتجاه الأراضي اليابسة وإعادة توزيع معدلات الرواسب التي تميز السواحل إلى حالتها الطبيعية ليست من خيارات إدارة السواحل . إن نوعية الأشكال الأرضية الموجودة والمؤكدة ، مثل حقول الكثبان الرملية ، والحافات الحصوية تعتمد على سماح الهجرة الطبيعية . تدخل الإدارة لمنع الهجرة سوف يؤدي إلى تدني شكلهم الطبيعي ومن بين الأمور الأخرى تدني قيم التنوع البيولوجي . بنفس الطريقة ، تبقى دفاعات الفيضان الثابتة مع ارتفاع مستوى سطح البحر بلا شك نتيجة خسارة بيئة المد الأدنى مالم تشرع

سياسة لإعادة الاصطفاف للأشكال الأرضية الساحلية باتجاه اليابسة . مثل هذه السياسة على أية حال ، سوف تتعارض مع صيانة المياه العذبة في البيئة السهلية . إدارة ارتفاع مستوى سطح البحر يجب أن تفترض على مستوى المنظر الطبيعي ، يسعى إلى تلبية الهجرة الطبيعية للأشكال الأرضية الساحلية ولكن أيضا تريد معرفة تأثيرات انتقال البنى التحتية على العمليات الساحلية بشكل واسع . Stephen (Crooks .2004) .

**ثالثا– الدراسة التطبيقية للأشكال الأرضية الحتية والترسيبية على السواحل .**

عندما يقوم الباحث الجيومورفولوجي بدراسة السواحل ميدانيا عليه القيام بتوثيق كل الأشكال الأرضية الحتية والترسيبية في منطقة دراسته وفق النقاط التالية :

١– تصنيف الساحل طبقا للتصنيف المعمول به عالميا ضمن الوسط العلمي .

٢ – توثيق وقياس حجم ومساحة وارتفاع كل من الأشكال الأرضية الحتية التالية :

أ– الخلجان .

ب – المصاطب .

ج – الشاطئ .

د – الجروف .

هـ – الأقواس .

ح – المسلات .

ط – الكهوف .

٣ – توثيق وقياس حجم ومساحة وارتفاع كل من الأشكال الأرضية الترسيبية التالية :

أ – توثيق وتصنيف الحصى والجلاميد المترسبة على الشاطئ التي يطلق عليها البلاج.

ب – اخذ عينات من الرمال ونقلها إلى المختبر لمعرفة البيئة التي انتقلت منها .

ج – توثيق مساحة وطول ونوع الألسنة الرملية .

د – توثيق مساحة وطول ونوع الحواجز الرملية .

ح – البحيرات المستنقعية Lagoons .

ط – توثيق الكثبان القوسية إن وجدت على طول الساحل وفق النقاط التالية :

– عرض الكثيب .

– طول الكثيب .

– ارتفاع الكثيب .

– اذرع الكثيب .

– حركة الكثيب الرملي :

يتم تقدير حركة الكثبان القوسية وفق الطريقة التالية :

قبل أن نبدأ بتحديد حركة الكثيب الرملي القوسي لابد من توضيح يخص شكل الكثيب الذي يرتبط بنوع الحركة حيث إن الكثيب الرملي القوسي ينعدم به الوجه الانزلاقي المألوف مشاهدته في الكثبان الهلالية وبالتالي فان حركته تكون بشكل معاكس لاتجاه اذرعه ، ولغرض قياس حركة هذا النوع من الكثبان يتم وضع وتد خشبي على مسافة ٣٠ متر من الحافة السفلي لوسط الكثيب ، وبعد مرور شهر يتم إجراء القياس للمسافة بين الوتد وبين الجزء الأسفل من وسط الكثيب لمعرفة حصول أي زيادة في المسافة عن ٣٠ متر التي تم تحديدها فان ذلك يعد حركة .

**رابعا – سبل مواجهة المشاكل التي تواجه مناطق السواحل .**

لكي نواجه المشكلات التي تحدث على طول الساحل لابد من اتخاذ إجراءاتِ تكيفيه لَنْ تَتطلّبَ فقط إعادة تفكير بوجهةِ نظر المجتمعِ للمصادرِ الساحليةِ لكن تتطلّبُ تأسيس إدارة على ضوء فهم ما هي الأشكال الأرضية المحتملة التغير في المستقبل . التي يجب أن تكون واضحة في عقول صناع السياسة لتلك الإدارة المستدامة التي تكون إدارة للتغير ولا تكون ببساطة محاولة لإبقاء الوضع الراهن . هو فقط عندما يكون النظام الساحلي يسمح للزمان والمكان للتطور الطبيعي للاستمرارية الحقيقية التي سوف تحدث ، (Stephen Crooks .2004) . وعلى هذا الأساس فان الطرقُ المستعملة حالياً للسيطرةِ على التعرية واستصلاح أراضي الشاطئِ تتفاوت في السعرِ والتعقيدِ وحجمِ التأثيرِ على الشاطئِ . وبالإمكان تصنيفهم بشكل واسع طبقا لتصلبهم كصلبة أو مرنة أو طبقا لقابليتهم لامتصاص الطاقة مثل لها القابلية على امتصاص الطاقة أو غير قابلة على امتصاص الطاقة . ومن بين الطرقِ الأكثر شيوعاً للسَيْطَرَة على تعرية الشاطئِ نذكر الطرق التالية :

١ – حيطان عمودية صلبة لا تمتص الطاقة .

٢ – أكوام أنقاض وحيطانِ مُنْحَدِرةِ صلبة تمتص الطاقة .

٣ – صفوف عشبِ مرنة تمتص الطاقة .

٤– أسيجة لحَصْر الرملِ تكون مرنة تمتص الطاقة .(http://fosh.tw/ ).

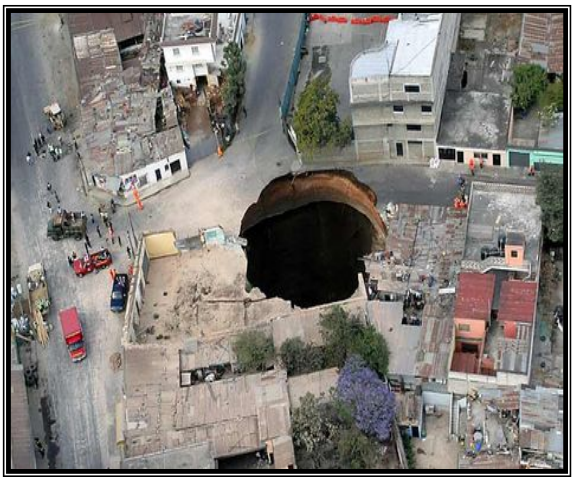
# الفصل التاسع
# الجيومورفولوجيا التطبيقية في مناطق الكارست

**المقدمة .**

تتحدث الأنباء في العديد من المناطق في العالم عن انهيارات وانخساف في الأرض حيث ينفتح باطن الأرض فجأة ويبتلع بيوت وسيارات وحقول وشوارع . والسؤال الذي يطرح نفسه كيف نقوم بدراسة هذه الظواهر ؟ وكيف نحمي الإنسان من مخاطرها ؟ وهل هناك إمكانية لاستثمارها . هذا ما سنحاول الإجابة عليه في هذا الفصل . ففي مايس من عام ٢٠١٠ اجتاح إعصار الاوركان آغاثا مدينة غواتيمالا ( العاصمة) وسط أمريكا اللاتينية وهطلت أمطار غزيرة أدت إلى حدوث كارثة كبيرة بعد انتهاء الأمطار حيث انخسفت الأرض في دائرة قطرها ( ١٨متر) وعمق (٦٠ متر) ، كما موضح في الصورة (١٧) وعلى الرغم من أن الحفرة حدثت بين شوارع وبيوت المدينة إلا أنها لم تحدث أية خسائر بشرية . أما تفسير حدوث هذه الظاهرة فانه يعود إلى وجود مغارة جوفية في باطن الأرض تكونت عن طريق إذابة الأملاح في مياه الأمطار التي تغلغلت ببطي بعد سقوط الأمطار . بالإضافة إلى هذا النوع من ظواهر الكارست فان هناك ظاهرة أخرى يطلق عليه علماء الأرض أسم الكارست المزيف pseudokarst الذي يحدث نتيجة نشؤ فراغات داخل الأرض بعملية أخرى تختلف عن عملية ذوبان الأملاح بواسطة الأمطار ، وإنما تحدث نتيجة عملية طبيعية مثل انزياح التربة أو بسبب خروج ألماكما إلى سطح الأرض والتي تركت خلفها فجوات في باطن الأرض ، ويمكن أن تكون فراغات ناشئة عن نشاطات إنسانية ، فبالنسبة للثقوب الانخسافية الموجودة في غواتيمالا التي حدثت عام ٢٠٠٧ كما موضح في الصورة (١٨) كانت النشاطات الإنسانية هي السبب في حدوثها حيث تم بناء هذه المدينة على صخور بركانية غير قابلة للذوبان في الماء ، ثم بعد ذلك اكتشف وجود تسرب في القناة الرئيسية لمياه المجاري تمكن من جرف وإذابة الصخور الموجودة مما ترتب عليها

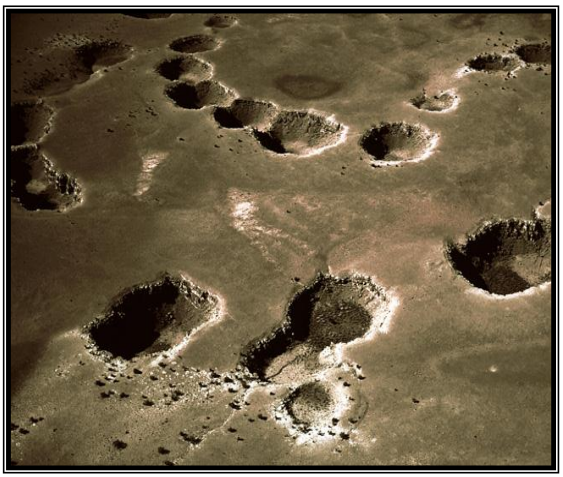
وجود ثقوب واضحة . وأشار العلماء إلى ما حدث في كرا كوم في تركمستان في تكوين حفرة كبيرة أطلق عليها السكان المحليين اسم بوابة جهنم Gates of hell حيث تعد تلك المنطقة غنية بالغاز الطبيعي وكذلك غنية بوجود الفجوات في باطن الأرض ، وعندما بدأ التنقيب عن الغاز في هذه المنطقة في عام ١٩٧١ تم الاصطدام بإحدى الفجوات التي ترتب عليها حدوث فجوة كبيرة بعرض ٦٠ متر وعمق ٢٠ متر ، إلا إن الضغط الموجود في باطن الأرض ساهم في تسرب الغاز إلى السطح ، ولغرض السيطرة على الموقف والتقليل من الأضرار الناتجة عن ذلك التسرب أشعلوا النار فيه التي لازالت مشتعلة لحد الآن كما موضح في الصورة (١٩) . وفي القرب من البحر الميت وعلى أعماق تتراوح بين ( ٢٥ – ٥٠ متر ) توجد طبقة ملحية يبلغ سمكها بضعة أمتار ، ففي السابق كانت هذه الطبقة مغطاة بالمياه الجوفية ، ولكن مع انخفاض المياه الجوفية حدثت عمليتين فيزيائيتين ، الأولى إن الفراغات في طبقة الأملاح أصبحت جافة وغير مستقرة ، والثانية إن هذه الأملاح الجافة أصبحت في تماس مباشر مع مياه خالية من الأملاح قادمة من الأمطار النادرة . بذلك تنحل الأملاح بكميات اكبر وتزداد الفراغات حجما لتنهار وتظهر المزيد من الثقوب كما موضح في الصورة . (nadyelfikr.com. )

الصورة (١٧) الحفرة التي حدثت في غواتيمالا في عام ٢٠١٠ .



http://www.nadyelfikr.com/showthread.php?tid=44134

الصورة (١٨) ظاهرة الكارست المزيف



http://www.nadyelfikr.com/showthread.php?tid=44134

الصورة (١٩) بوابة جهنم في كراكوم في تركمستان .

http://www.nadyelfikr.com/showthread.php?tid=44134

صورة(٢٠) ثقوب كارستية بالقرب من البحر الميت .

http://www.nadyelfikr.com/showthread.php?tid=44134

**الدراسة التطبيقية .**

للقيام بالدراسة التطبيقية للأشكال الأرضية في مناطق الكارست لابد من اتباع بالخطوات التالية :

**أولا – دراسة العوامل الطبيعية لمنطقة الدراسة :**

١ – الحصول على خرائط أو صور جوية أو مرئيات فضائية للتعرف على نوعية البنية الجيولوجية في منطقة الدراسة من خلال معرفة نوعية الصدوع والمساحة التي تنتشر عليها وتحديد اتجاهاتها ، حيث ترتب على حدوث الحركات البانية للجبال التي توالت على تكوين الأرض خلال التاريخ الجيولوجي لها إلى تكوين صدوع عديدة في باطن الأرض مما سهل حركة المياه الباطنية من خلالها التي ساهمت بشكل كبير في تكوين الأشكال الأرضية الكارستية.

٢ – اخذ عينات من صخور منطقة الدراسة ونقلها إلى المختبر لمعرفة نوع الصخور وخصائص كل نوع لما له من أهمية في تكوين الأشكال الأرضية الكارستية ، حيث يتم تحديد الأنواع التالية من الصخور :

**أ – الصخور الكلسية .**

وهي عبارة عن صخور رسوبية تحتوي على نسبة عالية من كاربونات الكالسيوم CaCo3 تصل بحدود ٥٠% ، ولا توجد خالصة لوحدها إلا في حالات نادرة عندما يتصلب الكلس في صواعد أو هوابط ، وتوجد صخور كلسيه صلبة مثل الاراغوني uraganieu الموجودة في جبال الألب الفرنسية حيث أن نسبة كاربونات الكالسيوم لبعض المنشورات تتراوح ما بين ٩٥% و ٩٨% من مكوناتها. وعموما يكون الكلس الخالص هو الصفة الغالبة لمعظم الأشكال الأرضية الأكثر تنوعا .

**ب – الكلس الكتلي .**

تكون على أشكال مصطبات ذات سمك يصل إلى عدة أمتار . وتكون متفرقة بواسطة ممرات تطبقيه واضحة ، في بعض الأحيان يغيب ويندثر التطبق في أماكن خاصة مثل الشعاب المرجانية . هذا النوع من الكلس ناتج عن الترسب البيولوجي إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة

**ج – الكلس المفروش والكلس المتترب .**

هو عبارة عن فرشات رسوبية تحتوي على نسبة مهمة من الطين وهي تحدث نتيجة لعمليات الترسيب الفصلية والسنوية ، وهناك نوع آخر يطلق عليه اسم الكلس المفروش الملوث الذي يسمى أيضا بالكلس المتترب وهو يحصل نتيجة لوجود الأوحال الموجودة على جوانب القارات في المياه الساخنة حيث تصل نسبة كاربونات الكالسيوم CaCo3 في هذا النوع من الصخر بحدود ٩٠% .

**د – الصخور الكلسية ذات النفاذية المرتفعة .**

وهي عبارة عن صخور كلسية طباشيرية ترسبت خلال عصر الكريتاشي وتتميز بنفاذيتها العالية وكثرة وجود الصدوع فيها ، هذا النوع من الصخور ترسب في البحار الاستوائية ، والهضاب القارية ، وقد تصل نسبة كاربونات الكالسيوم فيه إلى ٩٥% .

**هـ – الدولومايت .(Co3) Ca Mg .**

وهي عبارة عن صخور تتكون من اتحاد كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم القابلة للذوبان .والتي تتكون من نسب مختلفة يترتب عليها تكون أنواع مختلفة من الدولومايت : أولها الدولومايت عندما تكون النسبة ١٠٠% من كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم ، وثانيها الدولومايت الكلسي عندما تتراوح كاربونات الكالسيوم بين ( ٥٠ – ٩٠ % ) ،

وثالثها الكلس الدولومايتي عندما تكون نسبة كاربونات المغنسيوم تتراوح بين ( ١٠ – ٥٠% ) .

**٣ – التضاريس .**

ينبغي على الباحث إن يدرس تضاريس منطقة الدراسة بشكل مفصل لان لها تأثير مهم في تشكيل أنواع الكارست ، حيث يتم وصف المنطقة هل هي جبلية ، تلالية ، هضبية ، سهلية ، وتحديد درجة الانحدار لكل منها .

**٤ – مناخ منطقة الدراسة .**

على الباحث أن يقوم بدراسة مفصلة لكافة عناصر المناخ في منطقة الدراسة مع التأكيد على عنصري الحرارة والمطر وذلك لما لهما من تأثير على تكوين الأشكال الأرضية في مناطق الكارست حيث تتباين شدة الإذابة بين منطقة جغرافية وأخرى وسنوضح ذلك من خلال النقاط التالية :

**أ – درجة الحرارة .**

إن لدرجة حرارة الماء دور مهم في تحديد مكونات وعناصر الماء فقد تبين بأن نسبة ثاني اوكسيد الكاربون المذاب في الماء عندما تكون درجة الحرارة صفر تكون نسبته مرتين أعلى من نسبة ثاني اوكسيد الكاربون المذاب في الماء عندما تكون درجة حرارة الماء (٢٠) درجة مؤية . وهذا يعني إن معدل الإذابة في المناطق الباردة تكون مهمة وأعلى من المناطق الدافئة .

**ب – الأمطار .**

للأمطار دور مهم في عمليات إذابة الصخور وبالتالي تكوين أنواع مختلفة من الأشكال الكارستية ، ففي المناطق الاستوائية الرطبة تكون كمية الأمطار العالية مع وجود نسبة عالية من ثاني اوكسيد الكاربون في الجو نتيجة لكثافة الغطاء النباتي الذي

يطلق هذه الكمية العالية دور مهم في نشاط عمليات الإذابة وبالتالي تساهم مساهمة مهمة في تكوين الأشكال الأرضية الكارستية .

**٥ – خصائص المياه .**

ينبغي على الباحث اخذ عينات من المياه الجوفية ونقل هذه العينات إلى المختبر وتحليل خصائصها الفيزيائية والكيميائية وبالأخص درجة حرارة الماء ، ونسبة ثاني اوكسيد الكاربون الذائب في الماء ، لتفسير التباين في تكون الأشكال الأرضية الكارستية في منطقة الدراسة .

**٦ – الغطاء النباتي .**

ينبغي على الباحث إن يقوم بدراسة كثافة الغطاء النباتي دون الخوض في تفاصيل أنواع الغطاء النباتي الذي اعتاد الباحثين التطرق إليها لأننا في هكذا دراسة بحاجة إلى الكثافة وليس النوع ، وذلك لان نسبة ثاني اوكسيد الكاربون التي تشكل عنصر مهم في عمليات الإذابة تعتمد على كثافة الغطاء النباتي وتتباين تبعا لتباين ذلك الغطاء النباتي .( http://etawbmtjyqe.maktoobblog.com )

## ثانيا – تصنيف الينابيع .

أ – ينبوع ناتج عن انكسار منزلق كما موضح في الشكل ( ) .

ب – ينبوع ناتج عن انكسار راسي بسيط كما موضح في الشكل ( ) .

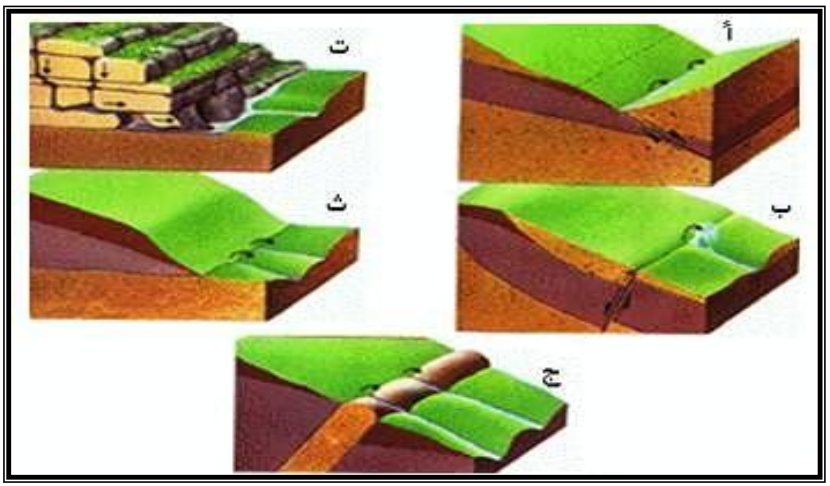
ج – ينبوع ناتج عن اذابة الحجر الجيري كما موضح في الشكل ( ) .

د – ينبوع ناتج عن ميل الطبقات وتباين نفاذية الصخور كما موضح في الشكل ( ) .

هـ – ينبوع ناتج عن قطع ناري أو طبقات شبه رأسية كما موضح في الشكل ( ) .

( http://geo2all.mam9.com/t4885-topic)

الشكل (٤) تصنيف الينابيع .




http://geo2all.mam9.com/t4885-topic

ثالثا– **الدراسة الميدانية :**

١ – توثيق جميع الأسطح الجيرية المضرسه التي يطلق عليها البوغاز في يوغسلافيا أو الكارن في ألمانيا .

٢ – القيام بحساب كثافة الحفر الكارستية في منطقة الدراسة .

٣– قياس العرض والطول والعمق للحفر الكارستية لغرض تحليل التباين في خصائصها الهندسية وبيان أنواعها .

٤ – توثيق البرك التي تحدث في وقت الأمطار وتحديد مساحتها .

٥ – توثيق القناطر الطبيعية الموجودة في منطقة الدراسة .

٦ – توثيق وديان الذوبان في منطقة الدراسة .

٧ – توثيق أنواع الكهوف ومساحاتها ، وأطوالها ، والأشكال الأرضية التي تتميز بها .
٨ – توثيق المجاري الجوفية . **Subterranean Streams** . أو المجاري المفقودة
٩ – توثيق الأودية العمياء **Blind Valleys** وهي تلك المجاري السطحية التي تجف مياهها تبعا لتغلغلها في جوف الصخر وتحولها إلى مجاري جوفية .
١٠ – توثيق التلال المنعزلة والغابات الحجرية .
١١ – توثيق الجسور الطبيعية . Natural Bridges . من حيث الطول ، والعرض ، والارتفاع.
١٢ – تصنيف الأشكال الأرضية الكارستية لمنطقة الدراسة .

**رابعا– التوقعات المستقبلية :**

من الصعب إيقاف التشققات وعمليات الخسف التي تحدث في مناطق الصخور الجيرية ، لذا يجب أن يتركز الجهد على التوقع بحدوث تلك العمليات ومراقبة تطورها لضمان المحافظة على سلامة الناس وممتلكاتهم ، وحيث إن مسببات الخسف متعددة لذا فان عمليات التوقع بها متعددة فمثلا تتسبب عمليات تعدين الثروات الطبيعية واستخلاصها من باطن الأرض في إحداث الخسف لذا فان التوقع بمثل هذا النوع من العمليات يعتمد أصلا على رسم خرائط للمناطق المعرضة له ، إما في حالة المياه الجوفية فان مراقبة الانخفاض في منسوب الماء وتراص الرسوبيات التي تعلوه يمكن أن يساعد في التوقع بأبعاد وقيمة الخسف اعتمادا على تقديرات الانخفاض في منسوب الماء عموما هناك إجراءات متعددة يمكن اتخاذها في موضوع التوقع بالخسف والتعرف عليه ومراقبته نذكر منها.

١ – دراسة عمليات الخسف السابقة ، ومعرفة أسبابها ، ثم التوقع بما يمكن أن يحدث منها مستقبلا ، والعمل على إيقاف هذه المسببات . ويتم ذلك من خلال البحث والتحري عن الحفر الخسفيه التي تكونت سابقا ثم دفنت ودراسة معالمها من خلال استخدام أجهزة رادار لها القدرة على اختراق سطح الأرض والنفاذ إلى الأعماق Ground– penetrating radar,GPR.

٢ – عمل آبار اختباريه ومسوحات جيوفيزيائية لإنشاء مقاطع في التربة بهدف قياس معدلات الخسف التي تحدث في المناطق المشمولة بإقامة منشآت هندسية عليها ( بنايات ، طرق بأنواعها المختلفة ، جسور ).

٣ – اعتماد نظام تحديد الموقع Global Positioning System. GPS باستخدام الأقمار الصناعية وذلك عن طريق إيجاد إحداثيات منطقة الدراسة ومراقبة ارتفاعات بعض النقاط فيها ومن ثم حساب معدلات الخسف أو الرفع ومما يؤخذ على هذه الطريقة إنها حديثة جدا وانه لا توجد قراءات سابقة لمقارنتها بما يؤخذ من قراءات حديثة بهدف تحديد معدلات الخسف إلا إنها تقنيات عالية الدقة ويمكن استخدامها في مراقبة عمليات الخسف فوق المناجم وحقول النفط .

٤ – مراقبة الشقوق الأرضية وحساب معدلات توسعها أو تقلصها باستخدام أجهزة قياس التمدد Extensometer وهو عبارة عن جهاز يربط بأسلاك مثبتة بنقاط محددة على جانبي الشق الأرضي ، وبواسطة هذا الجهاز يقاس تمدد أو تقلص السلك ، ومن ثم مراقبة تطور الشق في منطقة الدراسة ، ومن الجدير بالذكر فان مثل هذه القياسات يمكن تنفيذها أفقيا وعموديا .

٥ – استخدام الصور الجوية ولفترات متعاقبة لمعرفة التغيرات التي طرأت على الشقوق والصدوع وتفسير عملية تطورها . (السفاريني ، ٢٠٠٨ ، ص ١٨١ – ١٨٢ ) .

**خامسا– الأخطار الناجمة في مناطق الكارست .**

تعد الأخطار المترتبة على حدوث التشققات الأرضية والخسف اقل ضررا على التجمعات السكانية من تلك التي تحدث نتيجة لحدوث الكوارث الطبيعية الأخرى التي تتعرض لها المدن من الفيضانات والزلازل ، إلا إن خطرها يكون كبيرا على الأفراد ، ويمكن توضيح ذلك من خلال النقاط التالية :

١ – يترتب على حدوث الانخساف الأرضي أضرارا بالغة الأهمية للمزارعين من خلال التأثير على كفاءة قنوات الري ، وتغيير مستويات الأرض وتحويل أجزاء من الأراضي الزراعية إلى مناطق يصعب حراثتها .

٢ – تتحول المناطق المعرضة للانخساف الأرضي إلى مصائد قاتلة للماشية ، أما في مناطق المراعي والغابات والمحميات الطبيعية فان خطرها يهدد الحيوانات التي يسعى حماة البيئة للمحافظة عليها .

٣ – تتعرض المدن إلى مخاطر الانخساف الأرضي حيث يؤدي ذلك إلى تدمير البنى التحتية فيها مثل الأنفاق وطرق النقل والتمديدات الصحية ،وأنابيب المياه .

٤ – يترتب على حدوث الانخساف الأرضي تلوث المياه الجوفية عن طريق انتقال الملوثات السطحية عبر الشقوق . (السفاريني ، ٢٠٠٨ ، ص ١٨١ – ١٨٢ ) .

**سادسا – استثمار مناطق الكارست .**

١ – تعد العديد من المناطق الكارستية مصدرا مهما للمياه الجوفية بعد أن تكونت بسبب هذه المياه وبالتالي ربما تكون خزانات مائية استراتيجية ينبغي دراستها بشكل مفصل للاستفادة وإمكانية الحفاظ عليها من التلوث الذي يحصل بفعل إلقاء النفايات وتصريف نواتج المصانع إلى الكهوف .

٢ – دراسة هذه الكهوف من حيث اتساعها ، لإمكانية الاستفادة منها في تخزين مياه

الأمطار ، أو كسدود تحت الأرض للتقليل من عملية التبخر الذي تتعرض له أماكن الخزن السطحية للمياه ، وبالتالي إمكانية الحفاظ على الأراضي الزراعية أو السكنية القريبة من هذه الظاهرة . (http://www.safita1.com/) .

٣ – إمكانية الاستفادة من هذه الظواهر للأغراض السياحية كما هو الحال في مغارة جعيتا في لبنان التي يرتادها السياح من مختلف أنحاء العالم وتشكل موردا اقتصاديا مهما ، كذلك الحال للغابات الحجرية في الصين حيث تستقطب هذه المظاهر الكارستية الفريدة آلاف السياح من كافة أنحاء العالم ، حيث كانت مغمورة بالمياه قبل (٣٠٠ ) مليون سنة وأصبحت تراثا جيولوجيا لا يقدر بثمن بعد تطور جيولوجي طويل الأمد . وتتميز هذه الغابات بوجود الكهوف والشلالات ، و قد اكتسبت شهرة كبيرة داخل الصين وخارجها وأصبحت عماداً للاقتصاد المحلي .
( http://alfrasha.maktoob.com/) .

# الفصل العاشر

# الجيومورفولوجيا التطبيقية في المجال العسكري

**المقدمة.**

على الرغم من أن الأسلحة والقيادة والتدريب وتخطيط المعركة ، تؤثر إلى حد كبير على الحملات العسكرية ، إلا إن تضاريس أشكال سطح الأرض لها تأثير كبير في حسم النتيجة النهائية للمعارك . وعلى هذا الأساس يجب أن يضع القادة العسكريون أهمية التضاريس الأرضية في حساباتهم عندما يقومون بوضع الخطط العسكرية ، إذ يتم وضع خطة عسكرية لكل نوع من أنواع التضاريس وإجراء تعديلات دقيقة لهذه الخطط وفق المعطيات الأرضية التي يتميز بها الموقع الجغرافي . وفي القدم قال المفكر الصيني الشهير سون تسي Sun Tze قبل نحو ٢٥٠٠ سنة في كتابه القيّم فن الحرب ": The Art of war إن أولئك الذين لا يعرفون أحوال الجبال والغابات والأودية الخطرة والسبخات والمستنقعات لا يمكنهم قيادة جيش . "

اذاً هناك دور متبادل في كل زمان ومكان بين البيئة environment أو الجغرافيا الطبيعية physical geography وبين المعركة ، فقد أدى السعي الدؤوب عبر قرون طويلة لقهر العدو إلى التقدم الكبير في صنع الأسلحة وتطوير التقنيات وبدرجات متفاوتة من أجل ضمان السيطرة على المكان space وخطوط المواصلات lines of communications . وكان للعداوة بين بني البشر ، ولاستمرار الصراع شبه تأكيد في أن المستقبل سيكشف عن أدوات ووسائل أكثر دمارا ورعبا وقت أي حرب قادمة ، وظهر جليا أن العناصر الجغرافية الأساسية كانت على الدوام عناصر هامة في إدارة المعركة وفي حصيلة هذه المعركة.

**١ – الترب الطينية وعلاقتها بالعمليات العسكرية .**

إن الترب الطينية تلعب دور كبير في التأثير على سير المعارك البرية وخاصة عندما يحدث تساقط الأمطار بشكل مفاجئ وغير متوقع مما يترتب عليه تحول التربة

إلى تربة لزجة تتسبب في بطء حركة الآليات والجنود من جهة ، وتعرضهما للانزلاق من جهة أخرى ، مما يتطلب إعادة النظر في الخطط العسكرية التي كان من المتوقع تنفيذها قبل عملية التساقط المطري ، وهذا ما حصل فعلا خلال الحرب الأهلية الأمريكية ، حيث تسبب تساقط الأمطار على الترب الطينية في ولاية فرجينيا إلى إيقاف هجوم كبير لقوات الجيش الاتحادي في عام ١٨٦٣ بسبب تغيير صفات التربة بعد التساقط المطري التي تحولت إلى تربة لزجة غيرت كل مجريات المعركة .

إما عندما يزداد التساقط المطري عن حدوده الطبيعية ويستمر لفترة أطول وخاصة في المناطق المعتدلة والرطبة فان الأمر يزداد تعقيدا لان الترب الطينية هنا سوف تتحول إلى مستنقعات طينية تعرقل الحركة تماما وتغيير الخطط العسكرية بالكامل ، وهذا ما حصل فعلا في سواحل شمال غرب أوربا في الحرب العالمية الأولى ( ١٩١٤ – ١٩١٨ ) حيث دارت المعارك في المناطق الساحلية المنخفضة التي يطلق عليها ( الفلاندرز Flanders على طول السواحل المحصورة بين فرنسا وبلجيكا ، هذه المناطق سببت متاعب وإرباك لكافة العمليات العسكرية البرية والتي استمرت طيلة أربع سنوات ، وكانت سببا رئيسيا في عدم حسم المعركة لأي طرف من أطراف الصراع .

**٢ – مناطق السهول وعلاقتها بالعمليات العسكرية .**

تلعب المناطق الداخلية في المناطق الباردة دورا مهما في حسم العمليات العسكرية وخير مثال على ذلك المناطق الداخلية التي تمتد من شرق قارة أوربا حتى سهول سيبيريا في الاتحاد السوفيتي (سابقا) حيث تتميز هذه المناطق بانخفاض معدلات درجات الحرارة انخفاضا كبيرا بسبب امتدادها لمساحات واسعة ساعدت صفات تضاريسها بالتخلص من حرارتها بسرعة خلال فصل الشتاء وهذه خاصية ثابتة

ومعروفة وبديهية حيث يفقد اليابس حرارته بسرعة ويكتسبها بسرعة بينما عكس ذلك ما يحدث للماء الذي يكسب حرارته ببطيء ويفقدها ببطيء ، ولذلك فان السهل السيبيري تنخفض معدلات درجات الحرارة فيه مما يترتب على ذلك أن يكون فصل الشتاء باردا جدا مما يساهم مساهمة فعالة في تغيير الخطط العسكرية وتغيير نتائج المعارك في هكذا ظروف قاسية خاصة عندما تكون الخطط العسكرية غير مجهزة للقتال في مثل هذه الظروف مما يؤدي إلى خسارة المعركة وتقديم تضحيات كبيرة ، وهذا ما حصل فعلا مع ملك السويد شارلز الثاني للفترة من ( ١٦٨٢ – ١٧١٨ ) في هجومه على روسيا . وكذلك الخسارة التي تعرض لها نابليون بونابرت إمبراطور فرنسا (١٧٦٩ – ١٨٢١ ) في هجومه على روسيا أيضا . وكذلك فشل هجوم الزعيم النازي أدولف هتلر ( ١٨٨٩ – ١٩٤٥ ) . كل هؤلاء القادة العسكريين فشلوا في هجومهم على روسيا بسبب ظروف التضاريس التي ترتب عليها تغيير صفات المناخ في تلك المناطق والتي غيرت كل الطموحات والخطط العسكرية والتي انتهت جميعها بالفشل لان القادة العسكريين لم يحسبوا تلك التغيرات في التضاريس وفي صفات المناخ وبالتالي لم يتدربوا عليها مما أوقعهم في فشل ذريع .

إما عند الحديث عن المناطق السهلية في المناطق الحارة فان سطح الأرض هنا يكتسب الحرارة بسرعة مما يترتب على ذلك ارتفاع معدلات درجات الحرارة الذي يترتب عليه أيضا تطور ظاهرة الجفاف وإثارة الغبار وهذا ما حدث في المعارك التي دارت رحاها بين الجيوش المتحاربة في صحراء شمال إفريقيا خلال الحرب العالمية الثانية للفترة من (١٩٤١ – ١٩٤٣ ) . ولذلك فان شكل الأرض لعب دوراً بارزاً في النزاع . فبالرغم من إن علماء الجغرافية العسكرية في ذلك الوقت لم يتمكنوا من وضع تحليل للأشكال الأرضية لجيش أثينا المؤلف من عشرة آلاف جندي أثناء دفاعه عن

سهول" ماراثان" عام ٤٩٠ ق.م ، بينما وضع قادة ذلك الجيش أهمية شكل الأرض في خططهم العسكرية التي دارت رحاها على المنحدرات المطلة على جيش الفرس الذي كان يتولى قيادته" دايروس" الأكبر على الشاطئ . وعلى النقيض من ذلك فإن جيش الفرس – الذي كان يفوق الإغريق عدداً بنسبة ٦:١ – لم يضع أهمية للأرض عند اتخاذه قرار النزول إلى اليابسة ، وإقامة معسكر على سهول "ماراثان"، فجعلوا البحر خلفهم والجبال أمامهم والأنهار والمستنقعات على أجنحتهم. ولذلك لم يتوفر لهم مجال كاف للمناورة ضد "فالاناكس "الإغريق ، وكاد أن يبيدهم عن بكرة أبيهم بعملية التفاف مزدوج .

**٣ – المناطق الجبلية وعلاقتها بالعمليات العسكرية .**

شكلت الأشكال الأرضية في المناطق الجليدية التي يطلق عليها الثلاجات glaciers ساحات للمعارك ، حيث أثّرت بشكل فاعل على مجريات المعارك بحكم تكوينها ، وظهر ذلك في معركة ماساتشوستس بانكر هل ، والجزء الغربي من لونغ آيلاند في ولاية نيويورك الأمريكية عام ١٧٧٥. وعلى مستوى أكبر كان دور الأرض المرتفعة قليلا والممتدة من وارسو العاصمة البولندية إلى منسك عاصمة روسيا البيضاء إلى سمولنسك في غرب روسيا ، إلى ما بعد بوردينو غرب موسكو ونحوها ، إذ تشكل هذه المنطقة إرسابات لمواد على حافة قلنسوة ice - cap جليدية واسعة وُجدت من عدة آلاف من السنين . وخلال قرون ثلاثة متتالية سارت جيوش ثلاث ( سويدية وفرنسية وألمانية ) دروبا وطرقا مشابهة ، وعلى الارسابات نفسها ، وقطعت مئات الكيلومترات نحو روسيا لتصل إلى نهايتها المحتومة وهي الهزيمة . وفي مكان آخر يختلف تماما عن البيئة السابقة تحاربت قوات نمساوية وإيطالية في الحرب العالمية الأولى في عين المنطقة من جبال الألب، وفي مواقع تغيرت بضع عشرات من

الكيلومترات خلال عدة أشهر ، شكلت اضطرابات الطقس على ارتفاعات كبيرة ، ومناطق وعرة حفرتها كتل الجليد شكلت ساحة هائلة للمعارك.

ومرة أخرى لعب الوقت والأرض دورا عظيما في الحرب عندما قام الجنرال الأمريكي جاكسون والشهير باسم ستونول عام ١٨٦١ بمناورات أسطورية في وادي شناندوة ، كما كانت طبيعة جبال بلو ردج وامتدادها نحو الشمال الشرقي سببا في توفير التخفية وفرصة للمسير الطويل بموازاتها بقيادة الجنرال الأمريكي لي عامي ١٨٦٢ و١٩٦٣ لغزو ميريلاند وبنسلفانيا إبان الحرب الأهلية الأمريكية . وعلى خلاف ما سبق جرى عام ١٩١٦ قتال بين القوات الألمانية والفرنسية قرب فردان Verdan وهي قرية ذات موقع استراتيجي حصين على نهر موز Meuse في شمال شرق فرنسا ، حيث جرى القتال بين الطرفين لمدة تزيد على ١٠ أشهر بهدف السيطرة على منطقة تلالية غابية وعرة شكلت أحد معاقل الجبهة الغربية ، حيث وقع تغير بسيط في خط المواجهة في أرض تعتبر أكثر ما تكون مناسبة للدفاع ، وقد خسر الطرفان الكثير ، وتشهد على ذلك المقابر والنصب التذكارية الكثيرة جدا هناك .

**٤ – الأنهار وعلاقتها بالعمليات العسكرية .**

لقد لعبت الأنهار دوماً دوراً حاسماً في الحرب، إذ إن الأنهار – بما فيها من تعرجات وسهول تغمرها الفيضانات – تتسبب في مشاكل تكتيكية وهندسية جمة . وكانت الأنهار الواسعة ذات التيار الجارف تمثل عقبة لم تتمكن الجيوش القديمة من عبورها ، بيد أن التطورات التقنية التي طرأت قد تبعها تحسن في تكتيكات عبور الأنهار ، بيد أن تلك الابتكارات لم تضمن النجاح التام بسبب التأثيرات الكبيرة الناجمة عن عوامل العدو ، والجغرافيا ، والطقس . ولعل خير شاهد على ذلك، الكارثة التي حدثت أثناء محاولة عبور نهر الراين في إيطاليا خلال شهر يناير ١٩٤٤م ، وعملية الإنزال الجوي الفاشلة التي نفذها الحلفاء لعبور نهر الراين أيضاً في شهر سبتمبر ١٩٤٤م .

كما أن الصعوبات التي واجهتها الفرقة المدرعة الأولى الأمريكية مؤخراً في عبور نهر "سافا" إلى البوسنة في شهر يناير 1996 م تعكس التعقيدات التي تكتنف عمليات عبور الأنهار . ورغم أن الفكرة السائدة عن الأنهار أنها تشكل عوائق ، إلاّ أن الجيوش الغازية قد استخدمت تلك الأنهار كطرق رئيسة في غزوها . ولعل أوضح مثال على ذلك ما حدث في مسرح العمليات الغربي أثناء الحرب الأهلية الأمريكية.

وعندما اندلعت الحرب الأهلية الأمريكية استدعت الاستراتيجية الاتحادية شن هجوم عسكري مدبر في مجرى نهر المسيسبي لشق صفوف التمرد ، وفتح ذلك النهر في وجه التجارة الاتحادية ، وقد أطلق على تلك العملية اسم (خطة اناكوندا) . بل إن الجيش الاتحادي قد سلك كافة الأنهار الرئيسة في مسرح العمليات الغربي – المسيسبي ، وكمبرلاند وتنيسي – في ذلك الغزو للنفاذ إلى الجناح الأيسر من خط دفاع المتمردين ، وقد فطن الجنرال يو.أس.غرانت إلى أهمية تلك الأنهار منذ الوهلة الأولى ، إذ إن نهري كمبرلاند وتنيسي يتجهان مباشرة إلى ولاية تنيسي ذات الأهمية الاستراتيجية . وفي حالة تنفيذ هجوم سريع لاختراق هذه الولاية ، والسيطرة على النهرين ، فإن ذلك سوف يترتب عليه فصل الجناح الغربي للجنرال "البريت سيدني جونستون"، ويفتح منطقتي ناشفيل وغاتنوغا لهجوم سهل من جانب الجيش الاتحادي . وبالفعل عمل الجنرال غرانت على تنفيذ هذه الخطة بمساندة أسطول نهري صغير وتمكن من الاستيلاء على قاعدتي "هنري" و "دونلسون" في أوائل شهر فبراير ١٨٦٢م . وقد كان ذلك نصراً مؤزراً لأن الجنرال غرانت أجبر جونستون إلى التقهقر جنوباً لمسافة (٢٠٠) ميل حتى وصل إلى مدينة "كورنث" على نهر المسيسبي فوقعت ناشفيل وكافة المناطق القريبة من ولاية تنيسي في قبضة الجيش الاتحادي . واستثمر الجنرال غرانت فوزه بشن هجوم سريع على امتداد نهر تنيسي حتى وصل إلى بتسبرغ حيث دارت معركة "شيلو" الدموية في يومي ٦و٧ أبريل ١٨٦٢م.

وفي عام ٤٨٠ ق.م ، زحف قائد فارسي آخر يدعى "اكسيرس" على رأس جيش كبير لكسر شوكة الإغريق . وكان قوام ذلك الجيش (١٥٠ر٠٠٠) جندي ، وقوة بحرية تبلغ (٤ر٢٠٠ سفينة . فاستغل الإغريق – رغم قلة عددهم – معرفتهم الجيدة للأرض في اختيار مواقعهم الدفاعية . وتضمنت هذه الخطة الدفاعية البسيطة أن تتمركز قوة حماية صغيرة عند ممر ضيق في مركز "ثيرمابيلي". وفي هذا الموقع ، أبلى جيش صغير قوامه (٧ر٠٠٠) جندي بلاءً حسناً لصد الجيش الفارسي المؤلف من (١٥٠ر٠٠٠) جندي ، وما كان ذلك ليحدث لولا طبيعة الأرض . فقد كان عرض ممر "ثيرمابيلي" لا يتجاوز كيلومتر واحد ، وعلى أحد جانبيه البحر وعلى الجانب الآخر جبال شديدة الانحدار . وبالاستخدام الحاذق للأرض منع القادة الإسبارطيون جيش الفرس من حشد كافة طاقاته ، وتمكنوا من عرقلة تقدم ذلك الجيش لعدة أيام ، حتى وجد قائد الفرس "اكسيرس" ممراً بين الجبال نفذ من خلاله مسيراً ليلياً، وأخذ الجيش الإسبرطي على حين غرة من مؤخرته. ورغم أن جيش الفرس قد كسب تلك المعركة إلاّ أن عملية الإعاقة الناجحة التي نفذها الإسبارطيون قد تسببت في خسارتهم للحرب في نهاية المطاف.

**٥ – الصحراء وعلاقتها بالعمليات العسكرية .**

كان للصحراء ولا يزال دورا هاما في سير العمليات البرية وإسنادها ، مما يتطلب تقنيات وتدريبات ومعدات خاصة تتلاءم وطبيعتها . وتعّرف الصحراء جغرافيا بأنها منطقة جرداء أو شبه جرداء نباتيا بسبب قلة الأمطار أو ندرتها ، وعلى ضوء ذلك قد تكون الصحراء من حيث مكونات سطحها رملية أو صخرية أو غير ذلك ، ومن حيث منسوب وشكل سطحها قد تكون سهلية أو جبلية أو غير ذلك ، ومن حيث درجة الحرارة قد تكون حارة أو باردة أو معتدلة . وتعتبر الصحاري الحارة والمعتدلة

أكثر شهرة من الصحاري الباردة والمتجمدة بسبب موقعها في قلب العالم ، وحقول وآبار النفط في بعض منها ، وبكونها شهدت حروبا ومعارك حاسمة وهامة منذ العصور القديمة وحتى الآن . ويمكن توضيح العلاقة بين الصحراء والعمليات العسكرية من خلال النقاط التالية :

١ – تشكل الصحراء بيئة معيشية قاسية ، وغير مريحة إطلاقا ، كما يمكن أن تتسبب في مقتل القوات غير المدربة والمؤهلة للعمل فيها . وعلى القوات التي ستعمل في هذه الصحاري أن تعّد الإعداد الجسماني والنفسي لمواجهة تحديات الصحراء ، ويلاحظ أن دولا تشترط للعمل في الصحراء فحوصا طبية تصدر بموجبها شهادة لياقة طبية تفيد لياقة صاحبها للعمل . كما تقوم دول أخرى بإجراء عمليات تكيف وتأقلم لقواتها مع الظروف الصحراوية قبل إشراك هذه القوات بعمليات عسكرية واسعة وكبيرة . ومما يجدر ذكره إعلان إعادة ثمانية جنود دنماركيين يوم ٢٠٠٣/٧/١٢من العراق إلى بلادهم بسبب الارتفاع الشديد في درجة الحرارة ( ٤٦م ) . .

٢ – الرؤية الأفقية عادة تكون ممتازة في الصحراء مما تسمح بمقدار جيد من الرصد observation والمراقبة المنتظمة بواسطة الوسائل البصرية وغيرها لأغراض جمع المعلومات ، كما تتيح مدى جيدا لساحات الرمي fields of fire أي المناطق التي تغطيها رماية سلاح أو أسلحة بصورة مؤثرة من موضع معين .

٣ – تستهلك الوحدات العسكرية العاملة في المناطق الحارة كميات أكبر من المواد القتالية ، وقطع غيار أكثر من مثيلاتها العاملة في الصحاري والمناطق المعتدلة ، وتصبح أعمال الصيانة والفحوصات والخدمة الدورية للآليات والمعدات أكثر ضرورة وأهمية.

٤– التزود بالمياه هام جدا تبعا للفقر في مصادر الماء ولزيادة الاستهلاك.

٥- تصعب التخفية والستر تبعا للافتقار للغطاء النباتي.

٦ – تعيق المساحات الرملية الواسعة والمنبسطة وتحد من الدفاع الخطي.

٧ – يرجح أن تُكشف الوحدة العسكرية ويُعرف موقعها عند تحركها نتيجة الغبار الذي تثيره .

٨ – إبطاء الحركة بسبب الافتقار للطرق ، ولنقاط بارزة سهلة التمييز على أرض المنطقة للملاحة ( نقاط المرجع ) ولصعوبة المسير على الدروب والمسالك.

٩ – لدرجة حرارة الهواء في الأعالي تأثير سلبي على قدرة الرفع في طائرات الجناح الدوار ) rotary wing aircraft الطائرات العمودية ) وكذلك قدرة طائرات النقل غير النفاثة وكلما ارتفعت درجة حرارة الهواء المحيط بالطائرة تناقصت حمولة الطائرة.

١٠ – يمكن للرياح الصحراوية الشديدة أن تتسبب بهبوط الطائرات العمودية ، ولن تتمكن من الإقلاع ثانية إلا بعد تحسن حالة الجو وعودة الرياح إلى سرعتها المقبولة

إضافة إلى كل ذلك يمكن أن نجمل أهمية التضاريس في العمليات العسكرية من خلال النقاط التالية :

١ – اختيار نوع الآليات المناسبة للحركة وفقا لتضاريس سطح الأرض ، أي متى يستخدم الدروع والآليات الثقيلة ومتى يختار المشاة .

٢ – قياس سرعة الآليات وفق كل نوع من أنواع التضاريس لتحديد زمن التقدم والانسحاب في المناطق التي تتناسب مع استخدام الآليات . فمثلا سرعة الآليات فوق الأراضي الطينية تختلف عن سرعتها فوق الأراضي الرملية والصخرية فيفضل استعمال الآليات المجنزرة التي لا تسير على العجلات المصنوعة من الكاوشوك لان العجلات معرضة للعطل.

٣ – قياس سرعة الجندي فوق الأراضي الوعرة في المناطق التي تتلاءم مع المشات فقط . فعلى سبيل المثال سرعة المشاة فوق الأراضي الطينية المبتلة تكون بطيئة بسبب تعرض أفراد المشاة للانزلاق ، ويتعرض أفراد المشاة فوق الأراضي الكارستية التي تحتوي على أشباه الخرائب والحفر أيضا .

٤ – اختيار أفضل الاماكن الملائمة لإقامة المطارات العسكرية لتسهيل عمليات نقل كافة مستلزمات المعارك .

٥ – اختيار الاماكن الملائمة لعمليات الإنزال التي تقوم بها القوات الخاصة لتوفير ظروف ممتازة للدفاع والهجوم في وقت واحد .

٦ – اختيار الاماكن الملائمة لحفر الخنادق لغرض الاحتماء من نار العدو ، وهناك أمثلة عديدة في هذا المجال منها الخندق الذي أمر الرسول بحفره في غزوة الخندق .

٧ – اختيار الاماكن الملائمة لإقامة الملاجئ السرية تحت الأرض .

٨ – بناء استحكامات عسكرية قوية للمدفعية ذات الرماية المستقيمة لان الأمر يتطلب استخدام ارض صلبة لمرابض المدافع .

٩ – اختيار الاماكن الملائمة في مناطق المرتفعات لإقامة نقاط المراقبة الجوية لمراقبة القلاع والحصون الواقعة عند الممرات الطبيعية ومفارق الطرق . وعلى سبيل المثال قلعة القاهرة في منطقة تعز في اليمن .

١٠ – استخدام الجبال كمناطق استراتيجية يتم الاحتماء بها والتحصن في داخلها لما تمثله من مكان حصين يحمي القطعات من تقدم العدو .

١١ – اختيار الاماكن الملائمة لحفر الآبار الارتوازية للتزود بالمياه .

# الفصل الحادي عشر
# تصنيف وتقييم الأراضي

**المقدمة .**

قبل الدخول في نظام تصنيف الأراضي لابد لنا من الإشارة إلى الاختلاف بين مفهوم التربة ومفهوم الأرض لكي تكون الصورة واضحة عند الحديث عن احدهما أو كلاهما معا . حيث يشير مفهوم التربة إلى مفهوم محدد جدا يشير إلى تلك الأجسام الطبيعية مع العمق وكذلك الاتساع التي تتميز بخصائص قد تكون فقط لها علاقة غير مباشرة بالغطاء النباتي المستخدم حاليا . بينما يشير مفهوم الأرض إلى تعبير واسع يتضمن من بين خصائصه ليس التربة فقط بل خصائص طبيعية أخرى مثل ، وفرة المياه ، طبيعة الغطاء النباتي الموجود ، الموقع وعلاقته مع المدينة ، وسائل النقل ، إلى آخره من الاستخدامات الأخرى للأرض . وعلى هذا الأساس نحصل على تصانيف متعددة للأرض مثل ، أراضي الغابات ، أراضي المناطق المنخفضة ، أراضي الحشائش ، ولو دققنا النظر في هذه التصانيف المختلفة للأرض سنجد إنها قد تتضمن أنواع مختلفة من التربة ، إذا مفهوم الأرض هو مفهوم شامل وواسع ليشمل التربة كجزء من خصائصه الثابتة . إن بحوث وخرائط مسح التربة أصبحت اثنان من القواعد الأساسية في تصنيف قابلية الأرض . حيث يتطلب هذا النظام لكل هكتار من الأرض يمكن أن يستخدم بموجب قابليته أو محدداته . الأرض تصنف طبقا للاستعمال الثابت والأكثر ملائمة والذي يمكن أن يوفر حماية كافية من التعرية أو الوسائل الأخرى من التدهور .

**المقاييس المعتمدة حقليا لدراسة تصنيف وتقييم الأراضي :**

قبل الخروج إلى الحقل لابد أن يعرف الباحث ما المعايير التي يجب عليه الاستناد إليها في تصنيف الأراضي ، وما لذي يجب القيام به حقليا لتطبيق تلك

المعايير والخروج بتصنيف علمي مقبول للأراضي قيد الدراسة . وعلى هذا الأساس فان الباحث يجب عليه القيام بدراسة المقاييس الحقلية التالية :

١ – الانحدار .

يقوم الباحث بدراسة الانحدار لمنطقة الدراسة ، بالاعتماد على الخرائط الكنتورية ، أو القيام بقياس ذلك ميدانيا باستخدام المعدات الخاصة بدراسة الانحدار ، ثم بعد ذلك يقوم بوضع تصنيف لمنطقة دراسته وفق المعايير المذكورة في الجدول ( )

الجدول (١٧) صنف ودرجة الانحدار والوصف الخاص بكل صنف ودرجة.

| الصنف | درجة الانحدار | الوصف |
|---|---|---|
| ١ | ٠ – ٢ | أراضي مستوية الانحدار |
| ٢ | ٢ – ٥ | أراضي بسيطة الانحدار |
| ٣ | ٥ – ١٠ | أراضي خفيفة الانحدار |
| ٤ | ١٠ – ١٨ | أراضي معتدلة الانحدار |
| ٥ | ١٨ – ٣٠ | أراضي شديدة الانحدار |
| ٦ | ٣٠ – ٤٠ | أراضي شديدة الانحدار جدا |
| ٧ | أكثر من ٤٠ | جروف |

٢ – تقدير معدل التعرية .

يقوم الباحث بدراسة تقدير معدل التعرية لتربة منطقة دراسته ولمزيد من التفاصيل الرجوع إلى الفصل الرابع الخاص بالمنحدرات للاطلاع على المقاييس والمعايير الخاصة بالدراسة الميدانية لدراسة التعرية .

٣ – مخاطر الفيضان .

يقوم الباحث بدراسة مخاطر الفيضان من خلال توثيقه لذلك حقليا إذا كانت المنطقة تتعرض إلى ذلك أم لا .

٤ – تحديد فصل النمو للنبات .

يقوم الباحث بدراسة فصل النمو للنباتات المزروعة في منطقة الدراسة باعتباره واحد من المتطلبات المناخية المهمة في تصنيف الأراضي .

٥ – عمق التربة .

يقوم الباحث بتحديد عمق التربة حقليا، لغرض وضع تصنيف لها وفق المعايير المذكورة في الجدول (١٨).

الجدول (١٨) عمق التربة.

| الصنف | العمق / سنتمتر | الوصف |
|---|---|---|
| ١ | صفر – ٣٠ | ضحلة العمق جدا |
| ٢ | ٣٠ – ٦٠ | ضحلة العمق |
| ٣ | ٦٠ – ٩٠ | متوسطة العمق |
| ٤ | ٩٠ – ١٥٠ | تربة عميقة |
| ٥ | أكثر من ١٥٠ | تربة عميقة جدا |

٦ – تركيب التربة .

إن المواصفات الكمية لتركيب التربة تشمل تقييم كل من شكل وحجم وحدات التركيب ، في مقد التربة ، وبالتالي فهو يمثل حالة معقدة لا يمكن وصفه بدقة بواسطة قياس صفه فيزيائية مفردة أو بواسطة قياس خاصية معينة دون الخصائص الأخرى .

إن أكثر القياسات شيوعا لتركيب التربة يتمثل باستخدام طريقة النخل الرطب wet – sieving أو طريقة تحليل الحبيبات . ويتم ذلك بإتباع الخطوات التالية :

أ – الحصول على عينة من التربة .

ب – يتم وضع نموذج التربة في اكبر مناخ التربة التي تتدرج من اكبر الفتحات في الأعلى إلى أصغرها في الأسفل .

ج – يتم تحريك المناخل بشكل عمودي في الماء لكي يتم الحصول على أحجام مختلفة من مجاميع التربة .

د – يتم تجفيف التربة في كل منخل ثم وزنها .

هـ – إن أحجام الأجزاء التي نحصل عليها سوف تشمل تجمعات التربة التي تتراوح أقطار حبيباتها بين (٥ – ٢ ملم) ، (٢ – ١ ملم) ، (١ – ٠.٢ ملم) ، ( أقل من ٠.٢ ملم ) .

وبإمكان الباحث القيام بتحديد تركيب التربة من خلال وصف الحجم والشكل حقليا وفق المعيار المذكور في الجدول (١٩).

الجدول (١٩) حجم وشكل تركيب التربة.

| الحجم / الشكل | عريض / مسطح Platy | موشوري Prismitic | كتل ذات زوايا Blochy | كتل قليلة الزوايا | حبيبي Granalar |
|---|---|---|---|---|---|
| ناعم | سطح ناعم يقل قطر الحبيبة عن ٢ ملم | موشورية ناعمة تقل عن ٢٠ ملم | كتل ناعمة ذات زوايا أقل من ١٠ ملم | كتل قليلة الزوايا تقل عن ١٠ ملم | حبيبات ناعمة يقل حجمها عن ٢ ملم |
| متوسط | سطح متوسط قطر الحبيبة يتراوح بين ٢ – ٥ ملم | موشوري متوسط يتراوح حجمها بين ٢٠ – ٥٠ ملم | كتل متوسطة الحجم يتراوح حجمها بين ١٠ – ٢٠ ملم | كتل قليلة الزوايا متوسطة الحجم يتراوح حجمها بين ١٠ – ٢٠ ملم | حبيبات متوسطة يتراوح حجمها بين ٢ – ٥ ملم |
| خشن | سطح خشن قطر الحبيبة يتراوح بين ٥ – ١٠ ملم | موشوري خشن يتراوح حجمه بين ٥٠ – ١٠٠ ملم | كتل ذات زوايا خشنة يتراوح حجمها بين ٢٠ – ٥٠ ملم | كتل قليلة الزوايا الخشنة يتراوح حجمها بين ٢٠ – ٥٠ ملم | حبيبات خشنة يتراوح بين ٥ – ١٠ ملم |
| خشن جدا | سطح خشن جدا قطر الحبيبة يكون أكثر من ١٠ مل | موشوري خشن جدا يكون حجمه اكبر من ١٠٠ ملم | كتل ذات زوايا خشنة جدا يكون حجمها أكثر من ٥٠ ملم | كتل ذات زوايا خشنة جدا يكون حجمها اكبر من ٥٠ ملم | حبيبات خشنة جدا يكون حجمها أكبر من ١٠ ملم |

٧ – الصرف الطبيعي Soil drainage .

يعد الصرف الطبيعي احد المعايير المهمة التي يعتمدها تصنيف الأراضي ، ويستدل من خلالها على طبيعة حركة الماء في التربة سواء كانت هذه المياه مضافة طبيعيا أو اصطناعيا ، وبالإمكان الاستدلال المباشر على آثار الصرف الطبيعي من خلال تعيين عمق ظاهرة التبقع motting ، ولغرض تقدير أصناف الصرف الطبيعي يتم الاستعانة بقرب أو بعد التبقع الذي يمكن ملاحظته من قبل الباحث حقليا بعد اختيار نماذج ملائمة لحفر مقاطع للتربة ، ويعد المقياس الموضح في الجدول(٢٠) من أفضل المقاييس لتصنيف الصرف الطبيعي.

جدول (٢٠) أصناف الصرف الطبيعي حسب بعد أو قرب التبقع .

| التسلسل | صنف الصرف | عمق اقرب تبقع |
|---|---|---|
| ١ | رديئة الصرف جدا | متغدقة في افقها الأعلى |
| ٢ | رديئة الصرف | التبقع على عمق اقل من ٢٥ سم |
| ٣ | ناقصة الصرف | التبقع على عمق ٢٥ – ٥٠ سم |
| ٤ | معتدلة الصرف | التبقع على عمق ٥٠ – ٩٠ سم |
| ٥ | جيدة الصرف | التبقع على عمق ٩٠ – ١٥٠ سم |
| ٦ | سريعة الصرف | لا يوجد تبقع على عمق يزيد عن ١٥٠ سم |

على ضوء ذلك يمكن تصنيف الصرف الطبيعي إلى الأصناف التالية :

أ – رديئة الصرف جدا Very Poorly Drainage .

تكون حركة الماء في هذا الصنف من التربة شبه معدومة ، لذا فان الماء الجوفي يكون على أو قريب جدا من سطح التربة في معظم أيام السنة . وتشغل ترب هذا الصنف عادة المناطق المستوية أو المنخفضة والتي تغمر بصورة متكررة ، إما التبقع فواضح ويكون ازرق اللون وذلك بسبب تغدق التربة في بعض المواسم.

ب – رديئة الصرف Poorly Drainage .

تكون حركة الماء في هذا الصنف من الترب بطيئة جدا لدرجة أنها تبقى غدقة لفترة طويلة من السنة. وتكون رديئة التهوية ومستوى المياه الجوفية قريبة جدا من السطح نسبيا ، وقد يوجد في هذا الصنف أفق أصم، إما التبقع فانه يكون واضح واقرب إلى سطح التربة من الأصناف اللاحقة ، وتسود فيها حالة الاختزال على حالة التأكسد.

ج – ناقصة الصرف Imperfectly or somewhat Poorly Drainage .

تكون حركة الماء في هذا الصنف من الترب بطيئة ولكنها كافية لجعلها غدقة لفترة لا بأس بها من السنة ، وتبدو ظاهرة الاختزال فيها واضحة . إما التبقع وشدته فانه يظهر على أعماق قريبة من سطح الأرض في فترات سقوط الأمطار .

د – معتدلة الصرف Moderately well Drainage .

تكون حركة الماء في هذا الصنف من الترب بطيئة نوعيا ويكون جسم التربة رطب تقريبا ، وعادة ما تحتوي على طبقة بطيئة النفاذية ، ويكون مستوى الماء الجوفي بعيد نسبيا، وتتكون من نسجات متنوعة ، وقد تلاحظ فيها ظاهرة التبقع بعيدة عن السطح نسبيا ، كما تسود فيها حالة الأكسدة الكيميائية على الاختزال.

هـ – جيدة الصرف Well Drainage .

تكون حركة الماء في هذا الصنف من الترب شبه سريعة ، والنسجه غالبا ما تكون خشنة أو متوسطة الخشونة ، إما حالة الاختزال فإنها تكون ضعيفة ومن الصعوبة ملاحظة التبقع فيها إلا ربما في أعماق بعيدا جدا عن سطح التربة ، ويعتبر هذا الصنف من أفضل أنواع الصرف الطبيعي.

و – سريعة الصرف Excessively well Drainage .

تكون حركة الماء في هذا الصنف من الترب سريعة جدا لدرجة لا يمكن للنبات من الاستفادة منها . إن ترب هذا الصنف تكون ذات نسجه خشنة والتي غالبا ما تكون من صنف الترب الرملية ، إما المركبات الكيميائية في هذا النوع من الترب تكون عادة مؤكسدة جدا ومستوى الماء الأرضي فيها عميق والترب خالية من التبقع.

٨ – نفاذية التربة Soil Permeability .

تعبر النفاذية عن سرعة حركة الماء خلال جسم التربة . وتعد من الخصائص الفيزيائية المهمة للتربة وترتبط بعلاقة مهمة مع خصائص التربة الأخرى مثل النسجه والتركيب والمسامية . وتصنف الترب حسب نفاذيتها إلى الأصناف التالية :

أ– النفاذية البطيئة جدا very slow permeability .

وتكون سرعة الماء خلالها اقل من ( ٠.٠٥ ) انج /ساعة ، وتعادل ( ٠.١٢٥ ) سم / ساعة.

ب – النفاذية البطيئة slow permeability .

وتكون سرعة الماء خلالها تتراوح بين ( ٠.٠٥ – ٠.٢) انج / في الساعة ، وتعادل( ٠.١٢٥ – ٠.٥٠ ) سم / ساعة.

ج – النفاذية المعتدلة البطيئة Moderately slow permeability .

وتكون سرعة الماء خلالها تتراوح بين( ٠.٢٠ – ٠.٨٠) انج / ساعة ، وتعادل ( ٠.٥٠ – ٢ ) سم/ ساعة.

د – النفاذية المعتدلة .Moderate permeability .

وتكون سرعة الماء خلالها تتراوح بين ( ٠.٨٠ – ٢.٥٠ ) انج /ساعة، وتعادل ( ٢ – ٦.٢٥ ) سم /ساعة.

هـ – النفاذية المعتدلة السرعة Moderately rapid permeability

تكون سرعة الماء فيها تتراوح بين (٢.٥ – ٥) انج /ساعة، وتعادل ( ٦.٢٥ – ١٢.٥ ) سم / ساعة.

و – النفاذية السريعة Rapid Permeability

وتكون سرعة الماء خلالها تتراوح بين (٥ – ١٠) انج / ساعة، وتعادل ( ١٢.٥ – ٢٥ ) سم /ساعة.

ز – النفاذية السريعة جدا very Rapid Permeability

وتكون سرعة الماء فيها تزيد عن (١٠) انج /ساعة، وتعادل ( ٢٥) سم/ساعة.

٩ – ملوحة التربة.

تعد الملوحة من الخواص الكيميائية للتربة ويشار الى الاراضي المتملحة بأنها تلك الترب التي تحتوي نسبة من الاملاح سهولة الذوبان ويكون لها تأثير سلبي في نمو المحاصيل الاقتصادية ويعد تراكم الاملاح الذائبة في التربة من اهم مشكلات الزراعة الاروائية في المناطق الجافة والشبه جافة(الدراجي ،٢٠٠٩ ،ص ٢٤٤). وقد صنفت الترب الملحية بموجب النظام الامريكي الى عدة اصناف اعتماداً على التوصيل الكهربائي كما هو الحال في الجدول (٢١).

**جدول رقم ( ٢١ )**
**اصناف التربة حسب درجة ملوحتها**

| الصنف | الرمز | Ece مليموز/ سم |
|---|---|---|
| ترب قليلة الملوحة | SO | صفر – ٤ |
| ترب ذات ملوحة متوسطة | SIِ | ٤ – ٨ |
| ترب ذات ملوحة عالية | S2 | ٨ – ١٦ |
| ترب ذات ملوحة عالية جداُ | S3 | اكثر من ١٦ |

**المصدر:. احمد حيدر الزبيدي، ملوحة التربة، بغداد، مطبعة دار الحكمة، ١٩٩٢، ص١٦١.**

١٠ – خصوبة التربة .

المادة العضوية تؤثر في لون وبناء التربة والكثافة الظاهرية وقوام التربة وكذلك في قابلية التربة على مسك الماء وعلى قابلية التبادلية للأيونات الموجبة وهي مصدر العناصر الغذائية للنبات ومصدر للطاقة.

محتوى الترب العراقية من المادة العضوية تنخفض وذلك بسبب الظروف المناخية الحارة الجافة وقلة الامطار والغطاء النباتي وهي تندرج في محتواها من المادة العضوية في المناطق الصحراوية تتراوح بين 1,1–1,2% بينما يكون محتوى المادة العضوية في المناطق الجبلية بين 1,1–2,2%.(كاظم مشحوت ، ص ص ١٢٣ – ١٢٤) وبذلك فأن التربة التي تحتوي على اكثر من ٢٠% من المواد العضوية تكون ترب عضوية واقل من ٢٠% فهي ترب معدنية.(العامري ، ص ).

## اولا – التصـنيف الامريكـي لتصـنيف وتقيـيم الأراضـي حسـب قابليتهـا الانتاجية.

تم وضـع هذا التصـنيف من قبل مسح وصيانة التربـة فـي الولايـات المتحـدة الأمريكية ، حيث تم وضع ثمانية أصناف للأرض وهي كالآتي :

### الصنف الأول .

التربة في هذا الصنف تتميز بالمميزات التالية:

١ – الارض مستوية تقريبا.

٢ – التربة عميقة.

٣ – تتميز بتصرف جيد للماء.

٤ – التربـة خصـبة بشـكل طبيعـي أو انهـا تمتلـك الخصـائص التـي تشـجع الاسـتجابة الجيدة للمحاصيل لتطبيق نظام التخصيب.

٥ – قابلية التربة على مسك الماء عالية .

التربـة الموجـودة فـي هذا الصـنف تواجـه معوقـات قليلـة تحـدد اسـتخدامها، ولـذلك فهـي تكون صالحة للزراعة بكثافة ، تستعمل للمراعي ونطاق للغابات أو حتى لتربية الحياة البريـة. وتحتـاج إلـى تجـارب إدارة محاصـيل حقليـة عاديـة فقـط للحفـاظ علـى إنتاجيتهـا، التي تتضمن استخدام التخصيب والكلس ، واستخدام السماد وبقايا المحاصيل الزراعية، بضمن ذلك الأسمدة العضوية ،وإتباع الدورات الزراعية.

### الصنف الثاني .

التربة في هذا الصنف تواجه بعض المعوقات التي تقلل من اختيار النبات، أو تتطلب تجارب معتدلة في الصيانة. هذه التربة قد تكون تستخدم لبعض المحاصيل الزراعية المستخدمة ضمن الصنف الأول، على أية حال، هذا النوع من الترب قادر

على تحمل نظام زراعي اقل كثافة، أو مع نفس أنظمة المحاصيل ، ويتطلب بعض تجارب الصيانة.

إن استخدام التربة في هذا الصنف قد يحدد أو يتم إعاقته بواحد أو أكثر من العوامل التالية :

١ – انحدار معتدل.

٢ – مخاطر تعرية معتدلة.

٣ – عمق غير كافي للتربة.

٤ – تتميز بتركيب اقل من التركيب المثالي.

٥ – تتباين ملوحتها بين القليلة والمعتدلة.

٦ – التصريف يكون محدد بعض الشيء.

ممارسات الإدارة التي قد تتطلب للترب في الصنف الثاني تتضمن:

١ – المساطب.

٢ – الزراعة الشريطية.

٣ – الحراثة الكنتورية.

٤ – الدورات الزراعية التي تتضمن : الأعشاب، وقرون النبات، بالإضافة إلى الممارسات التي تم استخدامها في الصنف الأول يتطلب استخدامها أيضا وبشكل عام في الصنف الثاني.

**الصنف الثالث .**

إن التربة في هذا الصنف تواجه معوقات كبيرة التي تقلل من اختيار النبات أو متطلبات ممارسة الصيانة الخاصة أو كلاهما . إن نفس المحاصيل يمكن أن تنمو في أراضي الصنف الثالث كما هو الحال في الصنف الأول والثاني، إلا أنها تواجه بعض

المعوقات. على أية حال، مثل اختيار المحاصيل الخاصة التي يمكن أن تستخدم. المحاصيل التي تزود غطاء للتربة مثل الحشائش، أو قرون النبات، التي يجب أن تكون أكثر ثباتا في الدورات الزراعية المستخدمة. وهناك معوقات عديدة تقف في وجه استخدام هذا النوع من التربة والتي يمكن تحديدها بالتالي:

١– منحدرات حادة.

٢ – مخاطر تعرية عالية.

٣ – نفاذيتها للماء قليلة جدا.

٤– ضحلة العمق ومعوقات تواجه نطاق الجذور.

٥ – قدرتها على الإمساك بالماء منخفضة.

٦ – خصوبتها منخفضة.

٧ – معتدلة الملوحة أو القلوية.

٨ – تركيب التربة غير مستقر.

إن التربة في الصنف الثالث غالبا ما تتطلب ممارسات صيانة خاصة. تلك التي ذكرت في أراضي الصنف الثاني والتي يجب أن توظف ، تتكرر في مجموعات مع وجود معوقات في أنواع المحاصيل، وربما تحتاج إلى أنظمة صرف أخرى.

**الصنف الرابع.**

التربة في هذا الصنف يمكن أن تستخدم للزراعة، لكن هناك معوقات شديدة جدا في اختيار المحاصيل. وأيضا قد تتطلب عناية كبيرة جدا في الإدارة. إن الاستخدامات البديلة لهذه التربة تكون محددة جدا مقارنة مع أراضي الصنف الثالث. النمو النهائي للمحاصيل يجب أن يستخدم على نطاق واسع ويتم نقل المحاصيل التي لا يمكن أن تنمو بأمان في اغلب الحالات. أما اختيار المحاصيل فانه قد يتعرض

للإعاقة بواسطة الرطوبة الفائضة وكذلك من قبل مخاطر التعرية. إن اغلب العوامل التي تعيق هذا النوع من الترب قد تكون واحد أو أكثر من العوامل التالية:

١ – الانحدارات الشديدة.

٢ – تتأثر بسهولة بالتعرية الشديدة.

٣ – وجود تعرية شديدة في الماضي.

٤ – التربة تكون ضحلة العمق.

٥ – قدرتها على الإمساك بالماء قليلة.

٦ – رديئة الصرف.

٧ – شديدة الملوحة والقلوية.

ممارسات صيانة التربة يجب أن تطبق أكثر بكثير مقارنة مع أراضي الصنف الثالث. وأيضا تندمج عادة مع المعوقات الحادة في اختيار المحصول.

**الصنف الخامس .**

التربة في الصنف الخامس إلى الصنف الثامن تكون بشكل عام غير ملائمة للزراعة. غير إن أراضي الصنف الخامس يمكن أن يتم تطويرها وتحسينها كي تستخدم لأغراض الرعي، إلا إن أراضيها تواجه معوقات تحدد استخدامها، ويمكن توضيح تلك المعوقات بالأمثلة التالية:

١ – تخضع لفيضانات الأنهار بشكل متكرر.

٢ – فصل نمو قصير جدا لنمو المحاصيل.

٣ – ترب صخرية أو حجرية.

٤ – تكون مناطق برك عندما يكون الصرف غير عملي.

**الصنف السادس.**

التربة في هذا الصنف تواجه معوقات شديدة تحدد استخدامها بشكل واسع للمراعي، أو نطاق للغابات أو الأحراش، أو للحياة البرية. هذه المعوقات تكون نفس المعوقات التي تم الإشارة إليها في الصنف الرابع، ولكنها أكثر صرامة وشدة.

**الصنف السابع .**

التربة في هذا الصنف تواجه معوقات شديدة جدا تحدد استخدامها للرعي أو الغابات أو الحياة البرية. إن المعوقات الطبيعية تكون نفس المعوقات التي تم الإشارة إليها في أراضي الصنف الرابع، باستثناء إن هذه المعوقات أكثر شدة بحيث إن تحسين استخدام هذا الصنف للمراعي يكون غير عملي.

**الصنف الثامن.**

التربة في هذا الصنف سوف لم تستخدم لأي إنتاج نباتي يستخدم للأغراض التجارية، حيث تستخدم بشكل محدد للاستجمام والسياحة ، الحياة البرية ، تجهيز المياه ، أو أغراض جمالية، ومن الأشكال الأرضية الموجودة في هذا الصنف ، الشواطئ الرملية ، تتعرض أراضيها للغمر بواسطة مياه الأنهار، وجود الصخور التي تتميز بالشقوق.( Brady .1974 . pp 347 – 352 ).

**ثانيا – التصنيف الانكليزي لتصنيف وتقييم الأراضي حسب قابليتها الانتاجية.**

اعتمد التصنيف الانكليزي على المقاييس والمعايير التالية:

١ – الانحدار.

٢ – الارتفاع.

٣ – عمق التربة.

٤ – بناء التربة.

٥ – نسجه التربة.

٦ – الترب الصخرية.

٧ – الصرف.

٨ – عدم كفاية المياه.

٩ – تعرض التربة للفيضانات.

وفيما يلي شرح مفصل لأصناف الأراضي التي تقع ضمن هذا التصنيف وفق المعايير السابقة:

**الصنف الأول.**

١ – تقع أراضي هذا الصنف على ارتفاع لا يقل عن (١٥٠ م ) عن مستوى سطح البحر.

٢– الانحدار يقل عن (٣) درجات.

٣ – يكون عمق التربة اقل من (٧٥ سم).

٤ – لا توجد معوقات تحدد استعمالها وان وجدت فهي محدودة جدا.

٥ – تعد صالحة للزراعة.

**الصنف الثاني .**

١ – تقع أراضي هذا الصنف على ارتفاع لا يقل عن (٢٣٠ م) عن مستوى سطح البحر.

٢– الانحدار معتدل.

٣ – الصرف معتدل.

٤ – نسجه التربة غير ملائمة.

٥ – بناء التربة غير ملائم.

٦ – عمق التربة غير كافي.

٧ – عدم كفاية المياه.

٨ – تعد ملائمة للزراعة.

**الصنف الثالث .**

١ – تقع أراضي هذا الصنف على ارتفاع لا يقل عن (٣٨٠ م) عن مستوى سطح البحر.

٢ – الانحدار شديد يبلغ (١١ درجة ).

٣ – التربة غير عميقة ويتراوح عمقها بين (٢٥ – ٥٠ سم).

٤ – نسجه التربة غير ملائمة.

٥ – تركيب التربة غير ملائم.

٦ – تقتصر على زراعة بعض المحاصيل.

**الصنف الرابع.**

١ – تقع أراضي هذا الصنف على ارتفاع لا يقل عن (٤٦٠ م) عن مستوى سطح البحر.

٢ – الانحدار اقل من (١٥ درجة).

٣ – رديئة الصرف.

٤ – ضحلة العمق بحيث يكون عمقها اقل من ٢٥ سم.

٥ – تتعرض للفيضانات.

٦ – ملائمة لزراعة بعض المحاصيل.

**الصنف الخامس.**

١ – تقع أراضي هذا الصنف على ارتفاع لا يقل عن ( ٥٣٠ م) عن مستوى سطح البحر.

٢– الانحدار يقل عن (٢٥ درجة).

٣ – رديئة الصرف جدا.

٤ – تتعرض للفيضانات بشكل مستمر.

٥ – تصلح للرعي أو الغابات فقط.

**الصنف السادس.**

١ – تقع أراضي هذا الصنف على ارتفاع لا يقل عن (٦١٠ م) عن مستوى سطح البحر.

٢ – الانحدار يزيد عن (٢٥ درجة).

٣ – رديئة الصرف جدا.

٤ – التربة صخرية.

٥ – تتعرض للفيضانات بشكل مستمر.

٦ – تصلح للرعي أو للغابات بعد الاستصلاح.

**الصنف السابع.**

١ – مستنقعات.

٢ – هشيم صخري.

٣ – ترب رملية.

٤ – معوقات هذا الصنف كثيرة لا يمكن تجاهلها وبالتالي فهي لا تصلح للزراعة مطلقا.

## ثالثا – تصنيف SYS.1980.

تم اعتماد هذا التصنيف من قبل SYS.1980 ، ويتضمن خمسة اصناف ، ويعتمد هذا التصنيف على تطبيق المعادلة التالية :

$$Cs=A*B*C*D*E*F*G*H*I...$$

CS: القابلية الانتاجية لزراعة المحاصيل.

A: دليل النسجه يتم حساب معامل النسجه من خلال جدول (٢٢).

B: دليل كاربونات الكالسيوم CaCo3% يتم حساب معامل الكلس من خلال جدول(٢٣).

C: دليل مستوى الجبس GYPSUM% يتم حساب معامل الجبس من خلال جدول(٢٢).

D: دليل الملوحةEC يتم حساب معامل الملوحة من خلال جدول (٢٣).

E: دليل الصرف الداخلي يتم حسابه من خلال جدول (٢٤).

F :دليل التشبع بالصوديوم ESP يتم حساب معامل النسبة المئوية للصوديوم المتبادلة من خلال جدول (٢٥).

G: دليل عمق التربة تتم حساب عمق التربة من خلال جدول (٢٦).

H: دليل تطور البيدون يتم حساب معامل تطور الافاق من خلال جدول (٢٧).

I: دليل التجوية يتم حساب معامل التجوية من خلال جدول (٢٨).(حمد ، ٢٠٠٩ ، ص ١٩).

من خلال هذه الطريقة يتم ضرب تقديرات التقييم لصفات الارض المختلفة بعضها البعض الحصول على التقدير النهائي لتقويم الارض الذي يحدد من خلاله صنف ملائمة الارض وبحسب معادلة SYS1980.

## جدول (٢٢)اصناف النسجه والقيم القياسية لدليل الحبوب والمراعي (حسب SYS1980)

| النسجه | قيمية الدليل | |
|---|---|---|
| | الحبوب | المراعي |
| مزيجيه طينية غرينيه Silt Clay Loam | ١٠٥ | ٩٥ |
| طينية غرينيه او طينية Silt Clay or Clay | ١٠٠ | ٩٠ |
| غرينيه او مزيجيه غرينيه Loam or Silt Loam | ٩٥ | ١٠٠ |
| مزيجيه طينية او مزيجيه Clay Loam or Loam | ٨٥ | ٩٥ |
| طينية رملية او مزيجيه طينية رملية Sandy Clay or Sand Clay Loam | ٧٥ | ٨٥ |
| مزيجيه رملية Sand Loam | ٨٥ | ٧٥ |
| رملية مزيجيه Loamy Sand | ٥٥ | ٦٥ |
| رملية Sandy | ٤٥ | ٥٥ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقييم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٧ نقلاً عن :**

**SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.**

## جدول (٢٣)

## قيم الدليل القياسية للمستويات المختلفة في نسب الكلس في التربة (حسب SYS1980)

| نسبة كاربونات الكالسيوم CaCo3% | قيمة الدليل |
|---|---|
| اكثر من ٥٠% | ٠,٨٠ |
| ٢٥- ٥٠% | ٠,٩٠ |
| ١٠- ٢٥% | ١ |
| ٣- ١٠% | ١ |
| اقل من ٣ | ١ |

المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقييم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٧ نقلاً عن :

SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.

## جدول (٢٤)

## قيم الدليل القياسية للمستويات المختلفة في نسب الجبس في التربة (حسب SYS1980)

| نسبة الجبس Gypsum % | قيمة الدليل |
|---|---|
| اكثر من ٢٥% | ٠,٤٠ |
| ١٠- ٢٥% | ٠,٧٠ |
| ٣- ١٠% | ١ |
| اقل من ٣% | ١ |

المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقييم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٧ نقلاً عن :

SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.

## جدول (٢٥)

## قيم الدليل القياسية للمستويات المختلفة في الملوحة (حسب SYS1980)

| التوصيل الكهربائي d/ m Ece | قيمية الدليل | |
|---|---|---|
| | المحاصيل الحساسة للملوحة | المحاصيل المقاومة للملوحة |
| ٢ -٠ | ١ | ١ |
| ٤ -٢ | ٠,٩٠ | ١ |
| ٨ -٤ | ٠,٨٠ | ٠,٩٥ |
| ١٦ -٨ | ٠,٨٠ | ٠,٩٥ |
| اكثر من ١٦ | ٠,٢٠ | ٠,٤٠ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقسيم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٨ نقلاً عن:**

**SYS,C,Land Evaluation, part, I, 1980,op.cit, page 113.**

**جدول (٢٦)**

**حالة الصرف في التربة والقيم القياسية لدليلها (حسب sys1980)**

| اصناف الصرف الداخلي | قيمة الدليل | |
|---|---|---|
| | المحاصيل الحولية | المحاصيل المعمرة |
| سريعة الصرف جدا | ٠,٥٠ | ٠,٦٠ |
| سريعة الصرف | ١ | ١ |
| معتدلة الصرف | ١ | ٠,٩٠ |
| ناقصة الصرف | ٠,٧٥ | ٠,٨٠ |
| رديئة الصرف | ٠,٦٠ | ٠,٣٠ |
| رديئة الصرف جداً | ٠,٤٠ | ٠,٢٠ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقييم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٧ نقلاً عن :**

**SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.**

## جدول (٢٧)

## القيم القياسية لدليل النسب المئوية للصوديوم المتبادل ESP

## (حسب SYS1980)

| النسبة المئوية للصوديوم ESP | قيمة الدليل | |
|---|---|---|
| | المحاصيل المعتدلة للمقاومة | المحاصيل المقاومة |
| اقل من ٥ | ٠,٥٠ | ٠,٦٠ |
| ٥- ٨ | ٠,٩٥ | ٠,٩٥ |
| ٨- ١٦ | ٠,٩٠ | ١ |
| ١٦- ٢٥ | ٠,٦٠ | ٠,٩٠ |
| اكثر من ٢٥ | ٠,٤٠ | ٠,٧٠ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقسيم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٩ نقلاً عن:**

**SYS,C, Land Evaluation, part, I, 1980, op, cit, page 115.**

## جدول (٢٨)

## عمق التربة وقيمة الدليل القياسية لكل عمق (حسب sys1980).

| عمق التربة | قيمة الدليل | |
|---|---|---|
| | المحاصيل الحولية | المحاصيل معمرة |
| اكثر من ١٠٠ | ١ | ١ |
| ٨٠– ١٠٠ | ١ | ٠,٩٠ |
| ٥٠– ٨٠ | ٠,٩٠ | ٠,٧٠ |
| ٢٠– ٥٠ | ٠,٨٠ | ٠,٥٠ |
| اقل من ٢٠ | ٠,٥٠ | ٠,٢٠ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقييم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٧ نقلاً عن :**

**SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.**

**جدول (٢٩)**

**حالة تطور الافاق وقيمة الدليل لكل حالة (حسب sys1980).**

| الحالة | قيمة الدليل |
|---|---|
| وجود الافق الحولي | ١,٢ |
| وجود الافق الاوكري(١% مادة عضوية وعمق ١٥ سم) | ١,١٠٠ |
| وجود الافق الاوكري الضعيف | ١ |
| وجود الافق المعمري | ٠,٨٥ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقسيم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٤٠ نقلاً عن:**

**SYS, C, Land Evaluation, part, I, 1980, op,cite, page, 118.**

## جدول (٣٠)

## قيمة دليل حالة التجوية (حسب SYS1980).

| الحالة | قيمة الدليل |
|---|---|
| ترب كلية وترب غير كلية Inceptisol Entisol | ١ |
| ترب غير كلية Inceptisol A–B– C | ٠,٩٥ |
| ترب AIF soil مع وجود وافق (A–BL–C) فيه cEc نسبة اكثر من ٢٤ ملي مكاث/ ١٠٠غم تربة | ٠,٩٠ |
| ترب AIFsoil (A–Bt–C) مع وجود وافق Argillic فيه cEc نسبة اكثر من ٢٤ ملي مكاث/ ١٠٠ غم تربة | ٠,٨٠ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقييم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٣٧ نقلاً عن :**

**SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.**

## جدول (٣١)

**يبين اصناف ملائمة الاراضي مع ادلة صلاحيتها (حسب SYS1980).**

| درجة الصنف | الصنف | الرمز | قيمة دليل الصلاحية |
|---|---|---|---|
| الصنف الاول | ملائمة جداً | S1 | اكثر من ٩٠ |
| الصنف الثاني | ملائم | S2 | ٧٥- ٩٠ |
| الصنف الثالث | متوسط الملائمة | S3 | ٥٠- ٧٥ |
| الصنف الرابع | قليل الملائمة | S4 | ٢٥- ٥٠ |
| الصنف الخامس | غير ملائمة | N | اقل من ٢٠ |

**المصدر: عبدالغفور ابراهيم حمد، استخدام نظم الاستشعار عن بعد بالمعلومات الجغرافية في تقسيم الاراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، مصدر سابق، ص٤١، نقلاً عن**

**SYS, C, Land Evaluation, part, I 1980, op, cit, page: 120.**

# قائمة المصادر باللغة العربية


١- ابو العينين ، حسن ، اصول الجيومورفولوجيا، دراسة الاشكال التضاريسية لسطح الارض، مؤسسة الثقافة الجامعية ، الطبعة الرابعة،١٩٧٦،ص ص ٧٣٥،٧٣٤ .

٢- جرجيس ، تغلب ، علم اشكال سطح الارض التطبيقي، ص ١٢٣ -١٢٤ ).

٣- الدراجي ، سعد عديل مبارك ، الامواج المائية العملاقة Tsunami ، بحوث في الجغرافيا الطبيعية ، سعد عجيل مبارك الدراجي ، عمان ، دار كنوز المعرفة ، ٢٠٠٧ .

٤- الدراجي سعد عجيل مبارك ، اساسيات علم شكل الارض . بغداد ، الطبعة الثانية ، ٢٠١٤.

٥- الزبيدي ، احمد حيدر ، ملوحة التربة، بغداد، مطبعة دار الحكمة، ١٩٩٢.

٦- السفاريني ، غازي عبد الفتاح ، مبادئ الجيولوجيا البيئية ، ط١ ، عمان ، دار الفكر ، ٢٠٠٨

٧- شاهين ، علي عبد الوهاب ،مقالات في الجيومورفولوجيا، دار النهضة العربية للطباعة والنشر نبيروت،١٩٧٨ ،ص ص ٢٢٩ – ٢٣٠ .

٨- عواد ، كاظم مشحوت ، مبادئ علم كيمياء التربة، الموصل، مطبعة جامعة الموصل، ١٩٨٦.

٩- العامري ، اسماعيل داوود سليمان ، التباين المكاني لخصائص التربة في ناحيتي بدر وبني سعد وعلاقتها المكانية بالمناخ والموارد المائية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بغداد، كلية التربية، قسم الجغرافية، ٢٠٠٥.

١٠– الموصلي ، عماد الدين ، محاضرات في الجيومورفولوجيا التحليلية والتطبيقية، دار الفكر،دمشق،١٩٧٥،ص ص ٨،٥ .

## قائمة المصادر باللغة الانكليزية

1- Edward.A.Keller, Environmental Geology,Columbus,Ohio,1976

2 -Intergovernmental panel on climate change ( IPCC ) , 2001:climate change 2001. the Scientific Basis.pp14.

3 – Montgomery .W.Carla. Environmental Geology . Fifth Edition . Mc Graw – Hill . New York . 1997 .

4– Press . Frank & Siever Raymond . Earth .W.H.Freeman and company .San Francisco . 1974 .

5 - SYS,C, Land evaluation, II,I, International training center for post Graduate soil scientists, state university of Gent, Belgium, 1980, page: 112.

6 - Stephen Crooks . 2004 . The effect of sea-level rise on coastal geomorphology . Article first published online: 23 SEP 2004 .

7 - Zorn,M,and B,Komac (2008). Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 year (Julain Alps western Slovenea).presented at XXIV th conference of the Danubian Conries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of water management, Bled,Slovenia.

## المواقع الالكترونية


1- http://www.nadyelfikr.com/showthread.php?tid=44134.

2 -http://etawbmtjyqe.maktoobblog.com .

3 - http://geo2all.mam9.com/t4885-topic .

4 - http://www.safita1.com/vb/showthread.php/1110

5 - http://alfrasha.maktoob.com/alfrasha21/thread102544/

6 - http://fosh.tw/(