المحاضرة الخامسة

الانجراف المائي للتربة

انجراف التربة

إن الانجراف يعني إزالة و تحرك التراب من الأرض بواسطة المياه أو الرياح و هناك نوعان من الانجراف هما :

1- الانجراف الطبيعي : و هو الانجراف الذي يحدث تحت الظروف الطبيعية الخارجة عن قدرة الإنسان مثل الانجراف الذي يحدث في غابة طبيعية لم تمسها يد الإنسان و هذا الانجراف يكون عادة بطيئا للغاية و لا يعتبر انجرافا مخربا .
2- الانجراف المتسارع : يتعرض التراب مباشرة لعوامل التآكل و الانجراف عندما يفقد الغطاء الخضري الطبيعي الذي يحميه من التآكل , فمثلا يحدث التعري بقطع الحراج أو الرعي المفرط للأعشاب أو حراثة الأرض الخاطئة و بالتالي فإن التراب لا يستطيع أن يصمد أمام قوى المياه و الرياح و تكون النتيجة أن ينجرف هذا التراب و يتآكل بمعدل يزيد بألف مرة من معدل انجرافه تحت العوامل الطبيعية العادية . بمعنى أخر أن الانجراف المتسارع هو إزالة التراب عن سطح الأرض بتدخل و تأثير عمل الإنسان و إخلال نظام التوازن الطبيعي .

الانجراف المائي

مقدمة

يحدث الانجراف بالماء تحت ظروف مختلفة بواسطة الأمطار أو ذوبان الثلوج أو مياه الري أو فيضان الانهار و المجاري المائية . و الانجراف الناتج عن سقوط الامطار هو الاكثر انتشارا . و يؤدي سقوط الامطار الى تجريف الأرض عندما يتدفق الماء على سطح الأرض . و في حالة الأراضي المزروعة يحدث انجراف التربة في الاوقات التي يكون سطحها عاريا بدون حماية بغطاء نباتي , و عندما يقل معدل رشح الماء في الارض . و معظم برامج مقاومة الانجراف تشمل اجراءات تهدف الى زيادة معدل رشح الماء في الارض فيقل تدفقه على سطحها ويقل بالتالي الانجراف . و في حالة عدم تجنب تدفق الماء , يلجأ الى تنفيذ بعض الوسائل لتقليل سرعة هذا التدفق وبالتالي تقليل احتمالات الانجراف . وعموما فإن الغطاء النباتي الكثيف احسن حماية للتربة من الانجراف بماء المطر . فهو لا يحمي الأرض فقط من قوة اصطدام قطرات المطر بها و لكنه أيضا يبطئ تدفق الماء في انحداره الى أسفل .

أنواع الانجراف بالماء

تختلف ظواهر انجراف الاراضي بفعل المياه تبعا للشكل الذي تأخذه المياه أثناء وجودها فوق سطح الأرض . فإذا تعرضت الأراضي الزراعية لسقوط الأمطار تملأ المياه مسام التربة و كذلك الشقوق و الاخاديد و إذا زادت الكمية عن ذلك تتحرك متجهة نحو المناطق المنخفضة مكونة في طريقها مجار و أخاديد ضحلة صغيرة , لا تلبث أن تزداد عمقا كلما زادت سرعة تدفق المياه . و إذا قلت سرعة التدفق نتيجة وصول هذه المياه الى سطح متسع يرسب جزء من المواد المحمولة .

ويمكن تقسيم انواع الانجراف المائي حسب تحرك الماء على سطح الأرض الى الأنواع الآتية :

1. **الانجراف بالطرطشة Splach Erosion**

عندما تسقط قطرات المطر على سطح الأرض , فإن كل قطرة تصطدم بالأرض يكون لها تأثير يشبه انفجار القنبلة و نتيجة لذلك يحدث ما يلي :

- تفتيت الجزيئات المتجمعة الكبيرة الى حبيبات منفردة صغيرة الحجم .
- تتجزأ قطرة المطر بعد اصطدامها بسطح الأرض و تتناثر حاملة معها الحبيبات المفردة مبتعدة نحو أسفل الانحدار أكثر من ابتعادها نحو أعلى الانحدار , و يكون محصلة ذلك الحركة الى أسفل المنحدر . و يعتبر هذا النوع من الانجراف بالماء من اكثر الأنواع أهمية و خطورة .

2. **الانجراف الصفحي Sheet Erosion**

و يحدث عندما يكون تفتيت الحبيبات المتجمعة و انجرافها متجانسا . و فيه يتدفق الماء فوق سطح الأرض على شكل غطاء مائي يكاد يكون متماسك السمك . و يحدث هذه الانجراف عندما تتعرض الأرض الى التأثير المباشر للأمطار الكثيفة , خصوصا لو كان سطح الأرض ناعما منتظم الانحدار . و يكون بطيئا عادة و لا يدرك بالعين المجردة بل يحتاج لقياسات محددة . ويحدث الانجراف الصفحي إذا كانت سرعة سقوط المطر أعلى من نفاذية الأرض للماء . فيتراكم الماء على سطح الأرض ثم يبدأ تدفقه نحو المناطق المنخفضة .

3. **الانجراف في قنوات صغيرة Rills Erosion**

عندما تسقط الامطار على أرض منتظمة الانحدار تمتلئ الفجوات أو الأخاديد الصغيرة الموجودة في التربة . و مع زيادة كمية الماء يبدأ في التدفق حتى يفيض على جوانب هذه الفجوات و المجاري مسببا نحر هذه المجاري من القاع و من الجانبين , ثم تتجمع هذه المجاري الصغيرة في شكل قنوات أكبر و لكنها غير عميقة يطلق عليها اسم Rills .

4. **الانجراف الأخدودي Gully Erosion**

يتجه الماء الموجود على سطح الأرض في المجاري الصغيرة نحو الانحدارات الأكبر و تزداد سرعة تدفقه و نحره للتربة مكونا اخاديد كبيرة Gullies جارفا معه حبيبات كبيرة الحجم و احجارا .

و تكوين الأخاديد يزيد القوة الهدامة للماء الجاري بسبب أن الماء يتركز في قنوات عميقة و يتدفق بسرعة كبيرة و بقوة أكبر عما اذا كان تحرك الماء في طبقة رقيقة على المنحدر و حيث ان ماء القنوات يلامس أقل مساحة أرض و لفترة قصيرة من الزمن , فيكون معدل الرشح من المجرى قليلا مما يؤدي الى تدفق اكبر و زيادة القدر على النحر . و بالرغم من أهمية الانجراف الاخدودي فالانجراف الصفحي و بالقنوات الصغيرة أكثر انتشارا و أعظم أهمية .

أنواع الانجراف بالماء

الانجراف الخندقي

العوامل المؤثرة على انجراف التربة بالماء

يتأثر انجراف التربة بالماء بعدد من العوامل :

- كثافة المطر و تكراره و توزيعه على فصول السنة .
- خواص الأرض التي تؤثر على معدل الرشح و قابليتها للانجراف وهي : قوام التربة , بناء التربة و نسبة المادة العضوية و درجة نفاذية الماء خلالها .
- ميل و طول المنحدر .
- نوع الغطاء النباتي و مخلفاته و نسبة تغطيته للأرض .
- أساليب الخدمة الزراعية التي تقلل التدفق السطحي بتحسين ظروف الأرض و تغطيتها .

بشكل اساسي أن الانجراف المائي يحدث نتيجة تداخل عاملي المطر و التربة :

المطر Rainfall Erosivity

المتمثل بمقدرته على إحداث الانجراف , و هذه المقدرة تابع لخواص المطر الفيزيائية من كمية و شدة و حجم القطرات و توزعها و سرعتها و عزم الهطول .

التربة Soil Erodibility

و تكمن في حساسية التربة أو قابليتها للتعرية و التحات و الانجراف , و هي تابع للخواص الفيزيائية و الكيميائية و ظروف استثمارها و تغطية سطحها .

آلية التعرية المائية و فقد التربة

1- انفصال حبيبات التربة الفردية أو تجمعاتها الحبيبية الصغيرة عن باقي كتلة التربة نتيجة تحطم الروابط القائمة بينها لتصبح حرة و مفككة و ذلك تحت وقع ضربات قطرات المطر Raindrop impact .
2- انتقال الحبيبات أو التجمعات الحبيبية الصغيرة بعيدا عن أماكن تواجدها الأصلية بواسطة ضربات قطرات المطر Splash Soil transport , و بواسطة الجريان السطحي Runoff .
3- توضع الحبيبات أو التجمعات الترابية و ترسبها في أماكن جديدة .
4- تشكل طبقة سطحية كتيمة غير نفوذه و زيادة معدل الجريان السطحي نتيجة انخفاض المسامية و ارتفاع الانجراف .

ويمكن القول أن التعرية المائية تحدث تحت تأثير عاملي الأمطار و السيول وفيما يلي مقارنة بين قدرة المطر على إحداث التعرية المائية و قدرة الجريان السطحي .

مقارنة تعرية قطرات المطر و الجريان السطحي Rain Drop Splash & Surface run-off

يمكن عد انجراف التربة عملية شغل بالمعنى الفيزيائي للكلمة عن طريق الطاقة التي تحملها قطرات المطر الساقطة على سطح التربة مؤدية إلى تحطم تجمعات التربة الحبيبية Soil aggregates و تناثرها في الجو , و إحداث دوامات في سطح المياه الجارية المنسابة , و التي تقود حبيبيات التربة بعيدا عن أماكن تواجدها الأصلية .
وكمثال تقريبي للمقارنة بين تأثير كل من فعل قطرات المطر و الجريان السطحي في إحداث التعرية , نورد المثال الحسابي البسيط لبيان ما تتمتع به قطرات المطر من طاقة مقارنة مع كتلة المياه المنسابة أو ما يطلق عليه الجريان السطحي .

الجريان السطحي Runoff	**المطر Rain**	
بافتراض 25 % من المطر الهاطل يجري على السطح فتكون M = R/4	بافتراض كتلة المطر = R	**الكتلة Mass (M)**
تقدر سرعة التدفق السطحي بحوالي 1 م /ثا	تقدر السرعة النهائية عند السطح ب 8 متر /ثا	**السرعة Velocity (V)**
$1/2 \times R/4 \times (1)^2 = R/8$	$1/2 \times R \times (8)^2 = 32 R$	**الطاقة الحركية Kinetic Energy (K.E)**

و بالمقارنة نجد :

$K.E_{rain} / K.E_{runoff} = 32R/(R/8) = 256$

و على الرغم من الطابع الافتراضي لسرعة و كتلة كل من المطر و الجريان السطحي فإن من الواضح أن الطاقة الحركية للمطر تتجاوز لحد بعيد تلك التي يتميز بها الجريان السطحي على التربة نفسها لتبلغ حسب القيم المفترضة أكثر من مائتي ضعف الطاقة الحركية للجريان السطحي .
وأيدت نتائج الدراسات التجريبية الخاصة بتعرية قطرات المطر صدق المثال السابق إذ وجد أن معدل فقدان التربة Soil loss زاد عشر مرات نتيجة استخدام قطرات المطر بالمقارنة مع نفس القدر من المياه الجارية , كما وجد أن فقدان التربة نتيجة التناثر splash تراوح من 50 إلى 90 مرة أكثر من فقدانها بواسطة الجريان الصفائحى Shallow flow من تربة تراوحت بين طمي رمل ناعم Loamy fine sand إلى طمي طيني سلتي Silty clay loam ، كما أشارت دراسة إلى أن معدل خسارة وتعرية التربة من تربة مكشوفة bare soil هبط من 60.5 إلى 2 طن/هكتار بعد حماية التربة من فعل ضربات قطرات المطر.

معامل الجريان السطحي Run –off Index

و هو عبارة عن كمية المياه الجارية (h) الى سماكة كمية الأمطار الهاطلة (H) :

$$X = h / H$$

و ليس من المفروض أن كل هطول مطري يسبب جريانا سطحيا إنما يحدث الجريان السطحي فقط عندما تكون شدة الهطول (q) أكبر من سرعة تشرب التربة للماء الهاطل وهذه السرعة تتغير مع الزمن (t) و يمكن تمثيل هذه المتغيرات بالمعادلة التالية :

$$K_t = K_0 (t/t_0)^a$$

حيث أن :

K_t : شدة تشرب الماء في التربة عند الزمن t من بداية الهطول المطري مقدرة مم / دقيقة .

K_0 : شدة التشرب البدائية مم /دقيقة .

a : معامل تجريبي يتعلق بحالة التربة .

و في الطبيعة يلاحظ ثلاث حالات لظهور الجريان السطحي :

- يظهر الجريان المائي مع بداية الهطول المطري عندما يكون $q > K_0$.
- يظهر الجريان بعد فترة معينة من بداية الهطول $q = K_t$.
- لا يظهر الجريان السطحي عندما تكون $q < K_t$.

وتلاحظ هذه الحالة على الترب الرملية , أما الاحتمال الثاني فهو أكثر حدوثا في الطبيعة حيث يظهر الجريان السطحي بعد فترة من الوقت من بداية الهطول المطري بعد تشبع التربة بالرطوبة و انخفاض قدرتها على التشبع بالماء .

مظاهر الانجراف بالماء

يمكن التعرف على الانجراف بالماء بملاحظة بعض المظاهر خصوصا بعد انتهاء العاصفة الممطرة بوقت قصير , ومن هذه المظاهر ما يلي :

- مجاري الماء في صورة قنوات او أخاديد صغيرة خصوصا في المنحدرات العليا او جوانب الطرق و الحقول المزروعة .
- يكون الماء المتدفق طيني المظهر لاختلاط حبيبات التربة به ويتضح ذلك بصفة خاصة خلال العاصفة أو بعدها بقليل .
- تكون الأخاديد بأنواعها المختلفة دليل على وجود مشكلة انجراف .
- يلاحظ وجود اعمدة من التربة لم تجرف مع الماء المتدفق لحمايتها بالصخور و أزال الانجراف التربة من حولها . ويلاحظ ذلك بكثرة في الحقول الزراعية .
- وجود الحصى و الصخور على سطح التربة بعد انجراف الحبيبات الناعمة و يلاحظ ذلك في الحقول المحروثة و أراضي المراعي .
- في المنحدرات يمكن ملاحظة تجمعات التربة حول الاشجار و الصخور و الأسوار .
- تعرية جذور الاشجار و الشجيرات و تغير لون القلف على جذوع الاشجار .
- ترسيب التربة على المنحدرات المعتدلة .
- تعرية و كشف مادة الأصل .
- سطح التربة غير المستوي و كذا لون بعض البقع الفاتح والأخرى الغامق .
- ترسب الحصى و الرمل و الطمي في مجاري الاخاديد .
- تغير في انواع النباتات الطبيعية .
- ترسب و اطماء خزانات المياه .

و يمكن تقويم موقف الأرض بالنسبة لاحتمالات الانجراف بالماء حسب عمق الارض كما يلي :

عمق الأرض	درجة الموقف	درجة المقاومة
أقل من 10 سم	I	لا مقاومة
10 – 50 سم	II	مقاومة ضعيفة
أكبر من 50 سم	III	مقاومة عادية

وقد قامت منظمة ال FAO بعمل تدريج لدرجات انجراف الأرض بالماء كما يلي :

التصنيف "درجة الانجراف"	فقد التربة	
	طن / هكتار / سنة	مم / سنة
معدوم أو طفيف	10 >	0.6 >
متوسط	50 -10	3.3 - 0.6
مرتفع	200 - 50	13.3 – 3.3
مرتفع جدا	200<	13.3 <

طرق تقدير انجراف التربة بالماء :

A. طرق القياس المباشر

- طريقة القطع التجريبية الحقلية .
- مقارنة الأرض التي تعرضت للانجراف بأخرى مجاورة لم تجرف .
- قياس الرواسب امام السدود .

B. تقويم العوامل التي تحكم الانجراف بالماء

كما ذكرنا سابقا فإن عوامل فقد التربة بالانجراف و هي قابلية الأمطار و قابلية التربة للانجراف و ميل الأرض و طول الانحدار و الغطاء النباتي و العمليات التي يقوم بها الانسان لصيانة التربة .

ولم يتمكن الباحثون من التعبير الكمي عن فقد التربة بالانجراف بالماء إلا بعد أن قامت محطات التجارب الزراعية العديد من القطع التجريبية . و تجمعت منها أرقام لا حصر لها تصف كل عامل من العوامل التي تساهم و تؤثر على ظاهرة الانجراف بالماء وبذا استطاع الباحثون استنتاج المعادلة العامة لتقدير فقد التربة Universal soil loss equation و تستخدم ايضا لتقدير احتياجات صيانة التربة لمقاومة التصحر أو عوامل التدهور و تبدو المعادلة لتقدير الفقد على الشكل التالي :

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

حيث :

A = مقدار التربة المفقودة بالحساب بالطن لكل وحدة مساحة من الارض في السنة و تعرف من ضرب باقي العوامل بالمعادلة .

R = عامل المطر Erosivity Rain fall factor ويعبر عنه بدليل الانجراف بالمطر Rain fall erosion index و هو تقدير لقوة المطر على جرف التربة .

K = عامل قابلية التربة للانجراف بالماء Soil Erodibility factor , وهو معدل الانجراف بالطن لكل وحدة مساحة للوحدة من عامل المطر لتربة معينة محروثة غير مزروعة Fallow , ولم يجر لها اعمال صيانة , و ذات ميل 9 ٪ و طول 22 متر .

L = عامل طول انحدار الأرض و هو النسبة بين مقدار التربة المفقودة من حقل ذي طول انحدار معين الى المقدار المفقود من أرض ذات طول انحدار 22 م من نفس النوع ولها نفس درجة الانحدار .

S = عامل ميل الانحدار و هو النسبة بين الفقد من الأرض من حقل ما الى مقدار الفقد من أرض ذات ميل 9 ٪ من نفس النوع و لها نفس طول الانحدار .

C = عامل خدمة المحصول Crop practice factor و هو النسبة بين فقد أرض حقل ما ذي نظام ادارة و محاصيل معينة الى أرض من نفس النوع (ذات قيمة K متساوية) وبدون زراعة .

P = عامل خدمة الصيانة Conservation practice و هو النسبة بين فقد أرض أجريت فيها نظم صيانة التربة (الحرث على الكونتور و المصاطب) الى الفقد من أرض تستزرع دون تطبيق هذه النظم .

وبعد تقدير كل عامل من هذه العوامل , يمكن استخدام المعادلة لوضع أساس لاختيار المحصول و اسلوب الخدمة الذي يحفظ الأرض في حدود مقبولة , و يمكن تقييم أهمية هذه العوامل فيما يلي :

1- عامل المطر Rain fall factor او الأمطار كعامل حت Rainfall Erosivity Factor

هي قدرة الأمطار على إحداث التعرية Erosion من خلال تفكك Detachment وتناثر Splash تجمع حبيبات التربة ، بالإضافة إلى أن كمية الأمطار وخصائص سقوطها تتحكم في مقدار الجريان السطحي Surface runoff والتي بدورها تعتبر الوسيط التي تتحرك فيها التربة بعد تفككها وتناثرها بفعل تأثير قطرات المطر.

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

وجد أن التوزيع الحجمي لقطرات المطر مرتبط ببعض العناصر الخاصة بالأمطار والتي يمكن قياسها بسهولة من أجهزة قياس المطر الأوتوماتيكية . تم إيجاد علاقة بين الحجم الوسيط لقطرات المطر (D50) وكثافة الأمطار متمثلة في العلاقة التالية :

$$D50 = 2.23\ I^{0.182}$$

وترمز I إلى كثافة الأمطار (بوصة/ساعة) .

إن حجم القطرات مرتبط بشدة المطر rainfall intensity , فقطر القطرات في الأمطار المتواصلة يشكل 1 - 1.5 مم بينما في الأمطار الرعدية يساوي 3 – 5 مم .

أختلف الباحثين حول أفضل مؤشر حت Erosivity index , حيث وجد البعض أن أبسط مؤشر يمكن عن يعبر عن Erosivity index هو كمية الأمطار و ذلك لبساطته وارتباطه بتفكك حبيبات التربة و التنبؤ بحدوثه . بينما وجد البعض الأخر أن معدل سقوط الأمطار Rainfall intensity و هو عنصر بسيط يعتبر أفضل المؤشرات المشتقة من سجل الأمطار تنبأ و ارتبط بتفكك التربة , ولم يتفق الباحثون على فترة زمنية محددة لقياس الكثافة خلالها , فمنهم من رأى أن الكثافة العامة Mean intensity للعاصفة المطرية بشكل عام ، وآخرون رأوا أن أقصى كثافة مطر لفترة زمنية معينة (7.5 ،15 ،30 دقيقه) من العاصفة المطرية هي الأفضل.

وقد أثبتت الدراسات النظرية أن طاقة الأمطار Rainfall energy وسرعة سقوطها ربما تكون أكثر ارتباطاً وذات دلالات معنوية عالية لعمليات التعرية ، ومن هذا المنطلق ركز بعض الكتاب جل

اهتمامهم على إيجاد علاقات معينة بين تفكك ونقل التربة بواسطة قطرات المطر والطاقة الحركية للأمطار , وكان الاختلاف بين هؤلاء في الكيفية التي تم بها حساب الطاقة الحركية للأمطار .

وتعد العناصر السابقة بسيطة لأنها لا تعتمد إلا على متغير واحد في اشتقاقها إلا أن هذه البساطة لم ترق لبعض الباحثين الذين حاولوا اشتقاق مؤشرات مطرية مركبة من عنصرين أو أكثر ، فكان هناك بعض المؤشرات المركبة منها :

- مؤشراً يتكون من الطاقة الحركية للأمطار مضروبة في أقصى 30 دقيقة كثافة أمطار ، ويرمز له بالرمز EI30 ،ولاقى هذا المؤشر قبولاً واسعاً على مستوى العالم بعد أن طبق في الولايات المتحدة الأمريكية واستخدم كعامل حت في المعادلة العالمية لانجراف التربة Universal Soil Loss Equation (USLE) .
- في زيمبابوي وجد متغيراً آخر يرمز له بـ 25 < KE ويعني مجموع الطاقة الحركية للأمطار ذات الكثافة الأكثر من 25 ملم/ساعة .
- بينما في نيجريا وجد أن أفضل متغير يرتبط بتعرية قطرات المطر وهو عبارة عن كمية الأمطار الهاطلة خلال العاصفة كلها مضروباً في أقصى كثافة أمطار لمدة زمنية معينة.
- وفي ماليزيا وجدت دراسة أن المتغير EI60 هو الأفضل ارتباطًا وتنبأً من أي متغير آخر خاص بكل من تفكك، وتناثر ، ونقل التربة Soil detachment, splash and transport وذلك من خلال المقارنة بـ 14 مؤشر أمطار اشتقت من سجل الأمطار

يحدث تدفق الماء على سطح الأرض عندما يسقط المطر على الأرض المنحدرة بمعدل أكبر من معدل رشحه خلال هذه الأرض . كما يحدث التدفق بزيادة كل من كثافة المطر و مرات سقوطه , و يؤدي ذلك الى نحر التربة و انجرافها بالماء . ولعدد رخات المطر الكثيفة اهمية خاصة لأنها هي التي تسبب معظم انجراف التربة بالرغم من أن هذه الرخات قد تكون جزءا صغيرا من الكمية الكلية للمطر , و قد تقدمت دراسات تحليل بيانات سقوط الأمطار و تحديد العلاقة بين نظام سقوطها و انجراف التربة . إذ توصل الباحثون بإدارة صيانة الأراضي في لافايت بولاية أنديانا بالولايات المتحدة الى ما يسمى بدليل انجراف بالمطر , وذلك باستخدام أرصاد المناخ وبيانات الانجراف . و دليل الانجراف بالمطر يعبر عن الانجراف النسبي بالمطر في أي موقع في الولايات المتحدة الأمريكية , وقد بنيت هذه القيم بالاعتماد على خاصتين لكل عاصفة من العواصف المطرية ترتبطان جيدا بقدرة المطر على جرف التربة هي :

- الطاقة الكلية للعاصفة , و التي تعتمد على حجم قطرات المطر و عددها و الكمية الكلية للمطر الذي يسقط .
- أعلى متوسط لمعدل سقوط المطر خلال فترة 30 دقيقة .

و حيث أن لقطرات المطر ذات الحجم الصغير تأثيرا أقل على الانجراف فلا يدخل في الاعتبار إلا بيانات العواصف التي تزيد عن 1.25 سم من المطر الساقط . و دليل المطر السنوي الساقط يحسب كمجموع لدلائل كل العواصف الممطرة خلال السنة و الدليل المستخدم في معادلة فقد التربة هو متوسط الدلائل لعدة سنين .

و حيث ان دليل المطر الساقط قد يختلف من سنة الى أخرى , فلا يستعمل هذا الدليل للتنبؤ بمقدار فقد التربة في سنة على أساس سنة سابقة .

ويمكن حساب دليل الانجراف بالمطر باستخدام المعادلة التالية :

$$R = EI_{30} / 100$$

حيث :

R : دليل انجراف المطر .

E : الطاقة الحركية الكلية للمطر .

I_{30} : أعلى شدة مطر في 30 دقيقة .

2- عامل الانحدار Slope factor

تزداد قدرة المطر الساقط على جرف الأرض بزيادة طول و درجة الانحدار , فالتغير في خصائص الانحدار يتبعه تغير في حجم الماء المتدفق وسرعة التدفق الى أسفل المنحدر , كما ان طول المنحدر عامل هام لأنه يحدد المساحة الكلية التي يتجمع منها الماء المتدفق. و تؤثر درجة الانحدار على سرعة تدفق الماء , فالانحدار الشديد هو الذي يعطي سرعة تدفق عالية .
وبزيادة سرعة تدفق الماء على المنحدر , يقل الوقت المتاح لنفاذ الماء خلال الأرض و يزداد بالتالي تدفقه و فقده اما في البحر أو بتجميعه في نهاية المنحدر و تعرضه للبخر .
و من رأي بعض الباحثين أن علاقة الانجراف بدرجة انحدار الأرض يمكن تمثيلها بالمعادلة التالية :

$$X = 0.065\ S^{1.49}$$

حيث :
X = الفقد الكلي للتربة .
S = النسبة المئوية للانحدار .
كما ان الانجراف يرتبط بطول انحدار الأرض و يمكن تمثيله بالعلاقة التالية :

$$X = 0.025\ L^{1.53}$$

حيث :
X = الفقد الكلي للتربة .
L = طول انحدار الأرض بالقدم .

ويربط العالم Zings بين فقد التربة و عامل درجة الانحدار و طول المنحدر كما يلي :

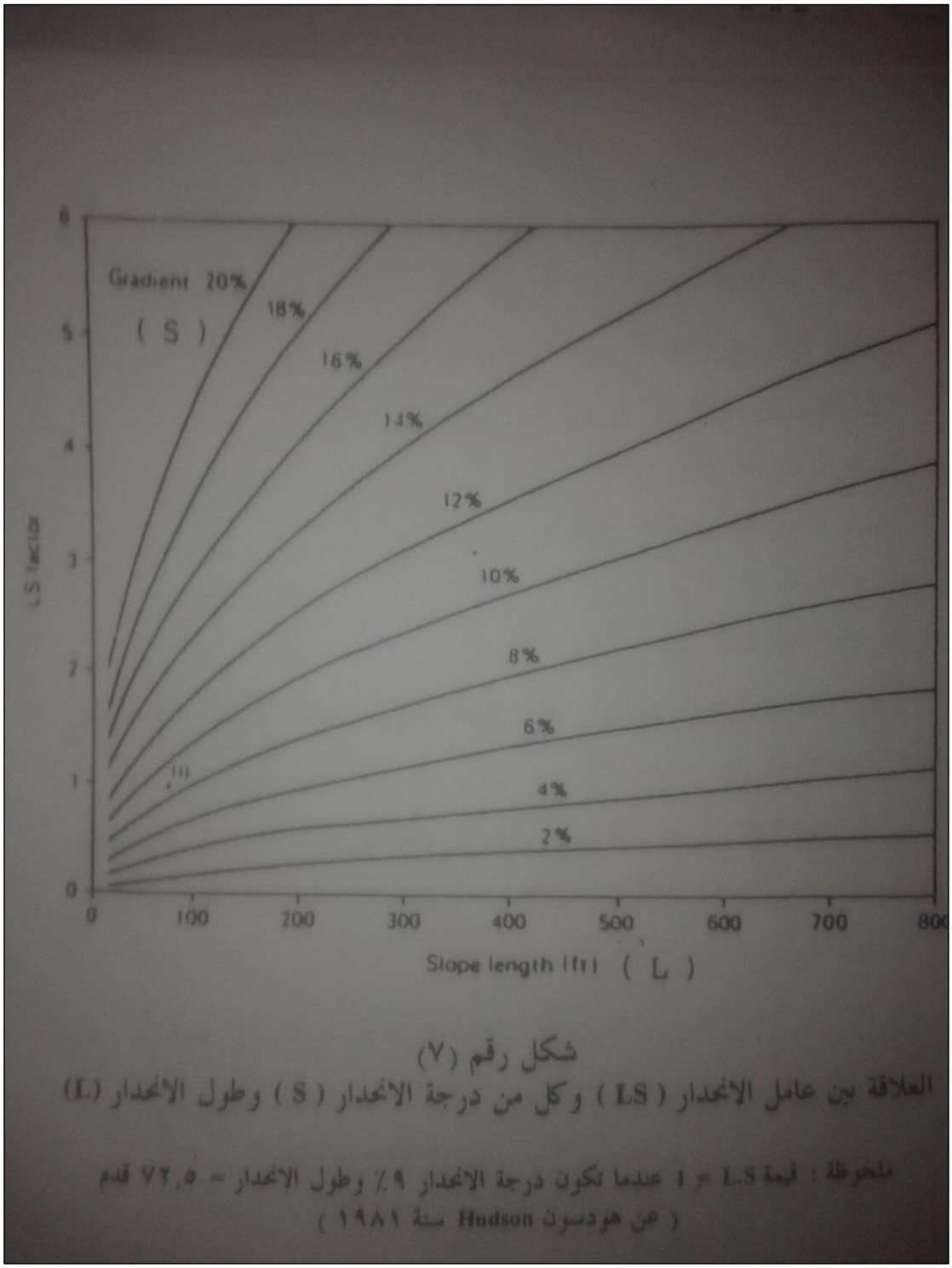
$$X = C \cdot S^{1.4}\ L^{1.6}$$

حيث :
X = الفقد الكلي للتربة .
L = طول المنحدر .
S = درجة الانحدار .
C = ثابت الأرض (يتوقف على الخواص الفيزيائية) ومدة المطر .

ويمكن تقدير عامل الانحدار LS في المعادلة العالمية لتقدير فقد التربة (USLE) بطريقة تقريبية سريعة باستخدام بيانات طول و درجة الانحدار من النومو جراف , او استخدام المعادلة التالية لتقدير هذه القيمة :

$$LS = \frac{\sqrt{L}\quad (0.065+0.045\ S+0.0065\ S^{2})}{22.12}$$

حيث :
L = طول المنحدر .
S = ميل المنحدر .



شكل رقم (٧)

العلاقة بين عامل الانحدار (LS) وكل من درجة الانحدار (S) وطول الانحدار (L)

ملحوظة : قيمة L.S = 1 عندما تكون درجة الانحدار ٩٪ وطول الانحدار = ٧٢,٥ قدم

(عن هودسون Hudson سنة ١٩٨١)

بالإضافة الى ميل و طول المنحدر فإن شكل المنحدر له دور كبير في عملية التعرية ومن هذه الأشكال :

- منحدر متماثل و في هذه الحالة تكون التعرية أشدها في أسفل المنحدر .
- منحدر محدب و تكون التعرية أشد منها في حال المنحدر المتماثل لسببين : زيادة طول المنحدر و ميل المنحدر .
- المنحدر المقعر لا يوجد انجراف و تظهر عمليات ترسيب و تراكم للتربة المنجرفة من الجزء العلوي للمنحدر .
- مقطع المنحدر متدرج في هذه الحالة يتلاشى خطر التعرية لأن هذا الشكل يخفف من سرعة الجريان و يشجع الرشح داخل التربة .

3- عامل قابلية التربة للانجراف The Soil Erodibility Factor

يؤثر قوام التربة و بناؤها و محتواها من المادة العضوية تأثيرا شديدا على رشح الماء و نفاذه خلالها , كما ان تفكيك الحبيبات و نقلها يحددان قابلية الأرض للانجراف . و لظروف تحت التربة تأثير على الصرف الداخلي للأرض و قدرة الماء على التحرك خلالها , و حيث يكون الصرف الداخلي غير جيد , يقل رشح الماء و بالتالي تزداد القابلية للانجراف .
و يعبر عن قابلية التربة للانجراف بالماء بصرف النظر عن العوامل الأخرى التي تؤثر على الانجراف بمعامل القابلية للانجراف "K" , و هو عبارة عن مقدار التربة المفقودة بالطن لكل هكتار لكل وحدة من دليل الانجراف بالمطر . و يقدر معامل القابلية للانجراف في وحدات تجريبية غير مزروعة و خالية من النباتات , حيث تكون نسبة فقد الأرض = 1 . و عند التقدير يقاس الفقد السنوي من الأرض لفترة سنين ثم يحدد دليل الانجراف السنوي بالمطر للمنطقة R ثم تحسب قيمة K بقسمة متوسط الفقد السنوي على قيمة R فإذا كان متوسط الفقد السنوي للأرض 60 طن للهكتار و دليل الانجراف بالمطر هو 100 فتكون قيمة K للأرض كما يلي :

K = كمية الأرض المفقودة سنويا / R = 100/60 = 0.6

ويمكن القول أن التربة التي تحتوي على معدل عالي من السلت تعد من أكثر الترب قابلية للحت , كما أن التربة التي تحتوي على نسبة عالية من الرمل الناعم تكون ذات قابلية عالية لعمليات التعرية على العكس من التربة الطينية و التربة الرملية هي الأكثر مقاومة , ويمكن تفسير ذلك بأن القوام الخشن (الرمل) أكثر مقاومة بسبب كبر حجمه أمام ضربات قطرات المطر , أما القوام الناعم (الطين) فهو مقاوم لعمليات تعرية قطرات المطر بسبب قوة التماسك Cohesion حبات الطين مع بعضها البعض .
و استخدم نومو جراف للحصول على قيمة K من قيم معلومة خاصة بالأرض و هي :

- نسبة السلت و الرمل الناعم (0.002 - 1 مم) .
- نسبة الرمل (1 – 2 مم) .
- محتوى المادة العضوية .
- درجة البناء .
- درجة النفاذية .

و استعمال النوموجراف لا يعني بالضرورة أن قيمة K المحسوبة دقيقة و لها معنى . فليس من الحكمة استعمال نوموجراف مخصص لجزء معين من العالم في مكان أخر .

و قد تم تدريج قابلية التربة للانجراف الى عدة درجات هي :

K	درجة القابلية للانجراف
0.09 او اقل	ضعيفة
0.19 – 0.1	ضعيفة الى متوسطة
0.29 – 0.2	متوسطة الى عالية
0.59 – 0.3	عالية
0.6 أو اكثر	عالية جدا

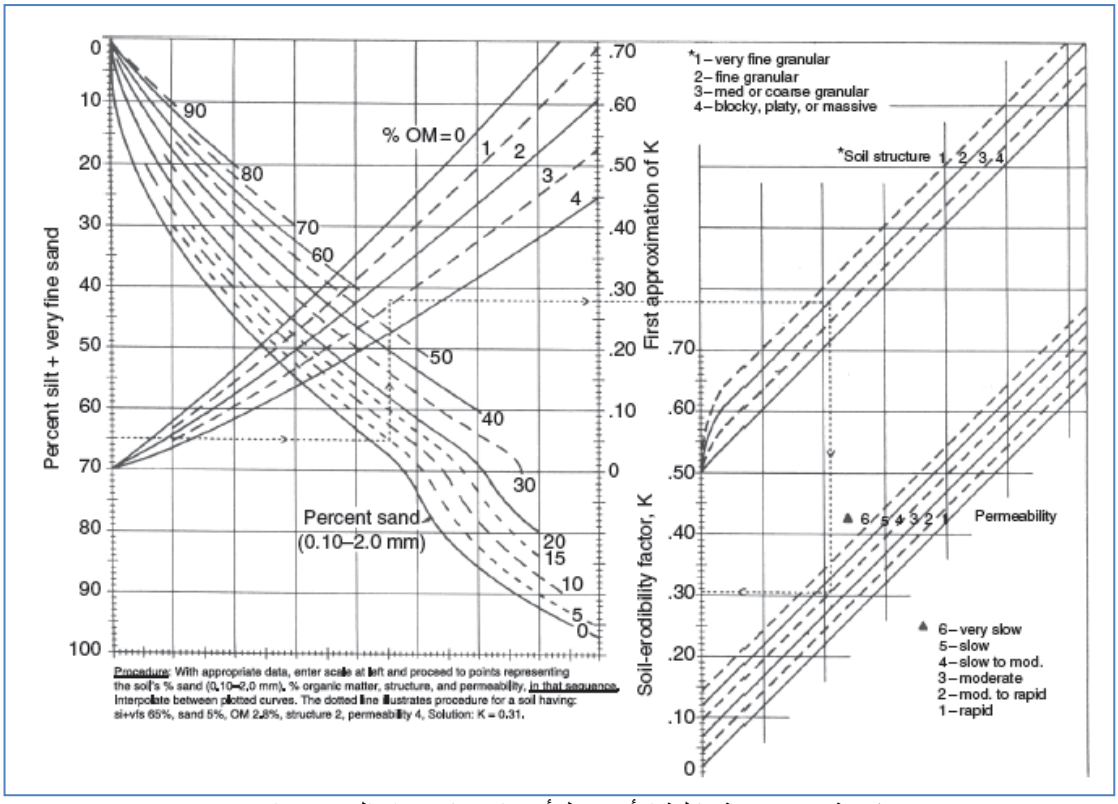
ويمكن حساب K من المعادلة التالية :

$$K = 2{,}1 \times 10^{-6} \times M^{1{,}14} \times (12-OM) + 0{,}0325 \times (D-2) + 0{,}025 \times (4-P)$$

M : مؤشر قوام التربة وهو يحسب من العلاقة التالية :

M = (٪ للسلت + ٪ للرمل الناعم جدا) (100 - ٪ للطين)

OM % : النسبة المئوية للمادة العضوية .
P : صف الناقلية الهيدروليكية .
D : صف القطر المتوسط الموزون .



كيفية تحديد قيمة قابلية الأرض للأنجراف باستخدام النوموجراف

4- عامل الزراعة Cropping Factor

تختلف قدرة النباتات على حماية الأرض من أضرار الانجراف بالمطر . و يرجع ذلك الى:

- نسبة السطح المغطى الى جملة مساحة الأرض و الوقت الذي تحدث فيه التغطية بالنباتات .
- كمية و نوع البقايا المتروكة على سطح الارض أو تحت السطح .
- عمليات الخدمة حيث تنمو المحاصيل المنزرعة .

و يمكن تقسيم النباتات الى مجاميع لقدرتها النسبية على حماية الأرض ضد الانجراف بمياه المطر . و اعظم حماية هي التي توفرها الحشائش أو النباتات الخشبية التي تغطي الأرض تغطية جيدة . و بالمثل المحاصيل النجيلية لها تأثير عال على مقاومة الانجراف . و في المناطق الباردة حيث يكون الغطاء النباتي كثيفا و المخلفات العضوية من بقايا أوراق الغابات متراكمة فإنها تحمي الأرض حماية كاملة من الانجراف . أما في المناطق الجافة و نصف الجافة حيث تكون نباتات المراعي متباعدة فإن الأراضي تكون أكثر عرضة لفعل الانجراف , و لكنها تبقى أقل مما لو كانت الأرض خالية من الغطاء النباتي تماما . ويتوقف أثر النباتات في الحد من الانجراف على نوع المجموع الجذري و كثافة المجموع الخضري و تفرعه و كذلك فترة وجودها من الأرض .

القيمة النسبية للأغطية النباتية المختلفة لمقاومة الانجراف

نوع الغطاء	درجة الحماية
نباتات خشبية أو اعشاب نجيلية	كاملة
بقوليات أو اعشاب للتبن	عالية
نباتات حبوب صغيرة	متوسطة
محاصيل مزروعة على خطوط	منخفضة
غير مغطاة	لا توجد

5- عامل أساليب الصيانة The conservation practice factor

يوفر أي غطاء نباتي بعض الحماية للأرض و بالتالي يقلل الانجراف . ويمكن زيادة درجة الحماية عن طريق تحسين نمو الغطاء النباتي بوسائل الخدمة و الصيانة الجيدة . فمثلا استمرار زراعة القمح في اعلى واسفل المنحدر قد يقلل الانجراف الى حوالي 75 ٪ عن الأرض الخالية من النباتات , لكن بواسطة الأساليب البسيطة نسبيا كالحرث و الزراعة الكونتورية , يمكن تقليل الفقد الى الثلث عن الأرض الخالية من النباتات المحروثة . و تأثير مثل هذه الاساليب يؤخذ في الاعتبار من خلال ادخال عامل اساليب الصيانة P في معادلة فقد الارض السابق ذكرها .

و تعتبر قيمة هذا العامل 1 عند عدم استخدام اساليب الصيانة و عندما يقل فقد الأرض بواسطة وسائل الصيانة فإن العامل P يكون أقل من 1 .

مقاومة الانجراف بالماء

حيث أن انجراف التربة بفعل المياه يؤدي الى خسائر كبيرة فيجب العمل على صيانة التربة و عدم تعرضها للانجراف .

و ذلك بالمحافظة على التربة و ما تحتويه من المواد العضوية و المغذيات و الاسمدة من الفقد . و بحماية الاراضي الواقعة في المنخفضات من تغطيتها بالمواد المجروفة من الاماكن المرتفعة , والحيلولة دون اطماء السدود و الخزانات و قنوات الري بالمواد المنقولة .

وقد سبق الاشارة الى حساب قدرة المطر على احداث الانجراف و لكننا لا نستطيع ان نغير شيئا من هذه القدرة لتقليل الانجراف . و كذا لا نستطيع ايضا ان نفعل الكثير بالنسبة لنوع الأرض و درجة قابليتها للانجراف .

فبعض الاراضي أكثر قابلية للانجراف بسبب خواصها الكيميائية و الطبيعية . وعموما فإن الأرض خشنة القوام أو الرملية أكثر سهولة للانجراف من ناعمة القوام او الطينية .

و العامل الثالث الذي يؤثر على عملية الانجراف هو ادارة الأرض . و عن طريق هذا العامل فقط نستطيع أن نقاوم عملية انجراف التربة . و تؤثر ادارتنا للأرض على عملية الانجراف عن طريقين هما :

- أن تقرر أي نوع من الزراعة أفضل , أو أي دورة زراعية يجب أن تتبع أو كيفية زراعة محصول معين - وهذا ما نسميه المقاومة الحيوية للانجراف .
- التحكم الطبيعي في الأرض و حركة المياه و هذا ما يسمى بالمقاومة الميكانيكية للانجراف .

والصيانة الجيدة للأراضي تستلزم فهم دور كل طريق و كيفية ادماجهما معا لمنع أو تقليل عملية انجراف التربة .

يمكن القول ان الفرق بين صيانة التربة و منع الانجراف شئ اساسي يجب أخذه بعين الاعتبار حيث ان الانجراف عملية طبيعية لتفتت و انتقال حبيبات التربة الناتج عن الرياح و المياه مسببة تقليل إنتاجية الارض , و هذه تحتاج الى عمليات و إنشاءات لمنع هذا الانجراف أو تقليل نسبته بحيث لا يكون خطيرا يؤدي الى تقليل إنتاجية الأرض . أما مفهوم صيانة التربة هو زراعة الأرض و استغلالها بطريقة تعطي أقصى حد ممكن من الانتاج الدائم المستمر . وبالتالي يكون مفهوم صيانة التربة هو معاملة كل نوع من الأرض بحسب حاجتها و استغلالها بحسب مقدرتها الانتاجية كما يمكن تعريف مفهوم صيانة التربة و هو عبارة عن عدة عمليات متكاملة تهدف الى زيادة انتاجية الأرض و استغلالها بحسب قدرتها الإنتاجية .

يتطلب نجاح صيانة التربة تحقيق ما يلي :

1- استعمال الارض بحسب وضعها في نظام التصنيف أي حسب قدرتها الإنتاجية .
2- الادارة الصحيحة للمزرعة و استعمال اساليب الفنية اللازمة .
3- استعمال وسائل منع الانجراف .

المقاومة الحيوية للانجراف بالماء :

- استخدام الأرض Land use

الصيانة الجيدة للأرض تهدف الى استخدام الأراضي بالاستخدام الأكثر ملائمة .

- الادارة المزرعية Crop management

و هو من اهم اساليب تقليل الانجراف , فمثلا الزراعة في سطور ذات تأثير كبير لأنها تزيد كثافة النباتات في الحقل , و بذلك تضمن تغطية مساحة أكبر من الأرض فمثلا أرض زرعت بالذرة بمعدل 25 ألف نبات في الهكتار تفقد في السنة 12.3 طن للهكتار و لكن عند زيادة النباتات في الهكتار الى 37 ألف نبات ينخفض الفقد الى 0.7 طن للهكتار فقط . فزيادة كثافة النباتات في الحقل تقلل مساحة الأرض المكشوفة و بالتالي يقل الانجراف .

المقاومة الميكانيكية للانجراف :

نلجأ اليها عندما لا يمكن مقاومة الانجراف بدونها , وتستخدم اعمال الصيانة الميكانيكية في الاراضي الزراعية فقط , لقيمتها العالية كما أنها أكثر قابلية للانجراف . ويمكن استخدام عدد من التقنيات ولكن تفضيل تقنية على أخرى يتوقف على ما اذا كان الغرض هو تقليل سرعة التدفق أو زيادة قدرة الأرض على حفظ الماء و تخزينه أو التخلص بأمان من الماء الزائد .

العمليات الكنتورية:

الهدف منها

- تمكين التربة من امتصاص أكبر قدر ممكن من مياه الأمطار .
- تخفيف سرعة جريان المياه الزائدة من الامتصاص يساهم في منع الانجراف .
- ايصال المياه الجارية على السطح الى منطقة تصريف غير معرضة للانجراف .

1- الحراثة الكنتورية : تستعمل في الاراضي قليلة الانحدار حيث لا يكون خطر الانجراف كبيرا بحيث يحرث المزارع كنتوريا و تكون الاثلام استوائية تقريبا و باتجاه متعامد مع اتجاه الانحدار . و تستخدم لتقليل التدفق السطحي للماء و توجيهه نحو الخطوط قبل أن يتحرك للأسفل . و بالتالي يزداد المقدار الذي ينفذ في باطن الارض مما يقلل من الانجراف .

2- شرائح الاعشاب الطبيعية (المراعي) : يقسم المنحدر الى شرائح افقية موازية لخطوط الكونتور و تزرع هذه الشرائح بالمحاصيل بالتبادل مع الاعشاب الطبيعية فتزرع شريحة بالمحصول , و تترك الشريحة التالية مغطاة بالغطاء النباتي الطبيعي كمراع طبيعية

3- السلاسل الترابية الكنتورية مهمتها الاساسية منع جريان المياه .

تقسم الى قسمين :

- السلاسل الترابية الامتصاصية الهدف منها امتصاص معظم مياه الامطار و يكون بناءها على طول خط الكنتور .
- السلاسل الترابية التحويلية : الهدف من بنائها هو تحويل المياه الجارية السطحية الفائضة الى مكان مقاوم للانجراف مثال وجود شريط صخري , منطقة مزروعة بالإعشاب و تبنى هذه السلاسل بانحدار تدريجي يتجه نحو مجرى الصرف .

تصميم السلاسل الترابية الامتصاصية :

- انحدار الارض لا يزيد عن 15 ٪
- عمق قطاع يزيد عن 1 متر .
- الحجارة السطحية معدومة .

السلاسل الجرادونية:

أخاديد تحفر على طول الخط الكنتوري و تتم زراعة الاشجار في هذه الاخاديد و تعمل هذه السلاسل على تجميع المياه السطحية الجارية و تسمح لها بالنفاذ داخل التربة مما ينتج زيادة رطوبة التربة في منطقة الجذور .

- توفر تربة عميقة يزيد عن 100 سم
- انحدار الأرض يتراوح بين 5 -15 ٪
- الحجارة السطحية تكاد تكون معدومة .
- معدل الامطار لايزيد عن 350 ملم .

4- المصاطب Terraces

المصاطب عبارة عن أرصفة ترابية تنشأ عمودية على ميل المنحدر لتقطع التدفق السطحي للماء و تنقله الى مخرج مناسب و بسرعة لا تؤدي الى نحر الأرض . و يمكن تقسيم المصاطب الى ثلاثة انواع :

- مصاطب التحويل أو الصرف .
- مصاطب حجز الماء .
- المصاطب المستوية .

المراجع :

- فارس , فاروق . محاضرات بصيانة التربة . جامعة دمشق . 1996 .
- عبد الكريم , جمعة . محاضرات التصحر بالبادية السورية . مديرية الأراضي . 1995 .
- الخوري اكرم , جيرودية أحمد , الحاج أحمد أحمد . الغطاء النباتي . مطبوعات جامعة دمشق , 1992 .
- العسكر محمود , المسبر وسيم . صيانة التربة . مطبوعات جامعة دمشق , 2017 .